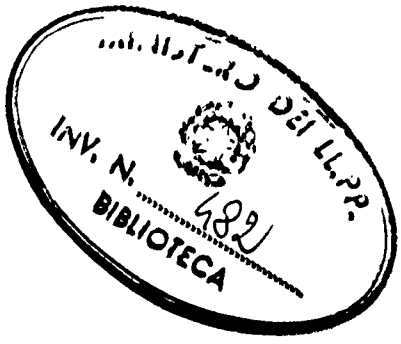
COMMISSIONE INTERMINISTERIALE
PER LO STUDIO DELLA SISTEMAZIONE
IDRAULICA E DELLA DIFESA DEL SUOLO

VOLUME SECONDO

PARTE PRIMA

# ATTI DELLA COMMISSIONE

ROMA - ANNO 1974


INV. N. 482
BIBLIOTECA

COMMISSIONE INTERMINISTERIALE
PER LO STUDIO DELLA SISTEMAZIONE
IDRAULICA E DELLA DIFESA DEL SUOLO

## VOLUME SECONDO

### PARTE PRIMA

# ATTI DELLA COMMISSIONE

ROMA - ANNO 1974

# INDICE


Prefazione . . . . . Pag. VII

Fiume Isonzo . . . . . » 5

Fiume Tagliamento . . . . . » 31

Corsi d'acqua minori non compresi nel sistema del Tagliamento (Appendice) . . . . . » 54

Studio idrogeologico del bacino imbrifero del Tagliamento . » 71

Bacino del Livenza . . . . . » 105

Bacino del Piave . . . . . » 163

Corsi d'acqua: Agno-Guà, bacini Berici ed Euganei, Bacchiglione e Brenta . . . . . » 215

Il bacino dell'Adige . . . . . » 349

Il bacino del Po e bacini della Liguria . . . . . » 419

Note di idrogeomorfologia quantitativa (Appendice) . . . . » 551

*Nel presentare il volume primo, edito nell'anno* 1970, *e contenente la Relazione conclusiva sul lavoro svolto dalla Commissione interministeriale per lo studio della sistemazione idraulica e della difesa del suolo, istituita ai sensi dell'art.* 14 *della legge* 27 *luglio* 1967, *n.* 632, *l'illustre e compianto presidente prof. Giulio De Marchi, ebbe fra l'altro, a preannunciare la pubblicazione di successivi volumi, i quali, con quello già stampato, avrebbero costituito gli « Atti » della Commissione.*

*A tale riguardo, lo stesso presidente volle esplicitamente esprimere la più viva gratitudine dei colleghi e sua personale all'on. Ministro dei Lavori Pubblici dell'epoca, il quale, accogliendo il voto formulato dal Collegio nella sua adunanza finale, non solo aveva autorizzato, ma sollecitato la pubblicazione degli « Atti » medesimi.*

*Vedono ora la luce, dopo un ampio lavoro di selezione e di revisione, i volumi secondo, terzo e quarto, che formano l'intera collana, e comprendono gli studi più importanti, la maggior parte dei quali costituì la piattaforma per la redazione della citata Relazione conclusiva.*

*Essi, nel loro insieme, offrono agli Organi responsabili dell'attuazione della politica idrogeologica del Paese una somma di informazioni e di dati analitici indispensabili per un'adeguata programmazione, ed agli studiosi una documentazione di cui finora non si è mai potuto disporre.*

*Mi corre l'obbligo di precisare che, nella scelta del numeroso materiale di studio da ammettere alla pubblicazione a stampa, il presidente De Marchi, che personalmente la operò, e concluse pochi giorni prima che si spegnesse, dopo brevissima malattia, il* 15 *marzo* 1972, *intese riservare uno spazio particolarmente ampio agli argomenti di natura essenzialmente tecnica, e specialmente a quelli rientranti nella competenza della II Sottocommissione, che ebbi l'onore, e l'onere, di presiedere.*

*Gli studi, le relazioni e le memorie che vengono ora pubblicati, sotto la responsabilità di ciascun autore, e secondo un ordine progressivo che ricalca quello seguito dalle Sottocommissioni nelle quali il Collegio si è, a suo tempo, articolato, sono stati quasi tutti ufficialmente approvati al termine dei lavori della Commissione.*

*Solo alcuni di essi sono stati presentati successivamente, in quanto occorreva completare ricerche già avviate. Trattasi, comunque, di lavori redatti esclusivamente da membri o esperti della Commissione.*

*E' per me motivo di profonda tristezza che il presidente De Marchi non abbia potuto vedere compiutamente realizzata l'opera editoriale alla quale ha dedicato, con spirito di sacrificio, con convinzione e nel più assoluto disinteresse materiale, gli ultimi anni della sua vita feconda.*

*D'altra parte, non potevo sottrarmi al dovere di offrire il mio contributo finale, formalmente richiestomi dall'Amministrazione dei Lavori Pubblici quale vice presidente anziano della Commissione, per concretizzare l'opera intrapresa e pressoché ultimata dal Prof. De Marchi.*

*Tale mia modesta fatica considero, soprattutto, come un atto di omaggio, un tributo di affetto alla memoria del Collega, dell'Amico.*

*Di Lui, che con le sue doti eccezionali di mente e di cuore seppe guadagnarsi tanta stima e affetto, ritengo utile tracciare, sulla scorta dei miei personali ricordi, un rapido profilo, che, anche se incompleto, spero sarà sufficiente a dare una idea, a chi non Lo abbia conosciuto, del notevole apporto dato alla cultura ed alla società.*

* * *

*Giulio De Marchi nacque a Canneto Pavese il 6 agosto* 1890 *da Luigi e Rosa Porro. Laureatosi in ingegneria a Padova nel* 1912, *un anno dopo entrò a far parte del Corpo del Genio Civile, collaborando, come ingegnere, alla fondazione dell'Istituto Idrotecnico di Stra e, successivamente, nel* 1920, *alla istituzione del Servizio Idrografico Italiano. Si deve a lui se que-*



Giulio De Marchi

*sto fu organizzato in modo così efficiente da servire come modello per istituti similari di molti altri Paesi.*

*Nel* 1922 *risultò tra i vincitori del concorso di idraulica, ed il* 16 *ottobre dello stesso anno fu nominato professore a Pisa, dove nel* 1925 *ottenne l'ordinariato. Rimase in questa città fino al* 1928-29 *quando fu chiamato al Politecnico di Milano, dove insegnò fino al suo collocamento a riposo* (1965), *dove ebbe per molti anni la presidenza della Facoltà di Ingegneria, e dove ottenne la nomina ad Emerito.*

* * *

*La produzione scientifica e tecnica del De Marchi, molto varia ed importante, iniziata nel* 1914 *con le « Norme e istruzioni per il Servizio della misura delle portate », redatte per il Magistrato alle Acque, e con la descrizione degli Impianti dell'Istituto Idrotecnico di Stra* (1916), *venne ben presto caratterizzata da lavori di maggiore impegno, sia sperimentale che teorico. Ne sono prova i lavori su « Teoria e realtà di alcuni fenomeni idraulici e, in particolare, di movimenti turbolenti »* (*Nuovo Cimento* 1916 *e* 1917), *il lavoro, ormai classico, « Sul regime idraulico dei laghi e, in particolare, di quello di Garda »* (*Giornale del Genio Civile* 1920), *le « Esperienze sulla contrazione delle vene liquide »* (*Giornale del Genio Civile, Agosto* 1925), *le « Ricerche sperimentali su le dighe tracimanti »* (*Annali dei Lavori Pubblici, luglio* 1928), *nonchè le ricerche sui sifoni autolivellatori, sui misuratori a risalto e quella relativa all'onda di depressione provocata dall'apertura di una paratoia.*

*Di importanza fondamentale è poi il lavoro relativo agli sfioratori laterali* (1). *Questo studio considera un canale, una delle pareti laterali di esso è superiormente intagliata, sicchè l'acqua, oltre che scorrere longitudinalmente, sfiora a lato del canale. Su i caratteri di questo sfioro erano state compiute numerose esperienze da Engels* (a Dresda), *da Colemann e Smith* (a

(1) Saggio di una teoria del funzionamento degli sfioratori laterali (« L'Energia Elettrica », Vol. XI, n. 4, 1934).

*Manchester - 1910), da Ehremberger (a Vienna - 1934) ed infine da Velatta (a Padova pure nel 1934). Nella maggior parte delle esperienze, l'effetto dello sfioratore era quello di innalzare il livello dell'acqua (procedendo da monte verso valle), ma in alcune altre (in particolare in quelle di Colemann e Smith) il livello invece si abbassava procedendo nello stesso senso. La teoria del De Marchi spiega le due diverse apparenze: se una corrente è lenta il livello si innalza procedendo verso valle, se la corrente è veloce il livello si abbassa.*

*Il risultato così ottenuto non ha soltanto il merito di un enunciato semplice ed incisivo; ha anche quello di avere aperto una strada allo studio di canali con portate sfioranti lungo il percorso (come i canali di irrigazione) o con portate in aumento lungo il percorso (come nelle grondaie). E la scuola del De Marchi ha considerato tutti questi casi con molto successo, tanto che nel trattato recente del Ven-Te-Chow (Open Channels Hydraulics) il Capitolo XII è tutto dedicato ai risultati ottenuti dal De Marchi e dalla sua scuola.*

* * *

*Ma l'opera del De Marchi non sarebbe adeguatamente illustrata se non si tenesse conto della sua attività presso gli Uffici Tecnici dello Stato.*

*Iniziò la sua carriera, come ho precedentemente accennato, presso il Corpo del Genio Civile nel 1913 collaborando col Fantoli alla istituzione del Servizio Idrografico italiano, al quale si è poi sempre interessato; sono del 1920 le istruzioni su « l'Impianto degli idrometri e delle stazioni per la misura delle portate » pubblicate nel 1° fascicolo relativo alla « Istituzione e funzionamento del Servizio Idrografico ». Sono sue le relazioni su « La produzione di energia elettrica in Italia » (pubblicate dal 1920 al 1929) ed è sua l'esposizione su « La produzione dell'Energia Elettrica in Italia nell'anno 1921 e le ripercussioni della siccità dell'autunno 1921 e dell'inverno 1921-1922 ».*

*Ricorderò anche le « Direttive e finalità della Statistica delle risorse idrauliche per forza motrice » (premessa al fascicolo 1° della pubblicazione n. 12 del Servizio Idrografico), e le*

*cinque relazioni contenute nei fascicoli sulle « Grandi utilizzazioni idrauliche per forza motrice »; infine, la premessa alla statistica relativa alle Irrigazioni in Italia (pubbl. n. 8 del Servizio Idrografico).*

*La seconda edizione di questo volume è apparsa nel* 1931 *ed ha ancora come premessa una sua nuova relazione.*

*L'elenco generale delle sue pubblicazioni si trova nel volume « Scritti di Giulio De Marchi », edito dal Politecnico di Milano e curato dai suoi allievi.*

* * *

*Quando forse pensava di godersi un meritato riposo, l'Italia fu colpita dalle alluvioni del* 1966, *che, per le gravissime conseguenze causate, posero in tutta evidenza la necessità e l'urgenza di affrontare l'annoso problema della difesa idrogeologica del territorio nazionale in un quadro più vasto, con nuovi criteri di funzionalità, di omogeneità e di unitarietà, mediante lo studio particolareggiato di una aggiornata programmazione.*

*Il Prof. De Marchi fu chiamato dal Ministro dei Lavori Pubblici a presiedere la Commissione ministeriale all'uopo costituita, ed insediata il* 7 *dicembre* 1966.

*La vastità e la complessità del problema giustificarono successivamente la istituzione della Commissione interministeriale (Lavori Pubblici - Agricoltura e Foreste) di cui all'art.* 14 *della citata legge* 632, *con compiti pressoché analoghi a quelli affidati alla precedente, però in una dimensione più ampia, comprendente anche il settore agricolo-forestale.*

*Naturalmente, anche di questa fu affidata la presidenza al Prof. De Marchi, e sottolineo la parola naturalmente perché Egli, studioso e tecnico insigne, profondo conoscitore dei problemi della Pubblica Amministrazione, e specificatamente di quelli rientranti nella competenza del Dicastero dei Lavori Pubblici (per quasi un trentennio — dal* 1931 *al* 1958 *— fu membro del Consiglio Superiore dei LL.PP.), era la persona più indicata per dirigere e coordinare i lavori di un Collegio che comprendeva la maggior parte delle più rinomate competenze nazionali nei vari settori.*

*Quelli che, come me, ebbero la fortuna di collaborare con Lui, hanno sicuramente potuto constatare la sua particolare conoscenza non soltanto dei problemi tecnici, ma anche di quelli economici, organizzativi, amministrativi e legislativi.*

*Chi legga i capitoli I, II e XI della Relazione conclusiva, da Lui personalmente redatti, resterà certamente conquistato dalla varietà degli argomenti trattati, tutti, con profonda competenza.*

*Desidero anche rilevare come l'Amministrazione dei Lavori Pubblici, che contribuì alla formazione tecnica del De Marchi agli inizi della Sua attività professionale, sia stata ampiamente compensata al termine della di Lui esistenza con una opera veramente notevole che onora l'Amministrazione stessa.*

*Nel farmi interprete anche dei sentimenti di tutti i membri ed esperti della Commissione, rendo il più sentito e commosso omaggio alla memoria dell'Insigne Maestro.*

* * *

*Prima di licenziare questa mia nota, desidero rinnovare i ringraziamenti più vivi a tutti i membri ed esperti della Commissione interministeriale ed ai funzionari tutti dei Ministeri LL.PP. e AA.FF. Un particolare ringraziamento al Dott. Giuseppe Colavolpe che mi ha coadiuvato con zelo e competenza nel lungo lavoro per la stampa dei tre volumi finali della Commissione.*

GIULIO SUPINO

# SECONDA SOTTOCOMMISSIONE

(Presidente: Prof. Ing. GIULIO SUPINO)

## GRUPPO DI LAVORO PER IL VENETO

(Presidente: Dr. Ing. ALDO MIGLIARDI)

# FIUME ISONZO

PROF. ING. GIUSEPPE BENINI

## 1. - DESCRIZIONE DEL BACINO IDROGRAFICO

L'Isonzo nasce in Val di Trenta con sorgenti a quota 935 m circa, e sfocia nell'Adriatico presso Monfalcone, ove forma un delta che tende, nel tempo, a spostarsi da occidente verso oriente. Il suo percorso è di 140 km.

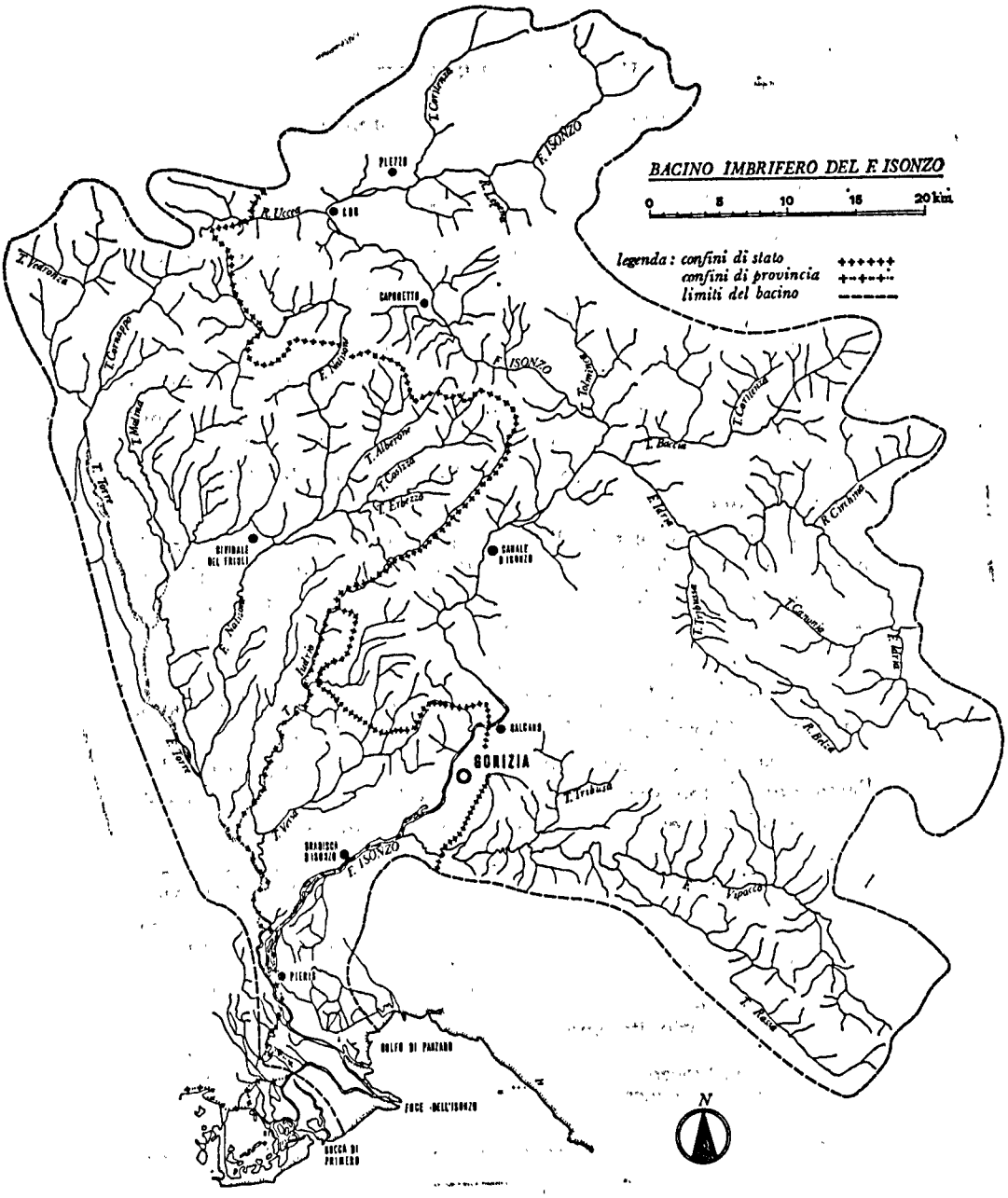
Il bacino imbrifero dell'Isonzo ha una superficie totale di 3430 km² dei quali, dal 14 novembre 1947, solo 1112 km², cioè circa un terzo, si trovano in territorio italiano. Raccoglie e scarica le acque del versante meridionale delle Alpi Giulie, che separano questo bacino da quello della Sava.

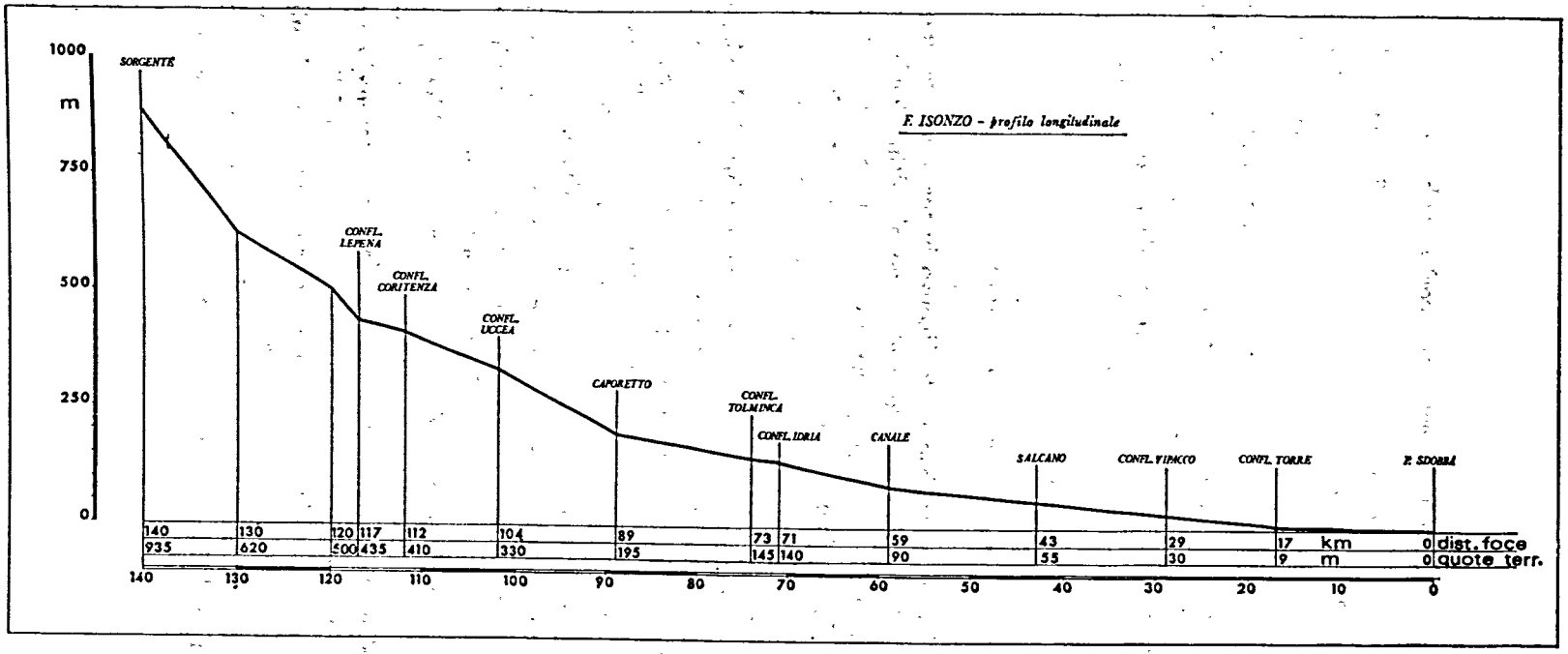
Gli affluenti principali sono: a destra il Coritenza, totalmente in territorio jugoslavo, il Torre con i sub-affluenti Malina, Natisone, Judrio e Versa, quasi totalmente in territorio italiano; a sinistra l'Idria, totalmente in territorio jugoslavo, e il Vipacco quasi totalmente in territorio jugoslavo.

Del corso dell'Isonzo 99 km sono in territorio jugoslavo, a monte di Gorizia, e 41 km in territorio italiano.

Le superfici, le quote medie del bacino e le lunghezze dell'asta per alcune sezioni più caratteristiche del bacino principale e degli affluenti sono riportate nella seguente tabella:

| Bacino | Superfici (km²) | Quote medie (m s.l.m.) | Lunghezza asta (km) |
|---|---|---|---|
| Isonzo a Canale | 1.357 | 886 | 83 |
| Isonzo a Salcano | 1.551 | 859 | 99 |
| Isonzo a Pieris | 3.391 | 603 | 123 |
| Isonzo alla foce | 3.430 | 599 | 140 |
| Isonzo in territorio italiano | 1.112 | 342 | 41 |
| Coritenza | 83 | 1.303 | 17 |
| Idria alla confluenza | 612 | 729 | 60 |
| Vipacco alla confluenza | 669 | 493 | 50 |
| Torre alla confluenza | 1.115 | 375 | 69 |


BACINO IMBRIFERO DEL F. ISONZO
0 5 10 15 20 km
legenda: confini di stato
confini di provincia
limiti del bacino
PLEZZO
R. Uccea
R. ISONZO
T. Cornappo
T. Natisone
T. Torre
T. Cornappo
T. Malina
T. Alberone
T. Cosizza
T. Erbezza
T. Judrio
T. Versa
T. Iudrio
T. Torre
T. Corno
T. Vipacco
T. Versa
T. Vipacco
T. Judrio
T. Cornappo
T. Natisone
T. Malina
T. Torre
T. Alberone
T. Cosizza
T. Erbezza
T. Iudrio
T. Versa


F. ISONZO - profilo longitudinale
1000
m
750
500
250
0
SORGENTE
CONFL. LEPENA
CONFL. CORITENZA
CONFL. UCCEA
CAPORETTO
CONFL. TOLMINCA
CONFL. IDRIA
CANALE
SALCANO
CONFL. VIPACCO
CONFL. TORRE
F. SDOBBA
140 130 120 117 112 104 89 73 71 59 43 29 17 km 0 dist. foce
935 620 500 435 410 330 195 145 140 90 55 30 9 m 0 quote terr.
140 130 120 110 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0

Le pendenze dell'asta sono così distribuite:

| | |
|---|---|
| dalla sorgente a Plezzo | 23 per mille |
| Plezzo-Gorizia | 6 per mille |
| Gorizia-foce | meno del 2 per mille |

Salvo qualche zona limitata, come in vicinanza di Caporetto, il bacino è caratterizzato da notevole permeabilità.

Il letto dell'Isonzo, dalla stretta di Salcano, poco a monte di Gorizia, fino al mare è formato da depositi alluvionali di notevole spessore e presenta perdite in alveo sensibili.

## 2. - Caratteristiche geologiche

La parte del bacino dell'Isonzo in territorio italiano inizia presso il M. Sabotino dove affiorano gli ultimi lembi cretacici rappresentati da calcari, spesso cristallini oppure brecciati, del Turoniano e Senoniano. Si tratta di rocce permeabili per fessurazione nelle quali si imposta di solito una idrografia di tipo carsico.

La serie sedimentaria di origine marina si chiude, presso lo sbocco del fiume nella pianura goriziana, con i depositi dell'Eocene: sono i resti più o meno estesi di una coltre spessa oltre 1000 m, di strati arenaceo-marnosi a facies di Flysch alterati talora, specialmente nella parte inferiore della serie, con con banchi di brecce e brecciole calcaree. Queste rocce formano i rilievi del Collio e si estendono ampiamente nella Valle del Vipacco; lembi isolati si rinvengono inoltre nella pianura tra Cormòns e Medea, al M. Fortin ed a Gradisca.

L'ampio settore di bacino occupato dal Flysch è essenzialmente impermeabile; lo stesso si può dire per la fascia di pianura che si sviluppa al piede dei rilievi eocenici dove sono presenti estesi e potenti depositi di argille colluviali.

Oltre il Vipacco, si trova il Carso Goriziano, al cui bordo occidentale scorre l'Isonzo, costituito da una formazione calcarea, i « Calcari di San Michele », di età compresa tra il Cenomaniano e l'Eocene medio. Si tratta di una serie potente quasi

2000 m alla cui base si sviluppano anche calcari dolomitici e dolomie, permeabili per fessurazione e sede di un carsismo sia superficiale che profondo.

Un lembo costituito da rocce simili si rinviene anche oltre la sponda destra dell'Isonzo, in corrispondenza del M. di Medea che rappresenta la culminazione di una anticlinale, a nucleo cretacico, completamente isolata dalle alluvioni.

Il tratto di bacino che comprende l'alta pianura è occupato, oltre che dai già ricordati depositi colluviali, da alluvioni quaternarie calcaree e ferrettizzate, eccezionalmente cementate, cui si associano livelli sabbiosi.

A sud dell'allineamento Ruda-S. Canzian d'Isonzo e fino al mare, nel bacino affiorano invece alluvioni sabbiose ed argillose recenti ed attuali, poco permeabili od addirittura impermeabili; localmente sono presenti, lungo la costa, sistemi dunosi litoranei.

## 3. - Regime pluviometrico e precipitazioni massime

Il bacino dell'Isonzo è tra i più piovosi della regione italiana; si sono registrati, infatti, 1989 mm annui di precipitazioni, come media del periodo 1921-50.

La piovosità aumenta fortemente passando dalla pianura alle Alpi Giulie, pur presentando anche sulla pianura valori elevati. Dalla carta delle precipitazioni medie annue per il periodo 1921-30 si deduce che le precipitazioni della parte alta del bacino, fino a Canale, sono superiori a 2000 mm; il resto del bacino è compreso tra l'isoieta 2000 mm e 1000 mm. Nel bacino dell'alto Isonzo i massimi di piovosità superano i 3000 millimetri annui.

Il regime delle precipitazioni è del tipo sub-litoraneo alpino con minimo estivo meno accentuato di quello invernale e massimo assoluto generalmente in autunno. Nelle stazioni del bacino dell'alto Isonzo e del bacino dell'alto Torre il regime ha caratteri di transizione al regime continentale, come appare nella tabella seguente, relativa al periodo di osservazione 1921-30.

| Stazioni | Totali stagionali (mm) | | | | Totale annuo (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| | Inverno | Primavera | Estate | Autunno | |
| Caporetto | 415 | 754 | 591 | 935 | 2.695 |
| Uccea | 318 | 1.072 | 832 | 1.398 | 3.620 |
| Gorizia | 211 | 390 | 350 | 491 | 1.442 |
| Musi | 540 | 1.073 | 891 | 1.361 | 3.865 |
| Pulfero | 354 | 684 | 575 | 678 | 2.291 |
| Cividale | 260 | 505 | 472 | 510 | 1.747 |

Le precipitazioni massime per il periodo di osservazione indicato sotto ogni stazione sono le seguenti:

| Stazione | Precipitazioni massime in mm di: | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 giorno | 2 giorni | 3 giorni | 4 giorni | 5 giorni |
| Uccea 1925-54 | 325,9 (10 XI '27) | 434,6 (5-6 X '35) | 606,6 (24-26 X '31) | 719,8 (24-27 X '31) | 742,8 (2-6 X '35) |
| Musi 1924-53 | 262,4 (22 XI '38) | 410,1 (22-23 IX '25) | 480,1 (22-24 IX '25) | 543,1 (21-24 IX '25) | 586,6 (2-6 X '35) |
| Gorizia 1921-54 | 130,0 (28 IX '26) | 218,0 (27-28 IX '26) | 226,8 (27-29 IX '26) | 227,0 (27-30 IX 26) | 229,7 (27 IX-1 X '26) |
| Pulfero 1922-51 | 156,8 (15 VI '40) | 202,2 (15-16 VI '40) | 265,0 (24-26 X '31) | 307,0 (24-27 X '31) | 339,6 (23-27 XI '49) |
| Cividale 1921-50 | 192,6 (19 VII '42) | 207,6 (19-20 VII '42) | 219,2 (19-21 VII '42) | 241,9 (24-27 XI '49) | 279,7 (23-27 XI '49) |

L'evento del 4-5 novembre 1966 non è stato eccezionale per il bacino dell'Isonzo, che si trova al margine orientale della zona maggiormente colpita dall'alluvione. In tutte queste stazioni non sono stati superati, in tale evento, i primi casi critici.

## 4. - Idrometria e piene massime

Nell'Isonzo si osserva un regime costituito da due piene annuali quasi equivalenti, una nella tarda primavera e una in autunno. Tale regime è messo in rilievo dai dati della tabella seguente, in cui si riportano i valori delle portate medie mensili e annue, in $m^3/s$, per l'Isonzo a Log (Saga) e a Canale relativi al periodo 1930-38.

| Mesi | Portate medie mensili ($m^3/s$) | |
|---|---|---|
| | Isonzo a Log (Saga) | Isonzo a Canale |
| Gennaio | 15,9 | 70,2 |
| Febbraio | 14,4 | 61,2 |
| Marzo | 25,5 | 121,5 |
| Aprile | 30,7 | 111,4 |
| Maggio | 46,5 | 139,5 |
| Giugno | 39,6 | 117,4 |
| Luglio | 26,0 | 63,7 |
| Agosto | 30,2 | 69,7 |
| Settembre | 27,1 | 92,5 |
| Ottobre | 30,5 | 145,0 |
| Novembre | 32,9 | 136,4 |
| Dicembre | 22,5 | 90,0 |
| Portata media annua ($m^3/s$) | 25,1 | 101,7 |

Le portate medie annue dell'Isonzo e affluenti, in varie sezioni caratteristiche, sono le seguenti:

| | |
|---|---|
| Isonzo a Canale | 101,7 $m^3/s$ |
| Isonzo a Pieris | 172,0 $m^3/s$ |
| Isonzo alla foce | 172,3 $m^3/s$ |
| Torre alla confluenza | 49,9 $m^3/s$ |

Le massime portate di piena e le corrispondenti altezze idrometriche dell'Isonzo, registrate a tutto il 1953, sono le seguenti:

| Sezione di misura | Periodo di osservazione | Superficie bacino ($km^2$) | Portata massima ($m^3/s$) | Altez. idrom. (cm) | Portata specifica ($m^3/s\ km^2$) | Data |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Caporetto | 1920-45 | 434 | 1.072 | 530 | 2,470 | 29-X-26<br>18-XI-40 |
| Recca | 1925-43 | 300 | 750 | 520 | 2,433 | 28-IX-26 |
| Canale | 1923-39 | 1.357 | 2.000 | 1.060 | 1,473 | 29-XI-23 |
| Salcano | 1926-41 | 1.551 | — | 850 | — | 18-XI-40 |
| Gorizia | — | 1.555 | 2.625 | — | 1,688 | 20-X-1896 |
| Pieris | 1925-53 | 3.391 | 4.400 | 640 | 1,306 | 18-XI-40 |

Si è ritenuto opportuno valutare in varie sezioni del fiume la piena massima che ha la probabilità di verificarsi una volta ogni 100 anni.

Non potendo per tale valutazione basarsi su osservazioni di portata, che sono molto scarse e limitate a periodi di osservazione di pochi anni, ci si è basati sulle più lunghe osservazioni pluviometriche. Poichè non si sono potuti avere dati delle stazioni pluviometriche poste in territorio jugoslavo, si è ovviato a tale mancanza osservando che l'andamento delle precipitazioni (sia come valori medi annuali, sia come valori massimi giornalieri) segue la curvatura delle Alpi Orientali. Il bacino dell'Isonzo è stato perciò diviso in fasce aventi tale andamento, e per tutta la fascia è stato assegnato il valore delle precipitazioni rilevato nella porzione di tale fascia sita in territorio italiano.

L'indagine è stata estesa a circa 30 anni di osservazioni. Per ogni zona i valori delle precipitazioni sono stati regolarizzati ed estesi ad un periodo di 100 anni col procedimento del Fuller (non si è ritenuto opportuno, date le approssimazioni intro-

dotte, di scegliere un metodo probabilistico più raffinato). Per ogni sezione del fiume presa in considerazione è stata eseguita la media ponderale (con pesi proporzionali all'area delle varie fasce che interessano il bacino imbrifero) dei valori centenari delle precipitazioni, e in base ad essi è stata valutata, per ogni sezione, la relativa espressione delle piogge $h = a\ t^n$.

La valutazione del tempo di corrivazione e della portata è stata fatta applicando le note formule del Giandotti, con i coefficienti riportati nel trattato del Supino « Le reti idrauliche », seconda edizione.

I risultati di queste elaborazioni sono i seguenti:

| Sezione considerata | Portata centenaria | Portata max osservata |
|---|---|---|
| Isonzo a Canale | 3.317 m³/s | 2.000 m³/s |
| Isonzo a Salcano | 3.529 » | |
| Isonzo a valle della confuenza col Vipacco (poco a monte di Gradisca) | 3.898 » | |
| Isonzo a Pieris | 4.850 » | 4.400 » |
| Torre alla confluenza | 1.792 » | |

Per l'Isonzo a Pieris, ove si hanno delle osservazioni idrometriche sufficientemente lunghe (36 anni) tali osservazioni sono state regolarizzate ed estese ad un periodo di 100 anni, sempre applicando il procedimento del Fuller. E' risultato che l'altezza massima centenaria è di 6,70 ÷ 6,80 m sopra lo zero idrometrico attuale.

Lo sviluppo dettagliato dell'indagine, che ha portato ai risultati sopra indicati, è illustrato in uno studio a parte dal titolo « Valutazione delle piene con probabilità centenaria del fiume Isonzo ».

## 5. - Trasporto solido

Il regime dell'Isonzo è di carattere torrentizio, con variazioni notevoli di portata. Tale carattere torrentizio è anche giustificato dal cospicuo valore della pendenza, pure nel tratto terminale del fiume a valle di Gorizia. Il fiume perciò trasporta nel suo letto, fin quasi alla foce, materiale di dimensioni del ciottolo.

I dati sul trasporto solido in sospensione sono desunti da misure torbiometriche effettuate al ponte di Salcano (Gorizia) dal 1926 al 1938. La media delle portate torbide medie annue nel periodo 1930-38 dà 15,0 kg/s; la media della torbidità specifica media annua nello stesso periodo è di 146 g/m$^3$; il deflusso torbido medio annuo è, sempre per lo stesso periodo, 474 ton · 10$^3$.

E' da notare la notevole variabilità dei valori da cui si sono tratte le medie suesposte, come si può vedere nella tabella seguente:

| | 1930 | 1931 | 1932 | 1933 | 1934 | 1935 | 1936 | 1937 | 1938 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Portata torbida media annua (kg/s) | 15,5 | 14,6 | 7,2 | 22,5 | 31,8 | 12,7 | 5,8 | 17,1 | 7,9 |
| Torbidità specifica (g/m$^3$) | 167 | 138 | 91 | 246 | 236 | 121 | 57 | 131 | 130 |
| Deflusso torbido annuo (ton. 10$^3$) | 491 | 462 | 230 | 110 | 1005 | 402 | 184 | 539 | 250 |

## 6. - Frane e dissesti

In generale si può osservare che nell'ambito del bacino italiano del fiume Isonzo predominano i terreni pseudocoerenti, come marne, argille, arenarie e loro alternanze (Flysch), mentre sono presenti affioramenti lapidei solo nelle parti settentrionali del bacino stesso (dolomie alle Cime del M. Musi e

Gran Monte, calcari nei Monti Bernadia e nelle alte valli degli affluenti di sinistra del Natisone).

I fenomeni franosi porpriamente detti e, in generale i processi di degradazione accelerata, si manifestano per lo più in corrispondenza dei terreni predominanti (rocce pseudocoerenti e incoerenti) con scoscendimenti (frane con superfici di distacco di neoformazione) e smottamenti.

I pendii piuttosto ripidi e con copertura eluviale vengono spesso interessati anche da lame (deformazioni plastiche senza una superficie di distacco vera e propria), per lo più di dimensioni ridotte.

Dal punto di vista della posizione geografica, tra le aree maggiormente colpite da movimenti franosi si ricorda la zona collinare di Tarcento (in particolare l'area tra gli abitati di Bulfons, Coia, Ramandolo e Stella) e quella, interessata da frane in gran parte recenti, tra Monteaperta, Cornappo e Montemaggiore.

Nella zona a nord-est di Cividale compresa tra il Natisone ed il confine di Stato, si osservano frane di limitate dimensioni sparse in tutta l'area, per lo più in relazione alla pendenza dei versanti, pur riconoscendo un maggiore addensamento nella parte più settentrionale del bacino del T. Alberone-Rieca.

Lo stesso tipo litologico (Flysch) è interessato da frane, favorite dalla giacitura a franapoggio, nella zona tra Dolegna del Collio e Brazzano, sulla sinistra idrografica del T. Judrio. A nord di Gorizia, sulla destra del fiume Isonzo, sono spesso colpiti da movimenti franosi (lame e scoscendimenti) alcuni luoghi del territorio del Comune di S. Floriano del Collio.

Le cadute di blocchi e massi sono limitate alle zone di alta montagna, come per esempio sul versante meridionale del Monte Musi, ed a sporadici casi in corrispondenza dell'affioramento dei banconi calcarei nell'ambito della formazione eocenica (ad esempio, a monte di Canebola).

A differenza degli altri bacini della Regione Friuli-Venezia Giulia, si nota che quello dell'Isonzo è caratterizzato dalla limitatezza del fenomeno dell'erosione accelerata ad opera delle acque selvagge, per merito della quasi completa copertura vegetale delle zone collinari e, in parte, di quelle montuose (ad

esempio: Collio, bacini dei torrenti Erbezzo, Cosizza, Alberone, ecc.).

Tuttavia si ricorda che la natura della gran parte dei terreni affioranti nel bacino in esame favorisce il frequente fenomeno di frane di piccole dimensioni, del tipo smottamenti, in corrispondenza dei tagli a mezza costa eseguiti per la costruzione di strade e altri manufatti.

Infine tra le frane antiche e che hanno dato luogo a mutamenti morfologici vistosi appare degna di menzione quella di Musi, che ha favorito il forte alluvionamento della valle omonima.

## 7. - Provvedimenti per la difesa dalle piene (con indicazione delle spese): serbatoi esistenti (e loro scarichi); nuovi serbatoi; canali scolmatori, altri provvedimenti

Sul fiume Isonzo, a monte delle centrali idroelettriche di Doblari e Plava, in territorio jugoslavo, esistono i serbatoi di Sottosella del volume di $6{,}5 \times 10^6$ m$^3$, e di Canale, del volume di $1{,}7 \times 10^6$ m$^3$.

Questi serbatoi, anche ammesso che fossero utilizzabili con la sola funzione di attenuare le piene, non darebbero per tale scopo un apprezzabile beneficio per la loro modesta capacità. La loro presenza invece porta un notevole disturbo alla economia idraulica del bacino inferiore dell'Isonzo, ed alle derivazioni quivi esistenti, in quanto dà luogo ad una sregolazione giornaliera delle portate di magra.

Per ovviare ai danni provocati da tale sregolazione è stata prospettata l'opportunità di costruire presso il confine un serbatoio della capacità di circa $3 \times 10^6$ m$^3$ sufficiente alla regolazione giornaliera delle portate fluenti in periodo di magra. La proposta di attuazione del serbatoio, con relativa centrale elettrica per l'utilizzazione del salto, è stata esaminata con parere favorevole dal Consiglio Superiore dei LL.PP. Il relativo

importo (L. 2.500 milioni) viene pertanto inserito nelle tabelle riassuntive. E' però da far presente che tale serbatoio non ha, dato il modesto volume d'invaso, apprezzabile influenza nella attenuazione delle piene.

Si ha pure notizia che in territorio jugoslavo, nei pressi di Log, è stata presa in considerazione la possibilità di realizzare un grande serbatoio di $430 \times 10^6$ m$^3$, le cui acque verrebbero utilizzate da una grande centrale elettrica da porsi a Ternova. Questo serbatoio verrebbe alimentato da un bacino di 326 km$^2$, e dovrebbe effettuare per quel bacino una regolazione pluriannuale.

La presenza di questo serbatoio, nel caso venisse realizzato, potrebbe avere un sensibile effetto nel moderare le piene dell'Isonzo in territorio jugoslavo specialmente nel tratto a monte di Canale, ed anche per la città di Gorizia (1.555 km$^2$ di bacino); per il tratto di fiume in territorio italiano a valle della confluenza con il Vipacco e col Torre, avrebbe una influenza piuttosto limitata, perchè sottende un bacino che rappresenta il 10% circa del totale.

Maggiore efficacia potrebbero avere serbatoi di attenuazione di piene realizzati più a valle, pur sempre in territorio jugoslavo.

In tale senso sarebbe molto auspicabile una presa di contatto con le autorità jugoslave per esaminare la possibilità di realizzazione di questi serbatoi.

Per il momento non si prende in considerazione l'attenuazione delle portate di piena dell'Isonzo per mezzo di serbatoi, e la difesa dalle piene del fiume, nel territorio italiano, verrà effettuata con lavori di sistemazione dell'alveo e di rinforzo degli argini, come qui di seguito indicato.

a) *Fiume Isonzo*

Nel primo tratto in territorio italiano, fra il confine e la località di Straccia in comune di Gorizia, ove il fiume scorre incassato tra pareti rocciose, il fondo dell'alveo è costituito a

tratti da materassi ghiaiosi mobili. Recenti rilievi (maggio 1968) hanno indicato un abbassamento dell'alveo presso il confine dell'ordine di 35 cm circa rispetto alle quote rilevate nel 1960. Tale situazione potrebbe, qualora continuasse, pregiudicare la stabilità delle opere di derivazione e dei ponti situati in comune di Gorizia. Il fenomeno è dovuto presumibilmente alla ritenuta di materiali effettuata dai due citati serbatoi di Sottosella e Canale. E' da far presente che, nel caso venisse realizzato in territorio italiano il serbatoio di $3 \times 10^6$ m$^3$, di cui si è già parlato, la relativa diga dovrà essere provvista di efficaci sghiaiatori onde non peggiorare la situazione dell'alveo già prospettata.

Tra l'abitato di Gorizia e la foce, l'Isonzo scorre su fondo ghiaioso e pianeggiante, diviso in varie ramificazioni tra banchi di materiali ghiaiosi più o meno stabilizzati.

Il carattere eminentemente torrentizio del corso d'acqua provoca notevoli spostamenti dei filoni con conseguenti corrosioni delle sponde costituite da materiali friabili e minaccia la stabilità degli argini che accompagnano tutto il corso inferiore ad eccezione del tratto in sponda sinistra tra Gorizia e Sagrado.

Ad evitare tale fenomeno è necessario un massiccio intervento per la stabilizzazione delle sponde non ancora difese, con scogliere di pietrame: sistema che alla luce della esperienza acquisita si è dimostrato il più efficace ed economico in questa zona.

La spesa di tali opere, integrate da opportuni movimenti dei materiali d'alveo onde effettuare le necessarie correzioni dell'andamento liquido, potrebbe aggirarsi sulle L. 650.000.000.

Per quanto riguarda le arginature, è stato valutato che il livello della piena che ha probabilità di verificarsi ogni 100 anni sia superiore di circa 40 cm a quello massimo verificatosi nel periodo di osservazione. Assumendo un franco di 1 m, e una sezione d'argine che ha la sommità della larghezza di 3,50 metri, una banchina della larghezza di 5 m posta 2 m sotto la sommità e scarpate di 2 su 3, risulta una spesa prevista per il loro rialzo ed adeguamento di L. 1.150.000.000.

Alcuni tratti di arginatura e precisamente il tratto in destra tra il ponte di Sagrado e Villesse ed il tratto in sinistra a valle

del ponte di Pieris presentano fenomeni di infiltrazioni durante le piene con formazione di fontanazzi pericolosi per la stabilità delle arginature. Necessita pertanto la costruzione di diaframmi continui con una spesa preventiva di lire 500.000.000.

In totale la spesa per il fiume Isonzo si aggirerebbe su L. 2.300.000.000.

b) *Torrente Torre* (corso superiore, a monte della confluenza col Natisone).

Il torrente Torre, dalle sue origini presso Musi in comune di Lusevera ed i suoi affluenti sino all'altezza dell'abitato di Pradamano ricadono nel bacino montano del torrente Torre, classificato con R.D. 15 dicembre 1927. Però dal ponte di Nimis sino alla confluenza con il fiume Natisone, affluente di destra dell'Isonzo, le opere occorrenti per la sistemazione del Torre sono anche state classificate nella terza categoria delle opere idrauliche.

Pertanto, le opere necessarie per la sistemazione del Torre e dei suoi affluenti da Musi sino al ponte di Nimis, sulla strada Qualso-Nimis, rientrano nella esclusiva competenza della Regione Friuli-Venezia Giulia.

Nel tratto Ponte di Nimis-Pradamano, esiste sovrapposizione tra bacino montano e comprensori di opere di terza categoria, gestite da tre distinti Consorzi Idraulici.

A valle di Pradamano e fino alla confluenza con il fiume Natisone, le opere occorrenti per la sistemazione del corso d'acqua sono unicamente classificate nella terza categoria.

Il sub-bacino in sinistra del torrente Torre, compreso tra i torrenti Malina e Chiarò, è pure interamente classificato bacino montano.

Dalla confluenza del Malina con il Torre e fino alla strada statale Tarcento-Attimis-Cividale, le opere occorrenti per la sistemazione dei vari torrenti che ivi scorrono, torrente Malina, torrente Ellero, torrente Grivò di Campeglio e torrente Chiarò, sono state anche classificate tra le idrauliche di terza categoria.

Si ritiene che per l'esecuzione delle opere classificate nella terza categoria nel bacino del torrente Torre, comprese quindi anche quelle opere ove esiste sovrapposizione di classifiche diverse, possa essere necessaria una spesa non inferiore a lire 3.000.000.000.

In linea di larga massima, tale spesa può essere così ripartita: L. 1.900.000.000 per le opere di terza categoria relative al sub-bacino dei torrenti Malina, Grivò, Ellero e Chiarò, e L. 1.100.000.000 per le opere di terza categoria del bacino principale del Torre.

Un serbatoio, della capacità di 2,2 milioni di $m^3$ sarebbe realizzabile in località S. Osvaldo di Lusevera. Non se ne è tenuto conto in quanto in quel punto il bacino imbrifero sotteso risulta di soli 68 $km.^2$ E' invece prevista la realizzazione di casse di espansione per trattenuta di materiali e leggera attenuazione delle piene.

c) *Torrente Torre* (corso inferiore, a valle della confluenza col Natisone).

Il corso inferiore del torrene Torre scorre in terreni alluvionali estremamente mobili, fatto che, accompagnato dal carattere accentuatamente torrentizio del corso d'acqua con piene improvvise e di elevato volume liquido, rende molto delicata la situazione delle arginature.

Infatti il franco delle arginature è già attualmente appena sufficiente a contenere le piene eccezionali come quella verificatasi nel giugno 1958 con fenomeni di incipiente tracimazione di argini.

Il filone di morbida scorre tortuosissimo fra le arginature provocando continue variazioni di alveo e corrosioni delle sponde.

In definitiva il rialzo e l'adeguamento degli argini fino alla confluenza con l'Isonzo comporta una spesa di circa L. 1.250 milioni e la stabilizzazione dell'alveo con scogliere di pietrame e rettifiche di tracciato una spesa di lire 250 milioni circa; in totale L. 1.500.000.000.

d) *Fiume Natisone*

Il bacino del fiume Natisone, dalle origini del corso d'acqua fino alla strada statale Udine-Trieste, è stato classificato bacino montano con il R.D. 4 settembre 1927, n. 9024.

Dalla strada di Manzano sino alla confluenza con il torrente Torre, le opere di sistemazione lungo le sponde del fiume sono classificate nella terza categoria delle opere idrauliche.

Esiste quindi un breve tratto di sovrapposizione, tra la strada di Manzano e la statale Udine-Trieste, delle due classifiche.

Ne consegue che le opere occorrenti per la sistemazione del Natisone e del suo bacino, a monte della strada di Manzano, rientrano nella esclusiva competenza della Regione Friuli-Venezia Giulia.

Nel fiume Natisone, oltre ad opere per sistemazione dell'alveo, si prevede la costruzione di piccoli serbatoi per trattenuta dei materiali di fondo e leggera attenuazione delle piene. Di essi uno potrebbe essere costruito in territorio jugoslavo, in corrispondenza della stretta di Robiss, per il quale sono in corso trattative, altri due in territorio italiano, nei pressi di Stupizza e Sanguarzo.

Per l'esecuzione di queste opere si ritiene che in linea di massima sia necessaria una spesa di circa L. 1.500.000.000.

e) *Torrente Judrio*

Non presenta problemi di particolare importanza dato che il corso superiore classificato nella 1ª categoria scorre in terreni rocciosi quasi del tutto stabilizzati mentre il rimanente corso viene progressivamente regolarizzato con i fondi di bilancio a disposizione dell'Ufficio del Genio Civile di Gorizia.

Sarebbe tuttavia opportuno eliminare le infiltrazioni che si verificano lungo l'argine sinistro in corrispondenza dell'abitato di Medea mediante la costruzione di diaframmi arginali com-

portanti una spesa di lire 200 milioni, mentre per l'adeguamento dell'argine è prevista una spesa di lire 60 milioni.

f) *Torrente Versa*

Nel corso inferiore classificato nella 2ª categoria, pure completamente regolarizzato con arginature, salti di fondo ed alveo di magra con rivestimenti in pietrame e calcestruzzo si verifica l'inconveniente che durante le piene esso non può ricevere le acque degli affluenti Cristinizza e Bisinta le quali esondano allagando le campagne limitrofe per un periodo di varie ore.

L'inconveniente potrebbe venire diminuito se non eliminato, con notevoli lavori la cui convenienza, nei confronti dei vantaggi ottenibili, dovrebbe essere dimostrata da un progetto esecutivo.

Comunque un progetto di massima dell'Ufficio del Genio Civile di Gorizia, ancora del 1934, prevedeva la costruzione di un bacino moderatore delle piene del costo, in moneta attuale, di L. 100 milioni. Altri lavori di espurgo e sistemazioni varie potrebbero essere valutati in L. 250 milioni compreso anche il tratto superiore, per cui la cifra massima occorrente è di circa L. 350 milioni.

## 8. - Opere di sistemazione idraulico-forestale

Mentre si rimanda per una dettagliata descrizione delle opere allo studio « Opere di sistemazione idraulico-forestale ed idraulico-agraria dei bacini montani e dei comprensori di bonifica integrale della Regione Friuli-Venezia Giulia » si riportano qui in riassunto i dati essenziali relativi agli importi di spese previste per opere di sistemazioni idraulico-forestali, importi valutati con i rappresentanti degli Enti interessati in una successiva riunione.

Si fa pure presente che, oltre al bacino dell'Isonzo, si espongono gli importi di spesa anche per i piccoli bacini in sinistra.

*Bacini montani triestini* (Rosandra, Noghere, Martesin, Chiave).

| | | |
|---|---|---|
| Importo previsto | L. | 500 milioni |

| *Fiume Isonzo e affluenti:* | importi previsti |
|---|---|
| Alto Torre . . . . . | L. 11.000 milioni |
| Natisone . . . . . | L. 9.000 milioni |
| Uccea . . . . . | L. 500 milioni |
| Medio Isonzo . . . . | L. 200 milioni |
| Judrio . . . . . | L. 400 milioni |
| Versa . . . . . | L. 100 milioni |
| Totale sistemazioni idraulico-forestali . . . | L. 21.700 milioni |

## 9. - Opere di bonifica (sistemazione idraulico-agraria)

Mentre si rimanda, per una dettagliata descrizione delle opere allo studio « Opere di sistemazione idraulico-forestale ed idraulico-agraria dei bacini montani e dei comprensori di bonifica integrale della Regione Friuli-Venezia Giulia » si riportano qui in riassunto i dati essenziali relativi agli importi di spesa previsti per opere idraulico-agrarie, importi valutati con i rappresentanti degli Enti interessati in una successiva riunione.

Si fa presente che, oltre al bacino dell'Isonzo, si espongono gli importi di spesa anche per i piccoli bacini in sinistra.

*Fiume Timavo*

| | | |
|---|---|---|
| Importo previsto | L. | 900 milioni |

| | | importi previsti |
|---|---|---|
| . *Fiume Isonzo e affluenti*: | | |
| Isonzo . . . . . | L. | 6.400 milioni |
| Alto Torre . . . . . | L. | 4.000 milioni |
| Natisone . . . . . | L. | 1.000 milioni |
| Basso Torre e Mondina Morto | L. | 800 milioni |
| Versa . . . . . | L. | 100 milioni |
| Totale opere di bonifica . . | L. | 13.200 milioni |

Nell'importo di L. 6.400 milioni relativo al fiume Isonzo è compresa, come già detto, la realizzazione del serbatoio per il rifasamento della portata dell'Isonzo, che comporta una spesa di L. 2.500 milioni.

## 10. - Opere di difesa a mare e laguna

Gli importi di tali opere di difesa sono stati compresi tra gli importi per opere di bonifica.

Fa eccezione la somma di L. 250 milioni per consolidamento di dune e costituzione di boschi litoranei nella zona del lido di Panzano (Monfalcone), che ricade nel bacino dell'Isonzo.

## 11. - Progettazione delle opere, studi e ricerche sperimentali connesse

La progettazione delle opere qui innanzi descritte potrà essere eseguita sia dagli organi dello Stato o della Regione, sia da altri Enti o professionisti privati. Per tale ragione si prevede un'aliquota per spese di progettazione relativamente modesta, e precisamente del 3% comprensivo anche di eventuali spese inerenti a studi, ricerche, indagini particolari e all'esecuzione di modelli delle opere progettate.

Complessivamente le spese di progettazione delle opere e per studi e ricerche sperimentali relative al bacino dell'Isonzo e limitrofi assommano, arrotondando in eccesso, a L. 1.325 milioni.

## IMPORTO DELLE OPERE DA ESEGUIRE NEL I QUINQUENNIO

| BACINO PRINCIPALE: Isonzo km² 3430 | | | | Importi delle sistemazioni previste (in milioni di lire) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Corso d'acqua | Estremi del tratto | Superficie km² | | Opere idrauliche | Serbatoi di attenuazione delle piene | Opere idrauliche forestali | Bonifiche | Difesa del litorali | Totali | Osservazioni |
| | | Parziale | Complessiva | | | | | | | |
| Bacini montani triestini | | 111 | 111 | | | 100 | | | 100 | Nelle bonifiche sono comprese pure le difese consortili a mare |
| Timavo | | | | | | | 300 | | 300 | |
| Uccea | | | | | | 100 | | | 100 | |
| Isonzo | dal confine al mare | 1.112 | 3.430 | 800 | | 200 | 1.000 | 100 | 2.100 | |
| Alto Torre e suoi affluenti | a monte confluenza con il Natisone | 731 | 731 | 1.000 | | 1.500 | 1.000 | | 3.500 | |
| Natisone | | 357 | 357 | 500 | | 1.000 | 300 | | 1.800 | |
| Basso Torre | a valle confluenza con il Natisone | 27 | 1.115 | 500 | | | 200 | | 700 | |
| Judrio | | | | 150 | | 100 | | | 250 | |
| Versa | | | | 150 | 100 | 50 | 50 | | 350 | |
| | | | | | | | Totale . . | | 9.200 | |

## IMPORTO DELLE OPERE DA ESEGUIRE NEL SUCCESSIVO DECENNIO

| BACINO PRINCIPALE: Isonzo km² 3430 | | | | Importi delle sistemazioni previste (in milioni di lire) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Corso d'acqua | Estremi del tratto | Superficie km² | | Opere idrauliche | Serbatoi di attenuazione delle piene | Opere idrauliche forestali | Bonifiche | Difesa del litorali | Totali | Osservazioni |
| | | Parziale | Complessiva | | | | | | | |
| Bacini montani triestini | | 111 | 111 | | | 200 | | | 200 | Nelle bonifiche sono comprese pure le difese consortili a mare |
| Timavo | | | | | | | 200 | | 200 | |
| Uccea | | | | | | 200 | | | 200 | |
| Isonzo | dal confine al mare | 1.112 | 3.430 | 1.200 | | — | 3.400* | 100 | 4.700 | * Compreso l'importo di L. 2.500 milioni per il serbatoio di rifasamento a monte di Gorizia |
| Alto Torre e suoi affluenti | a monte confluenza con il Natisone | 731 | 731 | 1.000 | | 3.000 | 1.000 | | 5.000 | |
| Natisone | | 357 | 357 | 500 | | 2.000 | 300 | | 2.800 | |
| Basso Torre | a valle confluenza con il Natisone | 27 | 1.115 | 500 | | | 200 | | 700 | |
| Judrio | | | | 110 | | 100 | | | 210 | |
| Versa | | | | 100 | | 50 | 50 | | 200 | |
| | | | | | | | Totale . . | | 14.210 | |

## IMPORTO DELLE OPERE DA ESEGUIRE NEL SUCCESSIVO QUINDICENNIO

| BACINO PRINCIPALE: Isonzo km² 3430 | | | | Importi delle sistemazioni previste (in milioni di lire) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Corso d'acqua | Estremi del tratto | Superficie km² | | Opere idrauliche | Serbatoi di attenuazione delle piene | Opere idrauliche forestali | Bonifiche | Difesa dei litorali | Totali | Osservazioni |
| | | Parziale | Complessiva | | | | | | | |
| Bacini montani triestini | | 111 | 111 | | | 200 | | | 200 | Nelle bonifiche sono comprese pure le difese consortili a mare |
| Timavo | | | | | | | 400 | | 400 | |
| Uccea | | | | | | 200 | | | 200 | |
| Isonzo | dal confine al mare | 1.112 | 3.430 | 300 | | | 2.000 | 50 | 2.350 | |
| Alto Torre e suoi affluenti | a monte confluenza con il Natisone | 731 | 731 | 1.000 | | 6.500 | 2.000 | | 9.500 | |
| Natisone | | 357 | 357 | 500 | | 6.000 | 400 | | 6.900 | |
| Basso Torre | a valle confluenza con il Natisone | 27 | 1.115 | 500 | | | 400 | | 900 | |
| Judrio | | | | — | | 200 | | | 200 | |
| Versa | | | | — | | | | | | |
| | | | | | | | Totale . . | | 20.650 | |

## IMPORTO TOTALE DELLE OPERE DA ESEGUIRE NEL TRENTENNIO

| BACINO PRINCIPALE: Isonzo km² 3430 | | | | Importi delle sistemazioni previste (in milioni di lire) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Corso d'acqua | Estremi del tratto | Superficie km² | | Opere idrauliche | Serbatoi di attenuazione delle piene | Opere idrauliche forestali | Bonifiche | Difesa dei litorali | Totali | Osservazioni |
| | | Parziale | Complessiva | | | | | | | |
| Bacini montani triestini | | 111 | 111 | | | 500 | | | 500 | Nelle bonifiche sono comprese pure le difese consortili a mare |
| Timavo | | | | | | | 900 | | 900 | |
| Uccea | | | | | | 500 | | | 500 | |
| Isonzo | dal confine al mare | 1.112 | 3.430 | 2.300 | | 200 | 6.400* | 250 | 9.150 | * Compreso l'importo di L. 2.500 milioni per il serbatoio di rifasamento a monte di Gorizia |
| Alto Torre e suoi affluenti | a monte confluenza con il Natisone | 731 | 731 | 3.000 | | 11.000 | 4.000 | | 18.000 | |
| Natisone | | 357 | 357 | 1.500 | | 9.000 | 1.000 | | 11.500 | |
| Basso Torre | a valle confluenza con il Natisone | 27 | 1.115 | 1.500 | | | | | 2.300 | |
| Judrio | | | | 260 | | 400 | 800 | | 660 | |
| Versa | | | | 250 | 100 | 100 | 100 | | 550 | |
| | | | | | | | | Totale . . . | 44.060 | |
| | | | | Spese per progettazione, studi e ricerche | | | | | 1.325 | |
| | | | | | | | | Totale . . . | 45.385 | |

*Spese annue di manutenzione ordinaria*

Le spese annue relative alla sistemazione ordinaria sono state valutate con il seguente criterio:

2% dell'importo per le opere idrauliche e di bonifica;

3% dell'importo per le opere di sistemazione idraulico-forestale.

A questi importi è da aggiungere la spesa di manutenzione delle opere esistenti, valutata in L. 500 milioni annui.

Le spese di manutenzione alla fine dei periodi sopra considerati sono riassunte nella seguente tabella.

| | Importi in milioni di lire | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Opere idrauliche | Opere idraulico forestali | Bonifiche | Opere esistenti | Totale |
| Alla fine del 1975 | 64,0 | 94,5 | 57,0 | 500 | 715,5 |
| Alla fine del 1985 | 132,2 | 264,0 | 160,0 | 500 | 1.056,2 |
| Al termine delle opere previste | 178,2 | 658,5 | 264,0 | 500 | 1.600,7 |

# FIUME TAGLIAMENTO

Prof. Francesco Ramponi

## 1) Descrizione del bacino imbrifero

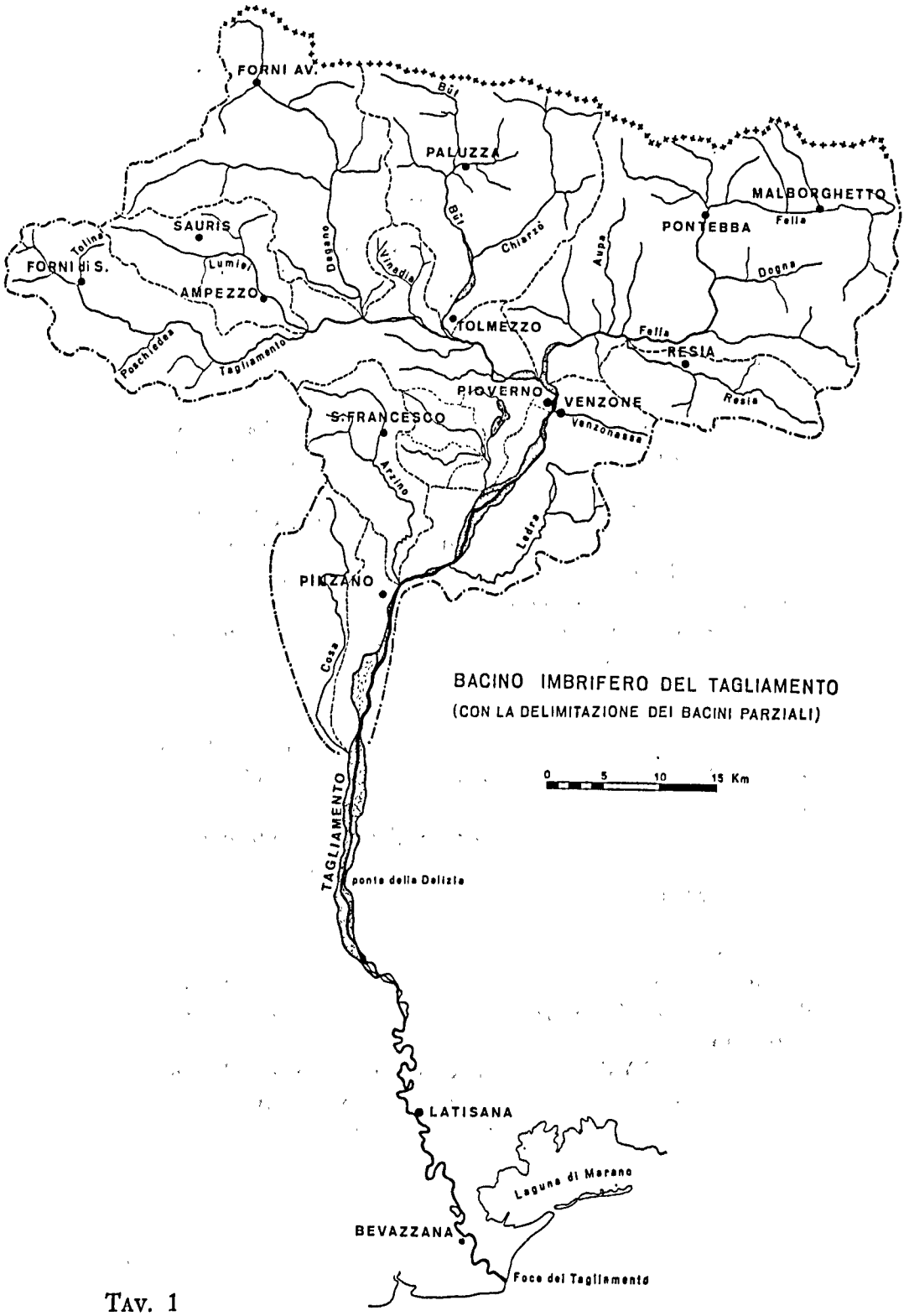
Il Tagliamento è il principale corso d'acqua della Regione Friuli-Venezia Giulia ed uno dei più importanti sfocianti nello Alto Adriatico.

Il bacino imbrifero dominante comprende circa 2480 Kmq di superficie, dei quali circa 1870 si trovano a monte della confluenza col Fella e i rimanenti 610 nella zona pedemontana che si estende sino alla confluenza del torrente Cosa.

Successivamente l'asta del fiume attraversa la pianura ed ha rapporti non ben definiti, limitatamente alle falde freatiche, con altri corsi d'acqua limitrofi, come ad esempio lo Stella. Il fenomeno è dovuto alla grande permeabilità dei terreni attraversati in quel tratto, costituiti da depositi alluvionali del quaternario che, in un certo grado non ben determinabile, influiscono sul regime del fiume.

Nella zona di Codroipo, essendo diminuito notevolmente lo spessore del terreno alluvionale grossolano che costituisce l'alta pianura, l'acqua, che scorre sulle formazioni sottostanti, generalmente meno permeabili, torna allo scoperto, dando in tal modo luogo al fenomeno delle risorgive e generando alcuni fiumi minori ai quali si farà cenno in seguito. L'ultimo tratto, sino alla foce, prende la forma di un grande canale meandriforme e arginato.

Per comodità di esposizione dividiamo il corso del fiume in tre tratti principali, facendo in modo che ogni tratto presenti caratteristiche fisiche ed esigenze di difesa, e quindi d'interventi programmati, il più possibile omogenee (Tav. 1).


FORNI AV.
Bût
PALUZZA
MALBORGHETTO
Fella
PONTEBBA
SAURIS
Tolina
Lumiei
Degano
Vinadia
Bût
Chiarzo
Aupa
Dogna
FORNI di S.
AMPEZZO
TOLMEZZO
Fella
RESIA
Poschiadea
Tagliamento
PIOVERNO
VENZONE
Resia
S. FRANCESCO
Venzonassa
Arzino
Ledra
PINZANO
Cosa
BACINO IMBRIFERO DEL TAGLIAMENTO
(CON LA DELIMITAZIONE DEI BACINI PARZIALI)
0 5 10 15 Km
TAGLIAMENTO
ponte della Delizia
LATISANA
Laguna di Marano
BEVAZZANA
Foce del Tagliamento

TAV. 1

*Bacino montano o Alto Tagliamento*

Il bacino imbrifero montano del fiume Tagliamento comprende la Carnia e il Canal del Ferro ed ha una forma elissoidica. Esso si estende longitudinalmente per tutto l'arco delle Alpi Carniche: confina ad ovest con le Dolomiti, le quali ivi separano il bacino del Tagliamento da quello del Piave (mediante una linea displuviale che si stacca dal monte Peralba e discende verso sud fino al monte Cridola); si incunea ad est nelle Alpi Giulie, le prime propaggini delle quali separano il bacino del Tagliamento da quello dello Slizza e dell'Isonzo (attraverso una linea che parte a nord dal passo di Camporosso e discende verticalmente fino al monte Canin).

A nord il bacino è delimitato dalla cresta delle Alpi Carniche che si estendono da est a ovest tra il monte Peralba e la depressione dello Slizza e confina con l'Austria; a sud comprende il fianco settentrionale delle Prealpi Carniche che separano a est il bacino del Tagliamento dal bacino del Cellina e Meduna e un po' più a ovest dal bacino dell'Arzino, e ancora le Alpi Giulie, le quali col gruppo dei monti Musi separano il bacino del Fella da quello del Torre (affluente dell'Isonzo).

L'altezza media dei rilievi del bacino è di circa 2000-2500 m sul livello del mare e quindi, per quanto riguarda il regime delle portate del fiume, esso è caratterizzato dal regime pluviometrico più che da portate costanti dovute alla influenza di nevai e ciò rende ancor più marcato il suo carattere torrentizio.

Il fiume nasce presso il passo della Mauria, a quota 1195 m e percorre il lato meridionale del bacino da ovest a est, per circa 50 Km, sino alla confluenza col Fella, il suo affluente principale, che percorre la parte orientale del bacino, correndo da est a ovest.

In Carnia gli affluenti principali del Tagliamento sono, nell'ordine, il Lumiei, il Degano, il But, che scendono dal lato settentrionale del bacino e in breve raggiungono l'asta principale, con percorso quasi perpendicolare e quindi con bassi tempi di corrivazione.

Gli affluenti principali del Fella sono la Pontebbana, la Aupa e il Glagno in sponda destra, il Dogna, il Raccolana e il Resia in sponda sinistra: il loro andamento ha ancora la caratteristica di una rapida discesa verso l'asta principale.

Nel complesso tutto il sistema degli affluenti dell'Alto Tagliamento ha una distribuzione a zampa d'oca e raccoglie i suoi rami a monte di Venzone.

*Bacino pedemontano (Medio Tagliamento)*

Dopo Venzone, il fiume si volge decisamente verso sud-sud ovest e raccoglie ancora le acque dei torrenti Arzino e Cosa in sponda destra, Venzonassa e Ledra in sponda sinistra ed altri minori.

Anche questi torrenti scendono rapidamente a valle e inoltre il loro bacino imbrifero è caratterizzato da una forte piovosità.

Il bacino pedemontano è delimitato a nord dal monte Verzegnis in destra del fiume e dai monti Spisi in sinistra; ad ovest è separato dal bacino del Livenza dai monti Rest, Taiet e Ciaurlec mentre a est è diviso dal bacino dell'Isonzo attraverso i monti Musi e Ciampon; a sud infine s'incontra la pianura friulana.

La lunghezza complessiva del corso principale è di 178 Km, di cui 98 fino alla confluenza con il Cosa.

La composizione geo-litologica delle Alpi Carniche, costituite in prevalenza da calcari dolomitici, conferisce al corso d'acqua e ai suoi affluenti caratteristiche torrentizie con pendenze longitudinali e trasversali molto accentuate e con una conformazione del letto caratterizzata da estese ed abbondanti aree di detriti. Infatti già alla confluenza del Lumiei il letto del Tagliamento si allarga, mantenendo tale aspetto per lungo tratto, praticamente fino a Madrisio; naturalmente soltanto durante i periodi di piena tale letto viene completamente invaso dalle acque, mentre durante i periodi a deflusso normale il fiume occupa soltanto solchi mutevoli, incisi nel materiale ghiaioso del letto.

In questo tratto l'asta del fiume è arginata, ma in modo discontinuo e il letto è largo, se si eccettua qualche stretta come quella di Pinzano, ed è molto permeabile.

*Basso Tagliamento*

A valle della confluenza con il Cosa si riversano nel Tagliamento numerose rogge e corsi d'acqua aventi carattere di risorgive, fra cui principalmente il Varmo, il cui apporto è, tuttavia, anche nell'insieme, irrilevante rispetto all'apporto degli affluenti montani.

Dopo Madrisio, fino alla foce, abbandonata la pianura alta che costituisce il conoide, il letto del fiume diventa meandriforme con sezione molto ridotta: in particolare a Latisana la larghezza è di soli 175 m, mentre alla ghiaia si va man mano sostituendo la sabbia.

Il tratto è completamente arginato e con ampie golene.

*Pendenze*

La caduta del fiume Tagliamento in tutto il suo percorso è di 1225 m su 175 Km con una pendenza media di circa 1,4%, superiore ad ogni altro fiume che si getta nell'Adriatico.

La pendenza del Tagliamento dopo la confluenza del Cosa è di circa il 3 per mille, mentre nell'ultimo tratto, da Latisana al mare, è insignificante; anzi il fondo di questo tratto è molto discontinuo e si svolge in un susseguirsi di dossi e di fondali e quindi di pendenze e contropendenze ed inoltre l'effetto di marea si fa sentire fino a detta località, influenzando sfavorevolmente il deflusso delle acque durante le piene.

*Foce*

Il Tagliamento sfocia infine nell'Adriatico in località Porto Tagliamento, formando un delta che delimita a sud la

laguna di Marano, separandola dal sistema delle valli un tempo collegate alla laguna di Caorle.

*Impianti di utilizzazione idrica esistenti o in progetto sul fiume Tagliamento*

*Utilizzazione idroelettrica*

Ai fini di una utilizzazione idroelettrica delle acque del Tagliamento e dei suoi affluenti sono stati studiati e in parte attuati tre schemi d'impianti.

1) Sistema occidentale, comprendente l'Alto Tagliamento, il Lumiei, il Degano e il But, già realizzato quasi per intero.

2) Sistema orientale del Fella e suoi affluenti: tale sistema è in corso di studio da parte dei competenti uffici dell'ENEL.

3) Sistema del lago di Cavazzo comprendente l'Arzino. Tale sistema verrebbe a integrarsi nel sistema di utilizzazione irrigua dell'attuale Organizzazione Ledra-Tagliamento, nel caso che quest'ultima subisse menomazioni in conseguenza della esecuzione del sistema orientale.

*Utilizzazioni irrigue*

Il più importante sistema di utilizzazione a scopo irriguo è quello già menzionato dell'Organizzazione Ledra-Tagliamento con una derivazione presso Ospedaletto e una derivazione del torrente Ledra presso Leuzza.

La portata complessiva derivabile è di 25,5 mc/sec ed irriga circa 11.000 ettari di terreno.

La stessa Organizzazione ha in programma di derivare alla stretta di Pinzano l'ulteriore portata disponibile nel Tagliamento in quella sezione (50 mc/sec) per mezzo di un canale detto « Canale Libertà » che permetterebbe di irrigare altri 28.000 ettari e di alimentare due piccole turbine.

## 2) Caratteristiche geologiche

Il bacino del Tagliamento e dei suoi affluenti può essere suddiviso, dal punto di vista geografico, in due parti: la prima è compresa nelle Prealpi friulane e nelle Alpi Carniche, dalle quali scendono alcuni fra i principali affluenti; la seconda invece, a partire da Pinzano, comprende un ampio settore della pianura friulana e veneta.

La porzione settentrionale del bacino, dal punto di vista geologico, si presenta molto interessante, varia e complessa. Si può dire che vi affiorino quasi tutti i tipi di rocce sedimentarie e metamorfiche, con età comprese fra il Paleozoico e il Quaternario. Ne consegue che le caratteristiche idrogeologiche del bacino sono molto varie da settore a settore ed anche in un ambito più strettamente locale, così da essere difficilmente sintetizzabili in poche righe.

Iniziando la descrizione da nord verso sud, si osserva che il settore di Ampezzo è occupato dalla serie sedimentaria mesozoica, le cui formazioni più antiche appartengono al Triassico inferiore. Esse sono costituite dalle arenarie scitiche, sviluppate specialmente nella parte nord-orientale. Il Triassico medio è rappresentato da dolomie e calcari dolomitici relativamente compatti e da litotipi più erodibili e permeabili, quali arenarie e dolomie cariate, specialmente sviluppate nell'Anisico. Il Triassico superiore è costituito alla base (Carnico) da gessi e dolomie cariate, cui segue la spessa pila di calcari dolomitici e dolomie del Norico. Chiudono infine la serie triassica i sedimenti del Retico eminentemente calcarei.

Dal punto di vista idrogeologico, questo settore del bacino si deve considerare costituito soltanto in parte da rocce decisamente permeabili. I sedimenti calcareo-dolomitici possono essere infatti localmente permeabili per fessurazione, mentre alle arenarie ed alle dolomie cariate si associano con frequenza livelli di marne di spessore anche relativamente sensibile.

Alle formazioni triassiche si sovrappongono nel settore di Tolmezzo quelle giurassiche, costituite prevalentemente da calcari e calcari selciferi in genere impermeabili.

Per quanto riguarda le rocce più recenti, prevalentemente incoerenti, si può rilevare che scarsi sono i resti delle due prime glaciazioni, con conglomerati e morene poco permeabili, mentre maggiore estensione hanno le morene dell'ultima glaciazione (würmiana), le alluvioni fluvioglaciali e le alluvioni recenti, che costituiscono buona parte dei depositi di fondo valle. Essi sono quasi sempre misti a detrito di falda e spesso potenzialmente franosi, poggiando su substrati rocciosi relativamente meno permeabili ed essendo facilmente saturati.

Quasi tutti gli affluenti del Tagliamento sono perenni, con bacini imbriferi occupati da rocce sedimentarie e parametamorfiche del Paleozoico, da poco permeabili ad impermeabili. Così il But, il Degano ed il Chiarzò i quali, oltre che dalle sorgenti, sono alimentati nei loro tratti superiori dalle acque non incanalate che scorrono sulle formazioni impermeabili del Carbonifero. Queste ultime sostengono, e portano in superficie, anche le acque sotterranee che circolano nei sedimenti del Permiano che, per il loro carsismo e per essere a quote più elevate, immagazzinano una buona parte delle acque meteoriche. I depositi permiani, che talora costituiscono per estesi tratti il sub-strato roccioso, sono costituiti in massima parte da dolomie cariate con lenti di gesso e in minor misura da calcari marnosi e arenarie, alle quali sono sovrapposte le arenarie e gli scisti arenacei del Triassico inferiore poco permeabili per porosità.

La valle del Fella, affluente di sinistra, ha il bacino inciso soprattutto entro le formazioni del Carbonifero, del Permiano e del Triassico con notevole frequenza di scisti arenacei, dolomie cariate, brecce calcareo-dolomitiche e calcari marnosi a permeabilità molto variabile. Qui affiorano anche porfidi quarziferi, porfiriti, diabasi e tufi; abbondanti sono infine le alluvioni post-glaciali terrazzate.

Nel tratto terminale del bacino montano del Tagliamento, da Trasaghis a Pinzano, affiorano lungo la sponda destra sedimenti mesozoici, con calcari a Rudiste, calcari arenacei e brecciati, quindi la « Scaglia » ed il Flysch eocenico, sul quale giacciono i depositi del Miocene ricchi di livelli conglomeratici permeabili.

Sulla sinistra invece, presso Osoppo, abbondano i sedimenti fluvio-glaciali ed alluvionali, per lo più grossolani e sciolti, cui si associano conglomerati di età incerta. Queste rocce, in prevalenza incoerenti, si debbono ritenere da mediamente a molto permeabili per porosità. Ad esse seguono i noti depositi morenici dell'anfiteatro del Tagliamento che danno luogo a tre cerchie principali decrescenti da monte a valle. Dalle morene emergono talora lembi di formazioni più antiche: eoceniche nella metà orientale (es. colle di Buja e dossi di Collalto), mioceniche nella parte occidentale (es. colle di Susans).

A sud della cerchia morenica esterna si estende la seconda parte del bacino del Tagliamento che comprende, come già detto, un ampio settore della pianura friulana e veneta. Fino alla linea delle risorgive il bacino è costituito essenzialmente da depositi fluvio-glaciali ed alluvionali per lo più grossolani, sciolti e molto permeabili. Alluvioni argilloso-sabbiose, meno permeabili, si trovano presso la base dei colli eocenici dove spesso è presente un abbondante colluvio, anche del tutto impermeabile, originato dai sedimenti marnosi del Flysch.

A sud della linea delle risorgive il bacino del Tagliamento è costituito in prevalenza da alluvioni sabbioso-argillose e sabbioso-limose impermeabili, talora umifere e torbose nella zona perilagunare; eccezionalmente sono presenti anche ghiaie, alternate a sabbie, permeabili, lungo una fascia che si estende a cavallo del Tagliamento fino all'altezza circa di Palazzolo dello Stella.

### 3) Regime pluviometrico e precipitazioni massime

La piovosità sul bacino del Tagliamento è alquanto elevata, con distribuzione abbastanza varia. Per quanto riguarda le caratteristiche pluviometriche, e cioè la distribuzione durante l'anno delle precipitazioni, vi si possono individuare dei regimi diversi da zona a zona: dal tipo sub-litoraneo caratteristico della parte in pianura e pedemontana, si passa ad un regime alpino sulla estrema zona settentrionale, sebbene que-

sti regimi non siano rigorosamente rispettati. Gli afflussi meteorici raggiungono spesso entità considerevoli, superando molte volte i 300-400 mm giornalieri ed anche la media annua delle precipitazioni è piuttosto elevata, potendosi ritenere di circa 2000 mm. Tuttavia nella parte orientale del bacino e precisamente sul gruppo dei monti Musi la media annuale oltrepassa i 3000 mm l'anno.

Si osserva che la zona di maggior piovosità è proprio quella pedemontana, mentre l'indice di piovosità va diminuendo, sia pure di poco, verso settentrione. In pianura la piovosità può ritenersi normale.

Tale generalizzazione è stata grosso modo rispettata durante la piena del novembre 1966, essendosi registrate le massime precipitazioni sui bacini dell'Arzino, del Resia, del Degano e del But e in misura minore sul Fella, sul Lumiei e sul primo tratto del Tagliamento.

Tale fenomeno è facilmente spiegabile dal fatto che l'aria umida proveniente dal mare incontra nella zona pedemontana le prime correnti di aria fredda e quindi va soggetta a una brusca condensazione con conseguenti forti precipitazioni: questo essendo vero in linea generale, mentre la peculiarità delle singole manifestazioni di piovosità dipende da condizioni meteorologiche più generali, che per noi rivestono carattere di aleatorietà.

La piena del 4 novembre 1966 è conseguente alle violente e persistenti precipitazioni meteoriche che si sono abbattute su tutti i bacini montani, precipitazioni che si sono protratte, pressochè ininterrottamente e con intensità crescente, per un periodo medio di circa 38 ore.

Ciò dimostra che gli eventi di piena eccezionale dipendono strettamente dall'andamento dei fenomeni meteorologici a carattere più generale.

### 4) Idrometria e piene massime

Lungo il corso del Tagliamento si hanno varie stazioni di misura delle altezze idrometrcihe, la maggior parte delle quali

però funziona saltuariamente e solo quelle di Venzone e Latisana, che si trovano in punti di singolare importanza per l'individuazione del regime di piena del fiume, danno una lunga serie di osservazioni. Tuttavia anche queste due stazioni sono state danneggiate dalla piena del 1966.

La serie delle misure idrometriche in tali due stazioni inizia ancora nel 1882; da un'analisi sommaria di tale serie si può constatare che le piene di maggior consistenza di tutto il periodo sono avvenute nell'ottobre 1882 con m 3,90 all'idrometro di Venzone, nel novembre del 1940 con m 4,08, nel settembre 1965 con m 4,37 e nel novembre 1966 con m 4,83 (misurata prima del colmo e quindi approssimata per difetto).

Le corrispondenti altezze idrometriche a Latisana negli stessi periodi sono state di m 8,76 nel 1882, di m 9,28 nel 1940, di m 10,50 nel 1965 e di m 10,88 (misurata prima della rotta) nel 1966.

Da un'analisi statistica sulla serie delle massime altezze idrometriche di piena della stazione di Venzone, eseguita col metodo di Hazen dagli Uffici del Genio Civile di Udine e con altri metodi dall'Istituto di Idraulica dell'Università degli Studi di Trieste, risulta che la piena del 1966 ha una probabilità circa centennale.

Dall'esame degli idrogrammi di piena di Venzone e Latisana per le 15 piene più gravi verificatesi dal 1882 in poi, si constata che la durata minima è di circa 24 ore.

Gli idrogrammi di Venzone e di Latisana si susseguono con uno sfasamento medio di 12 ore, potendosi avere anche 9 ore nei casi delle piene repentine e 16 ore nel caso delle piene più lunghe (1965).

E' da notare che le piene lunghe possono essere gravi, ma non sono necessariamente le più gravi. In genere, se la piena è di lunga durata, l'idrogramma ha tendenza a presentare due massimi separati da alcune ore di stanca.

Così si può osservare che la piena del 1965, di durata maggiore di quella del 1966, è stata fra le due la meno disastrosa.

Sul fiume Tagliamento è particolarmente sentita la mancanza di stazioni di misura delle portate; l'unica stazione effi-

ciente funziona a Pioverno, ma le sue misurazioni non danno sicura attendibilità durante le piene.

Infatti, conformemente a quanto viene riportato negli Annali Idrologici, si presentano notevoli difficoltà nell'esecuzione di misure di portata in regime di morbida e di piena; ulteriore ragione di indeterminatezza deriva dal fatto che l'alveo, anche in corrispondenza di Pioverno, è costituito da una coltre alluvionale soggetta a continui spostamenti e variazioni di spessore, specialmente nei periodi delle grandi portate.

Durante la piena del 1966 la stazione era rimasta danneggiata, ma ora è stata rimessa in efficienza e le misurazioni vengono eseguite due volte al mese.

Alla stazione di misura di Pioverno (dove il bacino sotteso è di 1880 Kmq) non è stato dunque possibile rilevare la portata massima della piena del 1966; tuttavia per essa è stato determinato un valore di circa 3600 mc/sec., calcolato con le formule teoriche del moto uniforme, con quelle empiriche probabilistiche e con estrapolazione delle curve di portata.

Va comunque messo in evidenza che altri metodi, in particolare i metodi cinematici, danno portate sensibilmente superiori a quella sopra indicata.

La piena eccezionale del Tagliamento nel 1966 ha avuto carattere disastroso nella parte terminale del fiume, in quanto è venuto a mancare un agevole sfogo nel mare a causa del rigurgito provocato dalla concomitanza di una mareggiata, di una eccezionale alta marea, sia per durata che per altezza, e di un forte sciroccale.

Sarebbe stato certamente interessante esaminare l'andamento della piena dei diversi affluenti del Tagliamento per lo studio della correlazione tra l'altezza idrometrica massima del fiume e le relative altezze idrometriche degli affluenti stessi, onde stabilire per quale sovrapposizione di stati idrometrici si è successivamente formato il colmo di piena del fiume. Mancano però diversi elementi e principalmente le letture idrometriche orarie atte a fornire i dati necessari.

Indipendentemente da tale esame, sarebbe oltremodo auspicabile l'installazione attentamente studiata di una rete di stazioni di misura e di registrazione automatiche, collegate elet-

tronicamente con una centrale di raccolta dei dati, in modo da poter avere in ogni istante, soprattutto durante le piene, una visione complessiva dell'andamento delle altezze idrometriche lungo tutto il corso del fiume.

Ciò oltretutto permetterebbe una previsione veloce di situazioni critiche a valle come conseguenza di situazioni già in atto a monte e darebbe modo di intervenire con gli opportuni provvedimenti di emergenza, prima ancora che si stabilisca la situazione alluvionale.

E' urgente comunque rimettere in efficienza e potenziare le stazioni già esistenti e crearne delle nuove anche sugli affluenti minori.

## 5) Trasporto solido

Esistono dati sull'entità del trasporto solido in sospensione pubblicati sugli Annali Idrologici del Magistrato alle Acque di Venezia.

Maggior interesse pratico riveste il contributo unitario totale (trasporto solido in sospensione e per trascinamento): da una valutazione effettuata dal Corpo Forestale dello Stato di Udine viene indicato il valore di 500 mc/Kmq-anno.

Tale valutazione è giustificata da un'analisi dei dati raccolti dall'ENEL-SADE sui torrenti Cellina e Meduna in rilevamenti periodici eseguiti nei serbatoi esistenti su tali torrenti e in particolare in quello di Barcis e da un confronto analogico col bacino del Fella, che ha caratteristiche, come regime pluviometrico e come composizione geologica, molto simili a quelle dei due torrenti in causa.

Il trasporto solido vero e proprio avviene, come si sa, durante le piene, mentre in morbida e magra i trasporti sono praticamente nulli, essendo il corso del fiume in equilibrio.

E' verosimile che durante le piene si abbia un trasporto solido di circa 1000 mc/Kmq per ogni singola piena. Influisce sul fenomeno il movimento di masse franose che purtroppo accompagna i fenomeni di forte piovosità, che sono di entità imprevedibile.

Nella parte occidentale del bacino dell'alto Tagliamento le valutazioni e i confronti sono più difficili, in quanto il regime idraulico è stato modificato dai lavori dell'ENEL-SADE, ma durante le piene l'ampiezza del fenomeno non risente di queste modificazioni, pur sensibili in regime di normalità. In definitiva estendiamo alla Carnia i risultati ritenuti valevoli per il Fella.

E' un fatto che le sponde dei tratti in vallata dei torrenti sono in costante erosione e quindi in regime normale non si ha dalle pendici montane un notevole trascinamento di materiale, mentre tale fenomeno diventa marcato durante le piene. In genere gran parte del materiale trasportato si deposita alla confluenza dei torrenti nell'asta principale, determinando intasamenti con pericolo per gli abitati e i manufatti circostanti.

La mancanza di dati concreti, dedotti da misurazioni eseguite direttamente sui bacini in causa, rende purtroppo incerta ogni valutazione in proposito.

## 6) Carta dei dissesti (comprese le frane)

Vengono qui presi in considerazione quei processi detti forme accelerate della degradazione subaerea, che contribuiscono a modificare continuamente od occasionalmente la topografia terrestre e ad attenuare le ineguaglianze del suolo. Più in particolare sono elencati i fenomeni franosi propriamente detti nei loro aspetti più vari e tipici dell'area del bacino idrografico del fiume Tagliamento.

Dal punto di vista della posizione geografica, tra le aree maggiormente colpite da movimenti franosi in senso lato, si può ricordare, come la più settentrionale, la zona di Cleulis (tra Paluzza e Timau) assieme all'area a nord-ovest di Timau, interessata dalla strada che conduce al passo di Monte Croce Carnico. Segue, più a sud, la fascia (posta in direzione est-ovest) che dalla Val Pesarina va a Pontebba, passando per Ravascletto, Cercivento, Ligosullo e Paularo: appare colpita da estesi e frequenti movimenti franosi, che interessano in parti-

colare parte di alcune frazioni dei Comuni di Prato Carnico, di Ravascletto e di Ligosullo.

Le due zone maggiormente interessate dal fenomeno della degradazione accelerata e dove le soluzioni ed i rimedi appaiono di più difficile attuazione pratica, sono il versante nord del lago de La Maina (Sauris) con la strada per Casera Razzo, ed il versante settentrionale della valle del torrente Dogna.

Franamenti frequenti avvengono anche nei dintorni di Forni di Sotto e di Enemonzo e in una fascia, posta trasversalmente al torrente Arzino, che va da Clauzetto a Cornino.

Nel settore nord-orientale del bacino del Tagliamento si hanno fenomeni franosi piuttosto diffusi, cioè non concentrati in aree ben delimitabili, ma non per questo meno frequenti (ad esempio, poco ad ovest di Sella Nevea).

Tra le frane antiche, ormai per lo più stabilizzate, che hanno dato luogo a mutamenti morfologici più vistosi, si ricordano quelle di Tolmezzo, di Cazzaso, del Monte Dauda e di Cornino.

Facendo riferimento, tra le numerose classificazioni di frane, a quella di F. Penta (1967), la più adattabile dal punto di vista sia tecnico che geologico, si possono ritrovare, nell'area in esame, tutti i principali tipi di movimenti franosi:

— frane con superfici di distacco e scorrimento preesistenti; scivolamenti lungo giunti di stratificazione o piani di frattura (ad esempio, frane lungo il versante nord-occidentale del torrente Chiarzò, frana del Vajont pro parte, frane sul versante nord della Val Dogna, frana ad est di Caprizi, ecc.) e distacchi e abbandoni di sede di massi e blocchi di roccia lapidea (ad esempio, dalle pareti calcaree e dolomitiche molto ripide e verticali, da pareti in conglomerato a Cavazzo, ecc.);

— scoscendimenti, con superfici di distacco di neoformazione: in terreni sciolti o in terreni pseudocoerenti (ad esempio, nell'area del Flysch eocenico nella zona di Vito d'Asio, frane di Arve e Elunze a nord-est di Tolmezzo, ecc.);

— deformazioni plastiche, senza una superficie di distacco: lame superficiali e profonde (ad esempio, Calgaretto, Lauco, Ravascletto, Tausia e Murzalis p.p. ecc.);

— subsidenze e sprofondamenti, con movimenti solo ver-

ticali (ad esempio, in corrispondenza dei terreni gessosi di Ovaro, della Pesarina e del torrente Pontaiba, di Enemonzo e di Quinis, di Sauris, ecc.).

Inoltre, nell'area in esame, assumono notevole importanza, per l'estensione e la frequenza del processo, quelle azioni erosive accelerate dovute per lo più all'azione di ruscellamento delle acque piovane ed i cosiddetti scortecciamenti. Tale fenomeno avviene per la maggior parte in terreni non compatti, incoerenti e pseudocoerenti. E' questo il caso, ad esempio, delle aree in erosione nella conca di Sauris (arenarie, argilliti e calcari marnosi), sul versante settentrionale e nord-orientale del Monte Arvenis (calcari marnosi, arenarie, brecce dolomitiche mal cementate) e nelle alte valli dei rii Moscardo, Randice, Orteglas, Domesteana, ecc. (dolomie cariate, marne, argilliti, calcari marnosi).

Tra le cause intrinseche che hanno contribuito all'attuazione dei fenomeni franosi appare di preminente importanza, nell'area in esame, la natura delle rocce.

Quest'ultima ha influenze notevoli specie in terreni sciolti (alluvioni, detriti, blocchi, morene, ecc.) o in quelli pseudocoerenti (arenarie, marne, argille o loro alternanze - Eocene pro parte, Raibliano, Ladinico, Anisico, Werfeniano, Permiano medio) in cui la coesione è molto ridotta. La natura delle rocce inoltre interessa in modo determinante le aree costituite da litotipi particolarmente solubili (gessi e marne con intercalazioni gessose - Raibliano e Permiano superiore).

In altri tipi di rocce, comunemente stabili, si osservano fenomeni franosi solo se intervengono altre cause predisponenti (giacitura a franapoggio degli strati, inclinazione del pendio, ecc.) o determinanti (naturali o artificiali).

E' interessante far presente che la Regione Friuli-Venezia Giulia sta predisponendo una carta dei dissesti che sarà resa pubblica molto presto.

### 7) Provvedimenti per la difesa dalle piene

Rientrano in questa voce innanzitutto quegli interventi a carattere locale che si rendono assolutamente necessari in con-

siderazione delle precarie condizioni in cui si trovano le opere di contenimento del corso d'acqua, danneggiate dalle recenti piene. Riguardano in genere opere già classificate idrauliche della 2ª e 3ª categoria e quindi di competenza del Ministero dei LL. PP. tramite gli Uffici del Genio Civile. Ci riferiamo particolarmente al piano proposto dall'Ufficio del Genio Civile di Udine, mentre sono stati consultati anche il Genio Civile di Venezia e di Pordenone per i tratti che ricadono nei territori delle rispettive provincie. Le opere classificate nella 3ª categoria consistono essenzialmente in opere radenti e repellenti di varia natura e cioè costituite grosso modo, nella zona dei rilievi montani e collinari, da roste in muratura con raddossamento di materiali lapideo-argillosi, mentre nella parte in pianura le opere si presentano essenzialmente costituite da rilevati arginali argillosi rivestiti in verde, da repellenti e da alcune nuove inalveazioni. Si prevedono interventi di questo genere su alcuni tratti del But, del Fella e del Tagliamento nel Bacino Montano e in alcuni tratti in sponda destra e sinistra del Tagliamento nel Bacino Pedemontano.

Per quanto riguarda le opere di 2ª categoria esse sono costituite dall'argine destro e sinistro del fiume Tagliamento dalla confluenza del Cosa al mare, realizzati fino all'altezza di Latisanotta con materiali argillosi rivestiti in verde e nel tratto successivo fino al mare con materiali sabbiosi sempre rivestiti in verde.

Opere di 2ª categoria si trovano pure sul But dalla confluenza del Chiarzò alla confluenza dello stesso But nel Tagliamento.

Gli interventi presi in considerazione per questa categoria di opere consistono in ringrossi e costruzione di banche, scolmature di depositi alluvionali, difese radenti e repellenti, diaframmature contro permeazioni nel corpo arginale e fontanazzi da permeazioni profonde. Infine, ritenendosi necessario prevedere il caso limite della incontenibilità di piene di carattere disastroso e quindi la tracimabilità degli argini, è stato altresì previsto il loro rivestimento, lato campagna, al fine di consentire detta tracimabilità senza conseguente rovina dell'argine.

La spesa complessiva prevista per tutte le opere sopracitate è di circa 600 milioni per l'Alto Tagliamento, di circa 1000 milioni per il Medio Tagliamento e di circa 13.500 milioni per il Basso Tagliamento.

Sono classificate idrauliche anche opere interessanti i fiumi minori tra Tagliamento e Isonzo e anch'esse necessitano di interventi: la spesa complessiva prevista si aggira sui 4.300 milioni.

*Serbatoi di piena e canali scolmatori.*

L'Assessorato ai LL. PP. della Regione Friuli-Venezia Giulia si è particolarmente interessato per opere idrauliche di grande rilievo e soprattutto per il fiume Tagliamento ha esaminato la possibilità di costruire un serbatoio di piena nella stretta di Pinzano, poco a valle della confluenza dell'Arzino (proposta già ventilata in uno studio del Genio Civile di Udine nel 1928) e, in alternativa, la costruzione di un canale scolmatore che derivi le acque del fiume a monte di Latisana, per poi congiungersi al già esistente diversivo denominato Cavrato.

Tuttavia la Regione, basandosi su indagini finora compiute, ha ritenuto di portare avanti la proposta del serbatoio di piena di Pinzano e soltanto se le ulteriori indagini, particolarmente quelle geologiche, daranno esito negativo, potrà tornare alla proposta alternativa del canale scolmatore.

Nella presente relazione diamo una sommaria descrizione di entrambe le opere; però nel riportare le spese previste si terrà conto solo della presumibile soluzione mediante serbatoio di piena.

a) *Sbarramento in corrispondenza della stretta di Pinzano.*

Questa opera deve assolvere le funzioni di contenere le portate di piena, a valle della stretta di Pinzano, entro limiti tali da garantire un sufficiente franco di piena in tutto il corso del fiume a valle dello sbarramento stesso. Tutta la portata ec-

cedente potrà essere trattenuta nel bacino artificiale che si formerà a monte della stretta. La caratteristica peculiare dell'opera è rappresentata dal fatto che, in condizioni normali, l'acqua non viene invasata, quindi il regime idraulico del fiume non è turbato, in quanto defluiscono interamente sia la portata liquida che quella solida.

Lo sbarramento proposto sottende un bacino imbrifero di circa 2.000 Kmq. Esso rappresenta quindi i 4/5 della superficie dell'intero bacino del Tagliamento.

La portata massima a Venzone è stata valutata prudenzialmente in 4.000 mc/sec. All'altezza di Pinzano, la portata di piena dovrebbe aggirarsi sui 4.500 mc/sec. e ciò in considerazione del fatto che a monte di questa località confluisce nel Tagliamento il torrente Arzino la cui portata massima è stata calcolata in 500 mc/sec.

A scopo di orientamento e a titolo cautelativo si può fare riferimento ad una portata massima di 5.000 mc/sec. a monte di Pinzano.

Per definire la capacità del serbatoio è necessario conoscere anche la portata massima che può essere consentita allo scarico del serbatoio stesso. Tenuto conto che a Latisana la portata massima sopportabile senza minaccia di esondazione è dell'ordine di 2.800-3.000 mc/sec., tenuto conto poi che il torrente Cosa, che in confluenza a valle di Pinzano può raggiungere portate di piena dell'ordine di 500 mc/sec., tale cioè da neutralizzare grosso modo l'attenuazione che subisce l'onda di piena nel tratto tra Pinzano e Latisana, la portata massima a valle dello sbarramento non dovrà scostarsi molto dai 3.000 mc/sec.

Elemento di capitale importanza per il dimensionamento del bacino sarebbe la conoscenza del diagramma delle portate della piena di riferimento (1966), ma mancando questa è necessario risalire ad essa partendo dal diagramma delle altezze idrometriche di tale piena, attraverso interpolazione della curva delle portate, a sua volta costruita empiricamente coi pochi dati disponibili e aiutandosi con considerazioni di carattere teorico.

Dato l'empirismo dei risultati così ottenuti, sarà opportuno verificare il bacino con più tipi di diagrammi di portata.

Da un calcolo di larga massima, compiuto a titolo orientativo, risulterebbe per il proposto serbatoio una capacità massima dell'ordine di $95 \times 10^6$ mc, con una quota al piede dello sbarramento di 132 m s.l.m. e una quota di massimo invaso di 155 m s.l.m. La superficie del bacino di invaso corrispondente risulterebbe di circa 8 Kmq. (Planimetria indicativa alla tavola n. 2).

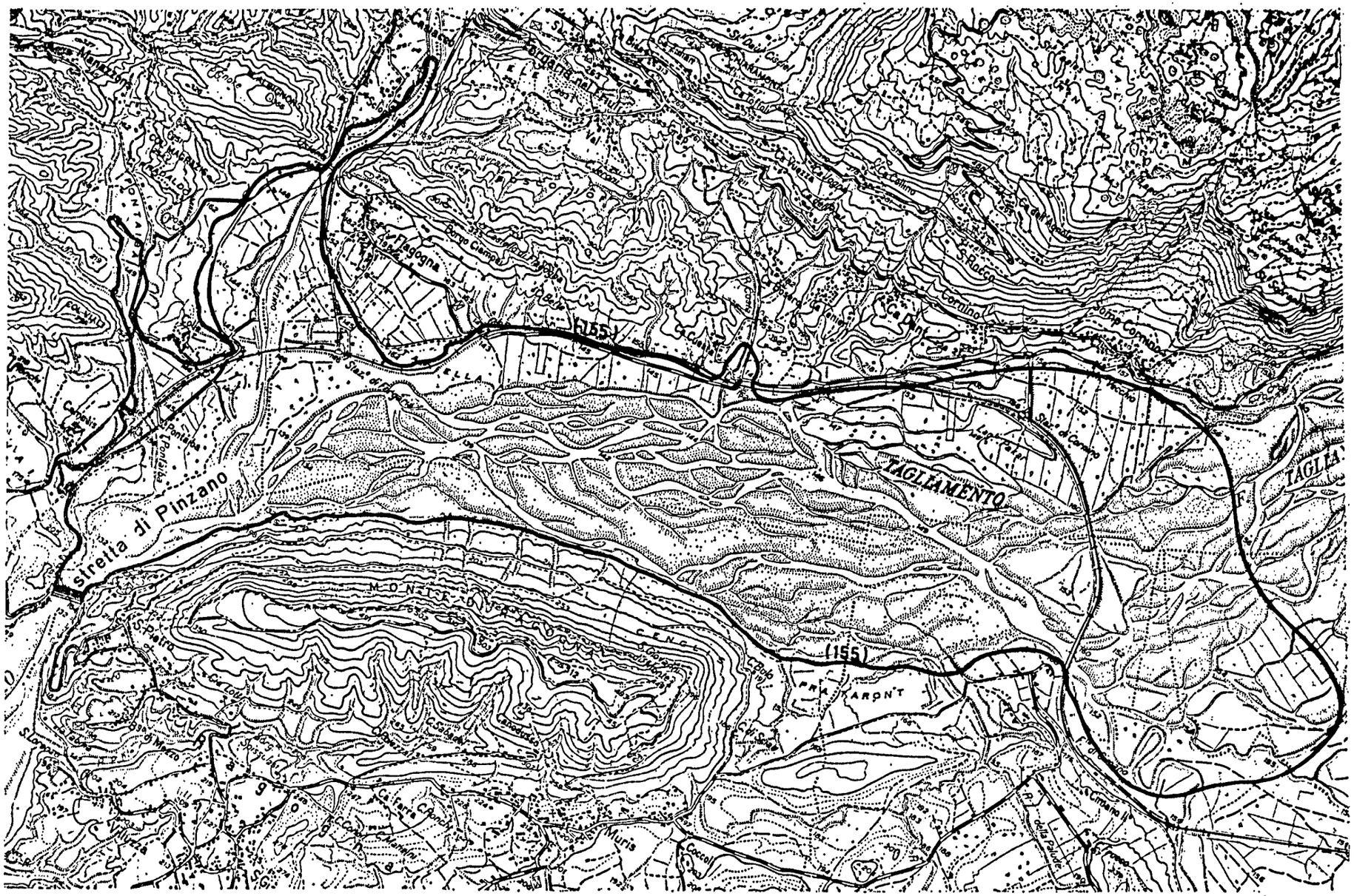
La scelta del tipo di sbarramento da eseguire è legata a varie considerazioni e fondamentalmente all'elevato trasporto solido del Tagliamento e alla razionale utilizzazione dell'invaso a disposizione. Adatto allo scopo potrebbe essere uno sbarramento con notevoli luci di fondo regolate da paratoie, munite, a solo titolo di emergenza, di sfioratori sulla cresta dello sbarramento stesso. Per sfruttare nella maniera migliore il volume invasabile nel bacino, la manovra delle paratoie dovrebbe essere eseguita in maniera da permettere costantemente il passaggio, attraverso le luci di fondo, di una portata pari alla massima ammissibile a valle dello sbarramento.

Le manovre delle paratoie dovrebbero pertanto essere effettuate secondo lo schema qui di seguito descritto.

All'inizio della piena le paratoie di fondo vengono completamente aperte per permettere lo svaso del bacino. Lo smaltimento della portata in arrivo avverrà a luce libera, fino ad una portata pari a quella massima ammissibile a valle. Con l'aumentare poi della portata in arrivo, e quindi del tirante, le luci funzionano a battente e, all'aumentare del livello del bacino, vengono gradualmente parzializzate dalle paratoie, in maniera da consentire il flusso costante di una portata pari alla massima ammissibile a valle.

Come prima indicazione, lo sbarramento dovrebbe essere del tipo a gravità in calcestruzzo, con sette luci di fondo (m $4 \times 20$) per lo smaltimento delle piene e sette sfioratori d'emergenza in cresta. Per la parzializzazione delle luci di fondo sono previste sette paratoie a settore in acciaio.

Il costo dello sbarramento, secondo un preventivo di larga massima, sarebbe, ivi comprese le spese di esproprio e per lo spostamento della strada Pinzano-Cornino e della ferrovia Pinzano-Cornino, di lire 5 miliardi circa.




TAV. 2 SERBATOIO DI PIENA ALLA STRETTA DI PINZANO

In alternativa allo sbarramento con grandi luci di fondo regolate da paratoie, si può prospettare uno sbarramento con grandi luci di fondo non regolabili. Questo presenta il grande vantaggio di non richiedere intervento alcuno per il suo funzionamento ed esclude i gravi pericoli derivanti da guasti meccanici, pericoli che hanno qualche probabilità di verificarsi nello sbarramento a luci regolabili, in quanto le parti mobili saranno chiamate a funzionare solo saltuariamente. C'è, tuttavia da osservare che le luci di scarico fisse non consentono, in genere, il massimo sfruttamento dell'invaso nel serbatoio e pertanto devono essere attentamente studiate sia come forma e sia come dimensioni.

Va tenuto conto infine che i terreni destinati ad essere sommersi in effetti lo saranno soltanto in occasione di eventi del tutto eccezionali: potranno essere quindi utilizzati per usi agricoli.

b) *Canale scolmatore (Pre-Cavrato).*

Attualmente l'asta terminale del fiume Tagliamento è dotata di un canale scolmatore, noto sotto il nome di Canale Cavrato.

Questo si diparte dalla località Gorgo (circa 5 Km a sud di Latisana) e, dopo un percorso di una decina di chilometri in destra del Tagliamento, sfocia nel mare. Il Canale Cavrato si è rivelato molto utile nel corso delle piene del 1965 e del 1966, in quanto le portate da esso derivate sono state tali da garantire un sufficiente franco di sicurezza lungo tutta l'asta a valle di Latisana. L'opera che oggi si prospetta è rappresentata della costruzione di un nuovo tratto del canale scolmatore che, avente una lunghezza di circa 6 Km, partirebbe in prossimità del centro abitato di S. Giorgio, a monte di Latisana, per immettersi nell'attuale asta del Canale Cavrato (Tav. 3).

La funzione di questa opera sarebbe quella di alleggerire le portate di piena del Tagliamento, prima del restringimento dell'alveo del fiume, che ha inizio poco a monte di Latisana. Anche quest'opera ha il pregio di non turbare il regime idrau-

lico del fiume, in quanto entrerebbe in funzione solamente in occasione delle piene.

La realizzazione di questa opera imporrebbe gli attraversamenti della S. S. N. 14 e della linea ferroviaria Trieste-Venezia e la necessità di evacuare qualche nucleo abitato.

L'Ufficio del Genio Civile di Udine propone, in alternativa al canale scolmatore, un allargamento dell'alveo del fiume nel tratto compreso tra S. Giorgio e l'incile del Cavrato al fine di sopprimere la strozzatura che presenta il fiume nel tratto sopra indicato. L'opera però pone dei problemi di ordine idraulico che richiedono un accurato studio, possibilmente su modello.

### 8) Opere di sistemazione idraulico-forestale

Opere di questo genere vengono localizzate nel bacino montano e pedemontano del Tagliamento, classificati Bacini Montani e quindi ricadenti sotto la competenza del Ministero dell'Agricoltura e Foreste. Ci riferiamo pertanto a quanto proposto dagli Uffici Regionali dell'Agricoltura e Foreste.

E' opportuno sottolineare, per ragioni di chiarezza, anche se ciò può rivestire carattere generale e non specifico, che gli Uffici Regionali nel compilare il loro programma hanno tenuto conto di tre tipi di interventi:

*a*) Interventi a carattere intensivo: briglie, argini, repellenti, argini trasversali, canalizzazioni e rivestimenti protettivi, scolmature, strade di servizio, manutenzioni, sistemazioni idraulico-agrarie, ecc.

*b*) Interventi a carattere estensivo: rimboschimenti, cespugliamenti, consolidamento dei terreni in genere, difesa dalle frane.

*c*) Provvedimenti giuridico-amministrativi e servizi straordinari: occupazione temporanea di terreni, espropri, impianti, attrezzature, studi, ricerche e sperimentazioni.

La spesa totale prevista per tutti gli interventi riguardanti


LATISANA
CANALE SCOLMATORE
(PRE-CAVRATO)
0
0,5
1 Km
SABBIONERA
SAN MICHELE
GORGO
ALVEO
DEL
CAVRATO
CESAROLO

TAV. 3

il bacino del Tagliamento e i bacini minori di cui si è parlato ammonta a circa L. 36.715 milioni.

### 9) Opere di sistemazione idraulico-agraria e di bonifica

Le sistemazioni idraulico-agrarie vanno localizzate soprattutto nel territorio di pianura compreso tra il corso del Tagliamento e il corso dell'Isonzo e del suo affluente Torre. In questo territorio operano vari consorzi di bonifica e irrigazione sotto la competenza degli Uffici dell'Agricoltura e Foreste.

Va precisato che il territorio in parola non ha rapporti col fiume Tagliamento e quindi non fa parte direttamente del suo bacino. Esso si riferisce quindi ai bacini dei fiumi minori ricordati in appendice. In detti bacini esistono opere classificate idrauliche delle quali si è già parlato, ma la maggior parte sono opere di bonifica e consistono nella costruzione e nell'adeguamento di opere idrauliche sui corsi d'acqua e recipienti colatori, la cui officiosità possa in vario modo venire compromessa da eventi alluvionali; nella costruzione e nell'adeguamento di opere di scarico delle acque dei comprensori irrigui; nella costruzione di canali irrigatori. Le spese previste dal programma sopra descritto ammontano a circa 9.900 milioni (opere idraulico-agrarie) più 17.900 milioni (bonifiche).

### 10) Opere di difesa a mare e laguna

Sono interessate alla presente relazione le coste basse e sabbiose che si estendono dalla foce del Tagliamento alla foce dell'Isonzo. I problemi che si pongono sono problemi di bonifica (scarico acque di scolo) e di difesa dell'entroterra dalle mareggiate. La competenza è ancora degli Uffici dell'Agricoltura e Foreste e pertanto abbiamo elaborato i dati raccolti da tali Uffici.

Le opere da realizzare consistono nel rafforzamento delle arginature a mare in primo luogo, poi nel potenziamento degli

impianti idrovori e in genere nel miglioramento di tutti gli impianti di scarico delle acque in mare.

Si prevede una spesa di circa L. 600 milioni.

Per quanto riguarda le opere programmate ai paragrafi 8, 9 e 10 riteniamo utile rinviare per ulteriori dettagli alla nota: « Opere di sistemazione idraulico-forestale ed idraulico-agraria dei bacini montani e dei comprensori di bonifica integrale della Regione Friuli-Venezia Giulia » redatta dall'Assessorato Agricoltura e Foreste della Regione Friuli-Venezia Giulia.

## *APPENDICE*

## CORSI D'ACQUA MINORI NON COMPRESI NEL SISTEMA DEL TAGLIAMENTO

1) *Bacino della Drava.*

Il bacino della Drava, affluente di destra del Danubio, occupa una superficie di circa un centinaio di Kmq al confine nord-orientale d'Italia e si appoggia al bacino dell'Alto Tagliamento. Il corso d'acqua principale è lo Slizza con l'affluente Rio del Lago, nel quale si riversano numerosi e brevi affluenti, ognuno dei quali raccoglie le acque di sgrondo di valli trasversali pressochè normali alla valle principale. La conformazione geologica del bacino è piuttosto variabile con predominanza di formazioni Raibliane.

In passato non si sono avuti nella zona fenomeni calamitosi degni di rilievo, ma tutt'al più soltanto piccole esondazioni con limitati danni ai terreni limitrofi ai corsi d'acqua.

Le sistemazioni in programma sono di esclusivo carattere idraulico-forestale e le spese previste saranno computate nella relativa voce della parte generale.

2) *Fiumi minori tra il Tagliamento e l'Isonzo.*

I principali di tali corsi d'acqua sono nell'ordine i seguenti: l'Aussa, il Corno di S. Giorgio, lo Stella, nel quale si getta il Corno di S. Daniele, ed altri minori.

Il territorio interessato si estende, da nord a sud, dalla fascia collinare (Buia-Artegna) al mare e, da ovest a est, dall'asta del Tagliamento all'asta del Torre prima e dell'Isonzo poi, in prossimità del mare.

Trattasi generalmente di corsi d'acqua di risorgiva con portate perenni pressoché costanti, la cui sistemazione riveste carattere di interesse soprattutto ai fini della bonifica.

Il bacino presenta le tipiche caratteristiche della bassa pianura friulana: i torrenti sono pianeggianti, in leggero declivio, con falda idrica a leggera profondità, la quale con frequenza viene a giorno dando origine alle caratteristiche zone di risorgiva.

I terreni dei bacini imbriferi di tali corsi d'acqua sono stati formati dalle alluvioni argilloso-sabbiose del periodo glaciale. Alle predette alluvioni si sono sovrapposti in periodi postglaciali depositi fluviali a composizione più minuta, costituiti cioè da argille e limi.

L'idrologia è quella normale dei fiumi di risorgiva, alla cui asta principale convergono con continuità piccoli affluenti e rogge minori che vi adducono le acque delle varie sorgenti, che qua e là vengono a giorno.

In passato non si sono verificati eventi calamitosi gravi e ciò perchè le specifiche caratteristiche di questi corsi d'acqua non sono tali da provocarli. Sono tuttavia di una certa frequenza le esondazioni del fiume Stella presso l'abitato di Palazzolo dello Stella.

Le opere di sistemazione programmate sono essenzialmente di carattere idraulico-agrario e di difesa a mare, pur non mancando opere di stretto carattere idraulico. Le spese previste sono computate nelle relative voci della parte generale.

E' da ricordare infine che su alcuni dei corsi d'acqua in parola, maggiormente dissestati, sono in corso particolari studi

promossi dall'Assessorato ai LL. PP. della Regione Friuli-Venezia Giulia.

PROGRAMMI DI SPESA

Per quanto si riferisce alle opere idrauliche previste sul fiume Tagliamento, è da ritenere sufficientemente preciso il programma predisposto dall'Ufficio del Genio Civile di Udine e che qui si riporta.

PROGRAMMA DEL SETTENNIO 1968-1975

A) *Tagliamento dalla sorgente alla confluenza con il Fella*

In tale tratto del fiume Tagliamento e suoi affluenti, dove sussistono opere classificate nella 2ª categoria a difesa dell'abitato di Tolmezzo e Caneva di Tolmezzo dalle acque del torrente But, nonchè opere di 3ª categoria variamente distribuite in tutto il bacino pertinente, di natura completamente montuosa caratterizzato da alvei fortemente acclivi con notevole trasporto solido, in tale tratto, dicevasi, i fatti dannosi si esplicano essenzialmente mediante fenomeni erosivi di sponda, limitandosi le esondazioni ai fondovalle principali.

Le opere fino ad oggi realizzate consistono in « roste » del tipo tradizionale, costituite da rilevato ghiaioso e difese in muratura lato fiume; notevoli sono pure le opere murarie repellenti e radenti, cui attualmente si affiancano con sempre maggior frequenza scogliere in sasso naturale, data la facilità di approvvigionamento e la rapidità di esecuzione. Per la loro sistemazione, consolidamento e completamento si ravvisa un importo complessivo di L. 250.000.000.

B) *Fella dalla sorgente alla confluenza con il Tagliamento*

Le caratteristiche idromorfologiche del Fella sono le medesime citate per il capoverso A) riguardante il Tagliamento e

le opere insistenti di 3ª categoria sono della stessa natura di quelle ivi citate; pure della stessa natura sono quindi gli interventi che si propongono per un importo complessivo di lire 150.000.000.

C) *Tagliamento dalla confluenza col Fella alla confluenza con il torrente Cosa*

In questo tratto il Tagliamento è caratterizzato da un vasto alveo con imponenti depositi lapidei e pendenza decisamente inferiore a quelle riscontrabili nei tratti superiori. I danni che le acque tendono a provocare sono, ed in eguale gravità, le profonde corrosioni di sponda e gli allagamenti che, pur non interessando aree estese, possono provocare gravi inconvenienti a centri rivieraschi (quale ad esempio Osoppo) e ad infrastrutture di servizio, quali strade statali e ferrovie con i relativi manufatti di attraversamento e difesa. Nel tratto in esame esistono varie opere classificate nella 3ª categoria e, per il torrente Cosa, anche opere di 2ª categoria.

Per gli interventi alle opere anzidette che non differiscono sostanzialmente da quelle fino ad ora esaminate, per cui gli interventi stessi riguardano ancora consolidamenti e completamenti, si prevede una spesa di L. 400.000.000.

D) *Tagliamento dalla confluenza con il torrente Cosa alla foce*

Di questa parte del fiume Tagliamento, da considerarsi ormai di pianura, si evidenzia un tratto a pendenza decrescente dal Cosa fino a Latisanotta, caratterizzato da ampie zone d'alveo e golenali con imponenti materassi lapidei, mentre il tratto da quest'ultima località al mare presenta pendenza quasi nulla, serie di dossi e cavi, alveo fortemente ristretto fra le arginature in parte in froldo, e presenza, nell'ordine, di sabbie e limo verso la foce. Le arginature, che racchiudono il fiume sia in destra che in sinistra, tendono progressivamente ad elevarsi dal piano di campagna procedendo verso valle ed in particolare alla stretta di Latisana raggiungendo quote elevate rispetto al piano

degli abitati di Latisana stessa e San Michele al Tagliamento. Superata la stretta di Latisana, le arginature consentono un maggior respiro ai deflussi, per cui gradualmente, e soprattutto a valle dell'emissario del Cavrato, tendono a diminuire di quota rispetto al piano circostante di campagna.

Dette arginature sono nel complesso costituite da materiali ghiaioso-argillosi verso monte, assumendo quindi una natura argilloso-sabbiosa ed infine sabbiosa, man mano che si prosegue verso il mare, rispecchiando in ciò la natura delle golene da cui detti materiali a suo tempo vennero prelevati.

Diaframmi in calcestruzzo, scogliere in massi naturali ed artificiali, rivestimenti in muratura di calcestruzzo, acciottolato e gabbioni metallici, opere radenti e repellenti, alcune di notevole importanza e sviluppo, caratterizzano altresì in tratti di particolare pericolosità le arginature sopra descritte.

Gli interventi che riguardano sopraelevazioni per raccordo di livellette, rivestimenti in gabbioni in calcestruzzo, misti con mastice bituminoso, in verde, oltre a scogliere in massi naturali o artificiali, opere varie radenti o repellenti, escavi di dossi e chiusura di corrosioni, oltre infine al generale irrobustimento delle arginature, hanno lo scopo di porre le opere esistenti nelle condizioni più valide possibili.

Gli importi previsti in questo caso interessano oltre all'Ufficio del Genio Civile di Udine, pure quelli di Pordenone e Venezia e possono farsi ascendere complessivamente a lire 5.000.000.000.

E) *Fiumi minori fra Isonzo e Tagliamento*

Le difese idrauliche riguardanti i corsi d'acqua fra Isonzo e Tagliamento sono, nelle zone di maggior interesse pubblico, classificate nella 3ª categoria delle opere idrauliche e consistono essenzialmente in arginature ghiaioso-argillose generalmente rivestite in verde, eccetto che in particolari zone di pericolo e sollecitazione in tempo di piena, ove al rivestimento vegetante si sostituisce il rivestimento in muratura o gabbioni.

Caratteristiche di questi corsi d'acqua di pianura ma an-

cora dotati di pendenza d'alveo rimarcabile, sono le notevoli e numerose opere trasversali in muratura che costituiscono salti di fondo per riduzione di livelletta, oltre a numerose e notevoli opere repellenti.

Per rafforzamento e soprattutto per completamento di dette opere si prevede una spesa di L. 2.000.000.000.

F) *Serbatoio di attenuazione delle piene di Pinzano*

La favorevole ubicazione della stretta montuosa di Pinzano induce a prevedervi la costruzione di un serbatoio di laminazione delle piene del Tagliamento. Tale laminazione sarà prevista in modo da consentire un deflusso a valle delle sole portate contenibili dalle arginature di pianura fino al mare (circa 2.800 mc/sec.). L'importo previsto ascende a L. 5.000.000.000.

PROGRAMMA DEL DECENNIO 1976-1985

Si rimanda, nell'elencazione delle spese previste per il decennio, al precedente programma per il settennio, per quanto attiene alla descrizione delle opere interessate e agli interventi pertinenti (tipo, importanza dell'opera, sua locazione geografica con qualche cenno idromorfologico), adottanto per detta elencazione di spesa per interventi la stessa suddivisione in settori dei corsi d'acqua, già operata per il settennio.

A) *Tagliamento dalla sorgente alla confluenza con il Fella* L. 100.000.000

B) *Tagliamento dalla confluenza con il Fella alla confluenza con il torrente Cosa* L. 300.000.000

C) *Tagliamento dalla confluenza con il torrente Cosa alla foce* L. 5.000.000.000

D) *Fiumi minori fra Isonzo e Tagliamento* L. 2.300.000.000

PROGRAMMA PER IL PERIODO SUCCESSIVO PER IL COMPLETAMENTO:

A) *Tagliamento dalla sorgente alla confluenza con il Fella* L. 100.000.000

B) *Tagliamento dalla confluenza con il Fella alla confluenza con il torrente Cosa* L. 300.000.000

C) *Tagliamento dalla confluenza con il torrente Cosa alla foce* L. 3.500.000.000

Per quanto si riferisce alle opere idraulico-forestali, idraulico-agrarie, bonifiche e difesa dei litorali, sono stati raccolti ed elaborati attraverso i vari Uffici e particolarmente presso l'Assessorato Agricoltura e Foreste della Regione Friuli-Venezia Giulia, tutti i dati di spesa indispensabili alla programmazione.

Tutti questi dati, unitamente a quelli che si riferiscono alle opere idrauliche e al serbatoio per l'attenuazione delle piene, sopra citati, sono riassunti nelle tabelle qui annesse.

Precisamente la tabella n. 1 riporta sotto le varie voci le spese complessive per il trentennio.

Nella tabella n. 2 sono riportate tutte le spese prevedibili nel periodo fino al 1975.

Nella tabella n. 3 sono indicate le spese relative alle opere da eseguirsi nel decennio successivo 1976-1985.

Infine la tabella n. 4 riporta indicazioni di tutte le spese per il completamento degli interventi.

Alle cifre di spesa sopra indicate sono da aggiungere:

*a*) tutte le spese generali e di progettazione;

*b*) le spese per manutenzione;

*c*) le spese per studi e ricerche sperimentali e osservazioni.

*a*) Per quanto riguarda le spese di progettazione per opere idrauliche, l'opera di maggior importanza è quella della costruzione del serbatoio di Pinzano. Per la progettazione di

tale opera può ritenersi necessaria una spesa intorno ai 100 milioni, oltre a 30 milioni circa per indagini geognostiche.

Per la progettazione di opere idrauliche minori, che non siano di competenza degli Uffici del Genio Civile, si può prevedere un'ulteriore spesa di 25 milioni.

Per le spese generali e di progettazione, riguardanti le voci opere idrauliche forestali, opere idrauliche agrarie, bonifiche e difesa dei litorali, si fa riferimento all'indicazione avuta dall'Assessorato Agricoltura e Foreste della Regione Friuli Venezia Giulia, che valuta tale spesa il 18% di quella complessiva. Pertanto ne risulta una somma di lire 11.720.000.000.

*b*) Per quanto attiene alle manutenzioni delle opere idrauliche, qualora in base alle nuove leggi allo studio fossero affidati allo Stato gli interventi manutentori delle opere classificate nella 3ª cat., analogamente a quanto già avviene per la 2ª categoria, le previsioni di spesa annuale possono indicarsi secondo il seguente prospetto:

SETTENNIO 1968-1975:

| | |
|---|---|
| Opere di 2ª cat. annualmente | Lire 100.000.000 |
| Opere di 3ª cat. annualmente | Lire 100.000.000 |

DECENNIO 1976-1985:

| | |
|---|---|
| Opere di 2ª cat. annualmente | Lire 150.000.000 |
| Opere di 3ª cat. annualmente | Lire 150.000.000 |

PERIODO SUCCESSIVO:

| | |
|---|---|
| Opere di 2ª cat. annualmente | Lire 200.000.000 |
| Opere di 3ª cat. annualmente | Lire 200.000.000 |

Per quanto attiene alla manutenzione del previsto serbatoio di laminazione piene di Pinzano, si può indicare una spesa di Lire 20.000.000 annue, cifra molto indicativa, in quanto non si conosce ancora la reale consistenza del proget-

tando serbatoio, esclusi gli indennizzi alle proprietà danneggiate dall'eventuale uso del serbatoio stesso.

Per tutte le altre opere (idraulico-forestali, idraulico-agrarie, bonifiche e difesa dei litorali) le spese di manutenzione possono valutarsi (sempre in base alle indicazioni dell'Assessorato Agricoltura e Foreste della Regione) dell'ordine del 7% del costo globale e pertanto risulta una spesa di Lire 4 miliardi 558.000.000.

*c*) Spese per studi e ricerche sperimentali e osservazioni.

In tema di opere idrauliche sul bacino del Tagliamento sono da raccomandarsi vivamente i seguenti studi o ricerche su modello:

1) Modello dello sbarramento di Pinzano.
Spesa prevedibile Lire 20.000.000

In alternativa, se si dovesse decidere sulla costruzione dello scolmatore pre-Cavrato, diventerebbe indispensabile lo studio su modello dell'imbocco con la ripartizione delle portate di piena fra scolmatore e Tagliamento.

La spesa prevedibile sarebbe dell'ordine di quella prevista per il modello dello sbarramento di Pinzano.

2) Studio su modello degli interventi atti ad evitare erosioni e depositi nel tronco del fiume Tagliamento in corrispondenza della stretta di Latisana.
Spesa prevedibile Lire 20.000.000

3) Studio geotecnico dei terreni con eventuali modelli per le arginature con diaframmi.
Spesa prevedibile Lire 15.000.000

4) Studio su modello della foce del Tagliamento, accertamenti e indagini in sito.
Spesa prevedibile Lire 20.000.000

5) Studio su modelli operazionali sul funzionamento del serbatoio di laminazione di Pinzano.
Spesa prevedibile Lire 5.000.000

Alle spese sopra citate per studi sperimentali su modelli sono naturalmente da aggiungere spese per ricerche a carattere generale, raccolta di dati e osservazioni idrometriche in sito.

In proposito è da rilevare che la rete per osservazioni pluviometriche e particolarmente quella per osservazioni idrometriche e misure di portata è scarsamente efficiente nel bacino del Tagliamento, per cui si rende indispensabile un ripristino e un potenziamento delle strumentazioni. Auspicabile sarebbe inoltre la realizzazione di un Ufficio centralizzato per la raccolta e l'elaborazione dei dati.

Per le spese di studi e ricerche sperimentali e osservazioni, che possono essere previste per le opere idraulico-agrarie, idraulico-forestali, bonifiche e difesa dei litorali, pur riconoscendo di non aver elementi sufficientemente precisi per la valutazione delle spese, sono da considerarsi, oltre alle ricerche e studi da eseguirsi anche in sito, servizi, impianti ed attrezzature, vivai forestali, impianti essiccazione, acquisto boschi-madre, casermette forestali, servizi difesa boschi contro incendi, parassiti animali e vegetali, corsi perfezionamento professionale e piani di massima.

Si può grosso modo valutare per tali voci (su giudizio dell'Assessorato Agricoltura e Foreste della Regione Friuli-Venezia Giulia) una spesa complessiva dell'ordine del 3% di quella totale e cioè Lire 1.953.000.000.

Riassumendo, oltre alle previsioni di spesa, di cui alle tabelle annesse, sono da aggiungersi:

*a*) Spese generali e di progettazione:

| | |
|---|---|
| Opere idrauliche - serbatoio | Lire 155.000.000 |
| Opere idraulico-forestali, idraulico-agrarie, bonifiche, difesa dei litorali | Lire 11.700.000.000 |

*b*) Manutenzioni opere idrauliche:

| | |
|---|---|
| fino al 1975 | L. 200.000.000 annue |
| dal 1976 al 1985 | L. 300.000.000 annue |
| nel periodo successivo | L. 400.000.000 annue |
| Serbatoio di Pinzano | L. 20.000.000 annue |

Spesa complessiva per manutenzione opere idrauliche nel trentennio Lire 15.000.000.000

Opere idraulico-agrarie, forestali, bonifiche, difesa dei litorali 7% Lire 4.560.000.000

Tali spese, distribuite nel tempo, possono essere così indicate:

| | fino al 1975 | fino al 1985 | restante | totale |
|---|---|---|---|---|
| Manutenzione | 6.000 | 6.000 | 7.560 | 19.560 |
| Progettazione studi e ricerche | 2.233 | 2.510 | 2.400 | 7.143 |

IN MILIONI DI LIRE

*c)* Ricerche e studi sperimentali e osservazioni:

Modelli idraulici Lire 80.000.000

Osservazioni idrometriche, strumentazione e spese di funzionamento (parte idraulica) approssimativamente Lire 2.430.000.000

Opere idraulico-agrarie, forestali, bonifiche, difesa dei litorali 3% Lire 1.950.000.000

*Considerazioni finali*

A conclusione della presente relazione, si fa rilevare che sostanzialmente per la difesa dalle alluvioni del fiume Tagliamento viene proposta come opera basilare e di primo intervento la realizzazione di un grande serbatoio in località Pinzano o, in alternativa, di un canale scolmatore, che staccandosi a monte di Latisana, si immetterebbe nel Cavrato.

Non è da escludersi tuttavia la possibilità di risolvere il problema della laminazione delle piene con più serbatoi, quan-

tunque gli studi precedentemente fatti in proposito siano sempre giunti a conclusioni poco favorevoli, anche perchè tali studi avevano come prevalente scopo l'utilizzazione idroelettrica degli invasi. I serbatoi inoltre venivano a trovarsi in zone periferiche, con bacino imbrifero sotteso di modesta entità.

Riteniamo ad ogni modo che gli studi suddetti debbano essere ripresi ed approfonditi, al fine esclusivo della laminazione delle piene, allo scopo di esaminare in definitiva la possibilità della costituzione di un sistema a serbatoi multipli, il quale potrebbe consentire anche una minore capacità al prospettato serbatoio di Pinzano e nello stesso tempo un criterio più elastico di esercizio.

A tale proposito vorremmo fin d'ora suggerire di iniziare gli studi nelle seguenti zone:

— sul torrente Degano;

— sul torrente Chiarzò;

— sul Fella e particolarmente su alcuni suoi affluenti, come Resia, Raccolana e Dogna.

*Prof. Francesco Ramponi*

Trieste, giugno 1969

TABELLA 1

IMPORTI DELLE SISTEMAZIONI PREVISTE (in milioni di lire)

OPERE ESEGUIBILI IN UN TRENTENNIO - BACINO PRINCIPALE (F. Tagliamento) Km² 2479

| Corso d'acqua | Estremi del tratto | Superficie (Km²) parziale | Superficie (Km²) complessiva | Opere idrauliche | Serbatoi di attenuazione delle piene | Opere idrauliche forestali | Opere idrauliche agrarie | Bonifiche | Difesa dei litorali | Totali |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Tagliamento* (Bacino Montano) | Dalla sorg. (P.so Mauria) alla confluenza col Fella (Carnia) | 1.162 | 1.162 | 450 | — | 20.589 | — | — | — | 21.039 |
| *Fella* (Bacino Montano) | Dalla sorgente alla confluenza col Tagliamento | 705 | 1.867 | 150 | — | 12.047 | — | — | — | 12.197 |
| *Tagliamento* (Bacino Pedemontano) | Dalla confluenza col Fella alla confluenza con il Torrente Cosa | 612 | 2.479 | 1.000 | 5.000 | 1.679 | — | — | — | 7.679 |
| *Tagliamento* (Basso Bacino) | Dalla confluenza col Torrente Cosa alla foce | — | 2.479 | 13.500 | — | — | 700 | — | — | 14.200 |
| *Bacino Slizza* | | 100 | | — | — | 1.300 | — | — | — | 1.300 |
| *Fiumi minori* fra Isonzo e Tagliamento | | | 820 | 4.300 | — | 1.100 | 9.200 | 17.900 | 600 | 33.100 |
| *Totali* | | | | 19.400 | 5.000 | 36.715 | 9.900 | 17.900 | 600 | 89.515 |

aggiungere le seguenti spese:

*a*) Generali e di progettazione.

*b*) Di manutenzione.

*c*) Per ricerche, studi sperimentali e osservazioni come meglio precisato alle pagine 32 e 33 del testo.

TABELLA 2

IMPORTI DELLE SISTEMAZIONI PREVISTE (in milioni di lire)

OPERE ESEGUIBILI FINO AL 1975 - BACINO PRINCIPALE (F. Tagliamento) Km² 2479

| Corso d'acqua | Estremi del tratto | Superficie (Km²) | | Opere idrauliche | Serbatoi di attenuazione delle piene | Opere idrauliche forestali | Opere idrauliche agrarie | Bonifiche | Difesa dei litorali | Totali |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | parziale | complessiva | | | | | | | |
| *Tagliamento* (Bacino Montano) | Dalla sorg. (P.so Mauria) alla confluenza col Fella (Carnia) | 1.162 | 1.162 | 250 | — | 3.500 | — | — | — | 3.750 |
| *Fella* (Bacino Montano) | Dalla sorgente alla confluenza col Tagliamento | 705 | 1.867 | 150 | — | 900 | — | — | — | 1.050 |
| *Tagliamento* (Bacino Pedemontano) | Dalla confluenza col Fella alla confluenza con il Torrente Cosa | 612 | 2.479 | 400 | 5.000 | 100 | — | — | — | 5.500 |
| *Tagliamento* (Basso Bacino) | Dalla confluenza col Torrente Cosa alla foce | — | 2.479 | 5.000 | — | — | 700 | — | — | 5.700 |
| *Bacino Slizza* | | 100 | | — | — | 400 | — | — | — | |
| *Fiumi minori* fra Isonzo e Tagliamento | | | 820 | 2.000 | — | — | 2.000 | 5.000 | 600 | 9.600 |
| *Totali* | | | | 7.800 | 5.000 | 4.900 | 2.700 | 5.000 | 600 | 26.000 |

TABELLA 3

IMPORTI DELLE SISTEMAZIONI PREVISTE (in milioni di lire)

PROGRAMMA DEL DECENNIO 1976-1985 - BACINO PRINCIPALE (F. Tagliamento) Km² 2479

| Corso d'acqua | Estremi del tratto | Superficie (Km²) | | Opere idrauliche | Serbatoi di attenuazione delle piene | Opere idrauliche forestali | Opere idrauliche agrarie | Bonifiche | Difesa dei litorali | Totali |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | parziale | complessiva | | | | | | | |
| *Tagliamento* (Bacino Montano) | Dalla sorg. (P.so Mauria) alla confluenza col Fella (Carnia) | 1.162 | 1.162 | 100 | — | | — | — | — | |
| *Fella* (Bacino Montano) | Dalla sorgente alla confluenza col Tagliamento | 705 | 1.867 | — | — | | — | — | — | |
| *Tagliamento* (Bacino Pedemontano) | Dalla confluenza col Fella alla confluenza con il Torrente Cosa | 612 | 2.479 | 300 | — | 14.000 | — | — | — | 19.400 |
| *Tagliamento* (Basso Bacino) | Dalla confluenza col Torrente Cosa alla foce | — | 2.479 | 5.000 | — | | — | — | — | |
| *Bacino Slizza* | | 100 | | — | — | 500 | — | — | — | 500 |
| *Fiumi minori* fra Isonzo e Tagliamento | | | 820 | 2.300 | — | 100 | 12.200 | 7.900 | — | 22.500 |
| *Totali* | | | | 7.700 | | 14.600 | 12.200 | 7.900 | | 42.400 |

TABELLA 4

IMPORTI DELLE SISTEMAZIONI PREVISTE (in milioni di lire)

PROGRAMMA PER IL PERIODO SUCCESSIVO - Completamento Bacino Principale (F. Tagliamento) Km² 2479

| Corso d'acqua | Estremi del tratto | Superficie (Km²) parziale | Superficie (Km²) complessiva | Opere idrauliche | Serbatoi di attenuazione delle piene | Opere idrauliche forestali | Opere idrauliche agrarie | Bonifiche | Difesa dei litorali | Totali |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Tagliamento* (Bacino Montano) | Dalla sorg. (P.so Mauria) alla confluenza col Fella (Carnia) | 1.162 | 1.162 | 100 | — | | — | — | — | |
| *Fella* (Bacino Montano) | Dalla sorgente alla confluenza col Tagliamento | 705 | 1.867 | — | — | 16.815 | — | — | — | 19.755 |
| *Tagliamento* (Bacino Pedemontano) | Dalla confluenza col Fella alla confluenza con il Torrente Cosa | 612 | 2.479 | 300 | — | | — | — | — | |
| *Tagliamento* (Basso Bacino) | Dalla confluenza col Torrente Cosa alla foce | — | 2.479 | 3.500 | — | | — | — | — | — |
| *Bacino Slizza* | | 100 | — | — | — | 400 | — | — | — | 400 |
| *Fiumi minori* fra Isonzo e Tagliamento | | — | 820 | — | — | 1.000 | — | — | — | 1.000 |
| *Totali* | | | | 3.900 | | 17.215 | | | | 21.115 |

# STUDIO IDROGEOLOGICO DEL BACINO IMBRIFERO DEL TAGLIAMENTO

(ITALCONSULT S.p.A.)

## 1. Premessa

L'Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque di Venezia ha affidato all'Italconsult S.p.A. l'incarico per lo studio idrogeologico del bacino imbrifero del Tagliamento in data 31 agosto 1968. L'incarico comprendeva:

*a*) il rilievo aerofotogrammetrico del bacino del Tagliamento, dalle origini alla confluenza dell'Arzino compreso (ha 233.000 circa);

*b*) la compilazione di carte in scala 1:25.000 sulla base delle corrispondenti tavolette I.G.M. atte allo studio geomorfologico interessante un'area di circa ha 75.300 dell'alto bacino del Tagliamento.

A causa delle cattive condizioni atmosferiche, le riprese aeree non potevano essere effettuate durante il mese di settembre 1968 e di conseguenza esse dovettero essere rinviate all'estate 1969.

L'effettivo lavoro di fotointerpretazione poteva iniziarsi su dette foto aeree soltanto nel febbraio 1970, dopo l'autorizzazione del Ministero dei Trasporti e dell'Aviazione Civile.

La superficie coperta dalle carte di cui in *b*) corrisponde all'alto bacino del Tagliamento propriamente detto, comprendente i bacini in destra e in sinistra dell'asta principale sino a quello del Degano incluso.

Oltre che dalla presente relazione la documentazione dello studio è costituita da:

— una serie di aerofotografie (n. 450);

— un quadro d'unione in scala 1:100.000 della ripresa aerea;
— un fotomosaico in scala 1:25.000;
— carte dello studio geomorfologico:
*A* - Carta delle pendenze;
*B* - Carta delle colture;
*C* - Carta dei dissesti;
*D* - Carta delle possibilità di dissesto.

## 2. Il bacino del Tagliamento

### 2.1. *Caratteristiche generali.*

Il Tagliamento è il principale corso d'acqua della regione Friuli-Venezia Giulia, ed uno tra i più importanti fiumi che sboccano nell'alto Adriatico. Il suo bacino montano, chiuso a Pioverno (Venzone), ha una superficie di circa 1.880 kmq.

Il bacino del Tagliamento confina ad est con quelli del Piave e del Meduna; a nord è delimitato dalla catena delle Alpi Carniche; ad ovest, infine, confina con il bacino del torrente Torre.

Nella regione montana, che si può identificare con la parte di bacino a monte di Venzone (in corrispondenza della confluenza con il fiume Fella), l'andamento dei rilievi permette di fissare con precisione la linea dello spartiacque (fig. 1).

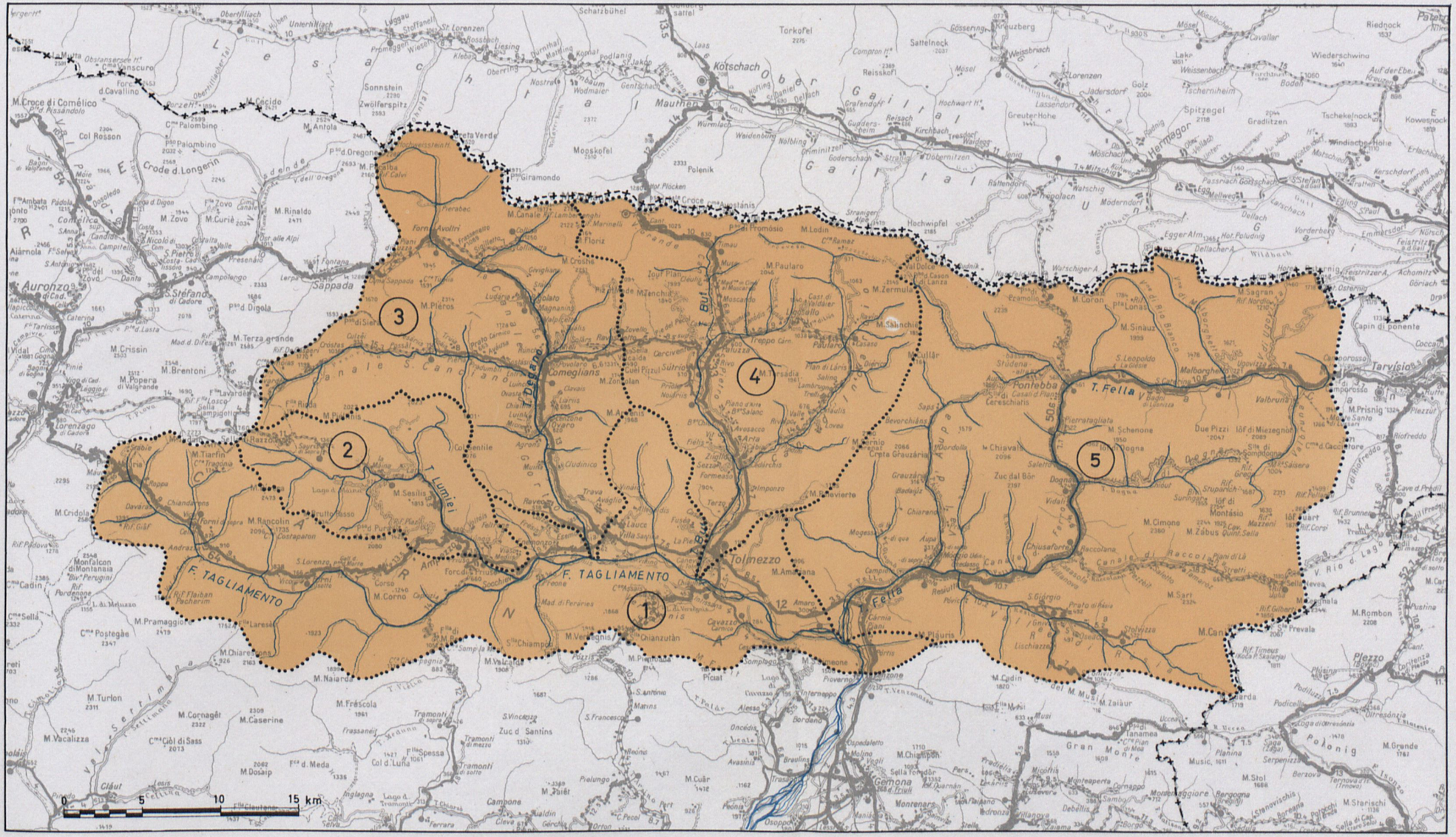
A valle della confluenza di cui sopra, invece, la delimitazione del bacino imbrifero risulta difficile in quanto l'idrografia originaria risulta turbata o modificata dalle opere dell'uomo quali canali di scolo, di bonifica e di irrigazione.

L'intero bacino del Tagliamento alla confluenza con il torrente Casa sottende una superficie di 2.480 kmq.

Il Tagliamento ha origine a quota di 1.195 m s.m., nei pressi del passo di Mauria, a nord-ovest dell'abitato di Forni di Sopra. Il suo corso superiore è orientato da ovest ad est: tale direzione, parallela alla dorsale delle Alpi Carniche, è mantenuta sino alla confluenza con il Fella nei pressi dell'abitato di Venzone; ricevute le acque di questo importante affluente, il fiume volge decisamente verso sud, mantenendo immutato tale orientamento sino allo sbocco nell'Adriatico.

FIG. 1

# COROGRAFIA DEL BACINO MONTANO DEL FIUME TAGLIAMENTO A PIOVERNO


3
4
2
5
1
F. TAGLIAMENTO
T. Degano
T. Lumiei
T. But
T. Fella
Canale S. Canziano
Canale Cellina
Canale Ledra
Canale Ambiesta
Canale Tagliamento
Canale Ravedis
Canale Cordenons
Canale Meduna
Canale Cellina Meduna
Canale Sinistra Tagliamento
Canale Destra Tagliamento
Canale Roggia di Maniago
Canale di Raccolta
Canale Ledra Tagliamento
Canale Navarons
Canale Cellina Destra
Canale Cellina Sinistra
Canale Ravedis Destra
Canale Ravedis Sinistra
Canale Meduna Destra
Canale Meduna Sinistra
Canale Tagliamento Destra
Canale Tagliamento Sinistra
Canale Ambiesta Destra
Canale Ambiesta Sinistra
Canale Ledra Tagliamento Destra
Canale Ledra Tagliamento Sinistra
Canale Navarons Destra
Canale Navarons Sinistra
Canale Roggia di Maniago Destra
Canale Roggia di Maniago Sinistra
Canale di Raccolta Destra
Canale di Raccolta Sinistra
Canale Cordenons Destra
Canale Cordenons Sinistra
Canale Meduna Cellina Destra
Canale Meduna Cellina Sinistra
Canale Sinistra Tagliamento Destra
Canale Sinistra Tagliamento Sinistra
Canale Destra Tagliamento Destra
Canale Destra Tagliamento Sinistra
Canale Ledra Tagliamento Destra
Canale Ledra Tagliamento Sinistra
Canale Navarons Destra
Canale Navarons Sinistra
Canale Roggia di Maniago Destra
Canale Roggia di Maniago Sinistra
Canale di Raccolta Destra
Canale di Raccolta Sinistra
Canale Cordenons Destra
Canale Cordenons Sinistra
Canale Meduna Cellina Destra
Canale Meduna

A circa 26 km dalle sue sorgenti, il Tagliamento riceve, in sinistra ed alla quota di 400 m s.m. circa, il primo affluente importante, il Lumiei (con bacino imbrifero di 126 kmq) che nasce nei pressi di Casere Razzo a quota di 1.745 m s.m.

Alla sezione di confluenza con il Lumiei, il bacino totale del Tagliamento ha una superficie di 337 kmq. Da questo punto la valle principale perde il carattere montano in quanto si allarga per contenere l'alveo del fiume che si suddivide in vari rami.

Poco a monte di Villa Santina (363 m s.m.) riceve il secondo affluente importante: il Degano (con bacino imbrifero di 325 kmq), avente le origini a quota di 2.300 m s.m. Alla sezione di confluenza il bacino totale del Tagliamento ha una superficie di 701 kmq.

Il terzo affluente importante è il fiume But (bacino imbrifero di 326 kmq) il quale sbocca nei pressi dell'abitato di Tolmezzo (323 m s.m.); in quest'ultima sezione il bacino imbrifero totale è di 1.079 kmq. Il quarto ed ultimo affluente importante è il Fella (bacino imbrifero 706 kmq), che sbocca a circa 56 km dalle sorgenti dello stesso Tagliamento, in località Amaro (247 m s.m.). Il Fella è l'affluente più importante: si forma nei pressi della Sella di Camporosso ed è alimentato da numerosi affluenti quali il Rio Pontebbana, il torrente Dogna, il Raccolana, il Resia e l'Aupa.

Alla confluenza con il Fella la superficie totale del bacino è di 1.867 kmq.

Ricevute le acque del Fella, il fiume, come precedentemente detto, piega bruscamente verso sud e dopo pochi chilometri, in corrispondenza del piano di Osoppo, si espande in un letto larghissimo contenuto in un'ampia vallata. Il lato meridionale del piano di Osoppo è delimitato dal Canal Ledra, il quale raccoglie le acque filtrate dal letto ghiaioso del Tagliamento, recuperandole dalle numerose risorgive.

L'idrografia di questa zona è particolarmente incerta.

Il Tagliamento più a sud riceve, in destra, il torrente Arzino che scende dal Monte Valcalda.

L'alveo del Tagliamento, larghissimo nel Campo di Osop-

po, si restringe presso l'abitato di Pinzano ove misura 160 m; subito dopo però, raggiunta la pianura, si allarga nuovamente in un vasto alveo, caratterizzato da numerose ramificazioni, e che supera presso Spilimbergo i tre chilometri di ampiezza. Fino all'altezza dell'abitato di Rivis (71 m s.m.) l'alveo, molto largo, è infossato nella pianura circostante; a valle di Rivis invece si innalza progressivamente, tanto che il fiume è caratterizzato dalla presenza di robuste arginature, divenute sempre più importanti a causa dei sovralzi che si sono via via resi necessari per contenere le acque di piena.

Le arginature iniziano a Rivis, in sponda sinistra, e a Gradisca in sponda destra ed accompagnano il corso del fiume sino al suo sbocco in mare.

Sebbene contenuta dai rilevati arginali, la corrente è, ad eccezione dei periodi di piena, suddivisa in numerosi rami e ciò sino presso la località di Canussio, dove il fiume perde detta configurazione (assunta subito a valle di Pinzano e mantenuta per una cinquantina di chilometri) e si raccoglie in un unico filone profondo e veloce, largo solamente un centinaio di metri, che si dirige poi però sempre più lentamente e sinuosamente verso il mare.

Il Tagliamento si protende nell'Adriatico assieme al suo delta diviso dall'asta del fiume in due parti pressochè simmetriche.

### 2.2. *Caratteristiche geologiche.*

Da un punto di vista geologico, la parte del bacino dell'alto Tagliamento considerata nel presente studio, è caratterizzata da affioramenti di rocce permo-triassiche ad eccezione della parte nord-orientale, dove affiora il complesso argilloso-scistoso del carbonifero superiore.

La serie perno-triassica è, nel suo insieme, prevalentemente costituita da arenarie e scisti arenacei del Werfeniano affioranti nella parte centrale del bacino, che costituiscono le cime di M. Pallone (q. 2.017), M. Pieltinis (q. 2.027), M. Novarza (q. 2.024), M. Forchia (q. 1.901), Col Gentile (q. 2.075) e M. Brutto Passo (q. 2.034) e subordinatamente da dolomie

cariate, brecce cariate marnoso-dolomitiche e calcari bituminosi a strati sottili.

Ai bordi di tale nucleo affiora una serie prevalentemente carbonata costituita da dolomie e calcari dolomitici massicci del Ladinico-Anisico e del Norico che costituiscono le vette di M. Creta Forata (q. 2.739), M. Pleros (q. 2.314), M. Veltris (q. 1.740), M. Sesilis (q. 1.813), M. Tinisa (q. 2.080) e M. Bivera (q. 2.474).

Nella parte più meridionale compaiono i calcari del Giura che costituiscono le cime di M. Verzents (q. 1.915), M. Burlat (q. 1.526) e M. Costa di Paladin (q. 1.770).

## 3. I MOVIMENTI FRANOSI

### 3.1. *Metodi di studio adottati.*

Al fine di determinare la distribuzione dei dissesti avvenuti prima e dopo la grande alluvione del 4 novembre 1966, nonchè le relazioni intercorrenti fra i dissesti, le pendenze topografiche e la tipologia colturale, sono state preparate le seguenti carte tematiche di base (*):

*a*) carta delle pendenze;
*b*) carta delle colture;
*c*) carta dei dissesti.

La carta delle pendenze è stata ricavata dalla elaborazione dei dati altimetrici della Carta d'Italia a scala 1:25.000. In questa carta la superficie interessata dallo studio è stata suddivisa in 7 classi di pendenza: maggiore del 50%, dal 40% al 50%, dal 30% al 40%, dal 20% al 30%, dal 10% al 20%, dal 5% al 10%, minore del 5%. Tale suddivisione, molto più dettagliata di quella originariamente proposta, è stata adottata allo scopo di individuare con maggior precisione la classe o le classi di pendenza per le quali si ha una maggiore franosità.

La carta delle colture è stata ricavata dalla interpretazione

(*) Al presente volume è allegata a titolo di esempio la carta « Sauris » suddivisa in carta delle pendenze, carta delle colture, carta dei dissesti potenziali e di quelli in atto.

delle foto aeree eseguite nell'anno 1957 e controllata e aggiornata sulle foto eseguite nell'anno 1969.

In tale carta le diverse colture sono state raggruppate in: boschi, prati perenni, prati pascoli, seminativi semplici, seminativi arborati e colture arboree.

La carta dei dissesti è stata ricavata per interpretazione delle fotografie aeree eseguite nel 1957 e nel 1969 (1).

In tale carta sono state messe in evidenza per mezzo di diversa rappresentazione grafica, le frane avvenute prima e dopo il 4 novembre 1966, nonchè le nicchie di distacco e la direzione del materiale franato, le zone soggette a forte erosione, le vecchie frane consolidate, i detriti di falda consolidati ed inconsolidati, i conoidi di deiezione.

Sovrastampata su tale carta è riportata la distribuzione delle aree stabili, potenzialmente instabili ed instabili, determinate dall'analisi comparata della carta dei dissesti, della carta delle pendenze e della carta delle colture con la carta geologica d'Italia a scala 1:100.000 opportunamente ingrandita, seguendo quanto esposto nel capitolo 4.1. (« Criteri di classificazione della stabilità dei terreni »).

Tali carte hanno costituito la base per l'elaborazione statistica dei dati, che è stata effettuata suddividendo l'area di studio in 13 unità, rappresentate dalle 13 tavolette I.G.M. del F. 13: I NE, I SE, I SO, I NO, II NE, II SE, III SO, III NO, IV SE, II NO, II SO, III NE, III SE.

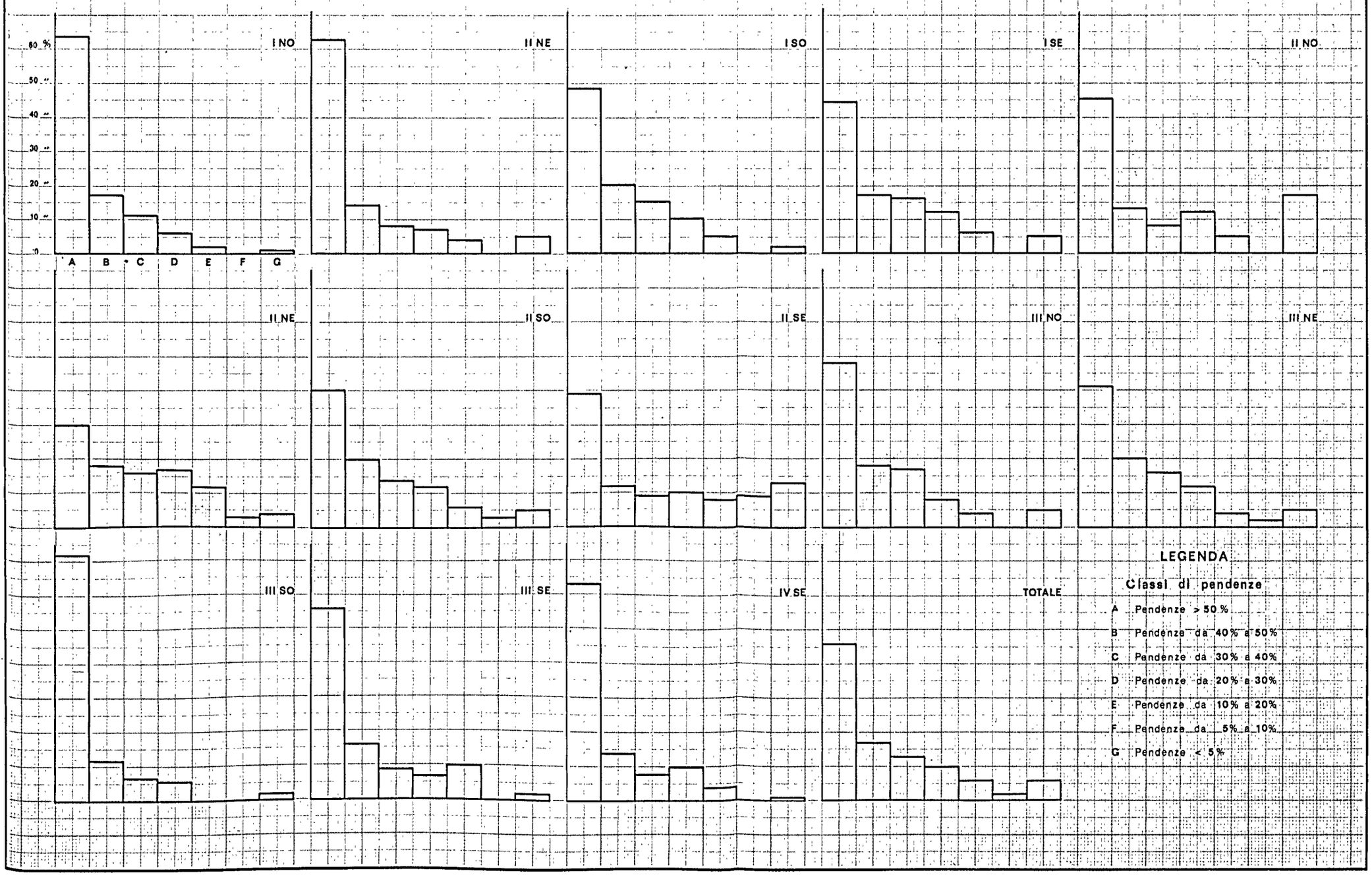
Sulla carta delle pendenze è stata misurata, per ogni tavoletta, per mezzo di fotoplanimetro, la superficie di tutte le aree di ugual classe di pendenza ed è stata così determinata la distribuzione percentuale di tali aree che è riportata, in forma di istogrammi, nella Fig. 2.

Dalla carta delle colture è stata ricavata, con lo stesso sistema fotoplanimetrico, la distribuzione percentuale dei vari ti-

(1) Si è ritenuto opportuno unificare la carta dei dissesti anteriori e posteriori all'alluvione del 1966 onde permettere un più agevole ed immediato confronto. In realtà, i dissesti indicativi come anteriori alla suddetta alluvione sono quelli anteriori al 1957, non essendo stato possibile un loro aggiornamento al periodo immediatamente precedente al 1966.

## DISTRIBUZIONE DELLE PENDENZE DEL TERRENO

Fig. 2



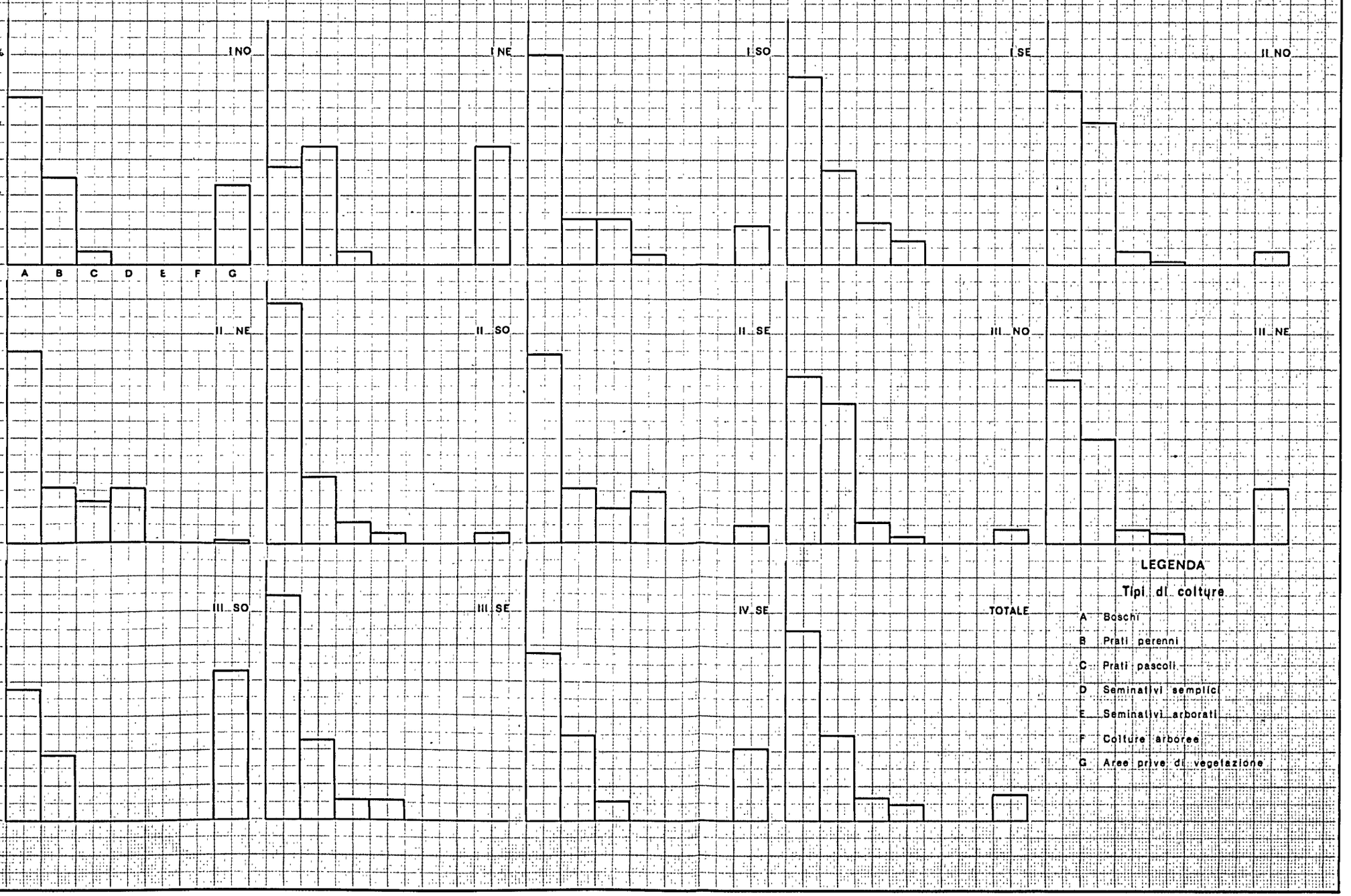

### LEGENDA

**Classi di pendenze**

- A Pendenze > 50 %
- B Pendenze da 40% a 50%
- C Pendenze da 30% a 40%
- D Pendenze da 20% a 30%
- E Pendenze da 10% a 20%
- F Pendenze da 5% a 10%
- G Pendenze < 5%

# DISTRIBUZIONE DEI DIVERSI TIPI DI COLTURE

Fig. 3



pi di colture per ogni tavoletta, riportando anche questa in forma diagrammatica nella Fig. 3.

Sulla carta dei dissesti è stata planimetrata, per ogni tavoletta, la superficie delle frane avvenute prima del 4 novembre 1966, la superficie delle frane avvenute dopo il 4 novembre 1966, la superficie delle aree fortemente erose e quella delle frane consolidate. La distribuzione percentuale di tali aree dissestate, riferita alla superficie totale della tavoletta presa in esame, è riportata, in forma di diagrammi, nella Fig. 4.

Per avere una prima idea generale della distribuzione della franosità in rapporto alla pendenza dei versanti è stata determinata, per ogni classe di pendenza, la percentuale di frane avvenute nell'area, sia prima che dopo il 4 novembre 1966.

I diagrammi relativi a tale distribuzione, analizzata tavoletta per tavoletta, sono riportati nella Fig. 5.

La Tabella 1 riassume, in forma numerica, tutti i dati analizzati, e cioè superficie di ogni tavoletta studiata, distribuzione percentuale delle varie classi di pendenza, dei vari tipi di coltura, dei vari tipi di dissesto, nonchè quantità di frane avvenute prima e dopo il 4 novembre 1966.

Tali dati sono stati elaborati al fine di ricavare dei parametri che esprimessero sintenticamente l'incidenza dei vari fattori morfologici e della copertura vegetale sulla franosità potenziale di una certa zona.

A tale scopo si è fatto ricorso ad una relazione presentata da M. Panicucci alla « III Sottocommissione della Commissione Interministeriale per la sistemazione idraulica e la difesa del suolo » nel 1968: « Proposte per una metodologia di studio della franosità ».

In tale nota si indica una possibile metodologia di studio della franosità potenziale e vengono introdotti dei parametri che rappresenterebbero gli elementi predisponenti della franosità. Essi sono il parametro geolitologico, il parametro morfologico, il parametro vegetazionale ed il parametro meteorologico. Vengono quindi riportati in una tabella i valori che si dovrebbero attribuire a tali parametri nelle varie situazioni. Dalla somma dei contributi apportati da ogni parametro si ottiene

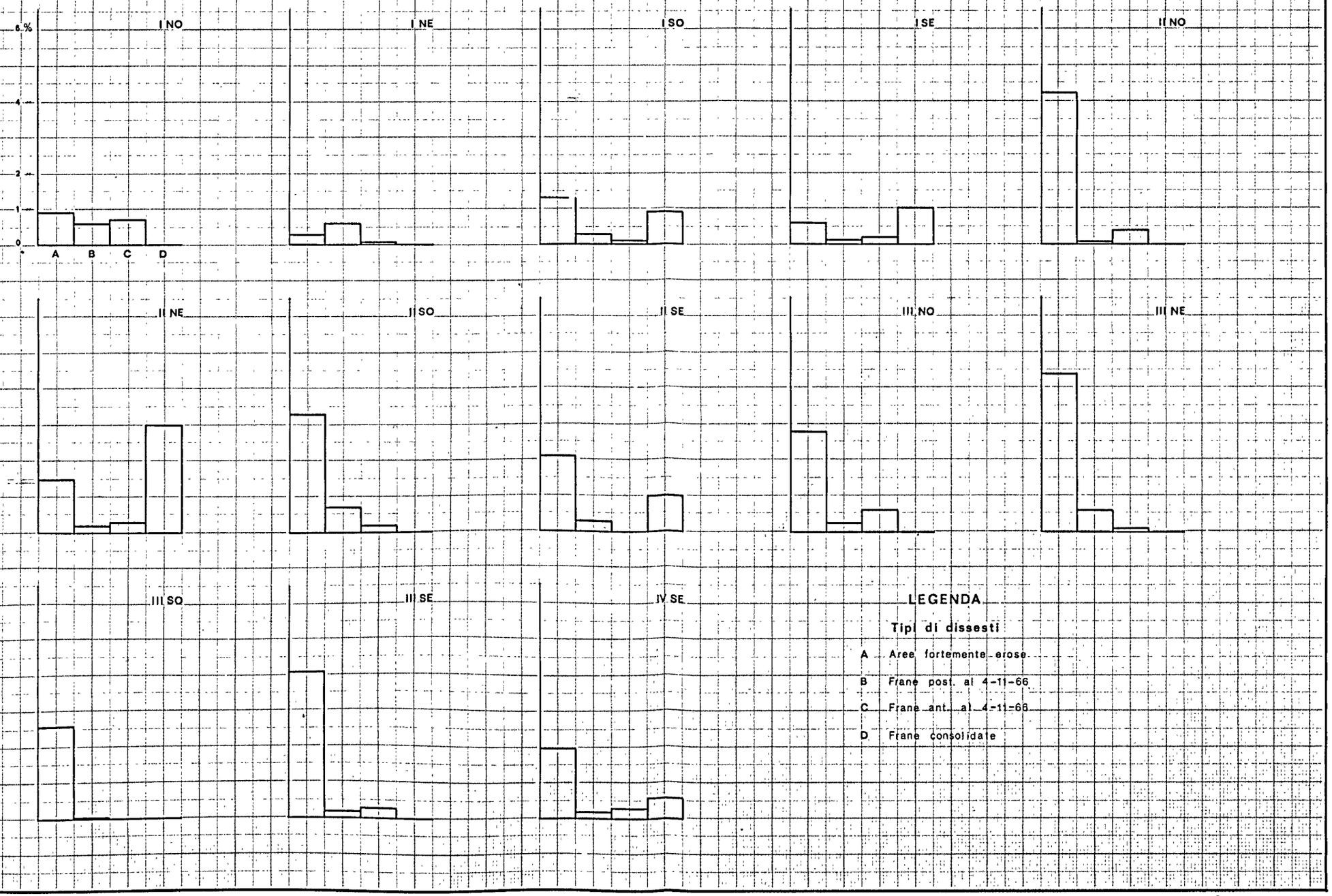
TABELLA 1

## PRINCIPALI DATI RELATIVI ALLA DISTRIBUZIONE DELLE PENDENZE, DELLA COPERTURA VEGETALE E DEI DISSESTI DELL'AREA DI STUDIO

| Tav. | Sup. kmq. | % Pendenza | | | | | | | % Copertura vegetale | | | | | % Dissesti | | | | | Quantità frane | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 5% | 10% | 10% 20% | 20% 30% | 30% 40% | 40% 50% | 50% | Boschi | Prati per. | Prati pasc. | Semi-nativi | Privo di colt. | % Aree fort. erose | % Frane ant. 4-11-66 | % Frane post. 4-11-66 | % Frane tot. | % Frane cons. | Post. 4-11-66 | Ant. 4-11-66 | Totale |
| I NO | 41,73 | 1 | — | 2 | 6 | 11 | 17 | 63 | 48 | 25 | 4 | — | 23 | 0,83 | 0,71 | 0,58 | 1,29 | — | 71 | 28 | 99 |
| I NE | 15,96 | 5 | — | 4 | 7 | 8 | 14 | 62 | 28 | 34 | 4 | — | 34 | 0,34 | 0,08 | 0,57 | 0,65 | — | 17 | 2 | 19 |
| I SO | 72,81 | 2 | — | 5 | 10 | 15 | 20 | 48 | 60 | 13 | 13 | 3 | 11 | 1,3 | 0,15 | 0,31 | 0,46 | 0,89 | 42 | 21 | 63 |
| I SE | 63,76 | 5 | — | 6 | 12 | 16 | 17 | 44 | 54 | 27 | 12 | 7 | — | 0,63 | 0,24 | 0,15 | 0,39 | 0,97 | 41 | 22 | 63 |
| II NO | 88,56 | 17 | — | 5 | 12 | 8 | 13 | 45 | 50 | 41 | 4 | 1 | 4 | 4,15 | 0,44 | 0,07 | 0,51 | — | 25 | 34 | 59 |
| II NE | 65,61 | 4 | 3 | 12 | 17 | 16 | 18 | 30 | 55 | 16 | 12 | 16 | 1 | 1,52 | 0,31 | 0,2 | 0,51 | 3 | 68 | 22 | 90 |
| II SO | 74,78 | 5 | 3 | 6 | 12 | 14 | 20 | 40 | 69 | 19 | 6 | 3 | 3 | 3,27 | 0,16 | 0,71 | 0,87 | — | 117 | 3 | 120 |
| II SE | 53,28 | 13 | 9 | 8 | 10 | 9 | 12 | 39 | 54 | 16 | 10 | 15 | 5 | 2,06 | 0,01 | 0,3 | 0,31 | 0,97 | 40 | 1 | 41 |
| III NO | 31,96 | 5 | — | 4 | 8 | 17 | 18 | 48 | 48 | 40 | 6 | 2 | 4 | 1,79 | 0,57 | 0,24 | 0,81 | — | 27 | 19 | 46 |
| III NE | 61,99 | 5 | 2 | 4 | 12 | 16 | 20 | 41 | 47 | 30 | 4 | 3 | 16 | 4,44 | 0,12 | 0,63 | 0,75 | — | 91 | 11 | 102 |
| III SO | 14,24 | 2 | — | — | 6 | 7 | 12 | 73 | 38 | 19 | — | — | 43 | 2,58 | — | 0,03 | | — | 1 | — | 11 |
| III SE | 64,99 | 2 | — | 10 | 7 | 9 | 16 | 56 | 65 | 23 | 6 | 6 | — | 4,06 | 0,28 | 0,20 | 0,48 | — | 64 | 14 | 78 |
| IV SE | 17,73 | 1 | — | 4 | 10 | 8 | 14 | 63 | 48 | 25 | 6 | — | 21 | 2,04 | 0,25 | 0,21 | 0,46 | 0,58 | 7 | 5 | 12 |
| tot. Area | 667,40 | 6 | 2 | 6 | 10 | 13 | 17 | 46 | 55 | 25 | 7 | 5 | 8 | 2,50 | 0,26 | 0,32 | 0,58 | 0,54 | 611 | 182 | 793 |

# DISTRIBUZIONE DEI DIVERSI TIPI DI DISSESTI

Fig. 4




**LEGENDA**

**Tipi di dissesti**

A Aree fortemente erose

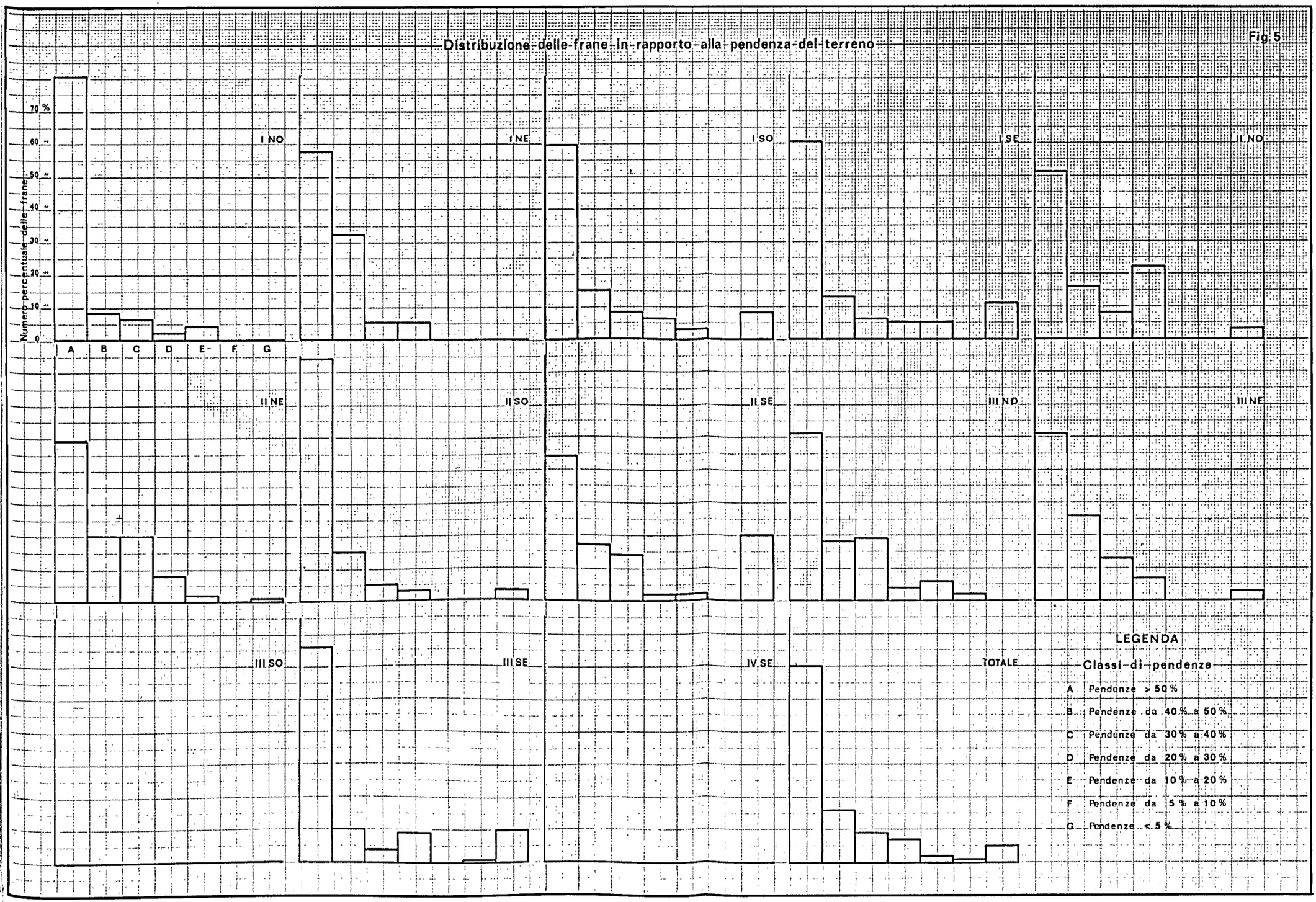
B Frane post. al 4-11-66

C Frane ant. al 4-11-66

D Frane consolidate

Fig. 5

## Distribuzione delle frane in rapporto alla pendenza del terreno



così un numero che permetterebbe di definire la franosità potenziale.

Ai fini del nostro studio, dalla tabella proposta da M. Panicucci sono stati ripresi, con leggere modifiche, i valori attribuiti alle varie situazioni di copertura vegetale (parametro vegetazionale) e di pendenza superficiale (parametro morfologico).

Per il parametro vegetazionale sono stati assunti i valori 15, 12 e 3, rispettivamente per zone senza copertura vegetale, zone con copertura erbacea e zone coperte da boschi. Per il parametro morfologico i valori assunti sono 20, 15, 10, 5, rispettivamente per le pendenze >50%, comprese fra 50% e 40%, comprese fra 40% e 20% e comprese fra 20% e 5%. I pendii inferiori al 5%, dando luogo ad una configurazione stabile del terreno, non hanno valore.

A titolo d'esempio si riporta il calcolo dei parametri vegetazionali e morfologici della Tav. I NO. I valori delle percentuali delle superfici prive di vegetazione, con copertura erbacea e con boschi sono per tale tavoletta rispettivamente 23, 29 e 48 (v. Tabella 1) per cui si ha:

$$\begin{aligned} 23 \times 15 &= 345 \\ 29 \times 12 &= 348 \\ 48 \times 3 &= 144 \\ \text{Totale} \quad & 837 \end{aligned}$$

(parametro vegetazionale)

I valori delle percentuali delle varie classi di pendenza sono invece 63 per pendenze >50%, 17 per pendenze comprese fra il 40% ed il 50%, 17 per pendenze comprese fra il 20% ed il 40% e 2 per pendenze comprese fra il 5% ed il 20% per cui si ha:

$$\begin{aligned} 63 \times 20 &= 1.260 \\ 17 \times 15 &= 255 \\ 17 \times 10 &= 170 \\ 2 \times 5 &= 10 \\ \text{Totale} \quad & 1.695 \end{aligned}$$

(parametro morfologico)

Nel calcolo di tali parametri siamo incorsi in alcune arbitrarietà: ad esempio si sono generalmente classificate erbacee le colture corrispondenti ai prati pascoli, ai prati perenni ed ai seminativi.

Queste arbitrarietà, d'altra parte, sono state inevitabili in quanto la tabella da cui si sono ricavati tali valori si basa su una classificazione della copertura vegetale e della pendenza media differente da quella adottata nel nostro studio.

Comunque tali parametri soddisfano allo scopo principale per cui sono stati determinati, che è quello di dare dei numeri rappresentativi della diversa influenza esercitata sulla franosità dalle varie situazioni di copertura vegetale e di pendenza dei versanti.

La somma dei due parametri ci dà un numero che esprime il contributo alla franosità potenziale dato dalla morfologia e dalla copertura vegetale per ogni tavoletta, per cui se si rapporta tale numero ad altri numeri che esprimono l'effettiva franosità, ad esempio un numero di frane per kmq, si può mettere in evidenza in che maniera hanno inciso nelle varie tavolette gli altri fattori che determinano la franosità, cioè i parametri meteorogici e geologici.

Nella Tabella n. 2 sono stati riportati per ogni tavoletta, nella quale è stata suddivisa l'area di studio, i valori dei parametri morfologico e vegetazionale, nonchè la somma dei due, il numero di frane esistenti per kmq e le dimensioni medie di tali frane.

Nella Tabella n. 3 sono riportati i valori del parametro morfo-vegetazionale di ogni tavoletta in ordine decrescente dall'alto verso il basso (colonna A) ed i valori del numero di frane per kmq (colonna B) sempre per ordine decrescente.

Dalla differenza di posto occupato da ciascuna tavoletta nella colonna A e nella colonna B si ottiene un numero (colonna C) che ha valori positivi in tavolette che presentano franosità elevate rispetto alle caratteristiche del pendio e della vegetazione ed alle condizioni medie di franosità (ad esempio Tav. II SE), mentre si hanno valori negativi in tavolette che presentano una bassa franosità rispetto alle caratteristiche del pendio,

TABELLA 2

PARAMETRI MORFOLOGICO-VEGETAZIONALI E FRANOSITA' DELLE SUPERFICI COPERTE DALLE VARIE TAVOLETTE

| Tavolette | Parametro morfolog. | Parametro vegetaz. | Parametro morfolog. + Parametro vegetaz. | N. frane per Kmq | Dimensioni medie delle frane (mq) |
|---|---|---|---|---|---|
| I NO | 837 | 1.695 | 2.532 | 2,37 | 5.500 |
| I NE | 1.050 | 1.620 | 2.670 | 1,19 | 5.500 |
| I SO | 693 | 1.535 | 2.228 | 0,86 | 5.500 |
| I SE | 714 | 1.445 | 2.159 | 0,98 | 4.000 |
| II NO | 762 | 1.320 | 2.082 | 0,66 | 7.700 |
| II NE | 708 | 1.245 | 1.953 | 1,37 | 3.800 |
| II SO | 588 | 1.405 | 1.993 | 1,60 | 5.500 |
| II SE | 729 | 1.235 | 1.964 | 0,76 | 4.100 |
| III NO | 780 | 1.500 | 2.280 | 1,43 | 5.700 |
| III NE | 825 | 1.430 | 2.255 | 1,64 | 4.600 |
| III SO | 987 | 1.770 | 2.757 | 0,07 | (5.000) * |
| III SE | 615 | 1.570 | 2.185 | 1,02 | 4.100 |
| IV SE | 831 | 1.670 | 2.501 | 0,67 | 7.000 |
| Totale Area | 729 | 1.445 | 2.174 | 1,1 | 4.900 |

* Il valore è fra parentesi in quanto si riferisce ad una sola frana.

della vegetazione ed alle condizioni medie di franosità (ad esempio Tav. III SO).

E' utile infine, per evidenziare la franosità alle varie classi di pendenza, il diagramma che si ottiene per differenza fra diagramma della percentuale di frane per ogni classe di pendenza (Fig. 5) e il diagramma di superficie percentuale per ogni classe di pendenza (Fig. 2).

TABELLA 3

FRANOSITA' DELLE SUPERFICI COPERTE DALLE VARIE TAVOLETTE RISPETTO AL PARAMETRO MORFOLOGICO-VEGETAZIONALE

| A | | | B | | C | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tav. | Parametro morfolog. + Parametro vegetaz. | N. d'ordine | N. di frane per kmq | Tav. | Diff. | Tav. |
| III SO | 2.757 | 1 | 2,377 | I NO | + 8 | II NE |
| I NE | 2.670 | 2 | 1,64 | III NE | + 8 | II SO |
| I NO | 2.532 | 3 | 1,60 | II SO | + 4 | III NE |
| IV SE | 2.501 | 4 | 1,43 | III NO | + 2 | II SE |
| III NO | 2.280 | 5 | 1,37 | II NE | + 2 | III SE |
| III NE | 2.255 | 6 | 1,20 | III SE | + 2 | I NO |
| I SO | 2.228 | 7 | 1,19 | I NE | + 1 | I SE |
| III SE | 2.185 | 8 | 0,98 | I SE | + 1 | III NO |
| I SE | 2.159 | 9 | 0,86 | I SO | — 2 | I SO |
| II NO | 2.082 | 10 | 0,76 | II SE | — 2 | II NO |
| II SO | 1.993 | 11 | 0,67 | IV SE | — 5 | I NE |
| II SE | 1.964 | 12 | 0,66 | II NO | — 7 | IV SE |
| II NE | 1.953 | 13 | 0,007 | III SO | —12 | III SO |

Tale diagramma è riportato, per l'intera area di studio e per ognuna delle tavolette nelle quali essa è stata suddivisa, nella Fig. 6.

Confrontando i diagrammi relativi alle varie tavolette con quello di tutta l'area, si rende evidente la variazione della franosità per le varie classi di pendenza in ogni tavoletta, con rispetto alla media di tutta l'area.

Diagrammi ottenuti dalla differenza fra la distribuzione delle frane in rapporto alla pendenza del terreno e la distribuzione delle pendenze del terreno

Fig.6




LEGENDA

Classi di pendenze

A Pendenze > 50 %

B Pendenze da 40 % a 50 %

C Pendenze da 30 % a 40 %

D Pendenze da 20 % a 30 %

E Pendenze da 10 % a 20 %

F Pendenze da 5 % a 10 %

G Pendenze < 5 %

## 3.2. *Caratteristiche geomorfologiche e distribuzione dei movimenti franosi.*

Nelle pagine che seguono viene data una descrizione dettagliata dei movimenti franosi avvenuti in ognuna delle tredici zone, corrispondenti alle tredici tavolette nelle quali è stata suddivisa l'intera area di studio.

Vengono inoltre discussi i risultati dell'analisi statistica effettuata per mezzo dei diagrammi descritti al capitolo precedente.

### 3.2.1. *Forni Avoltri.* Tav. I NO.

Questa zona comprende l'estremo limite nord del bacino del Tagliamento ed è percorsa dal T. Degano e dai suoi affluenti.

Tutta l'area è caratterizzata da quote generalmente elevate che vanno da oltre 2.000 metri lungo lo spartiacque con il Piave, in prossimità del confine con l'Austria, e nella cresta calcarea dei monti Chiandenis, Avanza e Navastolt, a circa 900 metri alla confluenza del T. Degano con il Rio Acqualena, in località Forni Avoltri.

Come risulta dal diagramma della Fig. 2, si hanno in questa zona pendenze molto elevate, come si può anche osservare dall'alto valore del parametro morfologico (1695) che rappresenta uno dei valori più elevati di tutta l'area in esame (Tab. 2).

La protezione del pendio da parte della copertura vegetale (Fig. 3) è in genere leggermente minore della media dell'intera area di studio, come si può rilevare dal parametro vegetazionale che risulta 837, superiore a quello medio (Tab. 2).

I movimenti franosi ed i fenomeni di intensa erosione sono stati presi in esame separatamente, in quanto, come si può osservare nella Tab. 1, sembrano variare in maniera del tutto indipendente.

I valori della franosità (Tab. 2) sono piuttosto alti: il rapporto frane-superficie è di 2,37, che rappresenta il massimo valore osservato in tutta l'area di studio.

Le dimensioni medie delle frane sono di circa 5.500 mq, sensibilmente maggiori della media che risulta di 4.900 mq.

Il diagramma della Fig. 6, ottenuto per differenza fra il

diagramma del numero percentuale di frane ed il diagramma di superficie percentuale per ogni classe di pendenza, non differisce molto da quello ottenuto per tutta l'area di studio; si ha cioè una intensa franosità per pendenze superiori al 50%. Il grado di franosità diminuisce rapidamente per poi aumentare in zone di bassa pendenza media.

Pertanto questa area risulta essere caratterizzata da elevati valori di franosità soprattutto in presenza di alte pendenze del terreno e da dimensioni delle frane superiori alla media. La franosità risulta così legata prevalentemente all'alto valore del parametro morfo-vegetazionale.

Dall'esame della carta dei dissesti con la carta geologica si nota che i fenomeni franosi si sono in massima parte sviluppati nel complesso argilloso-scistoso del siluriano e del carbonifero superiore, che costituiscono in genere la parte più alta dei rilievi. Su queste formazioni le frane sono generalmente di piccole dimensioni, benchè si possano talvolta osservare anche frane che superano i 20.000 mq.

Molte frane, in genere di dimensioni inferiori ai 10.000 mq, sono presenti nei depositi detritici.

Un più modesto numero di fenomeni franosi si osserva invece nelle arenarie del Werfeniano e nelle formazioni dell'Anisico.

I calcari del Devoniano risultano generalmente stabili e senza fenomeni franosi.

I fenomeni di intensa erosione rappresentano solo lo 0,89% dell'area e risultano così inferiori alla media (Tab. 1). Essi sono sviluppati soprattutto sulle formazioni dell'Anisico.

3.2.2. *Monte Coglians.* Tav. I NE.

Solo l'estremo Sud-Ovest di questa tavoletta è compreso nel bacino del Tagliamento.

In questa zona le quote sono in genere superiori a 1.300 m; le cime più alte si raggiungono lungo il confine con l'Austria dove i Monti Volaia e Coglians superano i 2.000 m.

Come risulta nel diagramma della Fig. 2 le pendenze sono in genere superiori al 50%; si ha quindi un alto valore del parametro morfologico che è 1.620 (Tab. 2).

Il parametro vegetazionale è 1.050 e rappresenta il valore più elevato di tutta l'area di studio (Tab. 2).

Il numero delle frane osservate per kmq è di 1,19 e rientra nella media generale di tutta l'area di studio. La dimensione media delle frane è di 5.500 mq e risulta superiore alla media.

Il diagramma della Fig. 6 per questa zona risulta sensibilmente diverso da quello generale. Infatti si osserva una franosità più alta alle pendenze comprese fra il 40% ed il 50% e più bassa per pendenze superiori al 50%. Tale fatto è in relazione alla geologia dell'area.

La carta geologica mostra infatti che la maggiore quantità di frane si è formata nei depositi detritici e nelle morene e nel complesso argilloso-scistoso del carbonifero che occupa la parte più dolce dei versanti montagnosi.

Nel complesso, come risulta dalla Tab. 3, questa zona ha una franosità molto bassa rispetto al pendio ed alla copertura vegetale, e ciò è dovuto agli affioramenti di calcare del Devoniano che presentano caratteristiche generali di stabilità.

Superfici sottoposte ad intensa erosione sono presenti sui depositi detritici e sul complesso argillo-scistoso del Carbonifero e rappresentano lo 0,34% della zona, che è il valore più basso registrato in tutta l'area in studio.

3.2.3. *Prato Carnico.* Tav. I SO.

Quasi tutta l'area di questa tavoletta, eccetto l'estremo angolo Nord-Ovest che fa parte del bacino del Piave, appartiene al bacino del Tagliamento.

La zona è caratterizzata da una catena montuosa centrale dai pendii scoscesi e con quote superiori a 1.500 m, bordeggiata dai Torrenti Pesarina e Degano che scorrono rispettivamente a Sud ed a Nord.

Come risulta dal diagramma della Fig. 2 si hanno in genere pendenze elevate.

Il parametro morfologico è 1.535 (Tab. 2) ed è sensibilmente superiore alla media. Tutta la zona è coperta da vegetazione, come risulta dal diagramma della Fig. 3 e dal basso parametro vegetazionale (Tab. 2).

I valori relativi alle manifestazioni franose sono: frane per kmq 0,86; dimensioni medie delle frane, mq 5.500; per cui si ha, rispetto alla media generale, una bassa franosità con dimensioni elevate delle frane.

Per quanto riguarda l'andamento della franosità nelle varie classi di pendenza, dal diagramma della Fig. 6 si ha per le alte pendenze una franosità che non differisce dalla media generale e per le pendenze inferiori al 5% una franosità superiore alla media.

Ciò è dovuto alle frane che si sono formate lungo il corso del T. Pesarina, che scorre in una valle quasi completamente ricoperta da materiali morenici e da antiche alluvioni terrazzate.

Da come si può notare dalla Tab. 3, questa tavoletta mostra una franosità generalmente bassa rispetto alle condizioni del pendio ed alla copertura vegetale. In parte questo fatto può essere spiegato dalla presenza dei calcari massicci del Ladinico-Anisico e delle arenarie del Werfeniano che non danno luogo in genere a fenomeni franosi.

I movimenti franosi sono legati generalmente ai depositi detritici ed al complesso argillo-scistoso del Carbonifero, dove si è formata anche una frana di 15.000 mq, ed in via subordinata ai depositi del Permiano.

Manifestazioni di intensa erosione rappresentano l'1,3% di tutta l'area in esame: valore basso rispetto alla media generale (2,50%).

Le manifestazioni di intensa erosione sono distribuite su tutta l'area, con una leggera prevalenza nelle formazioni del Permiano Superiore e nei depositi detritici.

3.2.4. *Comeglians*. Tav. I SE.

Il limite del bacino imbrifero del Tagliamento corre lungo la parte orientale della tavoletta, dove si hanno le quote più alte comprese fra 1.500 e 2.200 m. Nella parte Ovest scorre, in direzione quasi Nord-Sud, il T. Degano che confluisce, a quota 500 m circa, con il T. Pesarina.

Ad Ovest del T. Degano il rilievo risale dolcemente fino a quote comprese fra i 1.000 ed i 1.500 m.

Le pendenze medie della zona sono generalmente più basse di quelle delle tavolette dello stesso quadrante (Fig. 2).

Il parametro morfologico ha un valore di 1.445, leggermente inferiore alla media di tutta l'area (1.497), (Tab. 2). Il parametro vegetazionale (Tab. 2) è di 714 ed anche questo non differisce molto dalla media di tutta l'area (729).

I valori relativi alle manifestazioni di franosità sono: frane per kmq 0,98; dimensioni medie delle frane mq 4.000. Riferiti ai valori di tutta l'area in studio, si può dire che si tratta di un'area mediamente franosa caratterizzata da frane in genere piccole.

Dal diagramma della Fig. 6 si nota inoltre una franosità leggermente superiore alla media per alte pendenze e per pendenze inferiori al 5%.

La Tab. 3 mostra che tale tavoletta ha una franosità che si avvicina alla media rispetto alle condizioni del pendio ed alla copertura vegetale del terreno.

Dalla sovrapposizione della carta dei dissesti sulla carta geologica si osserva che la maggiore franosità si ha nei depositi detritici, soprattutto lungo gli alvei ed in minore misura nel complesso argillo-scistoso del Carbonifero dove si ha anche una frana di 14.000 mq. Si hanno poi alcune frane di dimensioni in genere inferiori a 1.800 mq, sia sulle rocce vulcaniche del Permo-Carbonifero, sia sulle formazioni del Permiano.

Nella formazione arenacea del Werfeniano si è formata una frana di 6.000 mq. Si hanno poi frane consolidate di circa 180 mila mq che interessano depositi detritici di origine glaciale.

Anche in questa tavoletta le aree intensamente erose sono limitate alle formazioni dell'Anisico ed ai depositi detritici e rappresentano soltanto lo 0,63% di tutta la superficie.

### 3.2.5. *Sauris*. Tav. II NO.

La tavoletta rientra completamente nel bacino del Tagliamento. La parte settentrionale è percorsa dal T. Novarza e quella meridionale dal T. Lumiei. Quest'ultimo appena esce dall'estrema punta orientale del lago del Sauris entra in una valle stretta con versanti fortemente inclinati, continua poi il suo

corso verso Est finchè alla confluenza con il T. Novarza piega verso Sud.

Come risulta dal diagramma della Fig. 2 le pendenze sono generalmente basse, come d'altra parte è rilevabile dal parametro morfologico di 1.320 (Tab. 2), più basso della media di tutta l'area in studio.

Il diagramma della Fig. 3 relativo alla distribuzione dei diversi tipi di coltura ed il parametro vegetazionale, che è 762, (Tab. 2) non differiscono molto dalla media generale.

I valori relativi alla franosità sono i seguenti: frane per kmq 0,66; dimensioni medie delle frane, mq 7.700; si ha perciò una bassa franosità con frane generalmente di dimensioni elevate.

Il diagramma che esprime la franosità alle varie pendenze (Fig. 6) è sensibilmente differente da quello dell'intera area; si hanno infatti poche frane per pendenze medie inferiori al 5%, si ha poi una franosità elevata per pendenze comprese fra il 20% ed il 40% ed una franosità inferiore alla media per pendenze superiori al 50%.

Dalla Tab. 3 si nota che la franosità di questa tavoletta è poco influenzata dalle condizioni del pendio e dalla vegetazione.

La franosità, come si nota per sovrapposizione della carta dei dissesti sulla carta geologica, è generalmente sviluppata nei depositi detritici di varia origine e nel Permiano.

Stabili, ma pur sempre con fenomeni di franosità anche di dimensioni superiori a 6.000 mq, sono le arenarie del Werfeniano ed i calcari del Ladinico-Anisico.

Si hanno in questa zona notevoli manifestazioni di intensa erosione, che rappresentano il 4,15% di tutta la superficie della tavoletta, localizzate soprattutto nelle zone di affioramento del calcare massiccio del Ladinico-Anisico e delle arenarie del Werfeniano che formano pendii fortemente inclinati.

### 3.2.6. *Ovaro*. Tav. II NE.

Il limite del bacino del Tagliamento corre lungo la parte orientale della tavoletta a quote che scendono da 1.900 metri nella parte settentrionale, fino a 900 metri all'estremo Sud.

Ad Ovest, parallelamente ad esso, scorre da Nord verso Sud il T. Degano, a quote comprese fra i 500 ed i 400 metri. Esso manca ormai della sua forza erosiva per cui si osservano soprattutto nella parte meridionale della tavoletta, ampi depositi alluvionali.

Ad Ovest del torrente il terreno sale dolcemente fino a raggiungere quote intorno ai 1.000 metri.

Come si può osservare dal diagramma di Fig. 2 e dal parametro morfologico (Tab. 2), che ha un valore di 1.245, si hanno in questa zona i valori più bassi di pendenza.

Anche il parametro vegetazionale (Tab. 2) è abbastanza basso (708).

I valori relativi alla franosità sono i seguenti: numero di frane per kmq, 1,37; dimensioni medie delle frane, mq 3.800; per cui si ha, rispetto alla media generale, una franosità abbastanza alta, con frane relativamente piccole.

Il diagramma relativo alla franosità per le varie classi di pendenza (Fig. 6) mostra in genere una franosità superiore alla media per alte pendenze.

Dalla Tab. 3, risulta infine una notevole franosità rispetto al pendio ed alla copertura vegetale del terreno.

Sovrapponendo alla carta dei dissesti la carta geologica si nota che i fenomeni di franosità per piccole frane recenti sono distribuiti principalmente sulle formazioni del Permiano Superiore e del Carnico. Le arenarie del Werfeniano risultano invece più stabili.

Le manifestazioni di intensa erosione, rappresentando una percentuale dell'1,52%, sono al di sotto della media generale. Esse sono concentrate nelle formazioni del Permiano Superiore anche laddove non si presentano forti pendenze e, subordinatamente, nelle arenarie del Werfeniano.

### 3.2.7. *Ampezzo*. Tav. II SO.

Questa tavoletta è attraversata, da Ovest verso Est dal F. Tagliamento, che scorre a quote comprese fra i 600 ed i 400 metri.

Nell'estremo Nord-Ovest vi è il gruppo montagnoso di

M. Tinisa che su di una zona con quote medie di 800 metri, si eleva bruscamente fino a 2.100 metri. Eccetto questo gruppo, nella zona settentrionale non si superano mai quote di 1.000 m.

A Sud del Tagliamento corre il limite del suo bacino imbrifero, con quote prevalenti di 1.500 metri.

In questa zona si hanno valori di pendenze in genere leggermente inferiori alla media regionale (Fig. 2).

Il parametro morfologico è 1.405 e quello vegetazionale 588 (Tab. 2); la zona si presenta perciò con condizioni morfo-vegetazionali favorevoli alla stabilità rispetto alle condizioni medie di tutta l'area.

I valori relativi alla franosità sono: numero di frane per kmq 1,60; grandezza media delle frane, mq 5.500.

Dalla Tab. 3, risulta una franosità superiore alla media rispetto alle condizioni del pendio e della copertura vegetale ed alle condizioni medie di tutta l'area. Tale franosità è soprattutto distribuita alle alte pendenze (Fig. 6).

Come risulta dalla sovrapposizione della carta dei dissesti sulla carta geologica, si nota che la franosità è generalmente diffusa in tutta l'area. Alcune concentrazioni di fenomeni franosi si hanno nella fascia detritica che borda il gruppo calcareo del Tinisa, nei calcari bituminosi e marnoso-dolomitici del Norico Inferiore, nelle dolomie e nei calcari dolomitici del Norico Superiore, nel calcare massiccio del Ladinico-Anisico ed, in minor misura, nel calcare del Giura.

Non si osservano fenomeni franosi nella parte Nord-Orientale, in corrispondenza dei bassi valori di pendenze medie.

La percentuale delle aree soggette ad intensa erosione rappresenta il 3,27% dell'intera area, valore alquanto alto rispetto alla media generale.

3.2.8. *Villa Santina.* Tav. II SE.

La parte settentrionale della tavoletta è interessata dal corso del Tagliamento e dalla confluenza di questo con il T. Degano e presenta una morfologia collinosa con quote comprese fra 600 e 300 metri.

La parte meridionale, dove corre il limite del bacino, è

caratterizzata da quote più elevate, che raggiungono i 1.800 metri.

In questa zona si hanno generalmente pendenze basse: il parametro morfologico è 1.235 e rappresenta il valore più basso in senso assoluto (Tab. 2).

Il parametro vegetazionale è 729, quindi uguale al valore medio di tutta l'area di studio (Tab. 2). Si tratta perciò di una zona con caratteristiche morfologiche e di copertura vegetale relativamente favorevoli alla stabilità.

Il numero di frane per kmq è 0,76; la superficie media delle frane è mq 4.100. Si hanno perciò relativamente alla media, poche frane, generalmente piccole.

Risulta inoltre dalla Tab. 3 che la franosità rispetto alle condizioni del pendio e della copertura vegetale ed alle condizioni delle altre tavolette, non differisce molto dalla media.

Le frane sono distribuite alle varie pendenze in maniera leggermente differente rispetto a quelle esistenti nelle altre tavolette (Fig. 6). Si ha infatti, rispetto alla media generale, una maggiore quantità di frane per pendenze comprese fra il 30% ed il 50% e per pendenze inferiori al 5%.

Dalla sovrapposizione della carta dei dissesti sulla carta geologica risulta che le frane sono concentrate generalmente nei calcari bituminoso-marnosi e dolomitici del Norico, sulla sponda destra del Tagliamento.

Le manifestazioni di intensa erosione rappresentano il 2,06 per cento della superficie della tavoletta e sono concentrate nelle formazioni calcaree del Norico.

### 3.2.9. *Lorenzago di Cadore.* Tav. III NO.

Per questa tavoletta soltanto, l'angolo Sud-Est rientra nel bacino di studio. La zona è interessata dall'alto corso del Tagliamento, il quale passa da quote di 1.200 metri, alle sue sorgenti, fino a quote intorno ai 900 m.

Si hanno quote in genere superiori ai 2.000 metri solo nella cresta del M. Miaron, all'estremo Ovest dell'area.

Le pendenze del suolo sono mediamente forti (Fig. 2); il parametro morfologico è infatti 1.500 (Tab. 2).

Il parametro vegetazionale è 780, cioè un valore leggermente superiore alla media (Tab. 2).

Il numero di frane per kmq è di 1,43. Le dimensioni medie delle frane sono 5.700 mq. La distribuzione delle frane nelle varie classi di pendenza non differisce molto dalla media, salvo che per una franosità inferiore alla media per pendenze superiori al 50% e superiore alla media per pendenze comprese fra il 5% ed il 20%.

Dalla Tab. 3 risulta una franosità che rientra nella media rispetto alle condizioni del pendio e della copertura vegetale ed alle condizioni delle altre tavolette.

Dalla sovrapposizione della carta dei dissesti sulla carta geologica risulta che le zone di più intensa franosità sono localizzate sulle varie formazioni del Carnico.

Le dolomie ed i calcari dolomitici del Norico sono invece abbastanza stabili.

Fenomeni di intensa erosione, che rappresentano l'1,79% della superficie della tavoletta, sono concentrati soprattutto nei depositi detritici.

3.2.10. *Monte Bivera.* Tav. III NE.

Quasi tutta la tavoletta, ad esclusione dell'estremo angolo Nord-Ovest, è compresa nel bacino del Tagliamento.

Una fascia montuosa costituita dal gruppo del M. Tiarfin e del M. Bivera si estende da Nord-Ovest a Sud-Est con quote superiori ai 2.000 metri. Altrove si hanno quote più basse, in genere intorno ai 1.300 metri.

La zona è interessata dall'alto corso del T. Lumiei che si immette nel lago di Sauris.

A Sud del M. Bivera e del M. Tiarfin scorrono il T. Tolina ed il T. Agozza.

Le percentuali delle varie classi di pendenza rientrano nella media di tutta l'area; così pure il parametro morfologico che è 1.430 (Tab. 2).

Il parametro vegetazionale è 825, perciò superiore alla media (Tab. 2).

Il numero di frane per kmq è 1,64, le dimensioni medie

delle frane sono di 4.600 mq. Da come risulta dalla Fig. 6 si ha una franosità maggiore rispetto alle altre tavolette per pendenze medie comprese fra il 40% ed il 50%. Dalla Tab. 3 risulta una franosità in genere superiore alle altre tavolette rispetto alle condizioni del pendio e della copertura vegetale.

Sovrapponendo la carta dei dissesti alla carta geologica si osserva che zone di intensa franosità interessano, nella parte settentrionale della tavoletta, le arenarie del Werfeniano e le formazioni del Permiano.

Nella parte meridionale, invece, le arenarie del Werfeniano sembrano più stabili, dando luogo in una estensione di oltre 15 kmq a sole due frane di circa 1.500 mq ciascuna.

Il calcare massiccio del Ladinico-Anisico rispetto alle altre formazioni sembra molto più stabile, presentando solo alcune frane di circa 6.000 mq.

Le manifestazioni di intensa erosione costituiscono il 4,44 per cento della superficie della tavoletta, che rappresenta il più alto valore osservato in tutta l'area. Esse sono concentrate nelle arenarie del Werfeniano, nelle formazioni del Permiano e dell'Anisico e nei depositi detritici.

3.2.11. *Monte Pramaggiore.* Tav. III SO.

Solo una piccola parte della tavoletta, l'estremo Nord-Est, una regione montana con quote prevalentemente superiori a 1.600 metri, fa parte del bacino del Tagliamento.

Dal diagramma della Fig. 2, risulta alta la percentuale di pendenze superiori al 50%; si ha perciò un alto valore del parametro morfologico che, essendo 1.770, rappresenta il valore maggiore di tutta l'area.

Il parametro vegetazionale è 987 (Tab. 2).

Questa zona presenta una sola frana di circa 5.000 mq che si è formata sui calcari bituminosi, marnosi o dolomitici del Norico. Dalla Tab. 3, essa risulta infatti estremamente stabile rispetto alle condizioni del pendio, della copertura vegetale ed alle condizioni delle altre zone.

Le manifestazioni di intensa erosione rappresentano il 2,54 per cento della zona e sono ugualmente distribuite su tutte le formazioni affioranti.

3.2.12. *Forni di Sotto.* Tav. III SE.

Quasi tutta la superficie di questa tavoletta è compresa nel bacino del Tagliamento, che scorre nella parte settentrionale, in direzione circa da Ovest a Est, a quote comprese fra 800 e 600 metri.

Le quote più alte della zona si trovano nella parte Sud, lungo il limite meridionale del bacino.

Le pendenze medie generalmente sono alte (Fig. 2).

Il parametro morfologico è 1.570, perciò superiore a quello relativo a tutta l'area (Tab. 2).

Rispetto a tutta l'area si può considerare questa zona protetta dalla vegetazione essendo il parametro morfologico 615 (Tab. 2).

Il numero di frane per kmq è 1,02; le loro dimensioni medie sono di 4,100 mq. Esse, come risulta dal diagramma di Fig. 6, hanno una distribuzione alle varie pendenze differente da quella media per tutta l'area: si ha cioè una franosità elevata per pendenze inferiori al 5%, ed una franosità bassa per pendenze comprese fra il 20% ed il 30% e fra il 40% ed il 50%.

Dalla Tab. 3, risulta che la franosità è leggermente superiore alla media rispetto alle condizioni del pendio e della copertura vegetale ed alle condizioni delle altre tavolette.

Dalla sovrapposizione della carta dei dissesti sulla carta geologica risulta che le frane sono concentrate negli affioramenti delle formazioni del Norico e del Giura, nella sponda destra del Tagliamento, dove si hanno pendenze medie in genere elevate.

Manifestazioni di intensa erosione, che rappresentano il 4,06% della superficie della tavoletta, sono soprattutto presenti nelle zone con alta pendenza, indifferentemente dalle formazioni affioranti.

3.2.13. *Sappada.* Tav. IV SE.

Solo una piccola parte dell'angolo Sud-Est della tavoletta rientra nell'area di studio.

La zona è attraversata, da Sud-Ovest a Nord-Est, dal T. Ongara che scorre a quote comprese fra 1.300 e 1.000 m.

Lo spartiacque del bacino del Tagliamento corre a quote in genere superiori a 2.000 metri.

Come si osserva nella Fig. 2 le pendenze medie sono in genere abbastanza elevate: il parametro morfologico è 1.670; il parametro vegetazionale è 831, ambedue valori alti rispetto alla media (Tab. 2).

Nella zona si hanno 12 frane di grandezza media di 7.000 mq. Il rapporto fra numero di frane e superficie della zona è di 0,67.

Dalla Tab. 3, risulta per questa zona una franosità molto bassa rispetto alle condizioni del pendio e della copertura vegetale.

Dalla sovrapposizione della carta geologica sulla carta dei dissesti risulta che le frane sono distribuite in particolare nei depositi detritici, sulle sponde alluvionali del T. Ongara.

La formazione calcarea del Ladinico-Anisico risulta in genere stabile.

Le superfici di intensa erosione rappresentano il 2,04% della zona e sono sparse ovunque.

### 3.3. *I movimenti franosi avvenuti prima e dopo il* 4 *novembre* 1966.

Per esprimere il rapporto fra franosità posteriore e franosità anteriore al 4 novembre 1966 è stato calcolato per ogni tavoletta il rapporto fra numero di frane posteriori ed anteriori al 4 novembre 1966 ed il rapporto fra superficie totale delle frane posteriori ed anteriori al 4 novembre 1966.

I risultati sono elencati nella Tab. 4, nella quale sono stati riportati tra parentesi i valori relativi alle tavolette I NE - IV SE e non sono stati riportati i valori relativi al III SO, i quali, riferendosi ad un basso numero di frane, rispettivamente 19, 12 e 1, non si prestano ad una elaborazione statistica.

Da un confronto dei risultati ottenuti, si nota che il rapporto relativo al numero di frane è in genere sensibilmente maggiore del rapporto relativo alle superfici delle frane. Ciò è attribuibile al fatto che le frane avvenute dopo il 4 novembre 1966 in genere sono più piccole di quelle avvenute prima di

TABELLA 4

RAPPORTO FRA LA FRANOSITA' POSTERIORE E LA FRANOSITA' ANTERIORE AL 4 NOVEMBRE 1966

| Tavolette | $\frac{\text{N. Frane post. 4-11-66}}{\text{N. Frane ant. 4-11-66}} \times 100$ | $\frac{\text{Sup. Frane post. 4-11-66}}{\text{Sup. Frane ant. 4-11-66}} \times 100$ |
|---|---|---|
| I NO | 253 | 81 |
| I NE | (850) | (712) |
| I SO | 200 | 206 |
| I SE | 186 | 61 |
| II NO | 73 | 16 |
| II NE | 309 | 66 |
| II SO | 3.900 | 445 |
| II SE | 4.000 | 1.788 |
| III NO | 142 | 41 |
| III NE | 827 | 521 |
| III SO | — | — |
| III SE | 457 | 73 |
| IV SE | (140) | (82) |
| Totale Area | 335 | 123 |

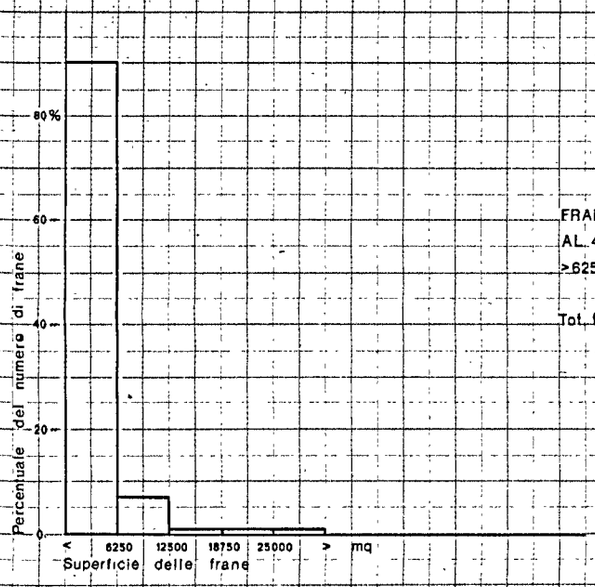
tale data. Questo fatto è inoltre rilevabile dai diagrammi della Fig. 7 che esprimono la percentuale delle frane antecedenti e successive al 4 novembre 1966 secondo le varie dimensioni.

Deve però esser tenuto conto del fatto che le frane piccole vengono ben presto cancellate mentre le frane grandi rimangono più a lungo visibili. All'osservazione può risultare così, falsamente, che le frane anteriori al 4 novembre 1966 hanno, in media, dimensioni maggiori.

Si nota inoltre che i rapporti variano notevolmente da tavoletta a tavoletta. Se si confrontano comunque tali valori con

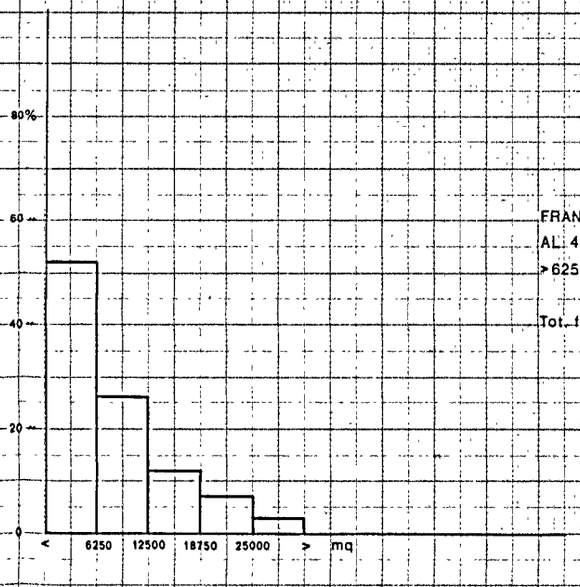
Distribuzione delle frane anteriori e posteriori al 4 Nov. 1966 in rapporto alle loro dimensioni

Fig. 7



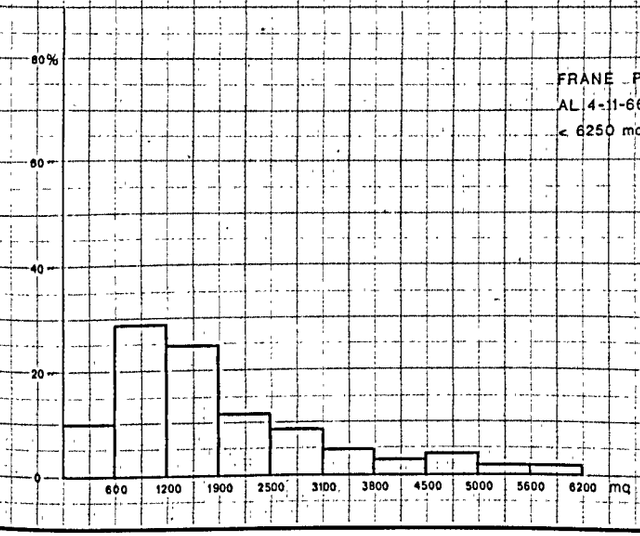

FRANE POSTERIORI
AL 4-11-66
> 6250 mq

Tot. frane 611

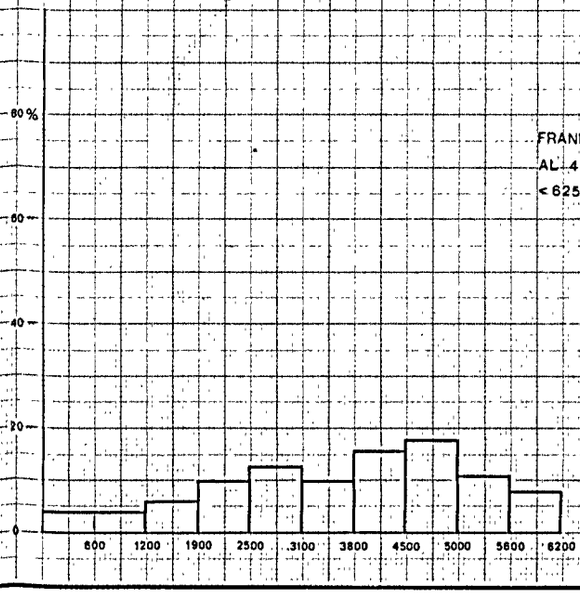



FRANE ANTERIORI
AL 4-11-66
> 6250 mq

Tot. frane 182




FRANE POSTERIORI
AL 4-11-66
< 6250 mq




FRANE ANTERIORI
AL 4-11-66
< 6250 mq

la Tab. 3, si può rilevare una certa coincidenza fra tavolette che presentano alti valori di franosità rispetto alle condizioni del pendio e di copertura vegetale e le tavolette che presentano alti valori del rapporto tra franosità successiva e precedente al 4 novembre 1966.

Ciò significa che una tavoletta presenta una franosità elevata rispetto al pendio ed alle condizioni vegetali per una franosità prevalentemente successiva al 4 novembre 1966.

La variazione di franosità prima e dopo il 4 novembre 1966 può essere ben messa in evidenza riportando successivamente le varie tavolette in base al loro valore di frane per kmq, antecedenti e posteriori al 4 novembre 1966 (Tab. 5, colonne A e B) e seguendo il metodo che si è adoperato per costruire la Tabella 3, riportando in una nuova successione le tavolette in base alla differenza di posto occupato nelle colonne A e B.

La tabella così costruita mostra in che misura hanno reagito le varie tavolette agli eventi meteorologici del 4 novembre 1966: si sono avute cioè zone che praticamente hanno dato luogo ad una franosità inferiore rispetto alla loro franosità anteriore al 4 novembre 1966 ed alla franosità dell'intera area (II NO - I SE - III NO - I SO) e zone che invece hanno dato luogo ad una franosità superiore alla franosità anteriore al 4 novembre 1966 ed alla franosità media dell'intera area (II SO - III NE - II SE - III SE).

### 3.4. *I movimenti franosi in rapporto alla situazione morfologica, geologica ed alla copertura vegetale.*

Dallo studio della distribuzione dei movimenti franosi per tutta l'area, si può rilevare in che maniera abbiano inciso singolarmente sulla franosità le condizioni morfologiche, le condizioni geologiche e la copertura vegetale.

Questi fattori infatti rappresentano i principali elementi predisponenti la franosità, mentre le azioni delle acque superficiali e sotterranee e le azioni dell'uomo sull'ambiente naturale rappresentano le cause della franosità.

TABELLA 5

FRANOSITA' DELLE SUPERFICI COPERTE DALLE VARIE TAVOLETTE PRIMA E DOPO IL 4 NOVEMBRE 1966

| A | | | B | | C | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tavolette | N. Frane post. 4-11-66 x kmq Area Tavoletta | N. d'ordine | N. Frane ant. 4-11-66 x kmq Area Tavoletta | Tavolette | Diff. posizione fra Colonna A e Colonna B | Tavolette |
| I NO | 1,7 | 1 | 0,67 | I NO | + 9 | II NO |
| II SO | 1,56 | 2 | 0,59 | III NO | + 5 | I SE |
| III NE | 1,46 | 3 | 0,38 | II NO | + 5 | III NO |
| (I NE) | 1,06 | 4 | 0,34 | I SE | + 4 | I SO |
| II NE | 1,03 | 5 | 0,33 | II NE | + 4 | (IV SE) |
| III SE | 0,98 | 6 | 0,28 | I SO | 0 | I NO |
| III NO | 0,84 | 7 | 0,28 | (IV SE) | 0 | (III SO) |
| II SE | 0,75 | 8 | 0,21 | III SE | 0 | II NE |
| I SE | 0,64 | 9 | 0,17 | III NE | — 2 | III SE |
| I SO | 0,57 | 10 | 0,12 | (I NE) | — 4 | II SE |
| (IV SE) | 0,39 | 11 | 0,04 | II SO | — 6 | (I NE) |
| II NO | 0,28 | 12 | 0,01 | II SE | — 6 | III NE |
| (III SO) | 0,07 | 13 | — | (III SO) | — 9 | II SO |

Le tavolette fra parentesi hanno superfici inferiori ai 20 kmq, per cui i valori ad esse attribuiti hanno un significato statistico inferiore.

*Condizioni morfologiche.*

Le condizioni morfologiche sono state definite nelle varie zone dalla carta delle pendenze. Dal confronto della carta delle pendenze con la carta dei dissesti si è potuto vedere generalmente come varia la franosità per le varie classi di pendenze. Si sono quindi costruiti i diagrammi riportati nella Fig. 6 che

rappresentano l'andamento della franosità in funzione della pendenza.

Dall'osservazione di tali diagrammi si nota che si ha un'alta franosità per classi di pendenze superiori al 50% e che i valori decrescono fino a pendenze del 10%-20% per poi aumentare nuovamente per pendenze più basse.

L'esistenza di un'alta franosità alle basse pendenze è dovuta soprattutto a quel tipo di frane che si formano sulle rive dei corsi d'acqua per effetto dell'azione erosiva di questi. Tali fenomeni si osservano soprattutto nelle tavolette I SE, I SO, II SE, III SE, in particolare dove i torrenti hanno il loro alveo su vecchi depositi alluvionali o morenici.

Uno scostamento dei vari diagrammi della Fig. 6 dall'andamento medio è, in linea generale, attribuibile a variazioni geolitologiche: si può notare ad esempio il diagramma relativo alla tavoletta I NE, dove si hanno valori estremamente alti di franosità per pendenze comprese fra il 40% ed il 50% e molto bassi per pendenze superiori al 50%. Questo perchè alle basse e medie pendenze corrispondono gli argilloscisti del Carbonifero, notevolmente franosi, mentre alle alte pendenze corrispondono i calcari dolomitici del Devoniano, notevolmente stabili.

*Condizioni geologiche.*

La classificazione geologica dei terreni in studio è stata desunta dalla carta geologica d'Italia a scala 1:100.000 F. 13.

Dal confronto fra la carta dei dissesti e la carta geologica è stato possibile rilevare il grado di franosità delle varie formazioni geologiche nelle varie zone.

Le formazioni più franose sono in genere gli argilloscisti del Siluriano Superiore e del Carbonifero Superiore, le dolomie cariate e le brecce cariate marnoso-dolomitiche del Permiano Superiore ed i depositi detritici di varia natura.

Le formazioni più stabili risultano essere i calcari compatti del Devoniano.

Tutte le altre formazioni presentano in genere una franosità variabile fra questi due estremi. In particolare, le are-

narie del Werfeniano sono generalmente poco franose e risultano particolarmente stabili nella tavoletta I SO; le dolomie e calcari dolomitici massicci del Ladinico-Anisico generalmente stabili, presentano invece nella tavoletta II SO un notevole grado di franosità (probabilmente impostato sul detrito).

Le formazioni del Carnico, costituite prevalentemente da calcari marnosi, risultano in genere franose.

Le formazioni calcaree e dolomitiche del Norico danno luogo a fenomeni di franosità tranne che nelle tavolette III SO e III NO, dove si presentano stabili.

Si hanno infine le formazioni calcaree del Giura che presentano fenomeni franosi non molto intensi.

*Copertura vegetale.*

Le caratteristiche della copertura vegetale del suolo sono state definite dalla carta delle colture. Sovrapponendo tale carta alla carta dei dissesti è stato possibile calcolare la percentuale di frane che si sono formate nei vari tipi di colture (Fig. 8).

Confrontando tale percentuale con la percentuale delle superfici a varie colture, risulta che le zone coperte da boschi sono quelle che presentano una maggiore franosità.

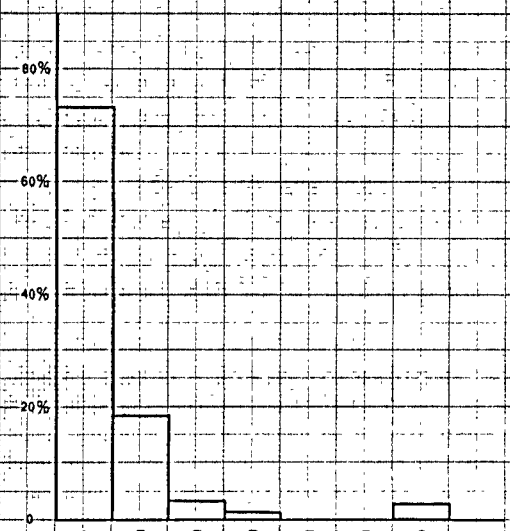
Questo in parte può essere spiegato dal fatto che i boschi ricoprono le zone più acclivi e quindi per morfologia più franose.

Anche dal confronto che è stato fatto in sede di preparazione della carta della stabilità dei terreni fra una carta di probabilità di dissesti, costruita in base a considerazioni teoriche, e la carta dei dissesti effettivamente avvenuti, è risultato che la copertura vegetale non ha una influenza apprezzabile sui movimenti franosi che si sono avuti nell'area studiata.

Bisogna però considerare la limitatezza della carta delle colture che non contempla una divisione in boschi radi e boschi fitti, che potrebbe far cambiare, almeno parzialmente, tali conclusioni.

Fig. 8

## Distribuzione delle frane in rapporto alle varie colture




A Boschi

B Prati perenni

C Prati pascoli

D Seminativi semplici

E Seminativi arborati

F Colture arboree

G Aree prive di vegetazione

## 4. Stabilità dei terreni

### 4.1. *Criteri di classificazione della stabilità dei terreni.*

Nella Tabella 6 sono riportati i parametri presi in considerazione nella classificazione della stabilità dei terreni. Tali parametri sono quattro: la litologia, la giacitura degli strati, la pendenza della superficie ed il tipo di dissesto esistente.

Non è stato preso in considerazione il parametro vegetazionale in quanto, come visto nel Cap. 3.4, nell'area di studio, la copertura vegetale non ha avuto una influenza apprezzabile sui movimenti franosi.

Per quanto riguarda la litologia sono stati considerati tre tipi fondamentali di terreni e cioè: terreni coerenti (A), terreni semicoerenti (A1) e terreni incoerenti (A2) i quali corrispondono a tre diversi tipi di stabilità, essendo i primi più stabili, i

Tabella 6

PARAMETRI PRESI IN CONSIDERAZIONE NELLA CLASSIFICAZIONE DELLA STABILITA' DEI TERRENI

| Litologia | | Giacitura degli strati | |
|---|---|---|---|
| *Terreni coerenti* | A | Strati orizzontali | B |
| Calcari, Dolomie, ecc. | | Strati verticali | B1 |
| *Terreni semicoerenti* | A1 | Strati a franapoggio | B2 |
| Marne, Scisti, Arenarie alternate ad argille, ecc. | | Strati a reggipoggio | B3 |
| *Terreni incoerenti* | A2 | Strati variamente inclinati sulla direzione del pendio | B4 |
| Depositi morenici, Alluvioni recenti ed antiche, Detriti di falda, Argille, ecc. | | Strati a giacitura variabile | B5 |
| **Pendenza della superficie** | | **Tipo di dissesto** | |
| Maggiore del 40% | C | Area con fenomeni franosi | D |
| Tra il 20 ed il 40% | C1 | Area fortemente erosa | D1 |
| Minore del 20% | C2 | Area senza fenomeni franosi | D2 |

secondi mediamente stabili ed i terzi potenzialmente instabili, a parità di condizioni degli altri parametri.

Circa la giacitura degli strati rispetto al pendio sono state distinte le stratificazioni orizzontali (B), stratificazioni verticali (B1), stratificazioni a franapoggio (B2), stratificazioni a reggipoggio (B3), stratificazioni variamente inclinate rispetto al pendio (B4) e le stratificazioni variabili (B5).

Rispetto alla stabilità del pendio sono state considerate più stabili le giaciture a reggipoggio (B3), le giaciture orizzontali (B) e le giaciture verticali (B1); meno stabili le giaciture variamente inclinate rispetto al pendio (B4) e le giaciture variabili (B5) ed infine le più instabili le giaciture a franapoggio (B2).

Per quanto riguarda la pendenza della superficie sono state prese in considerazione tre classi di pendenza: maggiore del 40% (C), tra il 20% e il 40% (C1) e minore del 20% (C2).

Sono state considerate come aree stabili quelle con pendenze del terreno inferiori al 20% (C2) semprechè non siano soggette ai fenomeni franosi legati all'alveo dei fiumi, nel qual caso sono state considerate come potenzialmente instabili, insieme alle zone con pendenze comprese fra il 20% e il 40% (C1). Sono state considerate instabili quelle zone con pendenze superiori al 40% (C), ad esclusione delle aree in cui affiorano i calcari massicci del Devoniano, considerate stabili indipendentemente dalla pendenza media del terreno.

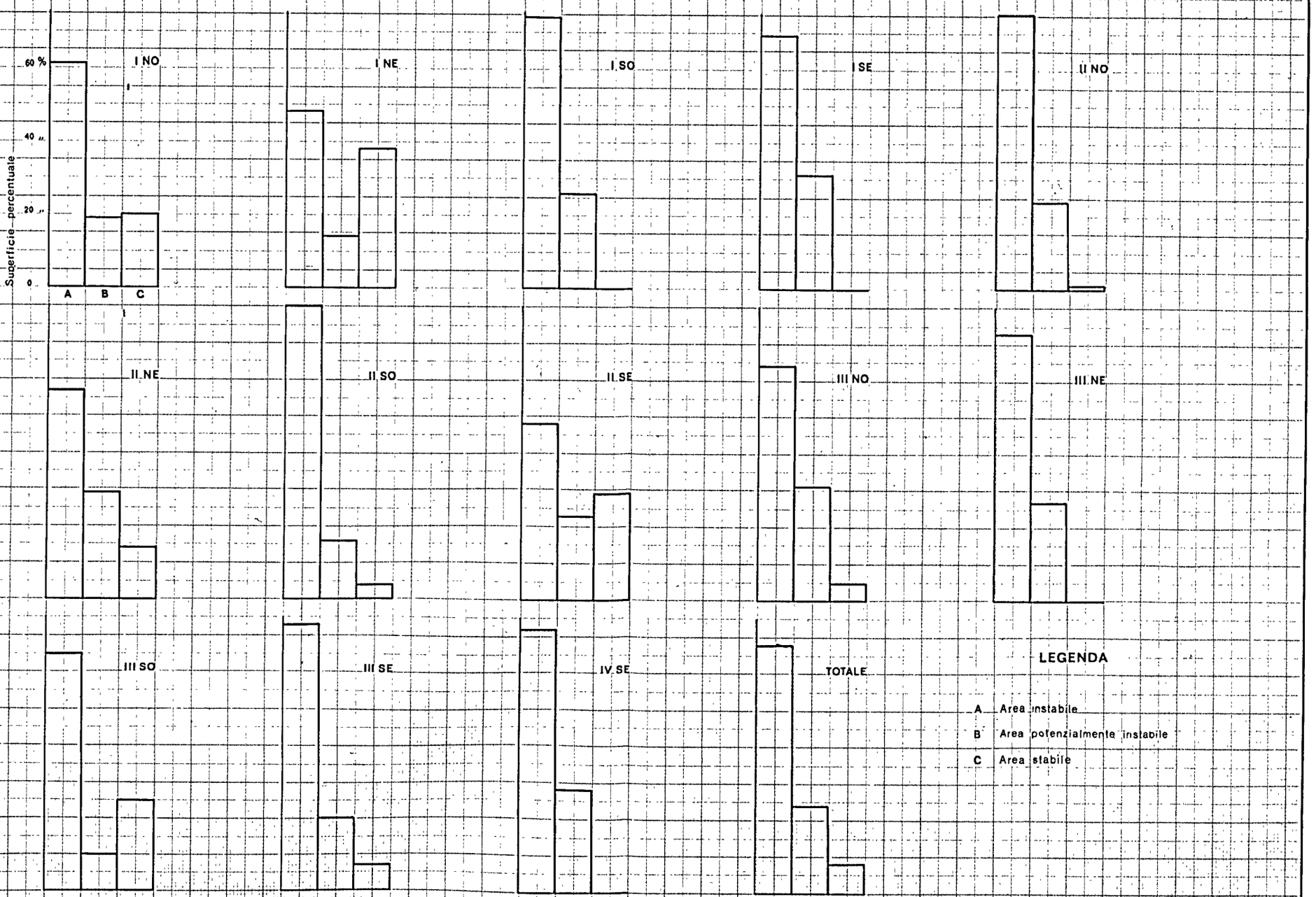
Per quanto riguarda i tipi di dissesti esistenti, sono state distinte le aree con fenomeni franosi (D), le aree fortemente erose (D1) e le aree senza fenomeni franosi (D2).

Sono state considerate stabili le aree che non hanno mai dato luogo a dissesti (D2), neppure dopo la grande alluvione del novembre 1966; potenzialmente instabili le aree che, pur presentando caratteristiche geologiche e morfologiche che generalmente non hanno dato luogo a dissesti, presentano alcune frane legate a cause particolari, come ad esempio quelle formatesi lungo il percorso di strade montane o lungo l'alveo dei fiumi.

Sono state infine considerate instabili tutte le aree che presentano fenomeni franosi (D) e le zone fortemente erose (D1).

Distribuzione dei terreni stabili, potenzialmente instabili ed instabili

Fig. 9



### 4.2. *Distribuzione dei terreni stabili, potenzialmente instabili ed instabili.*

Nella Fig. 9 sono riportate per ogni tavoletta le percentuali delle zone stabili, potenzialmente instabili ed instabili.

Come si vede dai diagrammi, le aree instabili rappresentano la maggior parte dell'area di studio (68%). Esse sono massimamente rappresentate nei versanti montani eccetto in quelli formati dai calcari massicci del Devoniano.

Le aree potenzialmente instabili sono circa il 24% dell'area di studio e sono irregolarmente diffuse. Esse sono tipiche nei fondo valle del Tagliamento e dei suoi affluenti, laddove la valle è stretta e ricoperta da depositi antichi sia morenici che alluvionali.

E' frequente anche la coincidenza di queste aree con depositi morenici i quali, sui versanti delle montagne, rappresentano morfologie più dolci.

Le zone stabili sono piuttosto esigue, rappresentando solamente l'8% dell'area di studio, e comprendono generalmente le catene montuose formate dai calcari massicci del Devoniano e le alluvioni recenti del Tagliamento e dei suoi affluenti.

## 5. Conclusioni

Dallo studio fotogeologico effettuato, con il sussidio di opportuni controlli sul campo, e dalla elaborazione dei dati ottenuti, è possibile concludere che la franosità della zona di studio è legata a due fattori principali: alla morfologia ed alla geologia.

Il fattore morfologico è dominante per quelle zone nelle quali la pendenza dei versanti è superiore al 50%. Si ha però una significativa franosità anche in aree con pendenze medie più basse del 10%, determinata dall'azione erosiva dei corsi d'acqua su antichi depositi morenici o alluvionali terrazzati.

Il fattore geologico è senz'altro il più influente. Le formazioni di calcari compatti del Devoniano risultano notevolmente

stabili, anche se i versanti presentano pendenze elevate. Le formazioni di argilloscisti del Siluriano e del Carbonifero, unitamente alla dolomie cariate ed alle brecce marnoso-dolomitiche del Permiano ed ai depositi detritici, sono risultate le più soggette ai fenomeni franosi.

La copertura vegetale non sembra abbia avuto un effetto determinante sulla franosità, almeno rispetto ai primi due parametri. Più del 70% delle frane riconosciute si trova in aree coperte da boschi, mentre le aree con scarsa vegetazione presentano una franosità esigua. Ciò può essere attribuito al fatto che i boschi ricoprono le zone più acclivi e quindi il fattore morfologico ha avuto maggior influenza della copertura vegetale. Deve essere però considerata anche la limitatezza della carta delle colture che, vista a posteriori, sarebbe stata molto più utile se avesse presentato una maggiore distribuzione dei boschi in radi, fitti e cespugliati.

Circa il confronto fra i movimenti franosi avvenuti prima e dopo il 4 novembre 1966 la differenza più evidente sembra essere data dalla grandezza media delle frane posteriori a tale data che è risultata alquanto minore di quella delle frane antecedenti. Le varie zone nelle quali è stata suddivisa l'area di studio si sono comportate però alquanto diversamente davanti agli eventi meteorologici del novembre 1966: alcune hanno dato luogo ad una franosità inferiore rispetto a quella antecedente, mentre altre hanno dato luogo ad una franosità superiore. E' stato tentato di mettere in relazione tale diverso comportamento con gli altri fattori, ma senza alcun esito. Forse un confronto fra tale diversità di comportamento e le isoiete relative agli eventi del novembre 1966 potrebbe dare una qualche utile indicazione.

Alcune limitazioni al lavoro svolto sono state date dalla carta geologica usata come base, che ha una scala 1:100.000, troppo piccola per il dettaglio richiesto in tutti gli altri elaborati che sono alla scala 1:25.000.

Comunque i risultati ottenuti dalla elaborazione dei dati raccolti dalla fotointerpretazione sono, a nostro avviso, consistenti e possono costituire una valida base per l'indicazione degli interventi necessari alla sistemazione idrogeologica del bacino.

# BACINO DEL LIVENZA

PROF. ING. AUGUSTO GHETTI

## Parte I - *Caratteristiche idrogeologiche del bacino del fiume Livenza*

### 1) DESCRIZIONE DEL CORSO D'ACQUA E DEI SUOI PRINCIPALI AFFLUENTI

Il Livenza nasce in prossimità di Polcenigo (Pordenone) dalle due sorgenti della Santissima e del Gorgazzo ai piedi del rilievo orografico del Cansiglio, e sfocia nell'Adriatico presso Porto di Santa Margherita, a SO di Caorle, dopo un percorso di circa 111 km (vedi Fig. 1).

Il suo bacino idrografico, che è ben delimitabile solo fino a Motta di Livenza, ha ivi un'estensione complessiva di 2008,7 km$^2$, e confina a Occidente e a Sud col bacino del Piave, ad Oriente e a Nord con quello del Tagliamento. Esso fa parte della provincia di Pordenone (Regione Friuli-Venezia Giulia) e delle province di Belluno, Treviso e Venezia. Dal punto di vista idrologico, il bacino è caratterizzato dalla sovrapposizione del regime di risorgiva, proprio del tratto superiore pianeggiante del corso, e del regime torrentizio dei principali affluenti Meduna e Cellina.

La continuità del deflusso e la chiarezza delle acque alla sorgente indicano che la loro origine è sicuramente legata a fenomeni di tipo carsico. Sembra ormai accertato infatti che tali acque provengano dagli afflussi meteorici dell'altopiano del Cansiglio, anche se questa regione non è morfologicamente compresa nel bacino del Livenza.

Il più importante affluente di sinistra è il Meduna che,

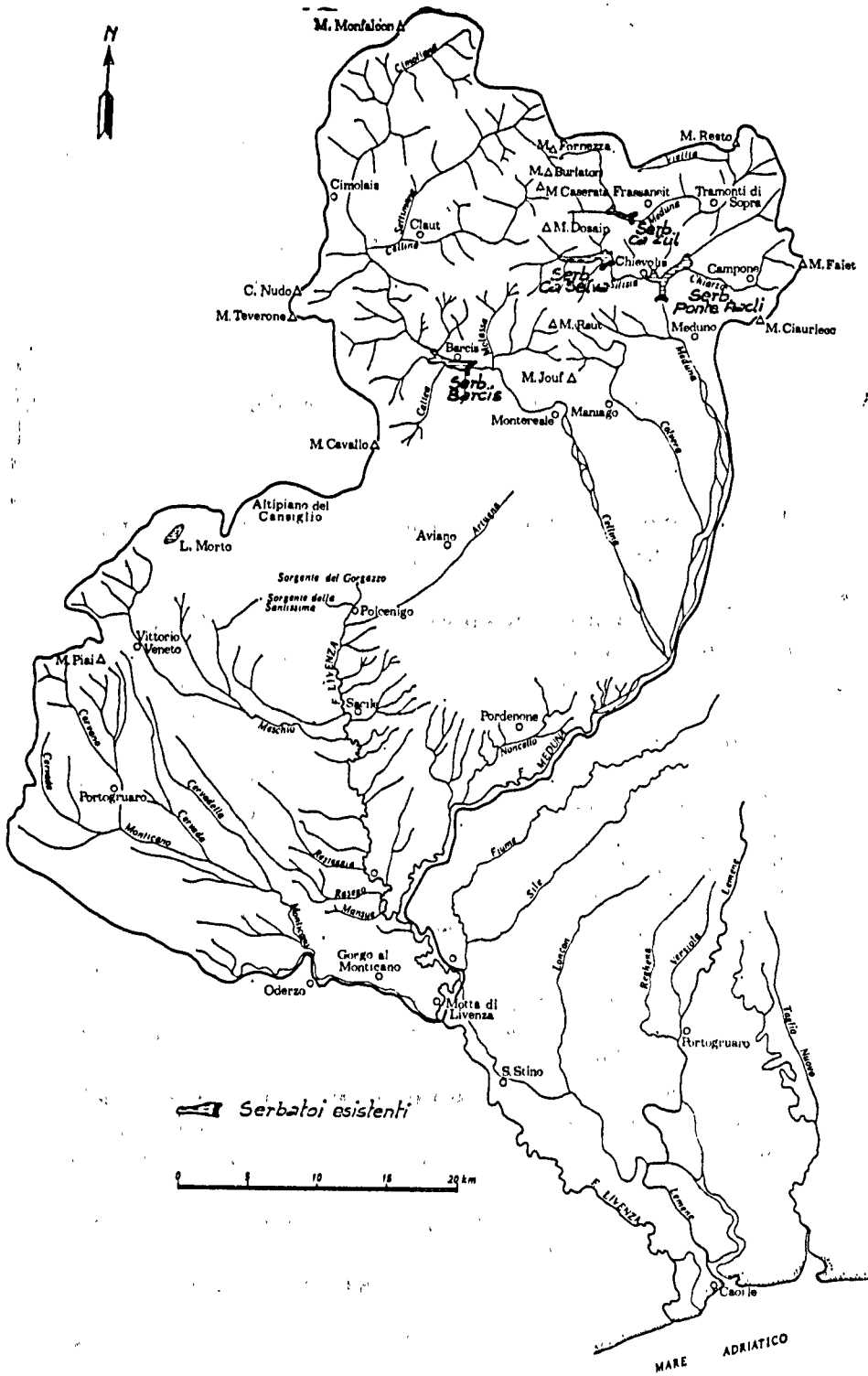



Fig. 1 - Corografia del bacino montano del Livenza con i serbatoi esistenti.

uscito presso Meduno dal suo bacino montano (dell'estensione di circa 248 km$^2$), percorre una ventina di km in direzione N-S su di un ampio conoide alluvionale, ricevendo in destra dapprima il Colvera e poi il Cellina.

Per l'estensione del suo bacino montano (446 km$^2$) e per le piene a cui va soggetto, il Cellina, che convoglia anche le le acque del Cimoliana e del Settimana, è senza dubbio il più importante degli affluenti del Meduna. Dopo la confluenza col Cellina il Meduna restringe il suo alveo assumendo gradatamente i caratteri di un fiume con andamento a meandri, riceve in destra le acque del Noncello e si getta nel Livenza a Tremeacque.

Non vi sono aree glaciali nel bacino, nè laghi naturali di qualche importanza.

L'altitudine massima del bacino montano del Cellina è di 2703 m s.m., l'altitudine media alla sezione di Ravedis è di circa 1265 m s.m. e la lunghezza dell'asta è ivi di circa 43 km.

L'altitudine massima del bacino montano del Meduna è di 2309 m s.m., quella media alla sezione di chiusura dello stesso è di 902 m s.m. e la lunghezza dell'asta è ivi di 32 km.

Principali affluenti di destra sono il Meschio e il Monticano.

Il Meschio, oltre le acque del proprio piccolo bacino, scarica nel Livenza, circa 2 km a valle di Sacile, anche quelle di derivazione dal Piave degli impianti idroelettrici Piave-S. Croce.

Il Monticano nasce in prossimità di Formeniga dalle pendici meridionali del rilievo collinoso situato a N-NO di Conegliano; attraversa tale centro e Oderzo e confluisce nel Livenza poco a valle dell'abitato di Motta, con un bacino imbrifero di 325 km$^2$, dopo un percorso di circa 55 km.

## 2) Descrizione dei bacini versanti e delle valli

### a) *Sistema idrografico del Cellina*

Il sistema idrografico del Cellina è caratterizzato nella sua parte settentrionale da tre grandi valli abbondantemente allu-

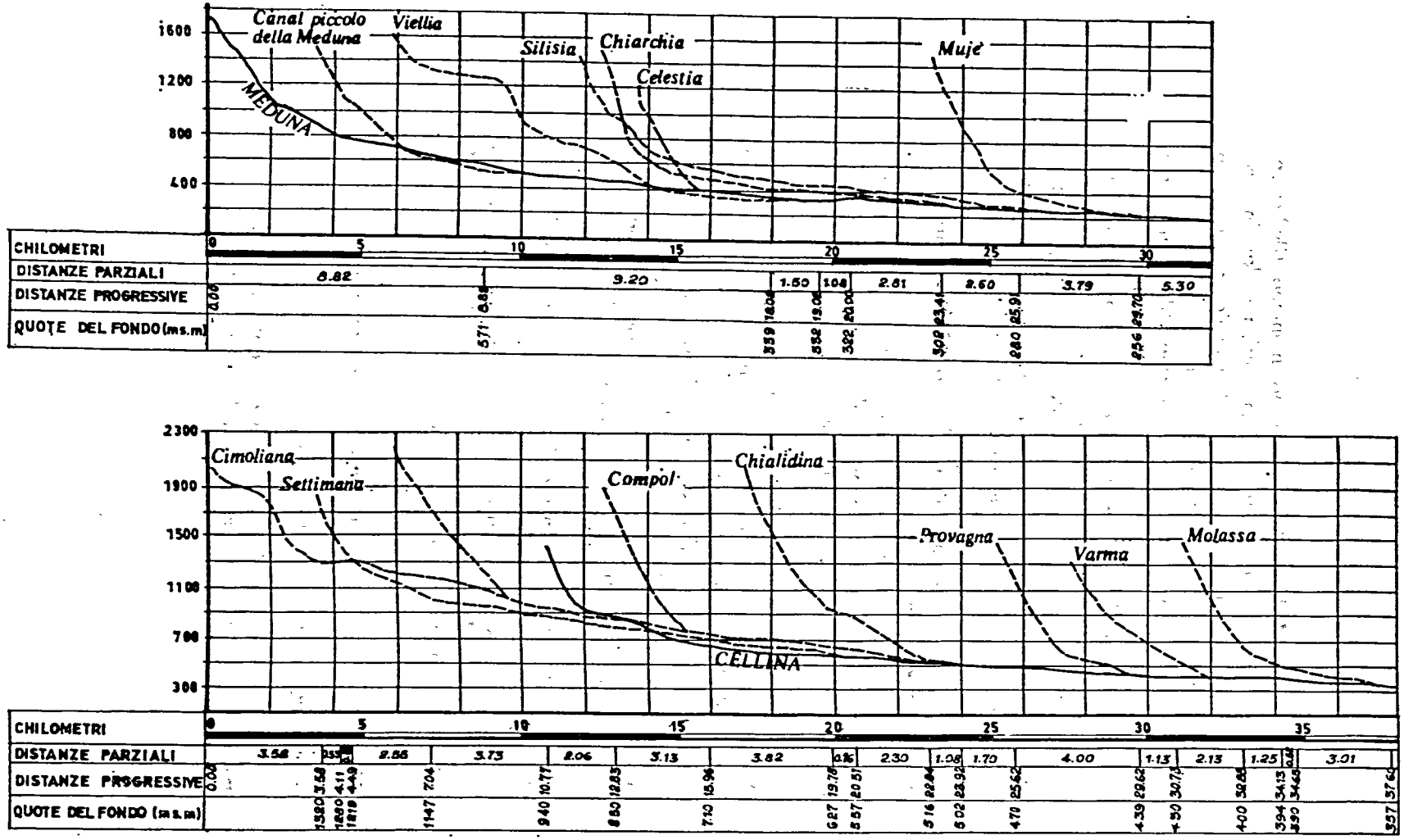



Fig. 2 - Profili longitudinali dei torrenti Cellina e Meduna e dei loro principali affluenti.

vionate (Settimana, Cimoliana e Cellina), che confluiscono tra loro nella conca di Porto Pinedo (a quota circa 500 m s.m.). La parte meridionale è costituita da un'unica valle che sbocca nella conca di erosione glaciale di Barcis e prosegue poi, incassata tra le rocce dei versanti, sino all'uscita dal bacino montano. Nel suo insieme il sistema presenta un grado di maturità geologicamente avanzato, al quale si sovrappone tuttavia un certo ringiovanimento. I fenomeni di degradazione delle rocce e il movimento di materiale, notevoli nella parte nord-occidentale del bacino, decrescono di importanza da Ovest a Est e da Nord a Sud, là dove alla dolomia tipica della Val Cimoliana si accompagnano altre formazioni rocciose. Il soprassuolo del bacino è soggetto a vari fattori di disordine idrogeologico riconducibili essenzialmente ad un'azione di degradazione e dilavamento da parte degli agenti atmosferici e ad un movimento delle falde e dei depositi fluvio-glaciali per sgrottamento delle acque. I profili longitudinali delle valli dei maggiori torrenti hanno caratteri simili, con un'asta superiormente alquanto inclinata, che si raccorda con un tratto a curvatura brusca (vedi Fig. 2) alla parte inferiore di più lieve pendenza.

b) *Sistema idrografico del Meduna e del Colvera*

Ad oriente del Cellina si allarga il bacino del Meduna, caratterizzato da un'asta principale breve ed abbondantemente alluvionata, con il versante in destra assai più esteso di quello in sinistra. Nel suo complesso il bacino presenta una certa maturità geologica; la maggior parte degli affluenti principali hanno lieve pendenza ed un raccordo molto dolce col letto del Meduna, e si fanno ripidi solo in prossimità delle sorgenti (vedi Fig. 2).

La forma delle valli, con profonde sezioni a V più o meno dissimmetriche, è da imputare alla natura delle rocce del bacino, costituito quasi esclusivamente da calcare duro e compatto.

Data la natura delle rocce, i fenomeni di disordine idrogeologico sono di entità assai minore che nel bacino del Cellina.

Il bacino del Colvera, avente un'asta principale dapprima pianeggiante e poi convessa (vedi Fig. 3), presenta notevoli fenomeni di dissesto idrogeologico dovuti sia alla scarsa copertura vegetale, sia alla natura delle rocce che lo costituiscono (terreni dell'eocene e scaglie facilmente erodibili).

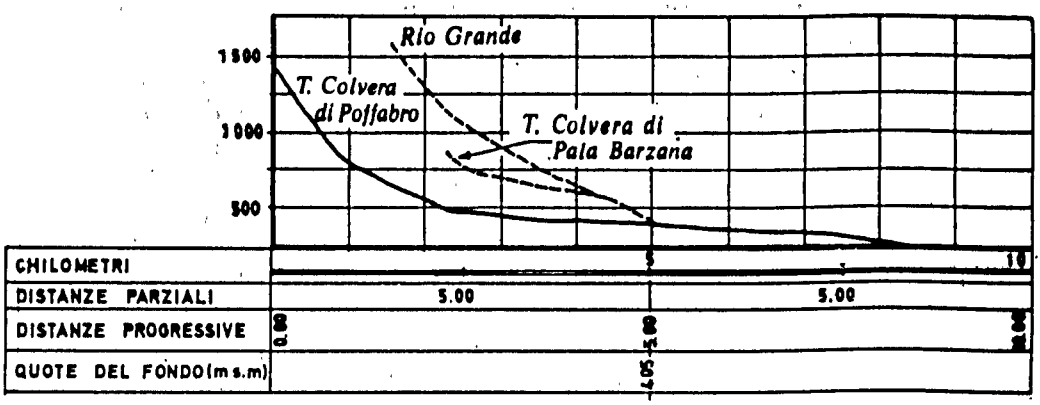



Fig. 3 - Profilo longitudinale del torrente Colvera e dei suoi affluenti.

c) *Sistema idrografico del Monticano*

Il sistema idrografico del Monticano, coi suoi principali affluenti Cervano, Crevada e Cervada, è compreso in un territorio collinare di altitudine modesta (quota massima 540 m s.m.) e si sviluppa in una serie di alture solcate da numerose valli di erosione.

3) Orografia, formazione dei terreni e struttura tettonica

a) *Bacino montano del Cellina*

L'orografia della parte settentrionale del bacino del Cellina presenta una successione di catene montuose, che si protendono da NE a SO verso la conca di Claut-Cimolais. Nella parte

meridionale si nota invece una serie di speroni, che si staccano dallo spartiacque tra il Cellina ed il Piave e si spingono, in direzione NE-SO, verso la valle principale.

I terreni del bacino del Cellina appartengono essenzialmente all'Era Secondaria (Trias, Giura, Cretaceo) e all'Era Terziaria (Eocene-Miocene) e sono localmente ricoperti da formazioni quaternarie (materiali morenici, alluvionali, detriti di falda). I tipi litologici presenti nel bacino, ai quali corrispondono aspetti morfologici diversi, sono:

1) Era Secondaria: dolomia tipica e calcari dolomitici, dolomia a facies Dachstein, calcari giura-liassici, calcare ippuritico cretaceo.

2) Era Terziaria: scaglia rossa, marne eoceniche, arenarie mioceniche.

I calcari del Giura e del Cretaceo, permeabili per fessurazione, costituiscono i rilievi mesozoici più prossimi alla pianura, a Sud di una grande dislocazione, la faglia periadriatica, che interessa anche la serie di rocce del bacino montano del Meduna, lungo la quale i sedimenti triassici appaiono per vaste aree intensamente fratturati. Gli affioramenti di scaglia, peraltro di estensione molto limitata, sono impermeabili e pure impermeabili o poco permeabili sono le alternanze marnoso-arenacee che costituiscono il Flysh eocenico presso Claut, Barcis e nella conca di Andreis.

Per quanto riguarda la configurazione tettonica, il bacino del Cellina si può dividere in tre parti aventi ciascuna caratteristiche proprie. Queste condizioni tettoniche, riconoscibili dall'affioramento delle varie rocce, hanno dato luogo generalmente a dei versanti meridionali molto più ripidi e scoscesi di quelli settentrionali.

b) *Bacini montani del Meduna e del Colvera*

L'orografia del bacino del Meduna si presenta assai regolare ed è caratterizzata da tre catene montuose, decorrenti parallelamente con direzione SO-NE, alle quali corrispondono altret-

tante pieghe tettoniche ribaltate a stratificazione uniforme. Le catene presentano fianchi meridionali ripidi e scoscesi, mentre quelli settentrionali sono meno declivi e più regolari. La loro cresta è costituita per lo più da calcari selciferi del Lias, poggianti su un basamento formato da un potente strato di dolomia, al di sotto del quale affiora a tratti della dolomia marnosa facilmente erodibile. Da questi caratteri generali si differenzia la zona sud-occidentale del bacino, compresa tra il Chiarzò ed il Meduna, la quale è costituita di calcare a rudiste del Cretaceo.

Il bacino del Colvera, che si estende a Sud di quello del Meduna, ha una struttura geo-litologica costituita da dolomia principale, dolomia marnosa, strati eocenici, calcare cretaceo, scaglie eoceniche, calcari dolomitici e selciferi.

Nei dintorni di Frisanco e di Meduno è presente il Flysh eocenico, costituito da alternanze marnoso-arenacee poco permeabili o impermeabili. Accanto a questi sedimenti, soprattutto tra Maniago e Sequals, affiorano arenarie, molasse micacee, conglomerati e marne del Miocene, costituenti una serie complessivamente permeabile per porosità.

c) *Bacino montano del Monticano*

I terreni su cui si sviluppa la rete idrografica montana del Monticano sono caratterizzati a monte da rocce sedimentarie mioceniche piuttosto compatte (arenarie, calcari marnosi, molasse) e a valle de una potente serie di argille azzurre lacustri del Pontico superiore, scarsamente compatte e profondamente incise.

4) Permeabilità dei terreni e fenomeni carsici

a) *Bacino montano del Cellina*

Per quanto riguarda la permeabilità, i terreni costituenti il bacino del Cellina possono essere così classificati:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Rocce permeabili per imbibizione | *poco permeabili* | 22,50 km² | ( 5 %) |
| | *molto permeabili* | 25,25 km² | ( 5,6%) |
| Rocce permeabili per fessurazione | *poco permeabili o semicarsiche* | 335,70 km² | (75,1%) |
| | *molto permeabili o carsiche* | 63,55 km² | (14,3%) |

In totale la superficie coperta da terreni molto permeabili raggiunge un valore di circa 89 km², pari al 20% della superficie totale.

Condizioni particolari, come il diverso rapporto tra immersione ed inclinazione degli strati rispetto al rilievo orografico, modificano anche notevolmente la permeabilità relativa delle varie rocce.

b) *Bacini montani del Meduna e del Colvera*

L'area totale del bacino può essere così ripartita:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Rocce permeabili per imbibizione | *poco permeabili* | Meduna | 13,3 km² | ( 5,16%) |
| | | Colvera | 14,0 km² | (43,75%) |
| | *molto permeabili* | Meduna | 30,0 km² | (11,66%) |
| | | Colvera | 0,5 km² | ( 1,57%) |
| Rocce permeabili per fessurazione | *poco permeabili o semicarsiche* | Meduna | 186,9 km² | (72,58%) |
| | | Colvera | 7,5 km² | (23,43%) |
| | *molto permeabili o carsiche* | Meduna | 27,3 km² | (10,60%) |
| | | Colvera | 10,0 km² | (31,25%) |

Come si può notare, nei bacini montani del Cellina, del Meduna e del Colvera non si hanno notevoli fenomeni carsici. Questi fenomeni sono invece evidentissimi per l'altopiano del

Cansiglio, che costituisce, come già detto, il bacino di alimentazione del Livenza.

### c) *Conoidi alluvionali del Cellina e del Meduna*

I conoidi del Cellina e del Meduna, estendentisi dalla uscita del bacino montano dei due corsi fino alla loro confluenza per una lunghezza di circa 20 km, sono costituiti da un ampio materasso ghiaioso altamente permeabile, la cui potenza in certi punti sembra raggiungere i 200 m e la cui capacità di invaso è valutabile in 3,5 miliardi di $m^3$. Nei conoidi, all'uscita del bacino montano, la falda freatica scorre ad una profondità variabile al di sotto del piano di campagna, tra i 50 e i 170 m e riaffiora nella zona delle risorgive che segnano il limite tra le alluvioni grossolane e quelle più fini. Ai lati degli alvei lo strato di terreno agrario superficiale dei conoidi ha uno spessore che oscilla tra i 10 cm della zona dei « magredi » (alluvioni ghiaiose e ciottoli) e i 20-100 cm delle zone ricoperte dalle alluvioni più fini e già alquanto alterate.

## 5) Caratteristiche dei terreni di pianura

La formazione dei terreni dell'alta pianura, compresa nel bacino del Livenza, è da attribuire principalmente al Cellina nella sua parte centro-settentrionale, al Tagliamento ed al Piave rispettivamente nelle sue frange orientale e occidentale. Il Meduna ed il Livenza segnano infatti le linee di maggior depressione di tale superficie, la quale è conformata a compluvio, col fianco occidentale che ha una pendenza dell'1,0 per mille, quello orientale dell'1,7 per mille, e con la testata avente una pendenza del 3,5 per mille.

Nella bassa pianura i tre suaccennati elementi morfologici tendono a livellarsi in un'unica zona pianeggiante, che da una altitudine di circa 10 m s.m. scende verso il mare con debolissima pendenza.

Le alluvioni deposte nell'alta pianura orientale dal Cel-

lina e dal Tagliamento sono per lo più grossolane, sciolte e terrazzate ed appartengono prevalentemente al Würmiano ed al Postglaciale. Più ad ovest invece, nella pianura di Sacile, i terreni sono per lo più costituiti da alluvioni prevalentemente sabbioso-argillose e da depositi surtumosi formati da limi e torbe, complessivamente impermeabili. Si rinvengono tuttavia anche depositi ghiaiosi, permeabili, però in aree molto limitate, come ad ovest del Livenza, tra Ronche e Portobuffolè, e a sinistra del Noncello, tra Pordenone e Rondover.

La bassa pianura è formata invece da alluvioni essenzialmente sabbioso-limose, poco permeabili o addirittura impermeabili; appartengono prevalentemente al Postglaciale e sfumano verso il mare in una zona di terreni lagunari, oggi in gran parte bonificati, di un tipico colore nerastro per le sostanze organiche contenute in progressivo stato di decomposizione.

## 6) Degradazione dei versanti e trasporto solido

Le aree franose interessano principalmente i bacini del Cellina, del Meduna e dell'affluente Colvera.

Tra le cause intrinseche che hanno contribuito all'attuazione dei fenomeni franosi appare di preminente importanza la natura delle rocce: tra i terreni lapidei, mentre appaiono piuttosto stabili i calcari, specialmente quelli di scogliera, sono le dolomie ed i calcari dolomitici, che affiorano nella maggior parte dei territori in esame, ad essere interessati da frequenti crolli e distacchi di blocchi e massi, dando luogo all'ingente trasporto solido dei corsi d'acqua locali; i terreni incoerenti (detriti, alluvioni, morene) e pseudocoerenti (marne, argille, arenarie e loro alternanze) sono invece colpiti da scoscendimenti, smottamenti e scortecciamenti.

Dal punto di vista della posizione geografica, tra le aree maggiormente interessate dal fenomeno della degradazione accelerata figura la fascia (disposta in direzione Est-Ovest) a meridione e, in parte, a cavallo della linea tettonica « Barcis-Starasella » o « peradriatica » che va da Barcis a Meduno, passando per Poffabro e Navarons. Si tratta per lo più di scoscen-

dimenti in terreni cenozoici (Flysch) o recenti (alluvioni, detriti), come ad esempio le frane di Pian delle Marie, di Navarons, ed altre.

Cadute e distacchi di placche e blocchi di roccia lapidea, unitamente a frequenti rotolii di detriti, si osservano molto spesso nelle parti più settentrionali del bacino in esame e, più precisamente, nelle alte valli dei torrenti Cimoliana, Settimana e Meduna, e in alcuni punti isolati delle pendici del Monte Cavallo.

Un'altra zona colpita da frequenti movimenti franosi è quella di Claut, per lo più sulla destra idrografica del torrente Cellina.

I bacini di alcuni affluenti del torrente Cellina, caratterizzati da copiosi depositi di rocce sciolte, come ad esempio le valli Bettigia e Chialedina, sono interessati da azioni erosive accelerate, dovute per lo più all'azione di ruscellamento delle acque piovane.

Tra le frane antiche di cospicue dimensioni, per lo più stabilizzate, e che hanno dato luogo a repentine, seppur locali variazioni morfologiche si ricordano in particolare: la frana sul versante orientale del M. Rossa (Ponte Racli) ed il movimento franoso che ebbe luogo sul versante sinistro della valle del torrente Cellina, in corrispondenza quasi della confluenza con il vallone di Gere.

Appare infine doveroso ricordare il tristemente noto fenomeno franoso del Vajont (scivolamento di rocce lapidee lungo una superficie « a sedia » nelle parti centrale ed occidentale, e quasi circolare in quella orientale), che ha dato luogo ad un notevole mutamento della geomorfologia del luogo.

Minore importanza hanno i fenomeni di frana e dissesto superficiale nel bacino del Monticano, dove peraltro si notano frequenti frane di scivolamento, di estensione limitata, nei complessi terreni marnosi, arenacei e conglomeratici del sistema collinare.

Per quanto riguarda il trasporto solido, da uno studio del 1930 dell'Istituto Provinciale per l'Economia Montana di Udine risultavano i seguenti valori unitari dell'apporto annuo di materiale solido:

*Cellina*

| | | |
|---|---|---|
| Val Cimoliana (117 km²) | 2000 | m³/anno . km² |
| Val Settimana (69 km²) | 1000 | » |
| Val Cellina di Claut e di Barcis (156 km²) | 500 | » |

*Meduna*

| | | |
|---|---|---|
| a ponte Racli (220 km²) | 300 | m³/anno . km² |

*Colvera*

| | | |
|---|---|---|
| (22 km²) | 600 | m³/anno . km² |

Secondo osservazioni effettuate dalla SADE, dopo la costruzione del serbatoio di Barcis, l'apporto medio di materiale solido ammonterebbe per il Cellina a 118.890 m³/anno.

Dato l'effetto di trattenuta dei serbatoi di Barcis e di Ponte Racli, l'apporto solido che perviene al Livenza è prevalentemente dovuto al materiale in sospensione.

## 7) Morfologia del litorale

Le caratteristiche del litorale nella zona in cui il Livenza arriva al mare sono quelle delle spiagge sottili di formazione alluvionale. L'arenile ha una larghezza media di 30-50 m ed è costeggiato alle spalle da una zona dunosa, che in alcuni paraggi (Valle Altanea) è ormai ridotta ad un esiguo cordone di pochi metri. Il tratto del litorale compreso tra la foce del Piave e Porto S. Margherita, lungo circa km e posto normalmente al flutto di scirocco, è soggetto a forte erosione. In condizioni di relativa stabilità è invece la fascia compresa tra Porto S. Margherita e il porto di Caorle. Fenomeni di erosione di modesta entità si notano ad oriente dell'abitato di Caorle, mentre

è attualmente in fase di interrimento, dopo un breve periodo di regressione, la zona che si estende da Porto Falconera a Porto Baseleghe.

## Parte II - *Caratteristiche pluviometriche e idrometriche*

### 8) Regime pluviometrico

Il tipo pluviometrico predominante è in quasi tutto il bacino quello sublitoraneo alpino, con due massimi in primavera ed autunno, e punte minime in estate ed inverno.

Nel bacino montano del *Cellina* le altezze medie annue di precipitazione si presentano con andamento crescente da occidente ad oriente, assumendo mediamente un valore di circa 1700 mm.

I centri di massima piovosità sono localizzati verso il contiguo bacino del Meduna, mentre le zone di piovosità minima sono situate a N-O, ai confini col bacino del Piave.

Per alcune località del bacino del Cellina, i valori caratteristici annui delle precipitazioni relativi al periodo 1921-1950 sono i seguenti:

| | precip. media (mm) | giorni piovosi | precip. max. (mm) | precip. minima (mm) |
|---|---|---|---|---|
| Andreis | 2245 | 107 | 3364 | 1181 |
| Barcis | 1945 | 104 | 3217 | 1215 |
| Claut | 1681 | 114 | 2525 | 938 |
| Cimolais | 1583 | 109 | 2303 | 960 |

Le precipitazioni medie annue nei bacini del *Meduna* e del *Colvera* assumono valori assai elevati, con punte massime anche al disopra di 2600 mm, mentre il valore medio per l'intero bacino è di circa 2300-2400 mm.

Relativamente al periodo 1921-50 i valori caratteristici

annui delle precipitazioni registrate in alcune stazioni pluviometriche sono i seguenti:

| | precip. media (mm) | giorni piovosi | precip. max. (mm) | precip. minima (mm) |
|---|---|---|---|---|
| Chievolis | 2685 | 103 | 4157 | 1186 |
| Frasseneit | 2528 | 109 | 4389 | 896 |
| Poffabro | 2454 | 117 | 3640 | 1619 |
| Tramonti di Sopra | 2324 | 117 | 3881 | 1086 |
| Campone | 2246 | 99 | 3300 | 995 |

Il bacino del *Monticano,* che è disposto in senso trasversale alle isoiete, è caratterizzato da una grande variabilità pluviometrica. Nel suo settore più a monte, che comprende due catene collinari, la precipitazione media annua si può valutare in 1586 mm, mentre sulle basse colline del Coneglianese la stessa si riduce a 1233 mm.

Relativamente al periodo 1921-50 si riportano i valori caratteristici delle precipitazioni registrate in alcune stazioni pluviometriche del bacino, oltre a quelli delle stazioni di Cison di Valmarino, Vittorio Veneto e Pieve di Soligo che sono situate ai suoi margini:

| | precip. media (mm) | giorni piovosi | precip. max. (mm) | precip. minima (mm) |
|---|---|---|---|---|
| Cison di Valmarino | 1771 | 113 | 2717 | 793 |
| Vittorio Veneto | 1401 | 109 | 2005 | 894 |
| Pieve di Soligo | 1387 | 105 | 1979 | 967 |
| Formeniga | 1093 | 87 | 1795 | 471 |
| Conegliano | 1219 | 101 | 1737 | 496 |

Da uno studio pubblicato a cura dell'Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque di Venezia, la precipitazione media annua caduta nell'ultimo quinquennio nell'intero bacino del Livenza è di circa 1850 mm.

## 9) Precipitazioni intense e loro frequenza

Si riportano qui di seguito le precipitazioni massime in alcune stazioni del bacino per la durata di 1,3 e 6 ore consecutive, nella considerazione che tali durate sono dello stesso ordine dei tempi di corrivazione del Colvera, del Cellina, del Meduna e del Monticano all'uscita dai rispettivi bacini montani. Sono forniti i dati del settembre 1965 e del novembre 1966, periodi questi in cui si verificarono due forti piene, e quelli del massimo evento prima conosciuto.

— Cimolais (17 anni di osservazione)

| | durata 3 ore | durata 6 ore |
|---|---|---|
| Max evento | 71,4 mm | 117,4 mm |
| Settembre 1965 | 71,4 mm | 96,6 mm |
| Novembre 1966 | 66,4 mm | 117,4 mm |

— Claut (39 anni di osservazione)

| | durata 3 ore | durata 6 ore |
|---|---|---|
| Max evento | 116,6 mm | 183,8 mm |
| Settembre 1965 | 116,6 mm | 160,8 mm |
| Novembre 1966 | 103,0 mm | 183,8 mm |

— Tramonti di Sopra (34 anni di osservazione)

| | durata 3 ore | durata 6 ore |
|---|---|---|
| Max evento | 135 mm | 182,0 mm |
| Settembre 1965 | 113 mm | 140,0 mm |
| Novembre 1966 | 63 mm | 114,4 mm |

— Poffabro (35 anni di osservazione)

| | durata 1 ora | durata 3 ore |
|---|---|---|
| Max evento | 68,0 mm | 127,0 mm |
| Settembre 1965 | 43,4 mm | 71,6 mm |
| Novembre 1966 | 56,6 mm | 86,6 mm |

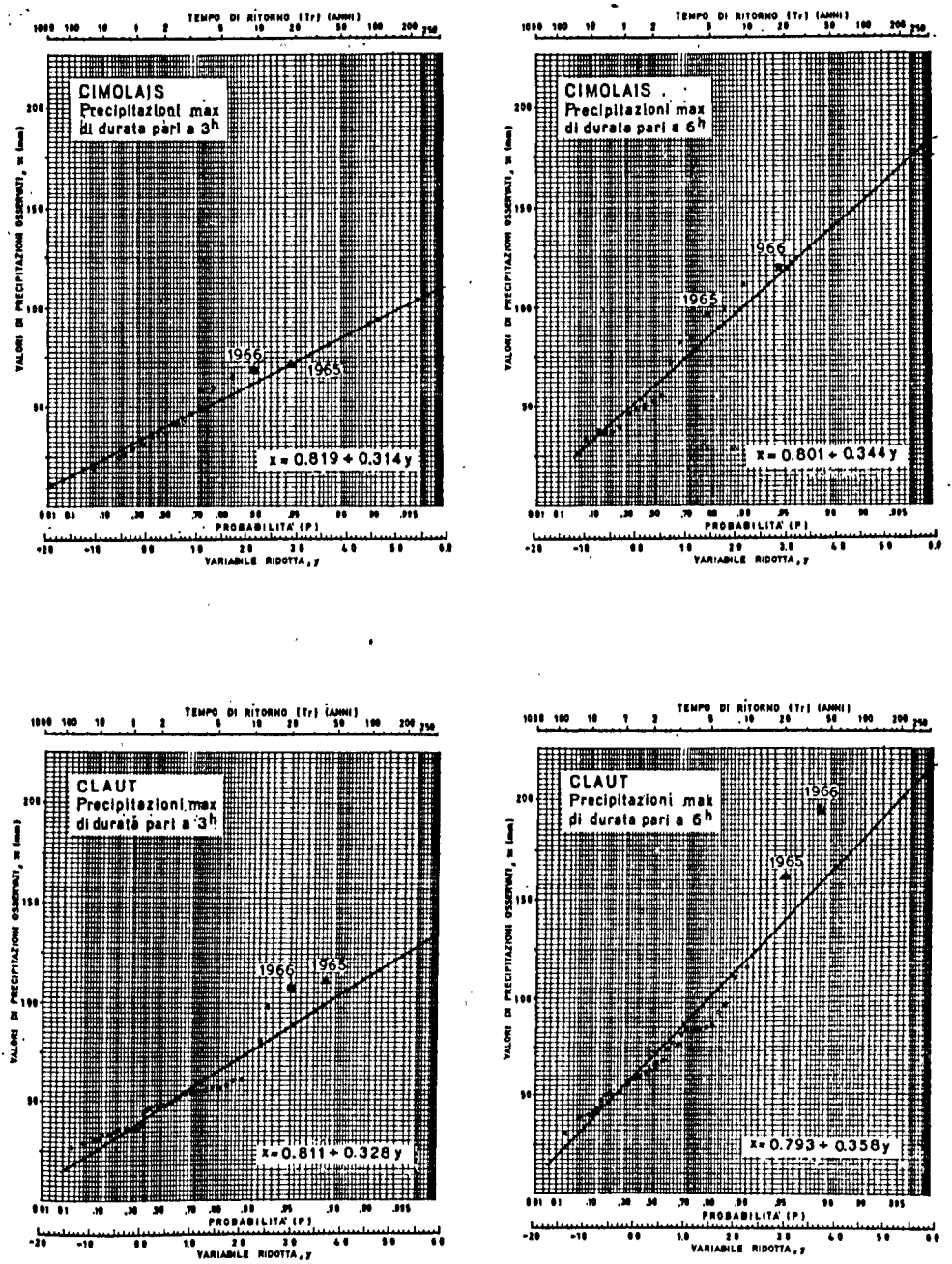



Fig. 4 - Valutazioni secondo il metodo probabilistico di Gumbel del tempo di ritorno delle altezze di precipitazioni massime di 3 e di 6 ore alle stazioni di Cimolais e Claut.

— Cison di Valmarino (12 anni di osservazione)

| | durata 3 ore | durata 6 ore |
|---|---|---|
| Max evento | 101,0 mm | 115,0 mm |
| Settembre 1965 | 40,4 mm | 55,4 mm |
| Novembre 1966 | mancante | mancante |

Si può osservare che nel bacino del Cellina (stazioni di Claut e Cimolais) le precipitazioni del settembre 1965 e novembre 1966 sono le massime mai registrate per durate pari a 3 e 6 ore rispettivamente.

Nei bacini del Meduna e del Colvera, invece (stazioni di Tramonti di Sopra e Poffabro), le precipitazioni della stessa durata verificatesi nel settembre 1965 e nel novembre 1966 sono alquanto inferiori alle massime registrate nel periodo delle osservazioni esistenti.

Per il Monticano, considerata la stazione di Cison di Valmarino che è situata, come già detto, ai margini del suo bacino, si è riscontrato che le precipitazioni del settembre 1965 sono inferiori alla metà di quelle massime fino allora registrate.

Si forniscono altresì, per la stazione di Claut, i dati per durate superiori fino a 2 giorni:

| | 12 ore | 24 ore | 2 giorni |
|---|---|---|---|
| Settembre 1965 | 242,2 mm | 421,6 mm | 568,8 mm |
| Novembre 1966 | 300,4 mm | 456,6 mm | 513,8 mm |

Nella relazione sul Bacino dell'Adige (ing. G. Padoan) sono riportate le isoiete delle piogge cadute nel bacino nei giorni 4 e 5 novembre 1966.

Si è tentata un'elaborazione dei dati pluviometrici, della durata di 3 e 6 ore, applicando il metodo Gumbel (vedi Fig. 4).

Risulta che, per la durata di 3 ore, il tempo di ritorno delle precipitazioni del novembre 1966 varia tra 10 anni (Cimolais) e 80 anni (Claut), mentre per la durata di 6 ore varia tra 20 anni (Cimolais) e 150 anni (Claut).

## 10) Altezze idrometriche e portate

Il Livenza, prima della confluenza col Meduna, ha un regime di notevole perennità, data la provenienza carsica della maggior parte delle sue acque. Alla stazione di Fiaschetti (circa 12 km dalle sorgenti) i valori caratteristici delle portate danno un massimo di 86,5 $m^3/s$, un minimo di 3,80 $m^3/s$ ed una media di 15,60 $m^3/s$.

Per stazioni poste più a valle nel Livenza, per altre due nel Meduna e per due nel Monticano, si riportano qui di seguito le altezze idrometriche riscontrate nella piena del novembre 1966 assieme a quelle massime del periodo precedente:

| Corso d'acqua | Stazione | Max precedente H(m) | data | Max Nov. 1966 H(m) | data |
|---|---|---|---|---|---|
| Livenza | S. Cassiano | 6,59 | 4- 9-65 | 7,18 | 5-11-66 |
| » | Meduna di Livenza | 9,46 | 3- 9-65 | 8,60 | 5-11-66 |
| » | Motta di Livenza | 7,49 | 4- 9-65 | 7,64 | 5-11-66 |
| Meduna | Visinale | 11,52 | 3- 9-65 | 11,80 | 4-11-66 |
| » | Ghirano | 9,46 | 3- 9-65 | 10,10 | 5-11-66 |
| Monticano | Gorgo | 5,56 | 28- 1-48 | 5,75 | 4-11-66 |
| » | Oderzo | 3,79 | 13-11-61 | 4,05 | 4-11-66 |

Per la stazione di Motta di Livenza il valore massimo che segue a quello indicato si è avuto il 28-10-53 (m 6,58); per la stazione di Visinale i valori massimi che seguono sono quelli del 29-10-28 (m 11,00) e del 28-10-53 (m 10,65).

Si fa rilevare che la piena del 1966 ha superato in tutte le stazioni (salvo quella di Meduna di Livenza) i valori idrometrici della piena del 1965, che dal loro canto risultano maggiori di tutti quelli precedentemente osservati, tranne che per il Monticano.

Per le portate si dispone soltanto delle misure di alcune

stazioni poste sugli alti corsi del Cellina e del Livenza, che hanno funzionato per periodi di tempo limitati.

Più espressivi sono i dati delle portate affluite ai serbatoi idroelettrici. Per la vecchia diga del Cellina si hanno i seguenti valori medi nel periodo 1907-1954:

| | Gen. | Febb. | Mar. | Apr. | Mag. | Giu. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $m^3/s$ | 11,4 | 13,1 | 15,6 | 24,2 | 30,9 | 25,4 |
| | Lug. | Ag. | Sett. | Ott. | Nov. | Dic. |
| $m^3/s$ | 18,3 | 14,9 | 16,1 | 25,8 | 31,6 | 17,5 |

Dopo la costruzione del serbatoio di Barcis si hanno i dati delle portate affluite a questo serbatoio, i cui valori medi nel periodo 1955-1967 sono i seguenti:

| | Gen. | Febb. | Mar. | Apr. | Mag. | Giu. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $m^3/s$ | 9,6 | 7,5 | 9,1 | 17,8 | 23,1 | 22,6 |
| | Lug. | Ag. | Sett. | Ott. | Nov. | Dic. |
| $m^3/s$ | 15,4 | 12,5 | 19,2 | 20,4 | 31,2 | 18,2 |

Per il Meduna si hanno le portate medie affluite al serbatoio di Ponte Racli nel periodo 1954-1967.

| | Gen. | Febb. | Mar. | Apr. | Mag. | Giu. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $m^3/s$ | 7,77 | 7,16 | 9,05 | 15,24 | 15,29 | 12,80 |
| | Lug. | Ag. | Sett. | Ott. | Nov. | Dic. |
| $m^3/s$ | 9,05 | 9,62 | 15,71 | 18,27 | 25,67 | 18,95 |

Dai dati di portata giornaliera alle dighe del Cellina e poi di Barcis si è potuta ricostruire (Fig. 5) la curva di durata delle portate massime giornaliere nel periodo 1907-1966.

Si nota che la piena del 1966 ha il massimo valore (1060 $m^3/s$), ed è seguita dalla piena del 1925 (950 $m^3/s$) e da quel-

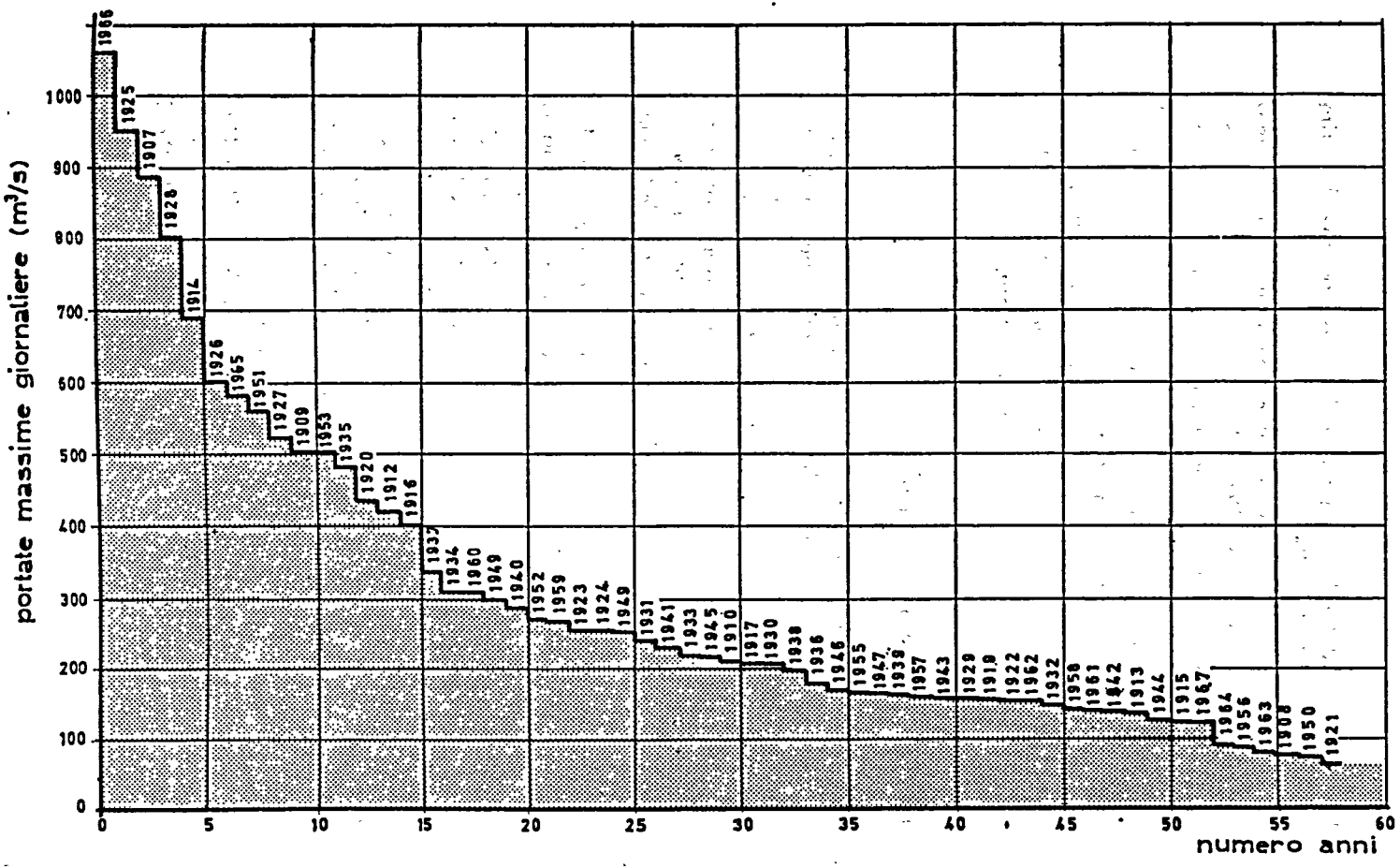



Fig. 5 - Rappresentazione in ordine decrescente delle portate massime giornaliere del Cellina alla diga di Barcis per il periodo 1907-1966.

la del 1907 (883 $m^3/s$). La piena del 1965 occupa il settimo posto nei valori giornalieri.

E' anche interessante la determinazione della frequenza mensile di queste piene. Per valori superiori a 400 $m^3/s$ si hanno 15 eventi, di cui 6 ricadono nel mese di novembre, 5 in ottobre, ed 1 in ciascuno dei mesi di settembre, febbraio, marzo e maggio. Il 73% delle maggiori piene si verifica pertanto nei mesi di ottobre-novembre.

Per quanto riguarda il Monticano, i dati indicano come periodo di maggiore frequenza per le piene il mese di novembre, seguito dai mesi di ottobre e dicembre.

## 11) Eventi di piena eccezionale

Il Livenza, ma soprattutto il suo affluente Meduna, sono soggetti a piene stagionali che talora assumono entità catastrofica, provocando esondazioni e danni rilevanti in pianura.

La piena riscontrata in questi corsi d'acqua nel novembre 1966 appare, come già accennato, la più gravosa finora verificatasi; essa è conseguenza della violenta ed intensa precipitazione meteorica abbattutasi sui bacini montani delle varie aste.

Si fa presente che il volume e l'intensità massima della precipitazione che ha determinato questa piena non sono eccezionali nei bacini montani che alimentano il Livenza; la piena del 1965 ha avuto volume ed intensità di precipitazione dello stesso ordine di grandezza. Eccezionale è stata invece la caratteristica peculiare di tale precipitazione, cioè l'intensità progressivamente crescente col tempo. Ne è conseguita la saturazione completa dei terreni (già imbibiti dalle precipitazioni cadute nel bacino durante il precedente mese di ottobre), prima che la pioggia raggiungesse la sua massima intensità, e pertanto il colmo di piena è stato particolarmente intenso.

Per la valutazione delle portate di piena del 1965 e 1966 ci si è giovati dei dati, forniti dall'ENEL e dalla S.A.I.C.I., delle portate orarie scaricate dai bacini idroelettrici di Barcis (Cellina) e di Ponte Racli (Meduna). Si è quindi proceduto

ad una valutazione delle presumibili portate di queste piene alle sezioni di chiusura dei rispettivi bacini montani. Ne sono risultati dei diagrammi teorici di piena alla confluenza Cellina-Meduna, da valere nell'ipotesi che non operino alcuna riduzione nè l'assorbimento nei conoidi alluvionali nè l'invaso superficiale negli ampi letti che li percorrono; essi danno i massimi di 1880 $m^3/s$ per la piena del 1965 e di 3780 $m^3/s$ per quella del 1966.

D'altra parte, alla stazione di Motta di Livenza (vedi Fig. 6), si ricostruisce per il 1965 un colmo di piena di 1272 $m^3/s$, e per il 1966 di 1550 $m^3/s$ (quest'ultimo nell'ipotesi che non si siano avute rotte). I rapporti fra le portate rispettive mettono in evidenza l'enorme moderazione che soprattutto gli elementi sopra accennati esercitano sui colmi di piena del Livenza.

Da uno studio probabilistico eseguito sulle portate medie giornaliere del periodo 1907-1966 emerge che la piena del novembre 1966 avrebbe per il Cellina a Barcis un tempo di ritorno di 160 anni, mentre per quella del settembre 1965 esso sarebbe di appena 10 anni. Non è possibile eseguire analoga indagine per il Meduna, mancando i dati necessari.

Per quanto riguarda il Monticano, l'elaborazione statistica delle altezze idrometriche al colmo, registrate alla stazione di Oderzo, assegna alla piena del novembre 1966 un tempo di ritorno di circa 50 anni.

Sulle frequenze degli eventi del 1965 e del 1966 nel Livenza non possono farsi altrettanto valide precisazioni.

## Parte III - *Sistemazione e difesa dalle piene*

### 12) Vicende storiche

Si può dire che fino a tutto il secolo scorso la parte montana dei bacini del Cellina e del Meduna non ha avuto opere di miglioramento e di sistemazione, ma che al contrario si è

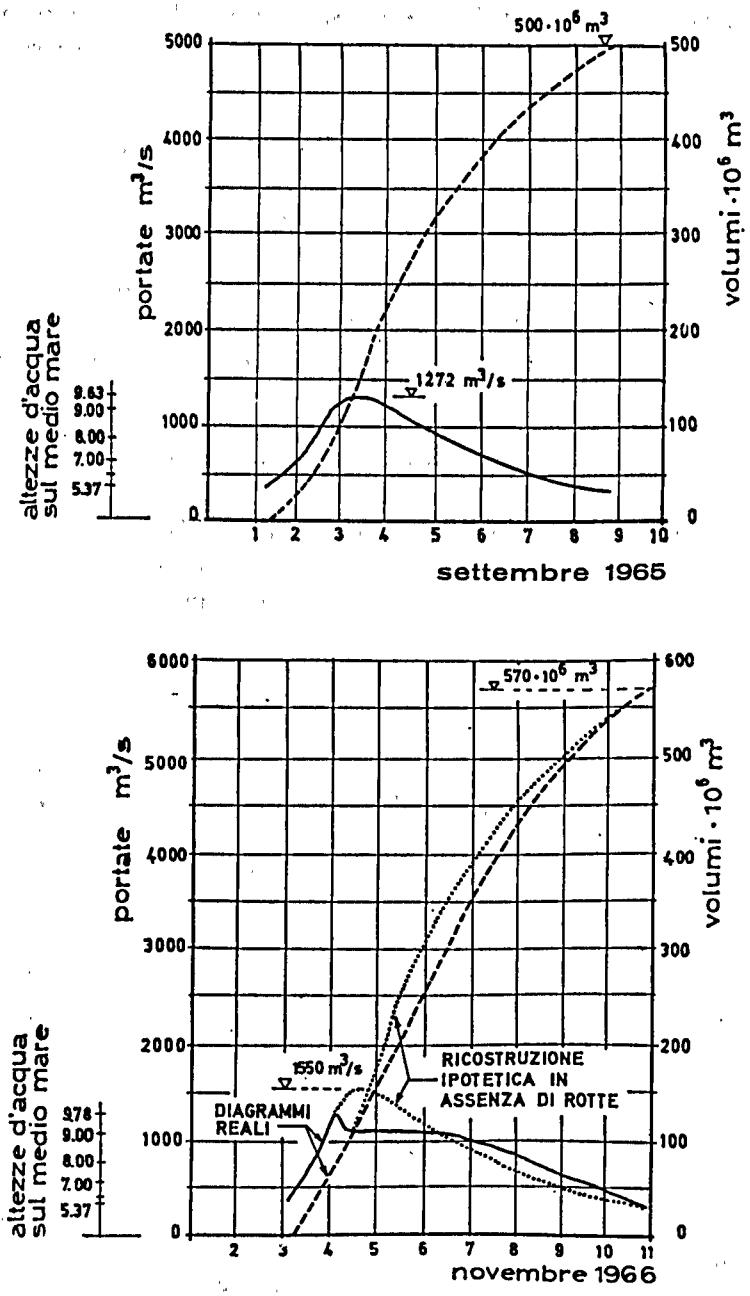



Fig. 6 - Diagrammi delle portate e dei volumi defluiti alla stazione di Motta di Livenza per le piene del 1965 e del 1966.

avuto un progressivo deterioramento delle pendici per disboscamenti e azione incontrollata delle acque, che ha determinato rialzi anche notevoli degli alvei.

Altrettanto dicasi per i conoidi alluvionali attraverso cui questi corsi discendono nella pianura.

Nel medio Livenza invece, dopo la confluenza del Meduna, alcuni interventi vennero realizzati a partire dagli inizi di questo secolo, sia per rendere più agevole la navigazione, sia soprattutto a fini di bonifica. Si tratta di alcune rettifiche dell'alveo in corrispondenza ad anse del fiume che davano infiltrazioni negli abitati da Portobuffolè a S. Stino. Venne poi progressivamente realizzata l'arginatura di tutto il corso, però senza piani ben precisi e costringendo le acque entro limiti spesso troppo angusti.

Nel quadro di queste opere intese a consentire la bonifica di vasti territori agricoli va inserito il provvedimento, attuato nel 1934, di chiusura dello sfioratore denominato Borrida, che, ubicato nell'arginatura fra gli abitati di Meduna e Motta di Livenza, consentiva di far tracimare i colmi di piena, fino ad un massimo di circa 300 $m^3/s$, nel terreno soggiacente, che veniva allagato per un'estesa di 15-20 mila ettari e che ora costituisce la bonifica del Loncòn. Questo provvedimento, non accompagnato dalla già allora auspicata ritenuta di acque di piena nei territori montani, aggravò subito la situazione idraulica, sì che si dovette, per cercare di compensarlo, distogliere, due anni più tardi, dalla confluenza nel Livenza i due affluenti Fiume e Sile, che vennero portati a scaricarsi nel canale Postumia-Malghèr che fa parte del sistema del Lémene.

Più a valle il corso del Livenza è stato invece oggetto d'interventi sin dai primi decenni del 1600, con una disalveazione che da S. Giorgio immetteva il corso delle acque nel canale lagunare Traghettino, con un breve taglio rettilineo da Salute a Ca' Cottoni, distogliendo la foce dal porto di S. Giorgio presso Torre di Fine. Ciò si era reso necessario per la realizzazione del progetto di deviazione del Piave dalla Laguna di Venezia, per condurlo a sfociare, mediante il taglio di Piave Nuova, al porto di S. Margherita, 2 km a sud di Caorle. Tale sistemazione delle foci non risultò però duratura nè per il Livenza nè per il Piave;

dopo alcune rotte, verso la fine del secolo, il Piave ottenne la foce attuale di Cortellazzo, e il Livenza stabilizzò la sua foce al porto di S. Margherita.

Interessa altresì ricordare, tra le opere importanti riguardanti il corso del Livenza, lo scarico in esso attraverso il Meschio e la centrale di Cavolano di una portata fino a 45 $m^3/s$ dagli impianti idroelettrici del Piave-S. Croce.

Pure importante è la derivazione dal Livenza (con sostegno ad Albano di Motta) di una portata di 26 $m^3/s$ attraverso il canale Brian sul canale Piavon e quindi al Consorzio Brian per usi di irrigazione.

Numerose ed importanti opere sono state eseguite nella vasta rete di canali di pianura in destra ed in sinistra del Livenza, la cui complicata idrografia interessa particolarmente lo scolo di territori bonificati e la relativa difesa.

Un cenno particolare merita l'affluente Monticano, che nel Postglaciale costituiva saltuariamente una delle direttrici di deflusso del Piave e che è stato oggetto di difese arginali e di locali rettifiche.

### 13) Insufficienze della condizione attuale

Le recenti piene del settembre 1965 e del novembre 1966 hanno messo in crisi, dopo anni di relativa tranquillità, l'intero sistema idraulico del Livenza, denunciandone le gravi insufficienze di fronte al verificarsi di importanti piene.

Sono emerse chiaramente le insufficienze sia della parte montana sia di quella valliva dei corsi d'acqua del bacino, peraltro con caratteristiche ben differenziate.

A) *Per la parte montana* (corsi del Cellina, del Colvera e del Meduna), alle rilevanti portate defluenti si è associato, specie per la piena del 1966, un imponente e disordinato afflusso di materiale solido negli alvei, che in taluni punti hanno subìto rialzi rilevantissimi.

Al rialzo del fondo, associato con le elevate altezze idrometriche della corrente, si devono gli allagamenti e la rovina

di tratti stradali, abitazioni, opere di sostegno, ponti ed altri manufatti.

Gli inghiaiamenti risultano aggravati dalla presenza degli specchi d'acqua degli esistenti serbatoi idroelettrici.

Soprattutto delicata è emersa la situazione del Cellina a monte dello sbarramento di Barcis.

Nei conoidi alluvionali che seguono la chiusura del bacino montano del Cellina e del Meduna fino alla pianura, il corso è ancora torrentizio, dominato dalla vasta congerie di materiali di trasporto.

Le acque vi scorrono con andamento vagante corrodendo ora l'una ora l'altra sponda. Speciale interesse presenta l'estesa corrosione in sponda sinistra del Meduna fra la ferrovia pedemontana ed il ponte Sequals-Colle, ove ad ogni piena il piede dell'alta ripa viene scalzato, provocando il franamento. Verso il termine dei conoidi, per la scemata pendenza e la maggiore larghezza dell'alveo, il materiale più grosso si sedimenta con conseguente rialzo del letto; a questo proposito va rilevato il notevolissimo apporto del Cellina alla confluenza, per cui si sono dovuti più volte sopraelevare gli argini del Meduna.

Anche il fianco destro del Cellina, all'altezza di Cordenons, è soggetto alle azioni della corrente ed ha subìto una rotta nella piena del 1966.

B) *Per la parte valliva* (corso inferiore del Meduna e del Monticano, e corso del Livenza sino alla foce) il deflusso liquido assume preminente importanza rispetto al trasporto solido, che viene moderato al termine dei conoidi dalla forte riduzione di pendenza nella pianura. Le piene del 1965 e del 1966 hanno determinato rotte e inondazioni imponenti, specialmente nella media pianura ad opera del Meduna, e per rigurgito del Noncello e del Monticano nei comuni di Pordenone, Pasiano, Prata, Azzano Decimo, Motta di Livenza ed altri. Si può valutare che circa 4000 ha in Comune di Pordenone furono sommersi per rigurgito e rotte arginali nella piena del 1965 nelle zone di Prata e Visinale di Pasiano. Questi valori furono su-

perati nella piena del 1966, che provocò allagamenti anche nell'abitato di Pordenone e nella frazione Vallenoncello.

Queste rotte superiori hanno certamente alleggerito la situazione idraulica della bassa pianura (fiume Livenza), come del resto avveniva prima che le opere di delimitazione arginale impedissero l'espansione delle piene. Il bacino d'espansione « dei Gai » non bastò ad impedire peraltro rotte più a valle, ad esempio nel 1966 nella zona di S. Giovanni di Motta.

Le rotte sono chiaramente riconducibili ad insufficienza della sezione liquida, in relazione alla pendenza disponibile, per le portate defluenti.

Si sono a questo fine prese in esame alcune sezioni del Livenza nel tratto vallivo. Con l'applicazione delle formule del moto uniforme la capacità di portata raggiunge appena 1100 $m^3/s$.

Di fronte a portate in arrivo che, per la piena del 1966, possono valutarsi di 1550 $m^3/s$ (vedi § 11) si hanno capacità di portata di appena il 70 per cento.

Poichè la predetta piena del 1966, pur di entità assai rilevante, non deve considerarsi un evento del tutto eccezionale (vedi § 9), ci si domanda come l'alveo di questi corsi sia così insufficiente di fronte ad afflussi di piena che anche nel passato ben si sono potuti presentare.

La risposta sta, come per altri fiumi subalpini in analoghe condizioni, nella progressiva sottrazione di aree di allagamento in caso di piena, operata nel progresso agricolo e industriale degli ultimi decenni a mezzo di delimitazioni arginali. Si aggiunga l'incuria nel mantenere regolare e sgombra da impedimenti la sezione del canale fluviale, l'irrazionale costruzione di alcuni manufatti di attraversamento, e, per il Livenza, il discutibile provvedimento già accennato di soppressione dello sfioratore Borrida. Non va altresì dimenticato il processo di aggravamento delle portate nel corso di pianura dovuto alla diminuzione dei tempi di corrivazione delle acque che vi confluiscono lateralmente, per l'applicazione di più progredite tecniche nella sistemazione agricola dei terreni.

## 14) Indicazione dei provvedimenti di sistemazone

Si esamineranno anche qui distintamente, per la parte montana e per quella valliva del bacino, i provvedimenti di sistemazione più consigliabili.

### A) *Per la parte montana*

Dati gli effetti esaminati per la parte montana del bacino, è importante anzitutto conseguire una congrua diminuzione dell'erosione dei versanti e dell'apporto di materiale solido nelle valli.

A ciò devono provvedere opere di sistemazione idraulico-forestale, che sono indicate nel successivo § 15.

Non va trascurata peraltro, anche pel corso montano del Cellina e del Meduna, l'utilità della riduzione dei colmi di piena. Questa può essere ottenuta solamente per trattenuta in invasi a ciò predisposti, o eventualmente utilizzando i serbatoi preventivamente svasati, come più avanti sarà esposto ampiamente, essendo questi provvedimenti essenziali per moderare le piene nei tratti vallivi.

In proposito si deve far rilevare che, per il tratto montano, la sola riduzione dei colmi di piena, non associata alla sistemazione idraulico-forestale delle pendici, riuscirebbe forse più nociva che utile, in quanto diminuirebbe negli alvei la capacità di trasporto della congerie di detriti che ugualmente vi perverrebbe.

### B) *Per la parte valliva*

Date le insufficienze lamentate nei tratti vallivi canalizzati del Meduna e poi del Livenza, solo due soluzioni possono ravvisarsi, o la riduzione dei colmi di piena sì che le portate residue riescano esitabili dagli alvei, o l'aumento della capacità degli alvei sì che le massime prevedibili piene vi possano transitare.

Ma la seconda soluzione non appare, nel caso del Livenza,

attuabile. Si tratterebbe infatti non solo di ricavare maggior sezione liquida all'interno degli argini maestri, ma addirittura, in certi tratti, di un distanziamento di questi, oltre che nella rettifica delle curve ed anse più pronunciate. Questi dispendiosi lavori inciderebbero sensibilmente, e per lungo volgere di tempo, sulle attività economiche ed agricolo-industriali delle zone interessate.

Quanto si ritiene possibile eseguire per migliorare limitatamente la capacità di deflusso dei tronchi vallivi sarà indicato nel § 21.

Rimane pertanto solo la prima soluzione, e cioè quella di ridurre i colmi di piena prima del loro sbocco nella pianura.

A ciò può provvedersi con il criterio di trattenere per invaso le acque entro bacini di ritenuta artificiale, e a tal fine potranno seguirsi, congiuntamente o disgiuntamente, tre diversi indirizzi:

— l'utilizzazione dei serbatoi idroelettrici esistenti, come sarà esposto al § 17;

— la creazione di serbatoi nel tratto montano ad uso esclusivo di piena o a scopo multiplo, come sarà esposto nel § 18;

— l'utilizzazione di invasi golenali nel tratto vallivo, come sarà esposto al § 20.

E' stata anche presa in considerazione la proposta di deviare i colmi di piena del torrente Meduna (prima della confluenza col Cellina) nell'alveo del Tagliamento.

## 15) Opere di sistemazione idraulico-forestale

Gli studi svolti dall'Ispettorato Regionale di Padova del Corpo Forestale dello Stato per quanto concerne il bacino montano del Livenza ricadente in provincia di Treviso (20.900 ha) e dall'Assessorato dell'Agricoltura, delle Foreste e dell'Economia Montana della Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia per il restante bacino (84.275 ha), indicano i criteri da adottarsi per gli interventi di natura forestale, le ricostruzioni bo-

schive e l'impianto di nuovi boschi. Indicano inoltre le opere idraulico-forestali, sia di carattere intensivo, quali le opere di consolidamento degli alvei, longitudinali o trasversali, atte ad impedire l'erosione del fondo, e opere di rinsaldamento delle pendici franose, sia di carattere estensivo, volte cioè alla creazione della copertura vegetale, con cespugliamenti ed inerbimenti, da abbinarsi ad opere sussidiarie. Particolare importanza avranno le opere volte al buon governo delle acque anche in terreni da sistemare a pascoli e seminativi.

L'importo per le opere di sistemazione idraulico-forestale, per il trentennio 1969-1998, segnalato dalla Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia per il bacino dell'Alto Livenza in provincia di Pordenone, è di L. 24.300 milioni; per il bacino in provincia di Treviso viene segnalata la cifra di L. 1.012 milioni dal Corpo Forestale e di L. 1.374 milioni dall'Ufficio del Genio Civile; in totale pertanto L. 2.386 milioni. Il totale complessivo per il bacino del Livenza è di L. 26.686 milioni.

### 16) Capacita' di ritenuta dei serbatoi per la moderazione delle piene

Per valutare e dimensionare i serbatoi di ritenuta è necessario stabilire un criterio sulla massima piena cui riferirsi, e sulla capacità di portata accettabile nel corso vallivo.

Per quanto riguarda il primo punto, si deve rilevare come il solo riferimento alla portata massima al colmo non basti a qualificare una piena, specialmente poi se ci si riferisce alla possibilità di moderazione per ritenuta. L'andamento dell'idrogramma di piena può essere assai vario, possono presentarsi in successione più colmi di piena come nel 1965, il fronte di ascesa può essere ripido o moderato, la permanenza nel tempo di dati valori di portata può essere più o meno estesa.

Si dà il caso che le piene del 1965 e del 1966, che sono le sole conosciute con qualche dettaglio, presentino caratteri molto differenziati, così da potersi ascrivere a due tipi ben distinti. La piena del 1965, riferita ad esempio al Cellina, ha un

colmo di entità non eccezionale, che si presenta però seguito a breve intervallo da un colmo secondario di entità poco minore. La piena del 1966, il cui colmo è il massimo conosciuto, è caratterizzata da un diagramma tozzo ed espanso, con salita di pendenza moderata e con ripida discesa.

Si aggiunga che le piene del 1965 e del 1966 sono state originate da volumi di pioggia dello stesso ordine di grandezza (da 500 a 600 milioni di $m^3$); anche le intensità delle precipitazioni non risultano molto dissimili nei due eventi. Peraltro la situazione del 1966 si è presentata assai più sfavorevole, soprattutto per il maggior grado di imbibimento dei terreni e dell'andamento della pioggia; ed i riflessi di ciò si hanno nelle portate di piena che, come più sopra accennato, sono risultate assai più rilevanti nel 1966.

Tenuto conto di queste circostanze, è sembrato che, per i provvedimenti di ritenuta da studiare, il riferimento ad un ipotetico diagramma tipico di massima piena, peraltro mal delineabile date le esposte circostanze, fosse meno realistico che non il ricorso agli stessi idrogrammi del 1965 e del 1966, che rappresentano eventi gravosi ed effettivamente accaduti. Ciò anche in armonia con gli indirizzi generali della Commissione interministeriale di studio, che consiglia di assumere come riferimento la piena del 1966, in quanto effettivamente superiore alle altre piene conosciute.

La piena del 1965 è stata sopportata al limite (salvo trascurabili esondazioni) dal sistema idrografico Meduna-Livenza con una portata al colmo valutata a Motta di Livenza di 1272 $m^3/s$.

Quella del 1966 invece ha dato luogo a rilevanti esondazioni per superamento e rotta degli argini; a Motta di Livenza si è potuto ricostruire che si sarebbe avuta una ipotetica portata al colmo di 1550 $m^3/s$ qualora non fossero avvenute le rotte.

Se si confrontano gli idrogrammi di piena del 1965 e del 1966 a Motta di Livenza si rileva che per portare il colmo di piena del 1966 allo stesso valore di quello del 1965 sarebbe stata necessaria una trattenuta in loco (cioè in pianura) di un volume (relativo al colmo) dell'ordine di $35 \cdot 10^6$ $m^3$.

Se invece la ritenuta dovesse operarsi nei bacini montani, per ottenere lo stesso risultato la capacità dei serbatoi montani dovrebbe essere assai maggiore. Lo si vede, a titolo approssimativo, confrontando fra loro i volumi defluiti all'uscita dai rispettivi bacini montani per il Cellina e per il Meduna nelle piene del 1965 e del 1966.

Risulta una differenza in più nel 1966 di circa 25 . $10^6$ $m^3$ per il Cellina e di oltre 50 . $10^6$ $m^3$ per il Meduna; sommando insieme, pertanto, si rileva una capacità necessaria dell'ordine di 75 . $10^6$ $m^3$ e cioè più del doppio del valore di cui si sarebbe dovuto disporre per una ritenuta in pianura.

La circostanza è spiegabile, com'è noto, per il maggior effetto di laminazione che un serbatoio di pari capacità posto più a valle determina in confronto di uno posto più a monte. Ma nel caso del Livenza non è normale la differenza fra la capacità che si richiede a monte (e cioè per una ritenuta che si realizzi nei bacini montani prima dello sbocco delle acque nei conoidi alluvionali) e quella che si richiede a valle (e cioè al termine dei conoidi nella pianura) per ottenere lo stesso beneficio. Nel Livenza è infatti enorme l'imbibimento e la temporanea capacità di ritenuta dei conoidi alluvionali nei quali sboccano i corsi d'acqua montani, per cui il Livenza in sostanza riceve (fortunatamente) solo con un notevole ritardo le acque precipitate nel bacino. Ne risulta una riduzione delle portate anche a meno della metà di quelle che altrimenti affluirebbero al Livenza dai bacini montani.

Si intravvede pertanto da quanto sopra che una complessiva ritenuta di 75÷80 . $10^6$ $m^3$ nei bacini montani sarebbe in grado di riportare la piena eccezionale del 1966 ai valori tollerabili di quella del 1965.

Si dovrebbero così conseguire i seguenti valori limite delle portate che sono stati valutati in base alle condizioni attuali dell'alveo con modesta regolarizzazione, come d'intesa con gli Uffici del Genio Civile competenti, e cioè:

— per il Meduna a valle della confluenza con il Cellina una portata di 1300 $m^3/s$;

— per il Livenza a valle della confluenza con il Meduna una portata di 1100 $m^3/s$.

La possibilità di riduzione delle portate nel Livenza al valore di 1100 $m^3/s$ sopra indicato è consentita sfruttando adeguatamente la depressione naturale detta « dei Gai » come bacino di espansione, regolato come sarà trattato nel § 20.

Nei § 17 e 18 verranno invece prese in considerazione le varie possibilità di ritenuta nei bacini montani per moderazione delle piene, e cioè:

— utilizzazione dei serbatoi idroelettrici esistenti con uno svaso preventivo;

— costruzione di nuovi serbatoi con finalità solo di piena;

— costruzione di nuovi serbatoi a fini multipli.

## 17) Utilizzazione dei serbatoi idroelettrici esistenti per moderazione delle piene

I serbatoi esistenti, già accennati al § 14, presentano le seguenti caratteristiche (situazione attuale tenendo conto degli interrimenti):

| *Corso d'acqua* | *Serbatoio* | *Capacità utile attuale* |
|---|---|---|
| Cellina | Barcis | 18 . $10^6$ $m^3$ |
| Meduna | Ca' Zul | 9,4 . $10^6$ $m^3$ |
| Silisia (Meduna) | Ca' Selva | 32 . $10^6$ $m^3$ |
| Meduna | Ponte Racli | 20 . $10^6$ $m^3$ |

Se considerati al *massimo invaso* al sopraggiungere di una piena, essi consentono una modesta laminazione, che può valutarsi al massimo di 150 $m^3/s$ a Barcis.

Si considera ora la possibilità di uno *svaso preventivo,* cioè che si disponga di un volume di ritenuta, al sopravvenire di una piena, destinato ad accoglierne il colmo. Dato il periodo di prevalente ricorrenza delle maggiori piene (vedi § 11), si ritiene sufficiente che i serbatoi si trovino svasati dal 1° settem-

bre fino al 30 novembre di ogni anno. Ciò significa che, mentre attualmente i serbatoi vengono regolati per sopperire alle esigenze delle erogazioni irrigue al Consorzio Cellina-Meduna, si deve accelerare il loro vuotamento e successivamente rinunciare, fino alla fine di novembre, ad invasarvi le acque fluenti.

Si riassumono qui i risultati di un ampio studio sulla capacità di moderazione del sistema di serbatoi montani esistenti, di fronte a piene come quelle del 1965 e del 1966.

*a*) Se si considera di disporre degli *scarichi* di fondo e di superficie *attualmente esistenti,* e di praticare preventivi svasi completi dei serbatoi di Barcis e di Ponte Racli, il colmo di piena del 1966 si riduce nel Livenza in misura non adeguata all'entità notevole degli invasi resi disponibili, data l'insufficienza degli *scarichi di fondo* di cui i serbatoi sono forniti.

*b*) Se si associa agli svasi preventivi dei serbatoi un *aumento della capacità degli scarichi,* la portata residua, a valle della confluenza Cellina-Meduna, può rientrare nel limite predetto di 1300 $m^3/s$.

Gli aumenti necessari degli scarichi sarebbero però i seguenti:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Barcis | dagli attuali | 320 $m^3/s$ | a circa | 1050 $m^3/s$ |
| Ca' Zul | » | » 65 $m^3/s$ | » | » 250 $m^3/s$ |
| Ponte Racli | » | » 180 $m^3/s$ | » | » 850 $m^3/s$ |

(portate riferite al massimo invaso).

Il costo delle opere per i nuovi scarichi, sommariamente valutato, è da 1500 a 2000 milioni di lire, a cui si deve aggiungere un indennizzo per alcuni mesi di inattività dei serbatoi durante la costruzione degli imbocchi.

Per quanto riguarda gli indennizzi all'Ente concessionario, si è cercato di valutare la riduzione della potenza delle centrali conseguente agli svasi, riferendola alla settimana di massimo carico, e la mancata produzione d'energia invernale, tenendo conto della riduzione del salto.

Basandosi su un costo annuo del kW di L. 10.600 e su un equivalente termico del kWh di L. 2,60 risulterebbero le seguenti cifre all'anno:

| *Serbatoio* | *Volume svasato* ($10^6$ m$^3$) | *Energia perduta* (*GWh*) | *Potenza perduta* (*MW*) | *Costo annuo* (*milioni di Lire*) |
|---|---|---|---|---|
| Barcis | 18,0 | 7,0 | 11,0 | 118 |
| Ponte Racli | 20,0 | 4,3 | 6,0 | 65 |
| Ca' Selva | 19,0 | 8,8 | 3,4 | 59 |
| Ca' Zul | 9,4 | 5,5 | 4,9 | 66 |
| | 66,4 | 25,6 | 25,3 | 308 |

La capacità complessiva di ritenuta di 66,4 . $10^6$ m$^3$ non è molto lontana dal valore di 75 ÷ 80 . $10^6$ m$^3$ che si è stimato come necessario per moderare una piena come quella del 1966 (vedi § 16). Pertanto il provvedimento dello svaso dei serbatoi esistenti con adeguato aumento della portata di scarico può offrire un sufficiente grado di sicurezza. Conviene però aggiungere che questo provvedimento *non può essere considerato, per ragioni di economia generale, come una soluzione definitiva,* in quanto, a parte il necessario indennizzo o reintegro ai concessionari degli impianti, menoma la possibilità di disporre di una fonte autonoma di energia e riduce notevolmente i benefici dell'irrigazione a territori agricoli che da questa fondamentalmente dipendono.

Può essere invece valutato positivamente il pur limitato contributo di laminazione delle piene che, senza l'aumento della capacità degli scarichi, gli svasi preventivi dei serbatoi possono ugualmente consentire, *nel quadro di un immediato intervento,* che sarebbe consigliabile assumere per tutto il periodo in cui ancora non siano realizzati altri più consoni provvedimenti. Dovrà peraltro risolversi il problema, per i serbatoi sul Meduna da cui derivano gli impianti idroelettrici della S.A.I.C.I. (ora Snia Viscosa), di una fornitura sostitutiva ed equivalente del-

l'energia non producibile, per evitare la fermata degli importanti stabilimenti alimentati.

### 18) Costruzione di nuovi serbatoi di piena

La creazione di nuovi serbatoi di trattenuta per la moderazione dei colmi di piena del Cellina e del Meduna può essere concepita:

*a*) come provvedimento a sè, con la costruzione di opere aventi il solo ufficio di trattenuta dei colmi (*serbatoi di piena*), indipendentemente da ogni altra finalità di utilizzazione idroelettrica od irrigua;

*b*) come provvedimento connesso alle finalità idroelettriche od irrigue, riservando solo una parte delle capacità d'invaso alla moderazione dei colmi di piena (*serbatoi a fini multipli*).

*Soluzione* a) - *Creazione di nuovi serbatoi con finalità solo di piena*

L'esame della situazione morfologica e delle condizioni geologiche delle valli del Cellina, del Meduna e dei rispettivi affluenti ha mostrato la possibilità e la convenienza di eseguire serbatoi di trattenuta (vedi Fig. 7) nelle seguenti località:

sul Cellina in località Cellino (poco a valle della confluenza del Cellina col Settimana e col Cimoliana);

sul Cellina in località Mezzo Canale (circa a metà distanza tra Cellino e Barcis);

sul Cellina in località Ponte Ravedis (all'uscita del Cellina dal bacino montano);

sul Meduna in località La Clevata (subito a monte del serbatoio di Ponte Racli);

sul Meduna in località Colle (circa 6,5 km a valle dell'uscita dal bacino montano).

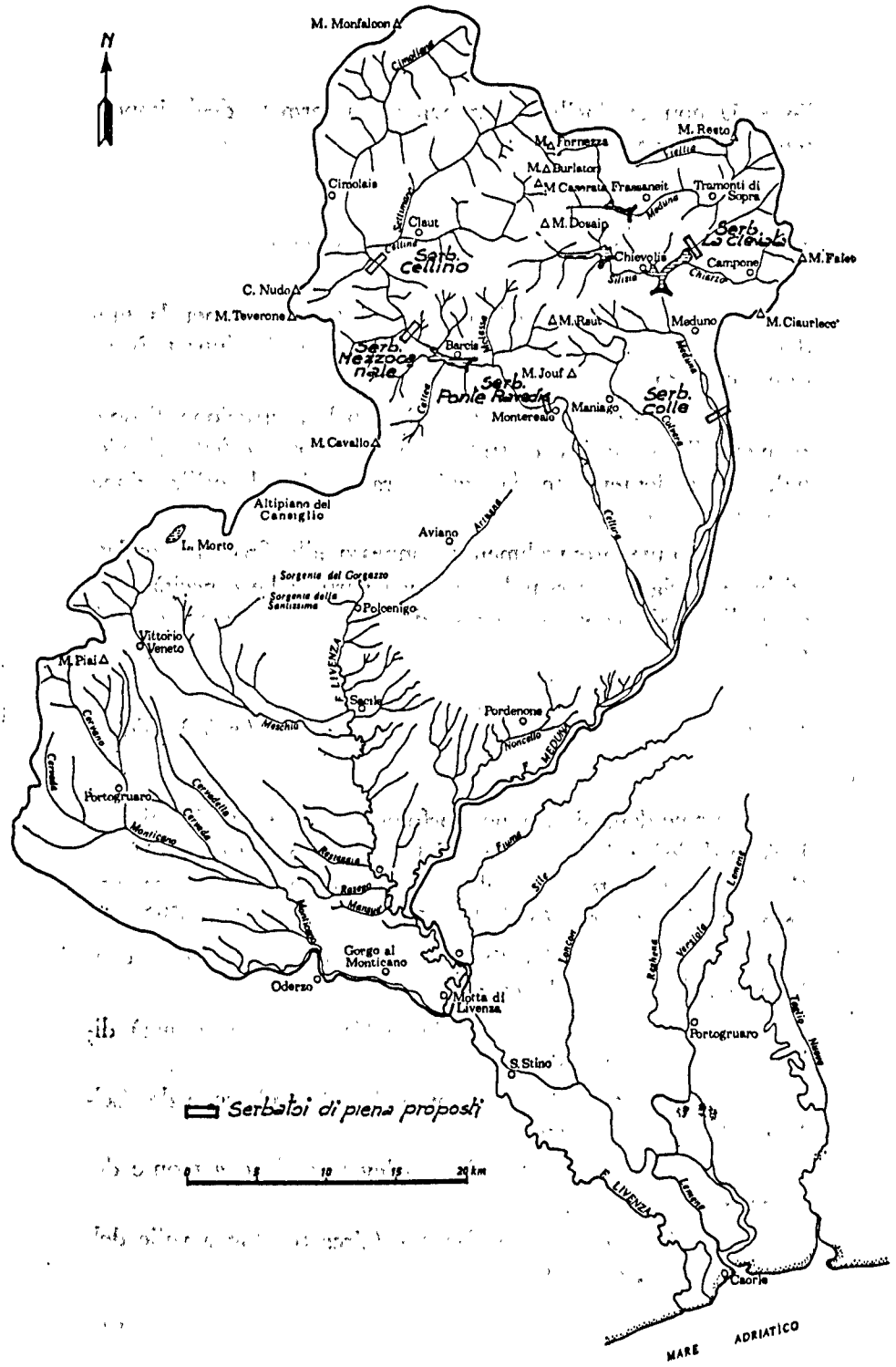



Fig. 7 - Corografia del bacino montano del Livenza con i serbatoi di piena proposti.

La possibilità di alcuni di questi serbatoi era stata già contemplata in precedenti studi di progetto, con il concetto di adibire gli stessi, oltre alle preminenti finalità elettro-irrigue, anche alla moderazione delle piene. In particolare i serbatoi di Mezzo Canale e di Ponte Ravedis sul Cellina fanno parte di un progetto esecutivo per l'utilizzazione delle portate del torrente Cellina a scopo irriguo ed industriale, presentato nel 1959 dagli Enti elettrici interessati e dal Consorzio Cellina-Meduna. Il serbatoio di La Clevata sul Meduna fa parte di un progetto presentato dal Consorzio di bonifica Cellina-Meduna nel 1956 per lo sfruttamento a scopo idroelettrico ed irriguo delle acque del torrente Meduna.

Conviene qui ricordare che *un serbatoio a finalità esclusivamente di piena* deve venir concepito con il criterio di invasare e trattenere solo i colmi delle maggiori piene, così sfruttando nel miglior modo la propria capacità di invaso ai fini della moderazione. L'opera di sbarramento dovrà essere perciò provvista di grandi luci di fondo, da mantenere normalmente aperte, sì da lasciar defluire le acque correnti pressochè nelle condizioni naturali. In tal modo tutta la congerie di materiali di trasporto può proseguire liberamente il suo cammino a valle, senza provocare inghiaiamenti nella zona del serbatoio. Solamente nel caso di una piena, la cui portata ecceda uno stabilito limite di sicurezza, si provvederà ad invasare chiudendo gradualmente le luci, così da non superare a valle questo limite. Il serbatoio verrà poi con cautela vuotato nella fase discendente della piena.

Per quanto sopra, un serbatoio così concepito ha probabilità di entrare in funzione assai raramente, e cioè in occasione delle piene straordinarie, ed ogni volta si manterrà invasato per un numero non grande di ore. La tenuta del serbatoio non è elemento da prendere in considerazione, semprechè sia garantita la stabilità dell'opera di sbarramento.

Con uno sbarramento nelle località sopra indicate, si potrebbero conseguire per il Cellina (a Cellino, a Mezzo Canale e a Ponte Ravedis) degli invasi dell'ordine di $25 \cdot 10^6$ m$^3$ ciascuno. L'altezza dello sbarramento sarebbe di circa 48 m a

Cellino, mentre sarebbe di circa 56 m a Mezzo Canale e di circa 55 m a Ravedis.

Il serbatoio di Mezzo Canale potrebbe portarsi alla capacità di 50 . $10^6$ $m^3$, alzando l'altezza della diga a 80 m, come nel progetto per utilizzazione elettro-irrigua.

Per il Meduna il serbatoio di La Clevata consente un invaso di 35 . $10^6$ $m^3$ con un'altezza della diga di 35 m. Quello di Colle, con un'altezza di 27 m della diga, realizza un invaso di oltre 50 . $10^6$ $m^3$.

Nei riguardi del Cellina, la scelta per un serbatoio di trattenuta delle piene sembra doversi limitare a Cellino e a Mezzo Canale, perchè il serbatoio di Ravedis ha una particolare importanza per la regolazione delle acque ad uso irriguo, secondo gli intendimenti del Consorzio Cellina-Meduna.

Per lo sbarramento di Mezzo Canale non vi sono difficoltà di ordine geologico e gli studi di progetto eseguiti per la sua utilizzazione elettro-irrigua possono in parte essere utilizzati anche per la destinazione ad uso di piena. Uno dei fattori da tenere in considerazione è lo spostamento che si rende necessario della strada della Valcellina, che richiede, oltre a notevole dispendio, anche un tempo rilevante di esecuzione.

Si ritiene opportuno menzionare che, dato il rilevante volume di invaso che si può realizzare nel serbatoio, una piccola capacità (dell'ordine di una decina di milioni di $m^3$) potrebbe in esso essere riservata ai fini irrigui del Consorzio.

Per lo sbarramento di Cellino, da un punto di vista geologico, si deve lamentare la non buona tenuta della roccia d'imposta, ai lati del futuro sbarramento; questo però non è motivo tale da pregiudicare la costruzione di un serbatoio destinato a trattenere saltuariamente i colmi di piena. Anche per Cellino, seppure in misura minore che per Mezzo Canale, lo spostamento della sede stradale costituisce impegno notevole.

Per il Meduna non si hanno elementi geologici per poter dare un giudizio sicuro sulla possibilità di realizzare il serbatoio di Colle, di cui esiste uno studio di massima dell'ing. E. Armellin, per conto del Consorzio per lo Sviluppo Agricolo-Industriale del Basso Livenza.

Per il serbatoio di La Clevata si ricorda che il progetto per

finalità elettro-irrigue era stato studiato dall'ing. A. Vecellio nel 1959; in questi ultimi tempi sono state avanzate però riserve di vario genere che sarà necessario appurare. Il serbatoio di La Clevata può consentire un piccolo accumulo da destinarsi ad uso irriguo.

Nel confronto fra un serbatoio in località La Clevata ed uno a Colle, va tenuto presente, a favore di quest'ultima località, che con la stessa altezza della diga vi si realizzano maggiori invasi; inoltre l'ubicazione più a valle, come quella di Colle, dà, a parità di volume, effetti più favorevoli di moderazione delle piene, pur con l'onere di dover scaricare maggiori portate con gli scarichi di fondo.

Va tenuto presente che il serbatoio di Colle, a differenza dagli altri (anche sul Cellina), non ha possibilità di accumulo permanente, ma solo di ritenuta temporanea delle acque, essendo il fondo costituito da permeabilissimo materiale alluvionale dei conoidi. Non sembra potersi contare su una capacità subalvea di accumulo che si aggiunga al vero e proprio invaso, perchè, anche senza il serbatoio, il subalveo assorbe normalmente le acque di piena e ne determina un rilevante effetto moderatore. D'altra parte la maggior velocità di filtrazione, che con l'invaso nel serbatoio sarebbe dovuta al carico idrostatico, potrebbe accelerare il recapito delle portate sotterranee al Meduna-Livenza ed aggravarne eventualmente il colmo di piena.

Come considerazione generale si fa presente che l'esercizio di un serbatoio costruito ai fini di sola trattenuta delle piene, e quindi soggetto solo ad invaso saltuario ad intervalli di un anno e più, dovrà essere condizionato da una diretta conoscenza degli elementi idrologici della piena che sopravviene, a cui dovrebbe provvedere, anche con rapide segnalazioni a distanza, una rete di osservazioni pluviometriche ed idrometriche assai più fitta ed efficiente dell'attuale.

Sarà opportuno costituire un apposito Ufficio distaccato del Servizio Idrografico del Magistrato alle Acque, avente il compito di reperire ed interpretare i dati idrologici di misura, di curare la sorveglianza e la manutenzione dei serbatoi e di provvedere alle operazioni necessarie in caso di piena.

Si segnala inoltre che un aspetto delicato dell'esercizio potrebbe essere costituito dal repentino riempimento che nel sopravvenire della piena cimenterebbe, anche con effetti dinamici, le strutture murarie e la roccia; per evitare ogni pericolo sarà opportuno che tali serbatoi vengano ripetutamente invasati e svasati a titolo sperimentale, collaudando in queste condizioni il funzionamento degli organi di regolazione.

La stabilità delle sponde dei bacini di fronte alle alternanze di riempimento e svuotamento, in caso di piena, è argomento che dovrà essere attentamente valutato nelle obiettive circostanze. A questo riguardo si fa presente che il serbatoio di Colle avrà sponde di altezza molto limitata e quindi si trova probabilmente in condizioni vantaggiose rispetto agli altri bacini.

Il costo dei proposti sbarramenti, comprensivo degli oneri di esproprio, spostamento di sedi stradali e di eventuali canali e centrali idroelettriche, e di ogni altro indennizzo, può, a titolo di massima, valutarsi come segue:

*Torrente Cellina*

| | | |
|---|---|---|
| Serbatoio di Cellino | ($25 \cdot 10^6$ m$^3$) | L. 4500 milioni |
| Serbatoio di Mezzo Canale | ($25 \cdot 10^6$ m$^3$) | L. 4000 milioni |
| Serbatoio di Mezzo Canale | ($50 \cdot 10^6$ m$^3$) | L. 5500 milioni |

*Torrente Meduna*

| | | |
|---|---|---|
| Serbatoio di La Clevata | ($35 \cdot 10^6$ m$^3$) | L. 3500 milioni |
| Serbatoio di Colle | ($50 \cdot 10^6$ m$^3$) | L. 3000 milioni |

*Soluzione* b) - *Costruzione di nuovi serbatoi a fini multipli*

Per le *piene del Cellina* esiste la possibilità di soddisfare alle esigenze di trattenuta dei colmi con serbatoi a fini multipli, e cioè realizzando la costruzione dei nuovi serbatoi di Mezzo Canale e di Ponte Ravedis, che fa parte del progetto di utilizzazione generale presentato nel 1959. A questo fine l'ENEL, subentrato di diritto, col Consorzio Cellina-Meduna, nella ri-

chiesta di concessione, ha fornito importanti elementi di valutazione.

Senza alterare sostanzialmente il progetto di questi serbatoi, si potrà destinare in essi, al disopra delle quote di massimo invaso, una fascia di circa 3 m di altezza, invasabile solo dai colmi di piena. Altrettanto potrà farsi nell'esistente serbatoio di Barcis con qualche modifica degli organi di scarico. Si otterrà così una capacità di ritenuta disponibile dell'ordine di $20 \cdot 10^6$ m$^3$, e cioè pari a quella che potrebbe essere realizzata con uno svaso completo preventivo dell'esistente serbatoio di Barcis.

A parte le considerazioni economiche, il confronto fra la regolazione usando la fascia superiore dell'invaso in due o tre serbatoi a scopo multiplo e quello ottenibile svasando completamente l'attuale serbatoio di Barcis (con gli scarichi maggiorati) è, da un punto di vista idraulico-fluviale, favorevole alla prima soluzione. Infatti, poichè il serbatoio di Barcis dovrebbe accogliere una piena gravosa mantenendosi sin quasi all'ultimo svasato, la deltazione da materiale di fondo si spingerebbe in esso ben avanti fin verso la diga, cosicchè dopo pochi eventi di piena esso sarebbe destinato ad interrarsi quasi completamente, perdendo quindi la propria efficacia (e pregiudicando la residua utilizzazione idroelettrica). Destinando invece per l'accoglimento dei colmi di piena solo gli ultimi metri di ritenuta nel sistema di più serbatoi, la deltazione resterebbe limitata (a meno di eventualità non frequenti) alla parte estrema più lontana dalla diga, e la vita utile dei serbatoi risulterebbe alquanto prolungata.

Si fa presente che la soluzione proposta, a differenza da quella degli svasi preventivi, permette di moderare colmi di piena che avvengano in qualsiasi periodo dell'anno, quindi anche al di fuori del periodo critico ottobre-novembre.

Si ritiene che l'aumento del sovrainvaso a 3 m, cioè superando di solo 1 m il livello di massima piena normalmente previsto per il funzionamento degli scaricatori di superficie, sia consentito, salvo un diverso responso degli esami di controllo, con strutture murarie del tipo a volta, esistenti o progettate per i suddetti serbatoi.

L'onere da incontrare sarebbe pertanto solo quello di dotare il serbatoio di Barcis di scarichi di alleggerimento opportuni, e di modificare il progetto degli altri due serbatoi per consentire un tale analogo provvedimento. Questi oneri, che evidentemente risulterebbero a carico dello Stato, si possono valutare da L. 1200 a L. 1500 milioni.

Poichè la capacità di trattenuta di circa $20 \cdot 10^6$ m$^3$ che così verrebbe offerta fa risparmiare di altrettanto la capacità da assegnare a serbatoi di piena di nuova costruzione, parte del vantaggio finanziario che lo Stato incontrerebbe potrebbe essere devoluta ad aumento del contributo statale per la costruzione dei predetti serbatoi, con la contropartita dell'impegno, da parte dell'ENEL e del Consorzio, di dare sollecito avvio alla costruzione delle opere. Poichè il progetto anche esecutivo dei serbatoi è già approntato e si tratta solo di inserirvi le esposte modifiche degli scarichi di alleggerimento, si ritiene che nel termine di tre anni circa dalla definizione amministrativa l'opera possa essere compiuta e diventi attiva per la moderazione delle piene.

Analoga proposta potrebbe farsi per l'*asta del Meduna,* realizzando a scopo elettro-irriguo, come già nel progetto avanzato per la concessione, il serbatoio di La Clevata, e provvedendo per questo nuovo serbatoio e per quello esistente di Ponte Racli adatti scarichi regolati superficiali per consentire l'immagazzinamento dei colmi di piena nella fascia di circa 3 m al disopra della quota di max invaso. Però la capacità complessiva così disponibile sarebbe del tutto inadeguata alle esigenze del contenimento dei colmi di piena del torrente Meduna.

### 19) Orientamenti e proposte per la trattenuta delle piene nei bacini montani

Si è visto nel § 16 come una capacità di ritenuta di $75 \div 80 \cdot 10^6$ m$^3$, convenientemente ripartita fra l'asta del Cellina e quella del Meduna, possa assicurare una riduzione delle portate di una piena come quella del 1966 a valori sopportabili dal sistema fluviale Meduna-Livenza convenientemente miglio-

rato. Si sono poi esposte nei § 17 e 18 le capacità che è possibile ottenere nei due bacini idrografici predetti, sia con uno svaso preventivo dei serbatoi idroelettrici esistenti, sia con la costruzione di nuovi serbatoi ad uso esclusivo di piena o a fini multipli.

Non è compito facile, data la complessità e varietà delle situazioni e degli interessi, stabilire sin d'ora quale dovrà essere la soluzione più conveniente. Si ritiene comunque di formulare a titolo di orientamento alcune proposte, premesso che non si ritiene possibile usufruire di uno svaso preventivo dei serbatoi esistenti *come provvedimento definitivo*, per le ragioni già accennate nel § 17.

Va anzitutto precisato che non si ritiene possibile provvedere alla moderazione delle piene dell'intero sistema del Livenza operando la ritenuta solo sull'asta del Meduna. Occorre invece ripartire fra il Cellina e il Meduna le capacità di ritenuta da realizzare, e, se si deve dare un ordine di priorità, assegnarlo al Cellina per il quale le piene sono più frequenti e gravose.

Pertanto, in quest'ordine di idee, non sembra doversi prendere in considerazione la proposta, recentemente avanzata, di spingere la moderazione delle piene del Meduna non solo colla trattenuta nel serbatoio di Colle, ma anche con un canale diversivo che, utilizzando in parte l'alveo del torrente Cosa, dovrebbe scaricare in Tagliamento. In proposito è anche da rilevarsi che una diversione dei colmi di piena nel Tagliamento, concomitante come di norma alle piene proprie di questo fiume, aggraverebbe certamente le sue condizioni idrauliche nei riflessi soprattutto del tratto vallivo e dell'abitato di Latisana. Nè il rilievo perde importanza se l'immissione nel Tagliamento viene subordinata all'ipotetica realizzazione del serbatoio di Pinzano, proposto a moderare le piene di quest'ultimo fiume.

Scartata pertanto l'idea di ottenere sul solo Meduna la trattenuta delle acque di piena per il sistema del Livenza, si presentano, tra le altre, le seguenti possibilità:

*a*) nell'ipotesi che si possa realizzare il serbatoio di Colle sul Meduna per una capacità di $50 \cdot 10^6$ m$^3$, è sufficiente integrare nel Cellina con una capacità di circa $30 \cdot 10^6$ m$^3$. Que-

sta è ottenibile dal sovrainvaso di 3 m, e l'aggiunta di qualche svaso preventivo, nel sistema di serbatoi di Mezzo Canale-Barcis-Ravedis, qualora i serbatoi di Mezzo Canale e di Ravedis vengano realizzati per il progettato uso elettro-irriguo. La stessa capacità è ottenibile costruendo, nell'eventualità opposta, il serbatoio di Mezzo Canale ad uso esclusivo di piena per un'altezza limitata della diga (inferiore a 50 m), ovvero quello di Cellino;

*b*) nell'ipotesi che non si possa realizzare il serbatoio di Colle sul Meduna, e che si possa realizzare invece nello stesso bacino quello di La Clevata che ha minore capacità ($35 \cdot 10^6$ m$^3$), occorrerà aumentare sino a $45 \cdot 10^6$ m$^3$ le capacità di ritenuta sul Cellina. Lo scopo potrà essere raggiunto realizzando ad uso esclusivo di piena il serbatoio di Mezzo Canale quasi per l'altezza massima di 80 m, ovvero realizzando il serbatoio di Cellino ed associando ad esso il sovrainvaso nei serbatoi di Mezzo Canale-Barcis-Ravedis, qualora si realizzasse la progettazione elettro-irrigua.

Sembrano queste le possibilità di ottenere le moderazioni desiderate nel sistema del Livenza, e cioè in sostanza di ridurre la portata nel Meduna di pianura a non più di 1300 m$^3$/s anche per un evento catastrofico come quello del 1966.

I dati di costo complessivi mostrano come sarebbe più conveniente realizzare per il Meduna il serbatoio di Colle, e provvedere per il Cellina con il sovrainvaso nei serbatoi da costruire ad uso elettro-irriguo, ed eventuale svaso aggiuntivo in essi limitato ad un piccolo volume. L'importo di questa soluzione sarebbe di circa L. 5000 milioni.

Le altre soluzioni, sempre riferite alla realizzazione del serbatoio di Colle, presentano costi di L. 7000÷7500 milioni.

Più gravosa è la situazione qualora in luogo del serbatoio di Colle si debba realizzare quello di La Clevata, perchè allora i costi complessivi della moderazione aumentano a L. 8500÷9500 milioni.

Nella Tabella degli importi delle sistemazioni, qui allegata, viene esposto per i serbatoi di attenuazione, a titolo prudenziale, l'importo di L. 9000 milioni.

| | BACINO PRINCIPALE: Livenza Km² 2.008 | | | | Importi delle sistemazioni previste (in milioni di lire) | | | | | | | Importi per opere di manutenzione (in milioni di lire) | Spese per rilievi, studi e progettazioni (in milioni di lire) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Corso d'acqua | Estremi del tratto | Superficie (Km²) parziale | Superficie (Km²) complessiva | Opere idrauliche | Serbatoi di attenuazione | Opere idrauliche forestali | Opere idrauliche agrarie | Bonifiche | Difesa dei litorali | Totali | | |
| Importi complessivi per il trentennio 1969-1998 | Alto Livenza | bacino montano compresi il Cellina e il Meduna fino alla loro confluenza | 748 | | — | 9.000 | 25.312 | 1.650 | — | — | 35.962 | 5.000 | 850 |
| | Monticano ed affluenti | | 325 | | 4.250 | — | 1.374 | 639 | 805 | — | 7.068 | 1.500 | 150 |
| | Basso Livenza, affluenti di pianura, e corsi minori tra Livenza e Tagliamento | | — | 2.700 | 12.697(*) | — | — | 10.520 | 22.345 | 979 | 46.541 | 8.200 | 950 |
| | | Totali | | | 16.947 | 9.000 | 26.686 | 12.809 | 23.150 | 979 | 89.571 | 14.700 | 1.950 |
| Importi per il 1° quinquennio 1969-1975 | Alto Livenza | | | | — | 9.000 | 7.315 | 600 | — | — | 16.915 | 1.000 | 350 |
| | Monticano | | | | 1.280 | — | 500 | 200 | 405 | — | 2.385 | 350 | 50 |
| | Basso Livenza e corsi minori | | | | 4.510(*) | — | — | 3.400 | 11.720 | 293 | 19.923 | 2.450 | 325 |
| | | Totali | | | 5.790 | 9.000 | 7.815 | 4.200 | 12.125 | 293 | 39.223 | 3.750 | 725 |
| Importi per il 2° decennio 1976-1985 | Alto Livenza | | | | — | — | 3.264 | 450 | — | — | 3.714 | 1.700 | 175 |
| | Monticano | | | | 1.500 | — | 874 | 200 | 200 | — | 2.774 | 450 | 60 |
| | Basso Livenza e corsi minori | | | | 2.400 | — | — | 2.400 | 6.830 | 350 | 11.980 | 1.900 | 375 |
| | | Totali | | | 3.900 | — | 4.138 | 3.050 | 7.030 | 350 | 18.468 | 4.050 | 610 |

(*) L. 1.000 milioni sono previsti per il bacino di espansione del Gai.

Poichè il tempo tecnico di realizzazione delle nuove opere deve stimarsi di almeno 3 anni, *come provvedimento temporaneo* per rendere meno pericolosa la situazione nei corsi a valle non si ravvisa altra soluzione che quella dello svaso preventivo dei seguenti serbatoi esistenti:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Barcis sul Cellina | svaso | completo | di 18 | . $10^6$ m$^3$ |
| Ca'Zul sul Meduna | » | » | di 9,4 | . $10^6$ m$^3$ |
| Ca' Selva sul Silisia (Meduna) | » | » | di 19 | . $10^6$ m$^3$ |
| Ponte Racli sul Meduna | » | » | di 20 | . $10^6$ m$^3$ |

Questo svaso preventivo non comporta peraltro il puro e semplice indennizzo agli Enti concessionari per la diminuzione della potenza garantita e dell'energia di produzione degli impianti, ma pone il problema di una fornitura sostitutiva equivalente agli stabilimenti alimentati da questi impianti (di proprietà della S.A.I.C.I., ora Snia Viscosa), che altrimenti dovrebbero subire un prolungato arresto.

### 20) Utilizzazione di bacini d'espansione e invasi golenali nel Livenza

Oltre ai provvedimenti da adottare nel bacino montano per ridurre l'entità dei colmi di piena, provvedimenti già specificati nei precedenti paragrafi, si possono utilizzare allo stesso fine lungo l'asta del Livenza delle aree che già attualmente vengono inondate, non appena il pelo libero del fiume supera la quota del modesto ciglio arginale. La più importante di tali espansioni è quella di Pra' dei Gai, che si estende in destra del Livenza, prima della confluenza col Meduna, tra gli abitati di Portobuffolè e di Tremeacque.

Per una migliore utilizzazione dell'invaso dei Gai bisognerebbe creare uno sfioratore laterale, opportunamente calibrato, con la soglia a quota sufficientemente elevata, sicchè all'onda di piena che si ha in Livenza venga sottratto solamente il colmo.

Con questa quota di sfioro, arginando in relazione ad essa l'intera espansione, il volume risulta di circa 29,5 . $10^6$ $m^3$, come discende da un'accurata livellazione. Peraltro il volume realizzabile per l'immagazzinamento dei colmi del Livenza si deve ridurre a soli 26 . $10^6$ $m^3$, per tener conto del volume che in caso di piena verrebbe occupato dalle acque del piccolo collettore Rasego, che ivi immette nel Livenza.

Con tale volume si calcola di poter moderare di 300 $m^3/s$ circa il colmo di una piena del Livenza che abbia una durata di 36 ore, valore da ritenersi cautelativo. Pertanto, se con la regolazione nei serbatoi montani la piena del Meduna si riduce a 1300 $m^3/s$ circa, si ritiene che con la regolazione dell'espansione dei Gai si possa avere nel Livenza a valle della confluenza un valore non superiore a 1100 $m^3/s$ circa (tenuto conto dell'apporto proprio del Livenza e di quello del Monticano in fase di decrescita delle piene).

Il costo della sistemazione del bacino d'espansione dei Gai può stimarsi di circa L. 1000 milioni.

Oltre all'espansione dei Gai, si possono poi sfruttare i volumi di invaso offerti dalle due sacche di Meduna di Livenza e di S. Giovanni di Motta, che si verrebbero a formare con qualche opportuna rettifica da apportare al corso d'acqua, e il cui volume d'invaso è di circa 3 . $10^6$ $m^3$ e di 4,5 . $10^6$ $m^3$ rispettivamente. Tale capacità complessiva di circa 7,5 . $10^6$ $m^3$ potrebbe essere tenuta di riserva per essere sfruttata soltanto dopo l'eventuale riempimento dell'espansione dei Gai.

### 21) Rettifiche del corso e sistemazione delle foci del Livenza

Il corso vallivo del Meduna e quello del Livenza presentano andamento molto tortuoso a meandri; da ricognizioni fatte risulta che, di conseguenza, all'esterno delle curve si determinano rilevanti approfondimenti del fondo, fino a 11-12 m, rispetto a una profondità media di 5-6 m. Queste escavazioni pregiudicano la stabilità delle sponde e dei rilevati arginali.

Si impongono perciò delle rettifiche per ridurre le anse

più accentuate, con beneficio anche per il deflusso delle acque di piena, oltrechè per la navigazione fluviale.

La regolarizzazione del corso d'acqua dovrà essere fatta nell'intendimento di consentire con sicurezza il passaggio di portate fino a 1300 $m^3/s$ nel Meduna e di 1100 $m^3/s$ nel Livenza dopo la confluenza. Non si prevedono rettifiche nel tratto del Meduna fino alla confluenza, ma si rende necessaria una regolarizzazione della sezione, con ampliamento della canaletta di magra, conservando le arginature esistenti. A titolo indicativo, la sezione dovrebbe presentare una canaletta di magra larga in sommità circa 60 m e profonda 7 m, e due espansioni laterali larghe in sommità 30 m e profonde circa 6 m rispetto alla sommità arginale.

Con la moderazione dei massimi di portata consentiti dalla trattenuta nei serbatoi montani, e con le rettifiche dell'alveo del Meduna qui indicate, si può ritenere che anche le piene dell'affluente Noncello, che dipendono dal rigurgito del Meduna, verrebbero convenientemente abbassate, sì da consentire, con qualche locale provvedimento di sistemazione, la piena sicurezza del territorio di Pordenone.

Nel Livenza, a valle della confluenza col Meduna, l'Ufficio del Genio Civile di Treviso ha studiato alcune rettifiche, particolarmente nel tratto a monte di Meduna di Livenza e a S. Giovanni, dove le anse sono più accentuate. Esse consentono di ricavare le due sacche di espansione già accennate nel precedente paragrafo, conservando i vecchi argini e costruendo dei nuovi argini golenali sommergibili.

Maggiori rettifiche dell'alveo si renderebbero necessarie per tenere conto delle esigenze della navigazione per natanti da 1350 t., specialmente per quanto riguarda una variante, ora allo studio, del tracciato della Litoranea Veneta in corrispondenza del centro abitato di Caorle.

Dovrà essere particolarmente curata la stabilità delle arginature, soprattutto nei rami terminali, contro il pericolo di tracimazioni e sfioramenti dovuti al persistere di alte quote di marea nell'Adriatico e concomitanti moti ondosi che possono presentarsi anche indipendentemente dagli eventi di piena. Eventuali tracimazioni di acqua fortemente salata provoche-

rebbero infatti danni particolarmente gravi agli adiacenti terreni bonificati.

Per le foci dovrà essere riesaminata la ripartizione delle portate fra il Porto di S. Margherita e il Porto di Falconera, sia per lo scarico delle piene sia per le suddette esigenze della navigazione.

Gli oneri finanziari per questo complesso di sistemazioni dell'alveo del Livenza e degli affluenti possono preventivarsi come segue, secondo le segnalazioni dei rispettivi Uffici:

| | |
|---|---|
| — nel tratto di competenza del Genio Civile di Pordenone | L. 2000 milioni |
| — nel tratto di competenza del Genio Civile di Treviso | L. 4097 milioni |
| — nel tratto di competenza del Genio Civile di Venezia | L. 2300 milioni |
| in totale | L. 8397 milioni |

## 22) Sistemazione dell'affluente Monticano

La sistemazione del Monticano è oggetto di un piano proposto dall'Ufficio del Genio Civile di Treviso, i cui criteri si possono così riassumere:

*a*) facilitare lo smaltimento dell'onda di piena del fiume nel tratto di pianura, così da renderne possibile l'accoglimento da parte del Livenza, che di norma presenta il suo colmo in ritardo di molte ore rispetto a quello del Monticano;

*b*) correggere il profilo degli affluenti principali nella zona collinare mediante briglie di ritenuta;

*c*) creare un bacino d'espansione regolato alla confluenza dell'affluente Borniola, della capacità di 360.000 $m^3$, che dovrebbe entrare in funzione nel caso di piene prolungate e con successivi colmi, che non sarebbero più smaltibili dal Livenza, ed un altro piccolo bacino alla confluenza del Cervadella;

*d*) realizzare la completa efficienza delle arginature so-

prattutto nel tratto terminale del fiume, soggetto a risentire il rigurgito del Livenza;

*e*) eliminare i manufatti che costituiscono impedimento al regolare corso delle acque, ricostruendoli di dimensioni adeguate.

Lo studio è basato sui seguenti valori della portata massima:

— fra la confluenza col Cervano e quella col Cervada 200 $m^3/s$;

— fra la confluenza col Cervada e quella col Cervadella 250 $m^3/s$;

— fra la confluenza col Cervadella e quella col Lia 300 $m^3/s$;

— fra la confluenza col Lia e lo sfocio in Livenza 350 $m^3/s$.

Le opere necessarie per questa sistemazione comprendono, per gli affluenti del bacino montano, lavori di scavo di alveo, ripristino e nuova costruzione di briglie, traverse di fondo e rivestimenti di sponda, tombamento di corrosioni, costruzione e rettifica di arginature, una nuova inalveazione del torrente Ruio presso Conegliano e l'installazione di due batterie di idrovore per lo scarico di alcune fosse nel Monticano.

Per il corso del Monticano sono previsti scavi d'alveo, sistemazione della canaletta di magra, rettifica di arginature, costruzione di nuove arginature per la realizzazione dei bacini di espansione regolati, demolizione e rifacimento di numerosi ponti e altri manufatti.

Complessivamente l'Ufficio prevede, per queste opere di sistemazione, la spesa di L. 4250 milioni.

### 23) Sistemazione dei corsi d'acqua minori in sinistra del Livenza

Si ritiene di comprendere nel bacino del Livenza anche i corsi d'acqua minori, Fiume, Sile, Réghena, Lémene e Lon-

còn, che scorrono nella pianura tra Livenza e Tagliamento. Essi sono alimentati dalle risorgive che si estendono in provincia di Pordenone sulla sinistra del Meduna, hanno comune origine ed analoghe caratteristiche morfologiche, geologiche ed idrauliche.

Questi corsi d'acqua ricevono anche le acque dei Consorzi di bonifica circostanti, il cui recapito avviene a scolo naturale per quelle più alte, poste a Nord della ferrovia Mestre-Portogruaro, e a scolo meccanico per quelle a quota inferiore.

La parte più alta di questi corsi d'acqua scorre in terreni alluvionali, ciottolosi e ghiaiosi, la cui granulometria si va gradualmente riducendo fino a passare a terreni argillosi compatti, nel medio corso, e a terreni di natura torbosa, con banchi di argilla negli strati più profondi, nelle zone di bonifica verso le foci.

La lunghezza dei citati corsi d'acqua è piuttosto modesta, ed altrettanto dicasi per la pendenza degli alvei, soprattutto nel tratto terminale. Di conseguenza l'andamento delle piene è notevolmente influenzato dal regime del mare, che nel caso di persistenti venti sciroccali e di conseguenti eccezionali alte maree provoca un rigurgito esteso per molti chilometri verso monte.

Mentre nel corso inferiore, date le modeste velocità, è trascurabile l'apporto di materiale solido, lungo i tronchi superiori si registrano continuamente degli interrimenti e dei dissesti negli alvei, per cui periodicamente si dovrebbero ripristinare le sezioni liquide.

Il tratto inferiore di questi corsi d'acqua è stato sistemato negli anni dal 1924 al 1935, ma in seguito ai gravi danni provocati dalla piena eccezionale del novembre 1966, durante la quale si sono verificate rotte e tracimazioni in vari punti delle arginature nonchè dei sensibili interrimenti degli alvei, si impongono ora dei lavori di ripristino e talvolta di ricalibratura delle sezioni e degli argini.

L'Ufficio del Genio Civile di Venezia ha fornito i seguenti dati per i vari tratti di sua competenza:

*Fiume Loncòn*

Non si ravvisano problemi di ricalibratura dell'alveo, nè per il Loncòn nè per il suo affluente Malghér-Fossòn-Melòn, ma è sufficiente il ripristino della sezione originaria, oltre alla regolarizzazione ed al consolidamento delle sponde, in particolare per l'affluente. Per il Loncòn Inferiore, a valle cioè della ferrovia Mestre-Portogruaro, è previsto il rafforzamento degli argini, costruiti dopo la piena del 1966, mediante il rialzo delle sponde ed inoltre l'esecuzione di strade di servizio in sommità.

*Fiume Réghena*

Nel tratto di competenza del Genio Civile di Venezia sono previsti per il Réghena dei lavori di approfondimento, ampliamento e rettifica dell'alveo; è inoltre prevista la regolarizzazione del suo profilo con la costruzione di salti di fondo ed il rafforzamento e rialzo delle arginature nei tratti depressi.

Si propone inoltre la costruzione di appositi scarichi laterali, da aprire in fase di piena per consentire il regolare deflusso delle acque, in corrispondenza delle strettoie dovute alle spalle dei ponti sulla S.S. N. 53, sulla ferrovia Treviso-Portogruaro e sulla ferrovia Mestre-Portogruaro, oltre all'ampliamento dell'alveo allo sbocco nel Lémene, a Portogruaro.

*Fiume Lémene*

La porzione di bacino del Lémene di competenza del Genio Civile di Venezia si può considerare ripartita nei due sottobacini del Lémene Superiore (circa 5000 ha) e del Lémene Inferiore (circa 3000 ha), il primo con i terreni a scolo naturale, il secondo a scolo meccanico.

Nel suo tronco superiore, da Portogruaro a Portovecchio, il fiume necessita di lavori di ampliamento, approfondimento e rettifica dell'alveo; ancora più a monte, da Portovecchio a Stallis (al confine con la provincia di Pordenone), oltre ai predetti lavori di sistemazione, è prevista anche la regolarizzazione del

profilo con la costruzione di apposite briglie ed inoltre la costruzione di adeguate arginature nei tratti più depressi.

La sezione del Lémene Inferiore, invece, che fu adottata nei lavori di sistemazione della sua asta eseguiti intorno al 1930, si è finora dimostrata sufficiente al contenimento ed allo smaltimento di piene anche eccezionali, grazie al determinante contributo del canale Cavanella Lunga e del canale Maranghetto, che funzionano da scaricatori di piena.

Si prevede tuttavia anche per tale tratto più vallivo una serie di lavori di sistemazione che vanno dal rafforzamento e consolidamento di arginature a lavori di dragaggio dell'alveo nei tratti interriti; per il canale Cavanella Lunga è poi prevista la demolizione e successiva ricostruzione del ponte che lo attraversa e l'ampliamento del suo alveo all'incile col Lémene.

L'importo previsto dagli Uffici del Genio Civile per le opere idrauliche di sistemazione di questi corsi d'acqua è il seguente:

| | |
|---|---|
| — nel tratto di competenza del Genio Civile di Pordenone | L. 2800 milioni |
| — nel tratto di competenza del Genio Civile di Venezia | L. 1500 milioni |
| in totale | L. 4300 milioni |

### 24) Opere di sistemazione idraulico-agraria e bonifiche

Gli studi svolti dall'Ispettorato Regionale di Padova del Corpo Forestale dello Stato, per quanto concerne la parte pianeggiante del bacino del Livenza ricadente in provincia di Treviso, e dall'Assessorato dell'Agricoltura, delle Foreste e dell'Economia Montana della Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia per l'alta pianura che ricade in provincia di Pordenone, e le indicazioni fornite dal Genio Civile di Venezia e dall'Ispettorato Agrario Compartimentale di Venezia consentono di valutare gli interventi per la sistemazione e la difesa dal pericolo delle acque dei fertili terreni di bonifica, che riguardano opere idraulico-agra-

rie e di bonifica integrale. Si tratta della creazione di nuove reti di sgrondo o dell'ampliamento di quelle insufficienti e, per le zone prive di scolo naturale, dell'installazione di nuovi impianti idrovori, dell'eliminazione degli ostacoli e della vegetazione infestante che rallentano il naturale deflusso delle acque e provocano fenomeni di rigurgito. Per quanto concerne poi la protezione dalle acque sotterranee ed in particolare dai rapidi e persistenti innalzamenti della falda freatica, sono prospettati degli efficienti drenaggi nei terreni più depressi.

L'elenco dei comprensori interessati si estende fino alla destra del Tagliamento, e comprende il Consorzio Cellina-Meduna, dell'estensione di 44.475 ha, i Consorzi di S. Osvaldo, Lisòn, Réghena, Lugugnana e minori della superficie di 42.604 ha in provincia di Pordenone, e i Consorzi di Bonifica di Portogruaro e di S. Michele al Tagliamento della superficie di 73.200 ha nelle province di Pordenone e di Venezia.

L'importo complessivo previsto per il trentennio 1969-1998, per le opere di *sistemazione idraulico-agraria,* è di lire 7250 milioni per il bacino in provincia di Pordenone (segnalazione della Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia), di lire 1584 milioni per il bacino in provincia di Treviso (segnalazione dell'Ufficio del Genio Civile e del Corpo Forestale) e di lire 3975 milioni per il bacino in provincia di Venezia e zone finitime (segnalazione del Genio Civile di Venezia). In totale pertanto L. 12.809 milioni.

L'importo complessivo per il trentennio 1969-1998, per le opere di bonifica, è di lire 10.000 milioni per la provincia di Pordenone (segnalazione della Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia), e di lire 13.150 milioni per la Venezia Euganea (province di Treviso e Venezia), come da segnalazioni dello Ispettorato Agrario Compartimentale di Venezia. In totale pertanto lire 23.150 milioni.

### 25) Difesa dei litorali

Per la difesa dei litorali dalla sinistra del Livenza a Porto Baséleghe, l'Ufficio del Genio Civile di Venezia segnala per

il trentennio 1969-1998 un fabbisogno di spesa di lire 610 milioni, e da Porto Baséleghe alla destra del Tagliamento di lire 300 milioni.

A questa cifra si devono aggiungere interventi di natura forestale, con la creazione di una prima fascia a mare di tamerici a maglia stretta e di una fascia successiva di pini mediterranei, anche con funzione di frangivento. Per queste opere l'Ispettorato Regionale di Padova del Corpo Forestale dello Stato prospetta, per il trentennio 1969-1998, una spesa di lire 69 milioni.

In totale pertanto la spesa da segnalare per le opere di difesa costiera e di consolidamento forestale delle dune è di lire 979 milioni.

### 26) Graduazione delle spese - Opere di manutenzione - Studi, ricerche, progettazioni

Gli importi segnati per ciascuna categoria di opere nei rispettivi paragrafi che precedono, si riferiscono al fabbisogno stimato per una completa sistemazione, da attuarsi gradualmente nel periodo di circa un trentennio.

Nell'allegata Tabella, assieme a questi importi complessivi, sono anche riportati quelli reputati necessari per i seguenti periodi:

1° quinquennio (1969-1975);
2° decennio (1976-1985).

Nella ripartizione si è seguito il concetto di collocare nel primo periodo le opere (come i serbatoi di piena), la cui esecuzione ha carattere d'urgenza per eliminare i maggiori pericoli delle inondazioni.

A questi importi se ne devono aggiungere altri, pure indicati nella Tabella ed allo stesso modo ripartiti, relativi alle seguenti previsioni di spesa:

— per opere di manutenzione;
— per studi, ricerche, progettazioni.

Per entrambe queste voci si è tenuto conto delle segnalazioni fatte dagli Uffici competenti.

Si ritiene opportuno sottolineare l'importanza che fra gli studi e ricerche necessari per le progettazioni vengano tenuti in debita considerazione gli accertamenti geologici e geotecnici, e gli esperimenti su modelli in scala ridotta, da affidare possibilmente a Laboratori universitari qualificati.

Come argomenti particolarmente importanti si segnalano, per il bacino del Livenza, la valutazione dell'assorbimento delle acque di piena nei vasti conoidi del Cellina e del Meduna; le particolarità d'efflusso dalle luci dei progettati serbatoi di piena; lo studio idrologico con modelli operazionali delle modalità d'intervento dei serbatoi stessi in caso di piena; gli studi sulle arginature e diaframmi e relativi terreni di fondazione; l'esame dei miglioramenti alle foci.

## RIFERIMENTI

La presente Relazione è stata redatta dal prof. ing. Augusto Ghetti, per conto del Sottogruppo « Livenza, Tagliamento, Isonzo » del I Gruppo di Lavoro « Tre Venezie » della 2ª Sottocommissione, tenendo conto dei pareri espressi dai membri del Gruppo stesso, nonchè dei contributi forniti dall'Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque; dagli Uffici del Genio Civile di Pordenone, Treviso e Venezia; dall'Assessorato dell'Agricoltura, delle Foreste e dell'Economia Montana della Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia; dall'Ispettorato Regionale di Padova del Corpo Forestale dello Stato; dallo Ispettorato Agrario Compartimentale delle Venezie; dall'ENEL.

# BACINO DEL PIAVE

PROF. ING. AUGUSTO GHETTI

## 1) CARATTERISTICHE GEOGRAFICHE E GEOLOGICHE DEL BACINO

### a) *Descrizione del bacino idrografico*

Il Piave può essere annoverato tra i maggiori fiumi di Italia con il Po, il Tevere, l'Adige e l'Arno.

Esso nasce sul versante meridionale del gruppo montuoso del Peralba (estremo nord-orientale del Comelico) e dopo un percorso di 220 km circa sfocia nel mar Adriatico presso il porto di Cortellazzo, al limite orientale della Laguna di Venezia.

Il suo bacino idrografico si sviluppa tra quelli del Brenta e dell'Adige ad Ovest, dell'Adige e della Drava a Nord, del Tagliamento e del Livenza ad Est.

Le caratteristiche principali del bacino montano chiuso a Nervesa (quota 70 m s.m.) possono essere così riassunte:

| | |
|---|---|
| superficie geografica | 3899 km² |
| lunghezza asta fluviale | 156 km |
| altitudine massima | 3342 m s.m. |
| altitudine media | 1276 m s.m. |
| superficie permeabile | 77% della totale |
| aree glaciali | 3,6 km² |

Il 10% della superficie complessiva del bacino si trova al di sopra della isoipsa 2100, il 38% al di sopra della isoipsa 1500, il 68% al di sopra della isoipsa 900.

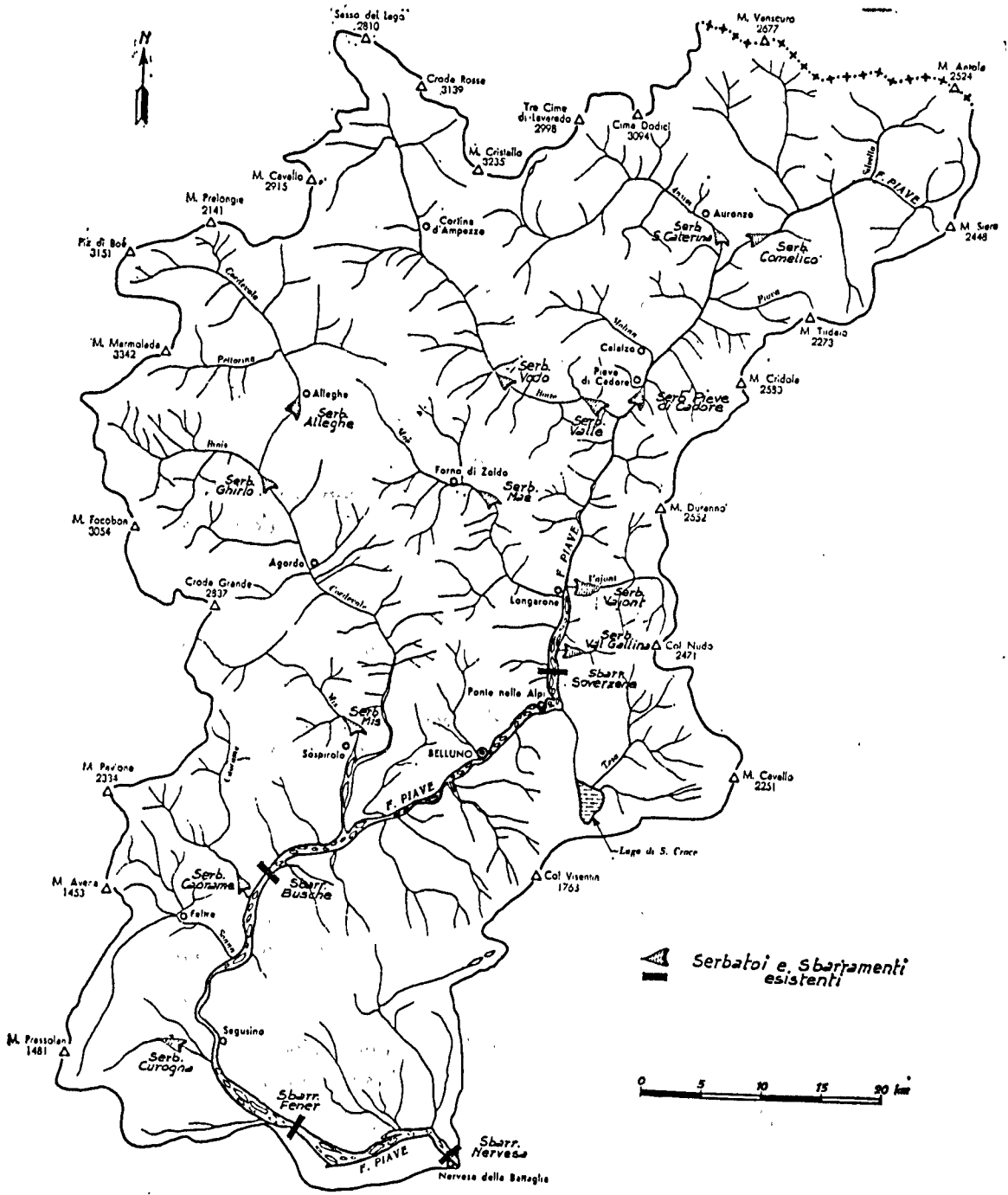



Fig. 1 - Corografia del bacino montano del Piave con i serbatoi e gli sbarramenti esistenti.

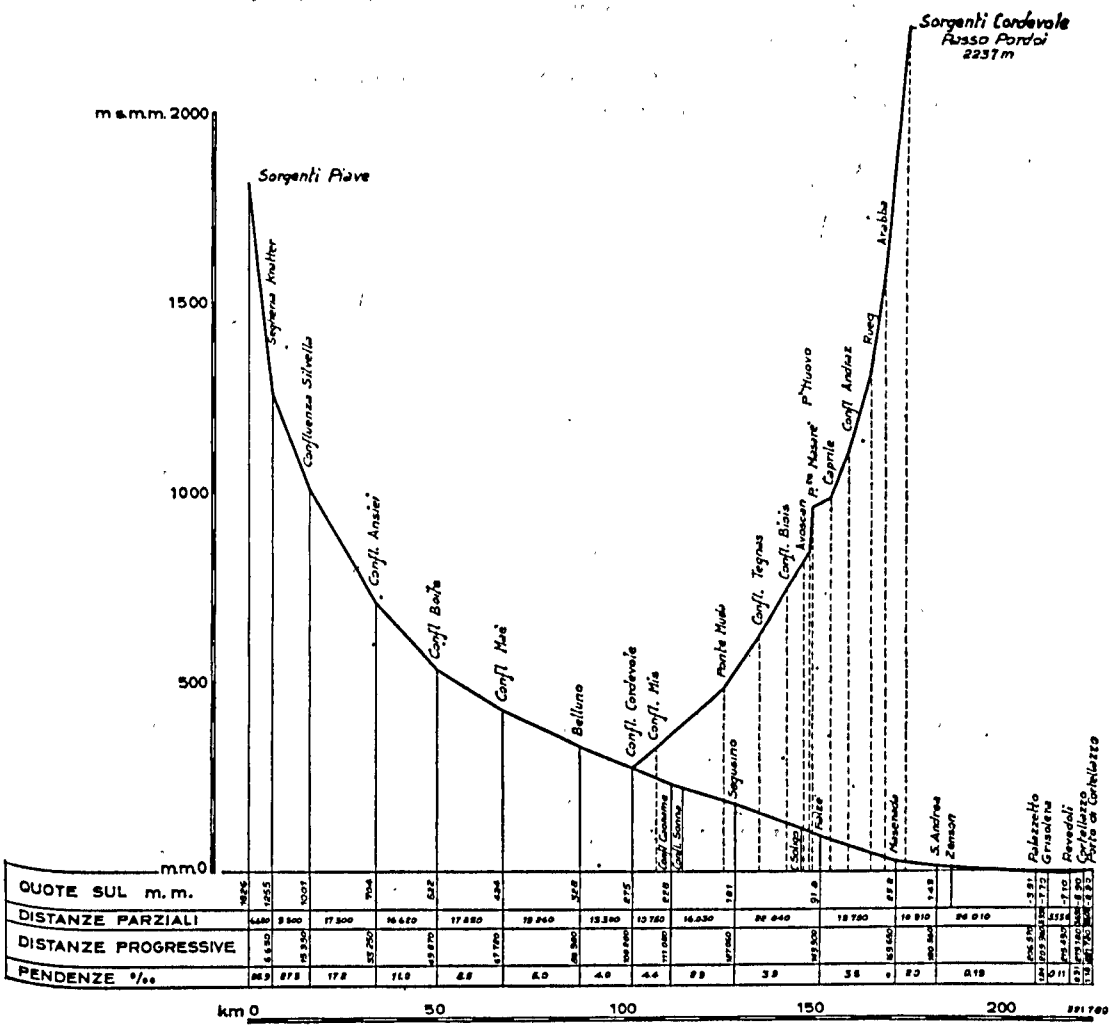



Fig. 2 - Profilo longitudinale del Piave e dell'affluente Cordevole.

La sua forma è all'incirca quadrangolare e la rete idrografica presenta uno sviluppo asimmetrico con i rami più importanti sulla destra.

L'asta principale del fiume, per le diverse peculiari caratteristiche, si può suddividere, com'è d'uso, in una parte alta, in una media e in una bassa con limiti rispettivamente a Ponte nelle Alpi, a Quero e alla foce.

Gli affluenti e subaffluenti principali sono:

| | | |
|---|---|---|
| Padola | superficie | 134 km² |
| | altitudine media (rispetto allo sbocco) | 841 m |
| | lunghezza | 20 km |
| Ansiei | superficie | 241 km² |
| | altitudine media | 714 m |
| | lunghezza | 30 km |
| Boite | superficie | 395 km² |
| | altitudine media | 1230 |
| | lunghezza | 45 km |
| Maè | superficie | 232 km² |
| | altitudine media | 1069 m |
| | lunghezza | 30 m |
| Cordevole | superficie | 866 km² |
| | altitudine media | 1259 m |
| | lunghezza | 71 km |
| Mis (affl. del Cordevole) | superficie | 117 km² |
| | altitudine media | 885 m |
| | lunghezza | 20 km |
| Sonna | superficie | 137 km² |
| | altitudine media | 522 m |
| | lunghezza | 12 km |
| Soligo | superficie | 126 km² |
| | altitudine media | 363 m |
| | lunghezza | 22 km |

L'andamento planimetrico ed altimetrico del Piave nonchè il suo bacino idrografico sono rappresentati nelle Figg. 1 e 2. Ai fini idrologici, la superficie effettiva del bacino deve

ritenersi di 3650 km², per le sottrazioni dei contributi dei torrenti Vajont, Tese e Rai.

b) *Cenni geolitologici*

La vasta area montuosa, compresa entro i limiti del bacino del fiume Piave, presenta caratteristiche litologiche e morfologiche assai varie ed interessanti. La complessa rete idrografica si sviluppa in valli ora anguste e profonde ora ampie e a profilo trasversale relativamente dolce, in stretto rapporto con il carattere di erodibilità delle formazioni rocciose in cui sono scavate.

A Nord predominano le masse scistoso-gneissiche del basamento cristallino e le rocce calcaree, marnose e dolomitiche di età paleozoica. Nella zona centrale risaltano le maestose pareti calcareo-dolomitiche triassiche dei massicci ampezzani, agordini e bellunesi. Esse emergono sui dolci pendii costituiti dalle formazioni marnoso-arenacee e tufacee del Trias inferiore e medio. Il bacino montuoso del Piave si chiude verso Sud con la dorsale in calcari e dolomie giurassico-cretacee, che degrada alla pianura con un dolce paesaggio a colline prevalentemente marnoso-arenacee-conglomeratiche terziarie.

I depositi ghiaioso-sabbiosi e limosi di origine morenica, detritica ed alluvionale di età recente (Quaternario) sono ampiamente distribuiti sul fondo delle valli principali e sulle pendici di tutte le catene montuose.

L'assetto tettonico di questo settore delle Alpi consta di una serie di pieghe parallele anticlinali e sinclinali, ora ampie e regolari ora strette ed asimmetriche, con assi orientati secondo una direzione prevalente NE-SO, in associazione con un sistema di fratture e dislocazioni di intensità variabile.

Nel suo complesso il bacino si presenta come prevalentemente permeabile (superficie permeabile da valutarsi di circa i 2/3 del totale).

Il coefficiente di deflusso assume valori variabili, per le diverse zone del bacino, tra 0,75 e 0,85.

Le zone impermeabili sono per lo più concentrate nell'alto corso del Piave e nell'area centro-settentrionale (bacino del Cordevole), in concomitanza appunto con la presenza delle mas-

se scistoso-cristalline o marnoso-argillose e porfiriche paleozoiche e mesozoiche.

Uno studio più ampio e dettagliato delle condizioni litologiche dell'intero bacino del Piave è stato svolto dai dottori Giampietro Braga e Fabio Medizza dell'Istituto di Geologia e Geologia applicata dell'Università di Padova, ed è contenuto in apposita Relazione, corredata di una carta litologica in scala 1:100.000.

c) *Cenni climatologici*

Le caratteristiche climatiche nel bacino del Piave variano notevolmente da zona a zona, per la determinante influenza dei fattori locali quali l'altitudine, l'esposizione, ecc.

Il tipo pluviometrico predominante è comunque quello sublitoraneo alpino, con due massimi in primavera ed autunno, e due minimi in estate ed inverno.

La temperatura presenta in genere valori minimi in febbraio, pur verificandosi in gennaio le medie più basse. I mesi più caldi sono luglio e agosto.

Nei mesi invernali gran parte del bacino è coperta dalla neve.

d) *Orografia, laghi e ghiacciai*

Il versante sinistro del bacino del Piave, di larghezza molto limitata rispetto al versante destro, ha il suo limite idrografico in un crinale che ricade nelle Alpi e nelle Prealpi Venete e scende fino alla pianura (M. Peralba, M. Chiadia, Cresta Forata, M. Crìdola, C. Monfalcone, M. Duranno, Col Nudo, M. Cavallo, Passo di Fadalto, Col Visentin).

Il versante destro ha la sua linea displuviale, dapprima su un tratto della catena principale delle Alpi, dal M. Peralba a C. Vanscuro, poi sulle Alpi dolomitiche con i massicci del Sella e della Marmolada, dai quali si diramano con direzione NO-SE alcune dorsali secondarie (M. Cristallo, M. Sorapiss,

M. Antelao, le Tofane, M. Pelmo, La Rocchetta, M. Civetta, M. Pelf).

La linea di displuvio del bacino si sviluppa infine attraverso i passi di S. Pellegrino e di Vallès, le Pale di S. Martino ed il massiccio del M. Grappa.

I principali laghi naturali sono quelli di Alleghe e di Misurina.

I principali bacini artificiali sono:

S. Caterina di Auronzo sull'Ansiei

| | |
|---|---|
| bacino imbrifero direttamente sotteso | 225 $km^2$ |
| capacità utile | 6,7 . $10^6$ $m^3$ |

Pieve di Cadore sul Piave

| | |
|---|---|
| bacino imbrifero direttamente sotteso | 818 $km^2$ |
| capacità utile | 64 . $10^6$ $m^3$ |

Valle di Cadore sul Boite

| | |
|---|---|
| bacino imbrifero direttamente sotteso | 380 $km^2$ |
| capacità utile | 4,3 . $10^6$ $m^3$ |

Pontesei sul Maè

| | |
|---|---|
| bacino imbrifero direttamente sotteso | 172 $km^2$ |
| capacità utile | 9,1 . $10^6$ $m^3$ |

Mis sul Mis

| | |
|---|---|
| bacino imbrifero direttamente sotteso | 114 $km^2$ |
| capacità utile | 39 . $10^6$ $m^3$ |

Nel bacino del Piave le aree glaciali sono di piccola estensione: 3,6 $km^2$ pari allo 0,1% della superficie totale del bacino.

Si tratta in genere di ghiacciai in fase di forte regresso e per molti di essi è prevedibile prossima l'estinzione.

e) *Caratteri morfologici dell'alveo*

L'ampiezza dell'alveo è molto variabile: da alcune decine di metri ad un migliaio e più a seconda della conformazione geomorfologica dei terreni attraversati.

Sino a Ponte nelle Alpi, tranne per qualche tratto, l'alveo

si presenta stretto e profondo, rispondendo il tipo di valle a quello trasversale.

Da Ponte nelle Alpi a Busche circa, l'alveo si allarga percorrendo un'ampia valle, a fondo piatto e a fianchi relativamente dolci (valle longitudinale in un solco tettonico preesistente).

Dai dintorni di Feltre sino a Pederobba l'alveo ristretto e incassato taglia normalmente un ampio solco anticlinale.

Uscito in pianura, il fiume presenta dapprima ampie varici ghiaiose (Grave di Ciano, Grave di Papadopoli) dove l'alveo raggiunge la massima larghezza di 4 km circa, per restringersi poi (dopo Ponte di Piave) entro argini che ne accompagnano più d'appresso il corso sino al mare.

L'alveo ha andamento tortuoso tra Zenson e S. Donà e approssimativamente rettilineo da S. Donà alla foce (Taglio Nuovo). Ivi la larghezza è di 200-300 m circa, e il fondo è sabbioso-limoso.

La foce si presenta come un'ampia bocca di 350-400 m di larghezza, quasi ortogonale al profilo della costa e accompagnata da vaste barre sabbiose, specie sul tratto di mare immediatamente antistante la riva sinistra.

## 2) Precipitazioni e deflussi

### a) *Regime pluviometrico*

Il bacino montano del Piave è compreso tra due zone, una orientale di massima piovosità annua e una occidentale di minima piovosità: in esso le precipitazioni annue sono moderate ed i valori medi (negli ultimi decenni) oscillano tra un minimo di 895 mm circa al Passo Falzarego ed un massimo di 2217 mm al Bosco del Cansiglio.

I centri di massima piovosità si trovano nel Cansiglio, nei

bacini del Vajont, del Soligo, del Tegnas e del Sonna, mentre il nucleo di piovosità minima è situato sull'alta valle Pettorina.

Per l'intero bacino si hanno i seguenti valori caratteristici relativi al periodo 1921-1966:

| | |
|---|---|
| massimo di precipitazione annua (Bosco del Cansiglio) | 2698 mm |
| minimo di precipitazione annua (S. Vito di Cadore) | 380 mm |
| precipitazione annua media sul bacino | 1382 mm |
| giorni piovosi | 107 all'anno |

Il rapporto tra le precipitazioni annue massime e minime assolute e il valore medio oscilla nelle varie stazioni pluviometriche del bacino tra 1,45 e 1,52 per le massime e 0,40 e 0,53 per le minime.

b) *Precipitazioni intense*

Nella considerazione di eventi pluviometrici di particolare intensità, le piogge del 4-5 novembre 1966 occupano una posizione di preminenza.

In genere le altezze di precipitazione, che in tale evento furono registrate per le diverse stazioni di misura nel bacino, sono maggiori delle corrispondenti altezze precedenti per periodi di tempo fino ad 1-2 giorni consecutivi, mentre per periodi di tempo maggiori esse sono superate nell'alto bacino del Piave, dell'Ansiei, del Boite, del Maè e del Cordevole da quelle osservate negli anni 1925-26 e 1928.

In pratica durante il 4-5 novembre 1966 si è avuta su quasi tutto il bacino un'altezza di pioggia da 1/3 a 1/4 della pioggia media annua. Il valore complessivo di questi due giorni varia dai 200 mm di Auronzo ai 551 mm di Seren del Grappa (vedi le isoiete delle piogge cadute nella Relazione sul bacino dell'Adige).

Le curve segnalatrici di possibilità pluviometriche relative al 1° caso critico del periodo 1921-1966 danno per le

varie località del bacino valori che si possono approssimare ai seguenti:

| | |
|---|---|
| 1 ora | 25- 50 mm |
| 3 ore | 50-100 mm |
| 6 ore | 75-200 mm |
| 12 ore | 200-300 mm |
| 24 ore | 200-500 mm |

c) *Altezze idrometriche e portate*

Le altezze idrometriche nei letti ghiaiosi del bacino montano e nel primo tratto di pianura costituiscono dati mal definibili e perciò di scarsa utilità. Solo in alcuni tratti ristretti ed incassati esse possono venir rilevate, come ad esempio alla stazione di Segusino, dove si sono registrati nel periodo 1925-59 valori estremi di 4,85 m sullo zero il 28 ottobre 1953 e di 0,05 m il 27 febbraio 1933.

Successivamente al 1959 si sono registrati ben due valori superiori a quello del precedente periodo, e precisamente:

| | |
|---|---|
| 31 agosto-3 settembre 1965 | 5,28 m |
| 3-5 novembre 1966 | 6,48 m (dato ufficiale del Servizio Idrografico) |

Nel basso corso del Piave il concentrarsi delle acque su un alveo relativamente ristretto determina maggiori profondità, che, anche in condizioni di magra, non scendono in certe sezioni sotto i 3-4 m.

Le portate medie annue registrate, estese per lo più al periodo 1925-1959, hanno i seguenti valori:

| | bacino imbrifero sotteso $km^2$ | portate $m^3/s$ | portate $l/s\ km^2$ |
|---|---|---|---|
| Piave a P.te Cordevole | 63 | 2,36 | 37,5 |
| Piave a Presenaio | 142 | 4,6 | 32,6 |
| Piave a Ponte della Lastra | 357 | 11,4 | 31,9 |
| Piave a Soverzene | 1690 | 51,1 | 30,2 |
| Piave a Segusino | 3333 | 87,5 | 26,3 |

Le portate medie estive (maggio-novembre) ed invernali (dicembre-aprile) presentano rapporti rispetto ai corrispondenti valori medi annui che variano rispettivamente, per le diverse sezioni, da 1,13 a 1,25 e da 0,64 a 0,82.

Le portate medie mensili hanno in genere valori massimi in maggio e giugno denotando, specie per le zone più elevate, la notevole influenza dello scioglimento del manto nevoso.

d) *Situazioni meteorologiche anormali*

Frequentemente si verifica che nel periodo autunnale, al primo discendere di masse fredde dalle zone scandinave, si determini sul Mediterraneo occidentale e sulla Penisola Iberica una zona ciclonica che richiama masse d'aria calda dall'Africa.

Per il carattere rotatorio sinistrorso delle correnti cicloniche, la regione veneta si trova investita da venti sciroccali meridionali, che generano profonde perturbazioni atmosferiche.

L'entità di tale fenomeno è variabile e può anche raggiungere effetti disastrosi quali quelli del novembre 1966; ad esso comunque sono da imputare le cause della quasi totalità degli eccezionali eventi idrologici che hanno funestato il bacino del Piave.

e) *Ricorrenze e frequenze degli eventi eccezionali*

Prendendo come riferimento la sezione di Segusino (bacino sotteso 3333 km$^2$) e considerando eventi di piena di una certa entità (altezza idrometrica maggiore di 4 m), si può stabilire che la maggior ricorrenza si ha nel periodo autunnale, dal 1° settembre al 30 novembre (incidenza di 16 eventi su 20, ivi compresi tutti i maggiori).

Il tempo di ritorno dei massimi eventi di piena è stato valutato secondo il metodo di Gumbel, applicandolo alle maggiori altezze idrometriche registrate nel periodo 1929-1966 per la stessa sezione di Segusino.

Assumendo per la piena del 1966 il dato idrometrico ufficiale di 6,48 m, il tempo di ritorno di questo evento verrebbe valutato di 75 anni e quello della piena del 1965 di appena 18 anni, come mostrano le Figg. 3 e 4.

Vi è però qualche dubbio che la registrazione a Segusino del 1966 possa essere stata inferiore all'effettiva escursione della piena a causa di un irregolare funzionamento dell'idrometrografo; una plausibile rettifica dilaterebbe sensibilmente i valori del tempo di ritorno.

Eventi quindi di tale entità non sono da considerarsi fuori da ogni aspettativa, come è confermato del resto dalla realtà: nel giro di una ottantina d'anni, infatti, si sono avute per lo meno altre due intumescenze (1882-1903) paragonabili, per le notizie che se ne hanno, a quella del 1966.

## 3) Degradazione dei versanti

### a) *Movimenti franosi*

La ricerca eseguita dai dottori P. Gatto, G. O. Gatto e D. Locatelli dell'Istituto di Geologia e Geologia applicata dell'Università di Padova, con rilevamento dettagliato dei dissesti franosi, ha permesso di inquadrare nelle sue linee generali il problema per l'intero bacino del Piave.

I risultati di tale studio, riguardante un'area di ben 4000 $km^2$, sono sintetizzati in un voluminoso catasto delle singole frane e delle aree instabili, corredato da una iconografia della intera zona esaminata, alla scala 1:100.000.

Il lavoro si è limitato a definire i litotipi rocciosi interessati dai movimenti franosi, la natura delle frane e, per quanto possibile, le cause determinanti. Ovviamente esso non può considerarsi esauriente, ma rappresenta un valido punto di partenza per un necessario ed auspicabile lavoro di maggior dettaglio.

Per quanto le varie frane riscontrate nel bacino montano

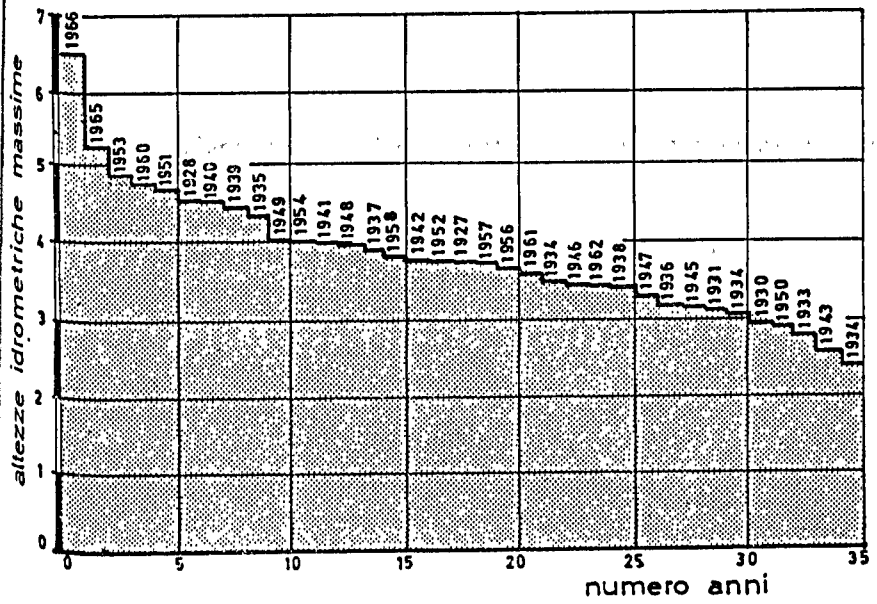



Fig. 3 - Rappresentazione in ordine decrescente delle altezze idrometriche massime annuali alla Stazione di Segusino per il periodo 1927-1966.

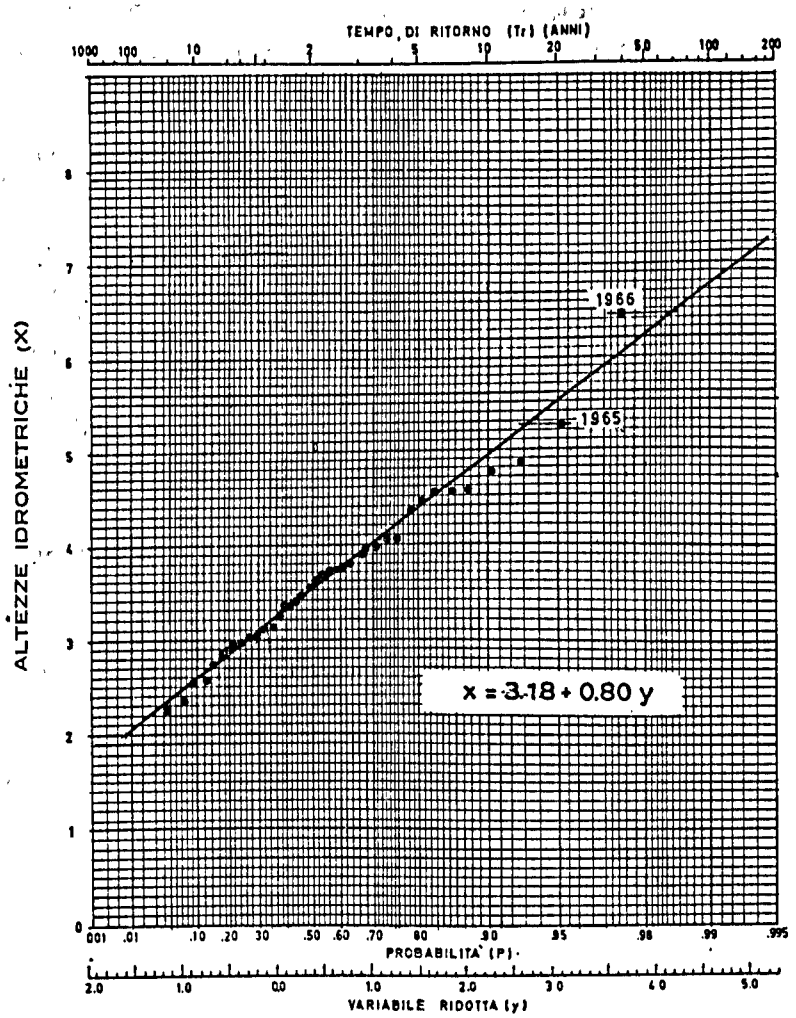



Fig. 4 - Valutazioni secondo il metodo probabilistico di Gumbel del tempo di ritorno delle altezze idrometriche massime annuali alla Stazione di Segusino per il periodo 1927-1966.

del Piave non siano sempre chiaramente classificabili, tuttavia esse possono essere ricondotte a quattro tipi fondamentali:

1 - frane di scoscendimento per erosione al piede;
2 - frane di smottamento per imbibizione d'acqua;
3 - frane di scivolamento;
4 - frane di crollo.

Si è creduto opportuno segnalare infine le zone interessate da anormali sovralluvionamenti, fenomeni questi responsabili, in diversi casi, di notevoli e vistosi danni agli insediamenti umani ed alle opere pubbliche.

b) *Trasporto solido*

Mancano sistematiche misurazioni del trasporto solido che permettano di quantificare il fenomeno.

Osservazioni fatte nel decennio 1929-1938 a Segusino hanno dato un valore medio annuo di deflusso torbido pari a $627 \cdot 10^3$ t.

La portata torbida media mensile assume i valori massimi in aprile-maggio (110 kg/sec) corrispondentemente allo scioglimento delle nevi, e in ottobre-novembre (345 kg/sec) con l'accentuarsi delle precipitazioni.

Per il trasporto di fondo non si hanno dati.

La grave situazione attuale del bacino montano del fiume è comunque testimoniata dal degradamento delle pendici montane, dall'interrimento a volte preoccupante dei bacini naturali ed artificiali, ed ultimamente dall'accentuato inerbimento delle grave ghiaiose del medio corso del Piave, che denuncia l'asportazione delle parti più fini dei terreni montani.

4) Le piene del Piave e le loro conseguenze

a) *Cenni su piene in epoca storica*

Notizie di piene disastrose del passato, per quanto frammentarie, risalgono all'820, anno in cui si manifestarono alluvioni di eccezionale gravità in tutta la penisola italiana. In quell'occasione fu distrutta quasi completamente Feltre.

Nel 1295 si fa menzione di gravi interrimenti della laguna di Venezia provocati dalle intumescenze del Piave.

Nel XIV secolo sono registrate quattro piene che avrebbero recato danni gravissimi in tutta la vallata del medio Piave.

Nel XV secolo ci furono le piene più gravi: le notizie dei danni arrecati sono scarse ed incerte, è rimarcata peraltro dalle cronache la tendenza del fiume ad invadere la Marca Trevigiana.

Diverse sono pure le piene ricordate nel XVI secolo: la più grave del 1512 inondò un vastissimo territorio e la città di Treviso.

Dieci notevoli piene funestarono il XVII secolo: furono distrutti i paesi di Noventa e di Musile.

Nel 1700 si ricordano sei piene elevate: nel 1708 fu semidistrutto Perarolo.

La cronologia dei disastrosi eventi trova il suo acme nel secolo scorso, durante il quale si ebbero 15 piene di notevole entità tra le quali la massima sino allora conosciuta (1882).

b) *Le piene più recenti prima del* 1966

La piena del settembre 1882 fu generata da un periodo di piogge che interessò tutta la prima quindicina del mese con andamento crescente.

La piena durò sette giorni, impiegando solamente 16 ore per raggiungere il colmo a Zenson e 147 per ridiscendere al livello di guardia.

Si registrarono le seguenti altezze idrometriche:

| | |
|---|---|
| Perarolo | 4,00 m |
| Belluno | 3,90 m |
| Fener | 4,09 m |
| Priula | 3,45 m |
| Boccacallalta | 5,80 m |
| Zenson | 10,80 m |
| S. Donà di Piave | 6,90 m |
| Intestadura | 6,70 m |

L'ampiezza complessiva delle rotte arginali raggiunse il km. Furono allagati 56.000 ha; l'altezza media delle acque

sul piano di campagna fu di 3 m, la durata media dell'allagamento fu di 10 giorni.

Alla piena per la sua eccezionalità fu dato l'appellativo di « memorabile ».

La piena dell'ottobre 1903 fu conseguente a piogge intense diffuse su tutto il bacino medio del Piave e sulla pianura.

Alle precipitazioni si accompagnarono forti venti sciroccali che determinarono persistenti alte maree.

La fase di crescita sopra il livello di guardia fu a Zenson di 30 ore, quella di decrescita di 41 ore.

Le altezze idrometriche registrate furono:

| | |
|---|---|
| Perarolo | 2,00 m |
| Belluno | 2,20 m |
| Fener | 2,90 m |
| Priula | 2,80 m |
| Boccacallalta | 6,10 m |
| Zenson | 11,58 m |
| S. Donà di Piave | 8,65 m |
| Intestadura | 7,75 m |

La intumescenza nel basso corso del fiume fu più accentuata di quella del 1882.

Le rotte arginali raggiunsero circa i 4 km.

L'escrescenza del 1928 si verificò tra il 22 ottobre ed il 10 novembre: i colmi di piena furono tre in conseguenza a tre successive riprese della precipitazione.

Le altezze idrometriche registrate furono:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Cimagogna | 2,16 m | 3,50 m | 4,00 m |
| Perarolo | 2,90 m | 3,45 m | 3,55 m |
| Ponte nelle Alpi | 2,88 m | 3,08 m | 2,65 m |
| Segusino | 3,34 m | 4,52 m | 3,82 m |
| Priula | — | 2,37 m | 1,93 m |
| Boccacallalta | — | 5,05 m | 3,45 m |
| Zenson | — | 9,93 m | 8,25 m |

Nel tronco superiore del fiume, sino a Nervesa, le altezze raggiunte al colmo, durante la seconda e la terza onda di piena, furono superiori a quelle sino allora conosciute.

Le piene verificatesi nel 1951-1953 e 1965 furono tutte contenute negli argini. Di esse la più rilevante fu quella del 1965, generata da un periodo di pioggia di circa 50 ore con due punte di intensità più notevole.

Le altezze idrometriche registrate alle varie sezioni furono:

| | |
|---|---|
| Segusino | 5,25 m |
| Priula | 1,70 m |
| Ponte di Piave | 7,07 m |
| Zenson | 11,76 m |

Nella Fig. 5 sono riportati a confronto i colmi delle varie piene alla sezione di Zenson.

c) *La piena del novembre* 1966

Fu generata da un'eccezionale precipitazione della durata di 32 ore circa che si estese a tutto il bacino, con intensità via via crescente.

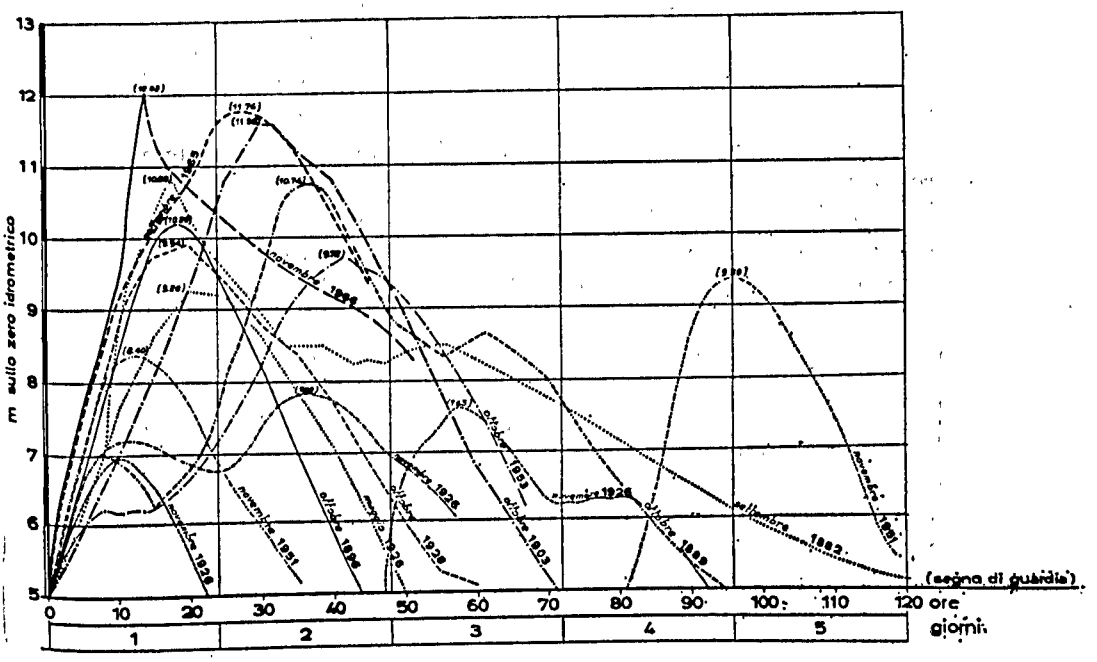



Fig. 5 - Diagrammi idrometrici delle maggiori piene registrate alla Stazione di Zenson.

Le altezze idrometriche superarono in genere per le varie sezioni i massimi precedenti:

| | |
|---|---|
| Segusino | 6,48 m |
| Priula | 3,25 m |
| Ponte di Piave | 7,60 m |
| Zenson | 12,02 m |

I danni arrecati in tutto il bacino furono gravissimi; numerose e vaste le rotte, circa 20.000 ha allagati.

La concomitanza di una straordinaria alta marea (1,94 m nel Bacino di S. Marco) peggiorò le condizioni nella parte più bassa del fiume (da Zenson al mare).

L'altezza delle acque sul piano di campagna raggiunse in media un metro (3 m a Zenson); la loro permanenza da un minimo di poche ore arrivò a circa 60 ore per la zona di Zenson, e si estese per 30-40 giorni nella zona litoranea di bonifica di Caposile.

Con uno studio appositamente svolto dall'ing. L. Zollet, si è cercato di ricostruire l'onda di piena partendo dalla considerazione delle portate scaricate dai vari serbatoi idroelettrici situati lungo l'asta principale del fiume e su affluenti.

La combinazione ragionata dei diagrammi delle portate scaricate dalla diga di Pieve di Cadore sul Piave, di Valle sul Boite e di Pontesei sul Maè con l'aggiunta del contributo della superficie di bacino direttamente sottesa dai serbatoi, ha portato alla determinazione dell'onda di piena del Piave a Belluno, con un massimo al colmo di circa 2700 $m^3/sec$.

L'onda di piena del Cordevole è stata a sua volta ricostruita prendendo in esame alcune sezioni del fiume e valutando per esse, con le formule del moto uniforme, la portata massima; operando una media di queste portate e determinando, per analogia con i valori noti degli altri sottobacini presi in esame, la durata delle fasi di crescita e di decrescita, si è ottenuto il valore di circa 1100 $m^3/sec$.

Non è facile però definire la combinazione dell'onda di piena del Piave a Belluno, con quella del Cordevole e Mis, per ottenere il valore della piena alla confluenza del Cordevole nel Piave presso Busche. Tenuto conto dell'indicazione alla

prossima stazione idrometrica di Segusino, ragionevolmente rettificata, si può valutare che dopo la confluenza del Cordevole la piena sia transitata con un valore al colmo di circa 4.250 $m^3$/sec. (*).

Per sezioni più a valle il valore della portata massima subisce ancora qualche aumento: si deve infatti considerare che gli apporti degli affluenti e dell'incremento del bacino, data la forte precipitazione concentratasi in tale territorio, prevalgono sull'effetto di laminazione nelle larghe espansioni dello alveo.

Infatti una valutazione fatta per la sezione di Ponte della Priula, 45 km più a valle, applicando le formule del moto uniforme con coefficienti di scabrezza assunti prudenzialmente elevati, ha fornito il valore della portata massima di circa 5.000 $m^3$/sec. (*).

Si è cercato di confrontare questi dati con l'applicazione delle più note formule di previsione delle piene (Giandotti, Mongiardini, ecc.), ma l'esito non è stato convincente.

## 5) Criteri generali di sistemazione e difesa

### a) *Indirizzi seguiti nel passato*

Sin dal secolo XV tutto il bacino del Piave fu compreso nei domini della Repubblica di Venezia e vi rimase fino al 1797.

In pratica durante questo periodo si è venuta costituendo l'ossatura di quella che è anche attualmente la sistemazione del fiume.

Gli scopi dei tecnici veneziani erano quelli di salvaguardare l'integrità della Laguna, seriamente minacciata dal tra-

---

(*) Queste valutazioni discendono da una più approfondita ricostruzione delle portate della piena del 1966, basata su elementi recentemente acquisiti: Inizialmente (1969) erano state valutate le portate di 5.000 $m^3$/s a Busche (dopo la confluenza del Cordevole) e di 6.200 $m^3$/s al Ponte della Priula. Questi ultimi dati figurano nel Vol. I degli « Atti della Commissione », Relazione conclusiva (1970).

sporto solido dei fiumi che vi si gettavano, e di difendere lo entroterra dalle pericolose esondazioni del Piave.

Le direttive seguite, a parte un'azione di controllo idraulico e forestale nella zona montana del bacino, si concretarono soprattutto nella realizzazione di due grandi progetti nel tratto di pianura del fiume:

— la costruzione dell'argine di S. Marco in destra, per difendere la Laguna di Venezia, da Ponte di Piave sino circa a Jesolo;

— la diversione del Piave (Taglio Nuovo) al porto di Cortellazzo, ai confini orientali della Laguna.

I due provvedimenti miravano alla regolazione ed al miglioramento delle condizioni di deflusso, in concomitanza ad eventi di particolare entità nel tronco di pianura del fiume.

Lo stesso criterio di intervento, con opere longitudinali, è stato sostanzialmente seguito sino ai giorni nostri: si sono migliorate ed estese le difese arginali, sicchè tutto il tratto di fiume da Nervesa a S. Donà di Piave è racchiuso entro argini maestri che delimitano l'alveo di piena, mentre il tratto da S. Donà al mare è costituito da una canalizzazione in gran parte artificiale.

Nel frattempo si sono anche migliorate le condizioni del bacino montano, però senza un piano generale e solo con interventi isolati.

b) *Insufficienza degli alvei e delle difese di piena*

Durante l'evento di piena del novembre 1966 si è in genere manifestata un'insufficienza della rete idrografica del Piave.

Alla portata solida si deve in genere attribuire l'entrata in crisi del tratto montano: il sovralluvionamento provocato negli alvei del Piave e degli affluenti dalla congerie dei materiali solidi trasportati, ha esaurito o comunque limitato la loro capacità di smaltimento delle acque, per cui l'intumescenza di piena, non più contenuta, ha provocato disastrosi effetti per i centri abitati, le vie di comunicazione ed i terreni delle zone rivierasche.

Nel tratto pedemontano del Piave da Nervesa fin quasi a Ponte di Piave la grande ampiezza dell'alveo ha consentito il passaggio anche di una piena assai rilevante come quella del 1966; si è manifestata però la necessità di protezioni e sistemazioni locali. Invece, nel basso corso del fiume, la ristrettezza dell'alveo di fronte alla rilevante portata di piena ha determinato in ben 15 punti sormonti e collassi degli argini, di cui 12 nel tratto fra Candelù e Zenson, con la conseguenza di vasti allagamenti del territorio.

La causa delle rotte in questo tratto va attribuita all'insufficienza dell'alveo canalizzato da Ponte di Piave fino allo sbocco in mare. La larghezza infatti, che è di ben 4,5 km alle Grave di Papadopoli fra Ponte della Priula e Ponte di Piave, si riduce in quest'ultima località a soli 250 m, e dopo un modesto allargamento il corso si restringe ancora, con un andamento tortuoso fin quasi a S. Donà, e pressochè rettilineo nel seguito con una larghezza media ridotta a 150 m.

Tenuto conto della piccola pendenza del pelo libero (che nella piena del 1966, in concomitanza col colmo di marea, fu dello 0,30 per mille), si può calcolare che al massimo l'alveo canalizzato potrà esitare una portata di 3000 $m^3/s$. Portare maggiori provocano, come nel 1966, un rigurgito nel tratto più a monte e le relative conseguenze di tracimazione.

Si fa notare che nel basso corso del fiume anche una piena assai meno accentuata, come quella del 1965, ha pericolosamente rasentato i limiti di sicurezza arginale.

c) *Valutazione dei diversi provvedimenti di sistemazione e difesa*

Nella elaborazione di un piano di intervento per la difesa dalle piene, conviene riferirsi all'evento del novembre 1966, e ciò in relazione al criterio di massima, stabilito dalla Commissione interministeriale, di basarsi su tale evento ove esso risulti, per un dato bacino, il più rilevante fra quelli conosciuti. Conviene far presente che, nel caso del Piave, l'evento del 1966, ove lo si commisuri all'entità dei danni arrecati al bacino, non sembra scostarsi molto da altri gravosi eventi di cui si ha notizia negli ultimi 100 anni.

Per la parte più alta del bacino, i possibili provvedimenti d'intervento si riducono alle sistemazioni idrogeologiche con consolidamenti delle pendici (rimboschimenti, drenaggi, viminate, ecc.), all'imbrigliamento dei terreni e alle difese di sponda (muri di sponda, pennelli, argini, ecc.).

La protezione della parte più a valle del bacino può essere realizzata sia riducendo convenientemente la portata di piena che affluisce al basso corso del fiume, conservandone l'attuale sezione con qualche opera di sistemazione; sia eventualmente lasciando invariata la portata massima di piena che vi perviene, ma provvedendo ad un sufficiente ampliamento dell'alveo.

Il primo criterio presuppone la creazione o comunque la utilizzazione di invasi che operino una laminazione dell'onda di piena. A questo fine potranno essere presi in considerazione i seguenti provvedimenti:

*a*) utilizzazione dei serbatoi idroelettrici esistenti, praticandovi uno svaso preventivo autunnale o consentendone un invaso regolato al di sopra del livello di massimo invaso, con conveniente aumento degli organi di scarico;

*b*) creazione di nuovi serbatoi per mezzo di sbarramenti nell'alveo ad uso esclusivo di moderazione delle piene, od eventualmente ad uso multiplo (cioè anche idroelettrico, o irriguo);

*c*) regolazione delle ampie superfici di espansione golenale esistenti nel letto medio del fiume, per la loro migliore utilizzazione ad invaso dei colmi di piena.

Tutti i provvedimenti accennati in questo paragrafo saranno oggetto di esame nei successivi paragrafi, in uno con sommarie valutazioni di costo delle varie opere.

## 6) Sistemazioni idraulico-forestali

I criteri informatori degli interventi di natura strettamente forestale, o di carattere idraulico-forestale e idraulico-pascolativo, sono stati forniti in un ampio studio svolto dal Corpo Forestale dello Stato, Ispettorato Regionale delle Foreste per

il Veneto, corredato dei programmi delle spese necessarie e di una cartografia al 100.000 delle zone d'intervento.

Per la situazione forestale e la ricostituzione boschiva del bacino idrologico del Piave va segnalato altresì lo studio, che porta tale titolo, eseguito per conto della Commissione da parte del Prof. M. Cappelli, libero docente in Selvicoltura presso la Università di Padova. Questo originale studio contiene una ampia disamina del clima, della pedologia e delle condizioni attuali del terreno e del bosco, e fornisce indicazioni sul riassetto forestale e sugli interventi proposti, con riferimento al bosco d'alto fusto, alle trasformazioni del ceduo in alto fusto e alle sistemazioni dei prati, pascoli e coltivi.

I criteri da adottarsi, in montagna, saranno di norma quelli dettati dalla selvicoltura naturalistica, con l'impiego delle essenze classiche nella zona; nelle prealpi e nella collina, invece, si potrà intervenire anche con essenze a rapido accrescimento. Per l'alto fusto l'obiettivo da raggiungere è un livello provvigionale minimo non al di sotto dei 200-250 $m^3$/ha. Il miglioramento di questi soprassuoli sarà da eseguire, particolarmente, con la riduzione dell'utilizzazione, e a mezzo di tagli colturali.

Nei cedui dove, talvolta, la degradazione è spinta fino alla forma di cespuglieto, si dovrà provvedere all'allungamento dei turni ed alla loro trasformazione in cedui composti e misti attraverso il coniferamento, dando la preferenza alle specie a rapido accrescimento.

Per l'impianto di nuovi boschi, gli interventi saranno indirizzati particolarmente sui terreni in cui non viene più esercitato il pascolo e la coltura agraria, anche col favore della diminuita pressione demografica.

Lo studio considera poi gli interventi idraulico-forestali, e cioè:

1) interventi di carattere intensivo, quali opere di consolidamento degli alvei, sia longitudinali, per ovviare alla corrosione dei versanti, sia trasversali, per impedire l'erosione del fondo, ed opere di rinsaldamento delle pendici franose;

2) interventi di carattere estensivo, volti alla creazione della copertura vegetale;

3) interventi di carattere sussidiario, come strade di servizio, ricoveri, magazzini per attrezzi ed altro.

Per quanto riguarda i pascoli, la sistemazione avrà un duplice scopo, e cioè la creazione di una cotica erbosa continua, atta ad evitare l'erosione del suolo ed anche, ove possibile, a consentire buona produzione foraggera. Gli interventi dovranno pertanto essere rivolti al governo delle acque ed al miglioramento qualitativo e quantitativo della cotica.

Per tutte queste opere, il Corpo Forestale prevede i seguenti fabbisogni di spesa per il trentennio 1969-1998:

| | |
|---|---|
| Bacino montano del Piave in provincia di Belluno (339.199 ha) . . . . . | L. 45.819 milioni |
| Bacino montano del Piave in provincia di Treviso (27.510 ha) . . . . . | L. 2.201 milioni |
| In totale | L. 48.020 milioni |

7) MODERAZIONE DELLE PIENE PER MEZZO DI INVASI ARTIFICIALI

a) *Utilizzazione dei serbatoi esistenti*

Gli invasi artificiali esistenti nel bacino del Piave che, per la loro capacità ad ubicazione, possono venir presi in considerazione per la moderazione delle piene, sono quelli di Pieve di Cadore sul Piave, di Pontesei sul Maè e di Mis sul Mis (vedi § 1. d.).

Si sono esaminate le seguenti utilizzazioni degli invasi dei serbatoi:

1) della zona al disopra della quota di massimo invaso fino alla quota di max. piena, come consentita con gli scarichi attuali;

2) di un volume di svaso preventivo, praticato prima dell'arrivo della piena, con gli scarichi attuali;

3) di un volume di svaso preventivo, praticato pri-

ma dell'arrivo della piena, con adeguato aumento degli scarichi profondi;

4) di una zona al disopra della quota di massimo invaso, spinta anche oltre la quota di massima piena, con adeguata modifica degli scarichi superficiali.

Come discende dallo studio espressamente eseguito dallo ing. L. Zollet e da successive elaborazioni con l'ausilio di un calcolatore elettronico, si sono ottenuti i risultati seguenti:

1) L'effetto di laminazione del volume temporaneamente immagazzinato *al disopra della quota di massimo invaso,* con i serbatoi completamente invasati al sopraggiungere della piena, è assai modesto con gli *attuali dispositivi di scarico.* Per una piena come quella del novembre 1966 si può contare su una laminazione del colmo di poco più di 100 $m^3/s$, valore che si è effettivamente allora conseguito pur con un'utilizzazione non completa del volume predetto (infatti la punta di piena, sulla scorta dei livelli e delle portate scaricate, deve venir valutata di 1190 $m^3/s$, in confronto ai 1095 $m^3/s$ che è stata la massima portata scaricata).

2) Stanti le esigenze di regolazione ed integrazione del sistema di produzione di energia elettrica che gli impianti derivati dal serbatoio di Pieve di Cadore consentono, non si può prendere in considerazione, per questo serbatoio, uno *svaso preventivo* maggiore di $30 \cdot 10^6 m^3$, destinato ad accogliere le acque di piena. Inoltre i vincoli irrigui a cui deve soddisfare il serbatoio del Mis impediscono in questo serbatoio di effettuare uno svaso preventivo superiore a $20 \cdot 10^6 m^3$. Gli svasi di questi serbatoi, ed eventualmente anche di quello di Pontesei, dovrebbero venir praticati in previsione della piena nel periodo di maggiore frequenza probabile, e cioè dal 1° settembre al 30 novembre di ogni anno.

Per quanto riguarda Pieve di Cadore, serbatoio che è provvisto di due scarichi di fondo, e di uno scarico cosiddetto di superficie regolato da due paratoie fra la quota 676,90 della soglia e la quota 683,50 del massimo invaso, risulta che il beneficio ottenibile dallo svaso preventivo varia a seconda delle modalità con cui questo scarico di superficie viene fatto

intevenire. E precisamente, con lo svaso di 30 . $10^6$ $m^3$ e facendo intervenire a piena apertura gli scarichi di fondo, se si sollevano le paratoie così da lasciare libero il deflusso a stramazzo sin dall'inizio, la portata massima di scarico risulta di 810 $m^3/s$, con una riduzione di 380 $m^3/s$ della punta di piena in arrivo. Se invece si fa intervenire lo scarico solo al raggiungimento del massimo invaso, con apertura parziale e regolata, il beneficio è maggiore, risultando la portata massima scaricata di soli 620 $m^3/s$.

Lo svaso limitato a 15 . $10^6$ $m^3$, invece, non dà praticamente beneficio con gli organi di scarico esistenti.

Per il serbatoio di Pontesei, l'insufficienza degli scarichi di fondo non consente di ridurre la punta di piena in arrivo pur con lo svaso massimo totale preventivamente effettuato; invece, per il serbatoio del Mis, una piena come quella del 1966 risulta efficacemente laminata con lo svaso preventivo di 20 x $10^6$ $m^3$ aprendo gli scarichi di fondo esistenti (riduzione da 715 a 255 $m^3/s$).

A fronte di questi pur non trascurabili benefici, stanno rilevanti oneri di indennizzi all'ENEL per la diminuzione della potenza garantita e della producibilità media annua sull'intera asta degli impianti del Piave. Da valutazioni cortesemente fornite dall'ENEL, queste diminuzioni risulterebbero circa di 60 MW e di 50 GWh rispettivamente nel caso prospettato, con un importo che può valutarsi di L. 765 milioni all'anno, se si commisura la potenza garantita a L. 10.600 il kW, e a L. 2,60 l'equivalente termoelettrico del kWh.

I benefici conseguibili dagli svasi preventivi, *utilizzando gli attuali organi di scarico,* sarebbero pertanto inadeguati rispetto agli oneri economici che si dovrebbero affrontare per conseguirli, tenuto altresì conto del fatto che una riduzione, anche di 500 $m^3/s$, del colmo di piena operata nell'alto bacino montano, dà un beneficio locale che si trasmette in misura molto attenuata nell'alveo di pianura, maggiormente interessato alla riduzione delle altezze di piena.

E pertanto il provvedimento dello svaso preventivo dei serbatoi esistenti, nelle condizioni attuali degli organi di sca-

rico, non sembra doversi raccomandare *nemmeno a titolo temporaneo,* in attesa cioè di altri più radicali provvedimenti.

3) Come è noto, i serbatoi idroelettrici riservano la maggior parte della capacità di scarico agli organi di superficie, mentre si richiede ad un serbatoio che abbia funzioni di piena di concentrare la capacità di scarico negli organi profondi, affinchè l'invaso disponibile possa venir sfruttato per accogliervi solo il colmo della piena. Si è perciò esaminato se un aumento degli esistenti scarichi profondi potesse, nei serbatoi considerati, sfruttare al meglio la capacità derivante dallo svaso preventivo.

Con lo svaso di 30 . $10^6$ $m^3$ nel serbatoio di Pieve di Cadore, basterebbe portare a 400 $m^3/s$ la capacità degli organi di scarico profondi per ottenere la riduzione a tale valore della portata massima nella piena del 1966. I due scarichi attuali danno complessivamente una portata di poco inferiore, ma hanno difficoltà ad essere regolati, per cui si può contare efficacemente su uno solo di questi scarichi stabilmente aperto. Si propone perciò di dotare il serbatoio di un nuovo scarico di alleggerimento della portata di 250 $m^3/s$ a svaso massimo, regolabile in chiusura.

Con lo svaso preventivo di 15 . $10^6$ $m^3$, si può conseguire una riduzione della piena a 710 $m^3/s$; per ragioni analoghe a quelle sopra esposte, si deve contare su un nuovo scarico regolabile della capacità di 550 $m^3/s$ al massimo svaso.

Per il serbatoio di Pontesei, e con lo svaso totale, un nuovo scarico di fondo si rende necessario per utilizzare in pieno il volume disponibile, riducendo così il colmo di piena da 385 a 185 $m^3/s$. La capacità del nuovo scarico dovrebbe essere di tale entità a serbatoio svasato, non potendosi contare su un efficace contributo degli scarichi di fondo attuali.

Invece, per il serbatoio del Mis, che si può svasare di 20 . $10^6$ $m^3$, non è necessario alcun aumento degli organi di scarico per realizzare, quasi completamente, il massimo beneficio dello svaso (riduzione da 715 a 130 $m^3/s$, salvo una breve punta a 255 $m^3/s$).

Nella seguente Tabella sono riportati i risultati ora indicati relativi alla moderazione della piena del 1966 coi serbatoi artificiali esistenti, in uno coi costi dei nuovi scarichi (da stime gentilmente fornite dall'ENEL) e cogli importi degli indennizzi annui da corrispondere all'ENEL stesso per gli svasi; rispettivamente per i due valori (30 e 15 . $10^6$ $m^3$) dello svaso preventivo nel serbatoio di Pieve di Cadore.

Trattasi complessivamente di oneri finanziari assai rilevanti, perchè la capitalizzazione delle annualità degli indennizzi può approssimativamente valutarsi a ben L. 10.000 e L. 5.500 milioni, rispettivamente.

Si aggiunga che l'attuazione in via permanente dello svaso preventivo ridurrebbe ulteriormente la vita dei serbatoi, perchè essi dovrebbero affrontare le probabili piene in condizioni di livello abbassato e quindi subire in misura aggravata il pericolo degli inghiaiamenti.

4) L'utilizzazione di un sovrainvaso di qualche metro nei serbatoi idroelettrici esistenti, al di sopra della quota di massimo invaso, è un provvedimento che, a differenza dal precedente, potrebbe conciliare le esigenze della produzione idroelettrica e quelle della moderazione delle piene: esso peraltro va associato alla costruzione di *adeguati scarichi regolati di superficie* (modificando quelli esistenti), così da sfruttare nel modo migliore la capacità di laminazione del volume disponibile.

Un rialzo di 1,5 m rispetto all'attuale quota di max piena (e di 3 m al di sopra di quella di max. invaso), può essere consentito per le dighe dei serbatoi di Pieve di Cadore e del Mis, che hanno struttura a volta. Si otterrebbe quindi una zona superiore invasabile dello spessore di 3 m, che consentirebbe, per la piena del 1966, una riduzione di 250 $m^3/s$ del colmo per Pieve di Cadore e di 240 $m^3/s$ per il Mis.

Una modifica degli scarichi superficiali sarebbe necessaria solo per il serbatoio del Mis, e può commisurarsi ad una capacità di portata di 400 $m^3/s$ alla quota di massimo normale invaso.

Si aggiunga l'onere, peraltro di non grande rilievo, deri-

| Serbatoio idroelettrico da svasare | Svaso preventivo ($10^6$ m$^3$) | Colmo della piena 1966 (m$^3$/s) | Valore ridotto del colmo | | Capacità dei nuovi scarichi (m$^3$/s) | Costo dei nuovi scarichi ($10^6$ Lire) | Diminuzione conseguente allo svaso | | Indennizzi annui in milioni di Lire ($10^6$ Lire) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | con gli scarichi profondi esistenti (m$^3$/s) | con gli scarichi profondi aumentati (m$^3$/s) | | | Potenziale garantito (MW) | Produzione annua (GWh) | |
| *I caso* | | | | | | | | | |
| Pieve di Cadore | 30 | 1.190 | 810 | 400 | 250 | 1.100 | — | — | 765 |
| Pontesei | Totale | 385 | 385 | 185 | 185 | 750 | 60 | 50 | |
| Mis | 20 | 715 | 130 (255) | 130 (255) | — | — | — | — | |
| *II caso* | | | | | | | | | |
| Pieve di Cadore | 15 | 1.190 | 1.030 | 710 | 550 | 2.000 x $10^6$ | 32 | 26 | 410 |
| Pontesei | Totale | 385 | 385 | 185 | 185 | 750 | — | — | |
| Mis | 20 | 715 | 130 (255) | 130 (255) | — | — | — | — | |

vante dalla limitazione dei livelli massimi di invaso durante l'esecuzione dei lavori.

Il provvedimento potrà però essere preso in considerazione solo se sarà accertata, anche di fronte alle massime quote d'invaso ed agli svasi conseguenti, la stabilità e la sicurezza dei versanti dei due serbatoi. In proposito si vuol ricordare che nel serbatoio di Pieve di Cadore si nutre qualche preoccupazione per le sponde prossime all'abitato di Vallesella.

b) *Nuovi serbatoi per sola trattenuta delle piene*

I) *Generalità*

Nella scelta tra i diversi possibili provvedimenti di difesa dalle piene, la costruzione di uno o più serbatoi ad uso esclusivo di piena costituisce l'intervento più adeguato ed efficace.

Si crea infatti nella posizione giudicata più idonea, sia da un punto di vista idraulico e geologico che economico, la possibilità di un invaso la cui utilizzazione è legata esclusivamente al servizio di piena e perciò libera da ogni vincolo esterno di regolazione. Essa può risultare molto efficace se verrà modulata sulla base delle informazioni fornite da una rete di stazioni pluviometriche ed idrometriche poste nel bacino a monte, potendosi contare sulla notevole elasticità di regolazione che il manufatto di ritenuta consente.

Provvista di ampie luci di fondo generalmente aperte e che solo durante l'accumulo delle acque di piena verrebbero parzializzate mediante paratoie, un'opera così concepita ha il pregio di non alterare il normale transito dei materiali solidi di trasporto convogliati dalle acque e di non dar quindi luogo ad interrimenti se non nel raro caso di piena eccezionale. Questi interrimenti sono destinati poi ad essere gradualmente e naturalmente rimossi dalle acque nell'ampio intervallo fra una piena e la successiva.

E' importante osservare che può essere evitato ogni intervento dell'uomo per la regimazione di una piena nel serbatoio, perchè l'ottimo della regolazione si ottiene mantenendo costante la portata massima stabilita per gli scarichi. Pertanto la loro

apertura potrà venir asservita direttamente ai livelli, riducendola progressivamente col progredire dell'invaso. Poichè un simile automatismo può essere realizzato in condizioni di sicura efficienza, viene eliminata ogni possibile responsabilità che deriverebbe dal dover programmare e comandare le operazioni di invaso in un evento di piena.

II) *Indicazione dei serbatoi e loro dati caratteristici*

Nella Fig. 6 è indicata la posizione topografica dei serbatoi di piena lungo il corso del Piave ed affluenti, che si sono presi in considerazione stanti le favorevoli caratteristiche morfologiche della stretta e la capacità d'invaso realizzabile. I loro principali dati caratteristici possono essere così riassunti:

Serbatoio di Ponte nelle Alpi (quota di fondo dello stretto (365 m s.m.)

| | |
|---|---|
| bacino sotteso | 1764 km$^2$ |
| altezza di ritenuta | 12 m |
| volume invasabile | 6,5 . 10$^6$ m$^3$ |
| sviluppo al coronamento | 70 m |
| effetto di laminazione su piena tipo 1966 | 300 m$^3$/s |
| costo presunto | L. 300 milioni |

Serbatoio di Belluno (333 m s.m.)

| | |
|---|---|
| bacino sotteso | 1806 km$^2$ |
| altezza di ritenuta | 30 m |
| volume invasabile | 58 . 10$^6$ m$^3$ |
| sviluppo al coronamento | 580 m |
| effetto di laminazione su piena tipo 1966 | 1250 m$^3$/s |
| costo presunto | L. 3500-4000 milioni |

Serbatoio di Peròn sul Cordevole (386 m s.m.)

| | |
|---|---|
| bacino sotteso | 712 km$^2$ |
| altezza di ritenuta | 30 m |
| volume invasabile | 16 . 10$^6$ m$^3$ |
| sviluppo al coronamento | 350 m |
| effetto di laminazione su piena tipo 1966 | 850 m$^3$/s |
| costo presunto | L. 2500-3000 milioni |

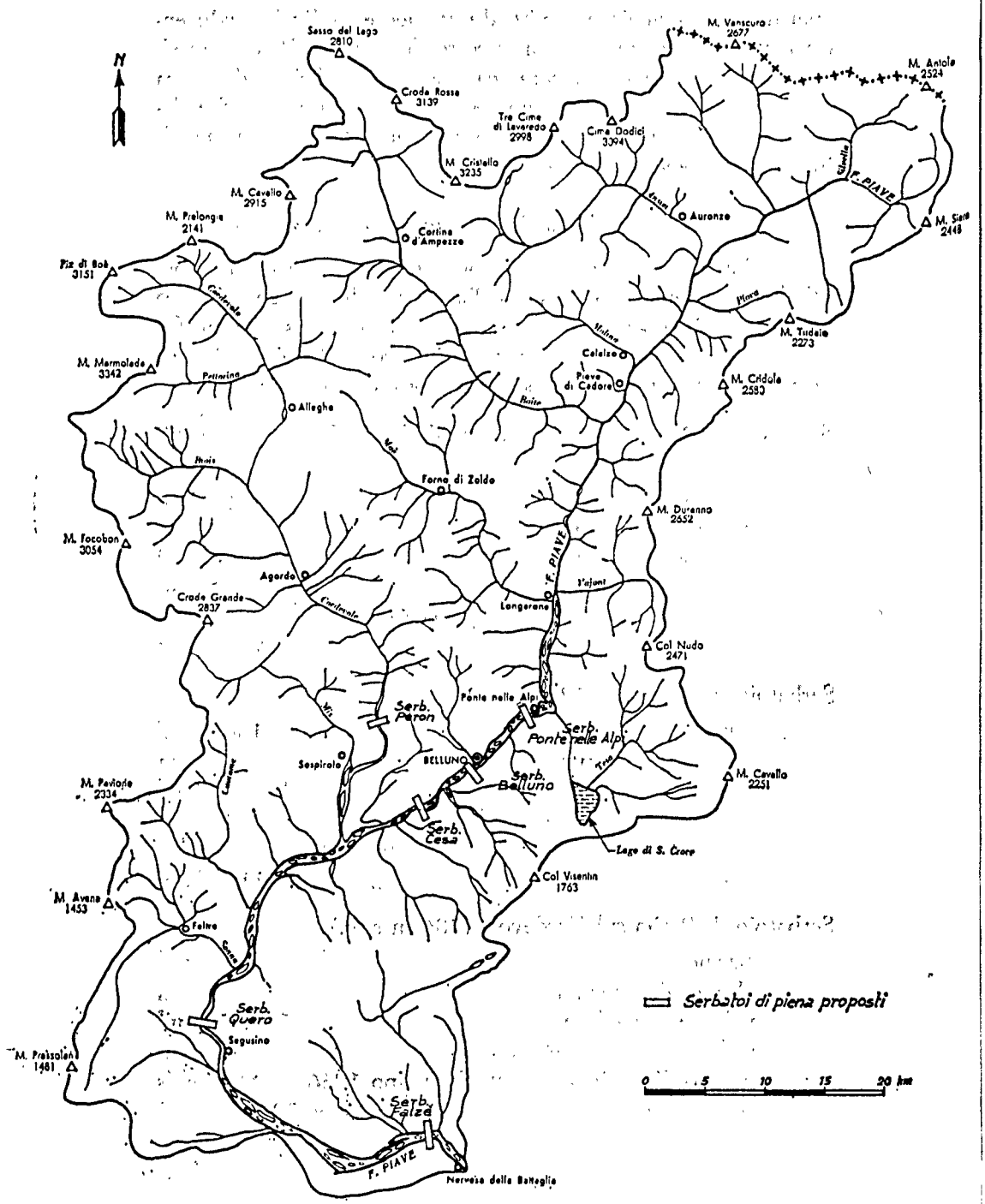



Fig. 6 - Corografia del bacino montano del Piave con i serbatoi di piena proposti.

Serbatoio di Cesa (302 m s.m.)

| | |
|---|---|
| bacino sotteso | 1932 $km^2$ |
| altezza di ritenuta | 30 m |
| volume invasabile | 50 . $10^6$ $m^3$ |
| sviluppo al coronamento | 400 m |
| effetto di laminazione su piena tipo 1966 | 1200 $m^3/s$ |
| costo presunto | L. 3500-4000 milioni |

Serbatoio di Quero (182 m s.m.)

| | | |
|---|---|---|
| | bacino sotteso | 3330 $km^2$ |
| a) | altezza di ritenuta | 35 m |
| | volume invasabile | 93 . $10^6$ $m^3$ |
| | sviluppo al coronamento | 160 m |
| | effetto di laminazione su piena tipo 1966 | 2000 $m^3/s$ |
| | costo presunto | L. 8000-10000 milioni |
| b) | altezza di ritenuta | 18 m |
| | volume invasabile | 22 . $10^6$ $m^3$ |
| | sviluppo al coronamento | 140 m |
| | effetto di laminazione su piena tipo 1966 | 900 $m^3/s$ |
| | costo presunto | L. 5000-6000 milioni |

Serbatoio di Falzè (93 m s.m.)

| | | |
|---|---|---|
| | bacino sotteso | 3605 $km^2$ |
| a) | altezza di ritenuta | 22 m |
| | volume invasabile | 90 . $10^6$ $m^3$ |
| | sviluppo al coronamento | 400 m |
| | effetto di laminazione su piena tipo 1966 | 2100 $m^3/s$ |
| | costo presunto | L. 2500-3000 milioni |
| b) | altezza di ritenuta | 15 m |
| | volume invasabile | 36 . $10^6$ $m^3$ |
| | sviluppo al coronamento | 400 m |
| | effetto di laminazione su piena tipo 1966 | 1150 $m^3/s$ |
| | costo presunto | L. 2000-2500 milioni |

Va inoltre preso in considerazione un serbatoio della capacità di circa 55 milioni di $m^3$, realizzabile in una stretta del Piave tra Busche e Quero.

L'effetto di laminazione sopra indicato è, per ciascun ser-

batoio, quello relativo all'onda di piena del novembre 1966 che in esso pervenisse non moderata da precedenti serbatoi. Sono stati utilizzati i valori di portata di questa piena ricostruiti in base a quanto esposto nel § 4 c sulla base delle osservazioni disponibili, con una valutazione che deve ritenersi cautelativa.

Più ampie notizie sono contenute nello studio eseguito dall'ing. Lucio Zollet, già richiamato.

III) *Indagini geologiche sui serbatoi di piena*

Si riassume qui il risultato di accertamenti, *in via preliminare,* sulle condizioni geologiche degli indicati serbatoi di piena, espressamente eseguiti a cura dei dott.ri D. Locatelli, G. Barbieri, F. Massari, G.P. Braga dell'Istituto di Geologia e Geologia Applicata dell'Università di Padova, che ne hanno elaborato apposita Relazione.

La prospezione geoelettrica resasi necessaria per conoscere la potenza del materasso alluvionale della stretta di Peron sul Cordevole è stata eseguita dal dott. Rodolfo Zambrano, dell'Istituto di Fisica Terrestre e di Geodesia dell'Università di Padova, e forma oggetto di apposito documento.

Procedendo da monte verso valle, le caratteristiche geologiche dei tronchi vallivi esaminati possono essere sintetizzate nel modo seguente.

La *stretta* del F. Piave, a Sud dell'abitato di *Ponte nelle Alpi,* si presta alla realizzazione di un serbatoio di limitate dimensioni. La gola è scavata in calcari argillosi, marne e argille, fittamente stratificati, che presentano buone garanzie di stabilità e di tenuta. Si suggerisce di impostare lo sbarramento poco a valle del ponte della S.S. n. 51.

Il progetto di sbarrare il F. Piave alla *stretta di Belluno* risulta irrealizzabile, data la presenza in sponda destra di un antico alveo sepolto colmato da alluvioni che non offrono sufficienti garanzie di stabilità e di tenuta. Pare invece attuabile circa 1 km più a monte uno sbarramento di tipo misto, costituito in parte da una struttura in calcestruzzo, ov'è possibile fondarsi direttamente nella roccia in posto (arenarie, marne e argille in fitta alternanza), e in parte da una diga di materiali sciolti, dove

lo spessore del materasso alluvionale risulta troppo potente. Al di sotto di questo tratto « a scogliera », sarà necessario creare uno schermo impermeabile al fine di evitare pericolosi sifonamenti.

Qualche chilometro a valle di Belluno la *stretta di Cesa,* scavata in calcari, marne e argille fittamente interstratificati, presenta condizioni geologiche sostanzialmente favorevoli alla creazione di uno sbarramento mediante diga « a speroni ». In sinistra della stretta, dove è previsto un tratto di diga « a scogliera », sarà necessario realizzare al di sotto del manufatto uno schermo impermeabile nelle alluvioni che riempiono un antico alveo sepolto non molto profondo.

La *stretta delle Scalette* sul T. Cordevole, poco a monte dall'abitato di *Perón,* presenta caratteristiche geologiche particolari. Infatti a sponde rocciose calcareo-dolomitiche nettamente favorevoli sia dal punto di vista della stabilità che da quello della tenuta, si contrappone il problema del rilevante spessore del materasso alluvionale. La potenza delle alluvioni che coprono il subalveo roccioso è stata messa in luce dai sondaggi geofisici espressamente condotti ed è risultata tale da rendere antieconomica la realizzazione di uno sbarramento fondato direttamente nella roccia in posto. Si rende pertanto necessario studiare un tipo di diga che affidi la propria stabilità essenzialmente alle sponde e, al di sotto del manufatto, dovrà essere realizzato uno schermo impermeabile allo scopo di evitare pericolose infiltrazioni.

Particolarmente interessante si presentava il progetto di sbarrare il Piave alla *stretta di Quero* per realizzare un serbatoio di grandi dimensioni. Le condizioni geologiche del tratto vallivo da sbarrare si sono dimostrate invece particolarmente sfavorevoli data l'estrema instabilità del versante sinistro della stretta soggetto a potenziali grandi frane di scivolamento in calcari argillosi disposti a franapoggio. Nè è trascurabile l'ostacolo derivante dalla necessità di spostare importanti vie di comunicazioni per un totale di 20-30 km, tagliando i nuovi tracciati in pendii detritici tendenzialmente instabili.

Condizioni geologiche favorevoli all'attuazione di uno sbarramento presenta la *stretta di Falzè,* sia per la stabilità delle

sponde della sezione d'imposta, sia per lo spessore scarso o nullo delle alluvioni che ricoprono la roccia dell'alveo. La sponda destra, soggetta a carsismo molto sviluppato, richiederà opportune opere di impermeabilizzazione per garantire la tenuta, soprattutto nel caso di un'utilizzazione mista del serbatoio (moderazione delle piene - irrigazione).

E' da tener presente che le conclusioni a cui si è pervenuti sono il risultato di ricerche geologiche di superficie; in sede di progetto esecutivo esse andranno avvalorate da scavi e sondaggi geognostici volti a esplorare più accuratamente le caratteristiche di permeabilità e stabilità delle rocce delle sezioni d'imposta e, ove del caso, ad accertare lo spessore del materasso alluvionale.

c) *Utilizzazione ad uso misto dei serbatoi di piena*

Per alcuni dei sopraindicati serbatoi vi è la possibilità di un'utilizzazione mista.

L'abbinamento dell'uso idroelettrico con il servizio di piena, da realizzarsi mediante un sovrainvaso di piena di sopra del massimo invaso di esercizio, sembra adattabile ai serbatoi di Quero a) e di Perón per la grande capacità di invaso del primo e la favorevole condizione morfologica del secondo. Non vi sono peraltro al presente concrete iniziative per la costruzione di questi serbatoi a fini idroelettrici, sulle quali il divisato provvedimento potrebbe inserirsi.

Invece, un abbinamento di finalità irrigue con il servizio di piena è stato recentemente proposto per il serbatoio di Falzè.

Si tratta di una iniziativa per lo sviluppo irriguo del Montello, con la richiesta di concessione del serbatoio di piena di Falzè a servizio misto per l'incremento delle irrigazioni trevigiane, secondo un progetto redatto dall'Ing. E. Armellin di Vittorio Veneto.

Con tale utilizzazione combinata verrebbe mantenuta integra o quasi la capacità di laminazione del serbatoio, dato che le piene autunnali generalmente sopravvengono quando l'accumulo delle acque irrigue è già esaurito, mentre, durante il periodo

irriguo, si avrebbe una disponibilità di acqua di circa 10 $m^3/s$ di cui solo una piccola parte sarebbe impegnata per lo sviluppo irriguo del Montello.

Pur riconoscendosi il pregio della concezione di questo progetto, qualche riserva deve farsi a proposito dell'abbinamento irriguo. Anzitutto la relazione geologica (vedi § 7 c III) osserva che vi sono problemi di tenuta sul fianco destro, per accentuati fenomeni di carsismo, la cui importanza sarebbe rilevante se il serbatoio dovesse provvedere all'immagazzinamento delle acque di irrigazione. L'inconveniente sembra peraltro superabile con lavori di impermeabilizzazione, il cui onere risulterebbe sopportabile per l'economia della realizzazione.

Maggiori inconvenienti deriverebbero invece dagli interrimenti a cui, per l'uso abbinato all'irrigazione, il serbatoio verrebbe più frequentemente soggetto, e che potrebbero anche determinare una permanente sottrazione di materie fini di trasporto nell'asta di pianura del fiume fino al mare. Gli inconvenienti potrebbero essere solo in parte ridotti con la costruzione di adatte opere di guida della corrente entro il bacino.

Preoccupazioni desta inoltre la modifica del regime delle risorgive, e delle falde idriche in generale, che probabilmente conseguirebbe, nella pianura trevigiana, alla permanente sottrazione di portata dal regime normale del fiume per accumulo nel serbatoio delle acque destinate all'irrigazione. Nè d'altra parte, a giudizio degli Enti consorziali interessati, si ravvisa attualmente la necessità di incrementare le disponibilità irrigue della pianura con apporti così notevoli come quelli che il progetto prevede.

Pertanto, mentre il serbatoio di Falzè appare particolarmente indicato come principale elemento moderatore delle piene nel sistema del Piave, la sua destinazione anche alle finalità irrigue è al presente fonte di qualche perplessità, che potrebbe essere superata solo dopo studi ampi ed approfonditi. Nulla vieta che si propugni per intanto la costruzione del serbatoio per il solo fine di trattenuta delle piene, senza compromettere un eventuale successivo abbinamento al servizio delle irrigazioni.

d) *Utilizzazione regolata delle espansioni golenali*

L'utilizzazione regolata delle espansioni golenali del fiume, che attualmente vengono naturalmente invase al crescere delle piene, per invasarvi solo i loro colmi, risulta ad un esame approfondito poco conveniente, e comunque non decisiva ai fini della difesa idraulica.

Si sono esaminate le zone di più favorevole possibile intervento e per esse si è giunti alle seguenti valutazioni:

| | |
|---|---|
| Zona di S. Giustina | |
| effetto di laminazione (sulla piena del 1966) | 200-250 $m^3/s$ |
| costo presunto | L. 4000-4500 milioni |
| Zona delle Grave di Ciano | |
| effetto di laminazione (sulla piena del 1966) | 400 $m^3/s$ |
| costo presunto | L. 3500-4500 milioni |
| Zona delle Grave di Papadopoli | |
| effetto di laminazione (sulla piena del 1966) | 900 $m^3/s$ |
| costo presunto | L. 5000-5500 milioni |

Questi dati mettono in risalto la scarsa efficacia di laminazione di fronte al costo notevole delle opere di regolazione che sarebbe necessario eseguire (argini di delimitazione delle casse di riempimento, sfioratori e luci di scarico).

Il problema idraulico ed economico è complicato ulteriormente da difficoltà sociali, che fanno ritenere il provvedimento difficilmente realizzabile. A questo proposito è particolarmente interessante e significativa la Relazione: « Indagine sugli insediamenti edilizi esistenti entro le arginature del fiume Piave nella provincia di Treviso », compilata dall'Ufficio del Genio Civile di Treviso.

e) *Considerazioni conclusive e proposte*

Fra tutti i provvedimenti suesposti per ottenere capacità d'invaso a moderazione delle piene, quello di regolare esistenti *espansioni golenali* (§ 7 d) appare il meno conveniente, per l'elevato costo delle opere di fronte al modesto effetto ritraibile.

Quanto all'*utilizzazione dei serbatoi idroelettrici esistenti* di Pieve di Cadore, di Pontesei e del Mis, mediante *svaso preventivo,* essa è di insufficiente efficacia con gli esistenti scarichi di fondo, non potendosi per gravi ragioni di economia elettrica e per i vincoli irrigui spingere oltre un certo limite gli svasi, come esposto al § 7 a). Entro questi limiti, il provvedimento non appare raccomandabile neppure per una attuazione a titolo temporaneo, cioè al fine di dare un certo sollievo alla situazione nell'alveo a valle (in attesa della realizzazione di più efficaci opere di trattenuta).

Nemmeno associato, come sarebbe necessario per renderlo più efficace, ad un conveniente aumento della capacità degli organi profondi di scarico, lo svaso preventivo dei serbatoi è raccomandabile come provvedimento definitivo, dato l'onere notevole del costo dei nuovi scarichi, associato ad un permanente indennizzo all'Ente concessionario d'ingenti cifre per la diminuzione della potenza garantita e dell'energia producibile nel sistema degli impianti derivati (vedi § 7 a).

Potrebbe invece essere meritevole di attenta considerazione il disegno (esposto al § 7 a) di destinare, negli esistenti serbatoi di Pieve di Cadore e del Mis, un *sovrainvaso* di circa 3 m al disopra del massimo invaso per accogliere i colmi delle piene, con un aumento degli scarichi superficiali per il serbatoio del Mis. Il beneficio è bensì di entità limitata, ma risulta ottenibile senza turbare l'esercizio dei serbatoi consentito dalla regolare loro concessione, semprechè le strutture delle dighe consentano il modesto sovraccarico temporaneo, e soprattutto sia assicurata la stabilità dei versanti, anche di fronte ai maggiori invasi ed ai rapidi svasi.

Riguardo ai serbatoi di piena (§ 7 b), si ritiene di dover scartare quello di Ponte nelle Alpi, in considerazione dell'esigui-

tà dell'invaso realizzabile per la limitazione d'altezza della diga, dovuta agli insediamenti urbani e industriali che si sono sviluppati nell'adiacente territorio.

Quanto al serbatoio di Perón sul Cordevole, il costo specifico dell'invaso è per esso maggiore di quello degli analoghi serbatoi realizzabili (a Belluno o a Cesa) sul corso stesso del Piave. D'altro canto, l'abbinamento di questo serbatoio con altro fra quelli in esame non sarebbe tale da realizzare una sufficiente capacità complessiva di moderazione.

La particolare ubicazione, e la capacità d'invaso rendono consigliabile la realizzazione di uno dei due serbatoi (tra loro analoghi) di Belluno o di Cesa sul medio Piave, ed eventualmente del minore serbatoio fra Busche e Quero. Motivi di ordine psicologico militano forse contro la scelta di quello di Belluno, dato che esso invaserebbe, sia pur temporaneamente e saltuariamente, a quota tale che un rione della città sarebbe ad esso soggiacente.

Più a valle, il serbatoio di Quero è invece di problematica realizzazione, anche nella versione a quota più bassa di ritenuta, soprattutto per i vincoli derivanti dagli insediamenti umani e dalla necessità di spostare in una valle laterale (per ragioni di stabilità dei versanti) le strade statale e provinciale e la ferrovia.

Ottime si presentano le condizioni per lo sbarramento di Falzè, che dovrebbe essere possibilmente realizzato per la massima altezza di ritenuta, con le necessarie opere di salvaguardia delle aree limitrofe.

Appaiono, in definitiva, meritevoli di essere proposti, in ordine di precedenza:

*a*) la costruzione del serbatoio di Falzè, con altezza di ritenuta di 22 m, volume invasabile $90 \cdot 10^6$ m$^3$;

*b*) la costruzione di un serbatoio di piena sul medio Piave, con altezza di ritenuta di 30 m, e volume invasabile di $50 \cdot 10^6$ m$^3$;

*c*) il sovrainvaso di piena di 3 m nei serbatoi idroelettrici esistenti di Pieve di Cadore e del Mis, con necessario adeguamento degli organi di scarico, previo accertamento della stabilità e sicurezza dei versanti.

Stante la necessità (vedi § 5 b), di limitare a 3000 $m^3/s$ la portata massima di piena nell'alveo canalizzato da Ponte di Piave al mare, si deve contare su una moderazione della piena campione del 1966, ad opera dei serbatoi montani, da 5000 $m^3/s$ a non più di 3500 $m^3/s$ a Ponte della Priula. Ciò può ottenersi con la realizzazione del serbatoio di Falzè per la massima altezza, ovvero di un serbatoio sul medio Piave, oltre a quello di Falzè con altezza ridotta. L'utilizzazione del sovrainvaso di piena dei serbatoi di Pieve di Cadore e del Mis potrebbe essere utilmente affiancato alla costruzione di questi serbatoi, rendendo possibile una leggera diminuzione della loro altezza di ritenuta.

Con queste proposte ci si è orientati prevalentemente sul criterio di costruire uno o due nuovi serbatoi sul Piave ad uso esclusivo di trattenuta delle acque di piena per la loro moderazione nel tratto a valle. Non si esclude un eventuale abbinamento del servizio irriguo per il serbatoio di Falzè, da rimandare però nel tempo, dopo che studi approfonditi abbiano dimostrato la irrilevanza di talune riserve, che figurano indicate nel § 7 c.

La scelta dei due serbatoi, come quelli proposti, posti rispettivamente all'incirca a metà ed al termine del bacino montano del Piave, può apparire opportuna di fronte ad aspettative quanto mai varie per le possibili piene da moderare, che lo studio delle maggiori piene finora accadute ampiamente giustifica. Tanto più la scelta risulterà avvalorata, quanto più l'esercizio dei serbatoi potrà basarsi su un efficiente servizio di teleindicazioni pluviometriche ed idrometriche, che sarà necessario sviluppare su larga scala, preponendo a questo servizio un apposito Ufficio distaccato del Servizio Idrografico del Magistrato alle Acque.

Talune perplessità sono emerse a proposito dei serbatoi di piena, per il fatto che l'esercizio li porterebbe ad essere completamente svasati anche per lunghi periodi pluriennali, ed assoggettati ad un repentino riempimento che improvvisamente cimenterebbe, anche con effetti dinamici, le strutture murarie e la roccia. Queste preoccupazioni ovviamente non sussisterebbero qualora i serbatoi fossero adibiti a servizio misto. Per evitare ogni pericolo sarebbe opportuno, a questo riguardo, che

i serbatoi aventi funzioni solo di piena venissero ripetutamente svasati ed invasati a titolo sperimentale, e si collaudasse in queste occasioni il funzionamento degli organi di regolazione. A questi compiti, oltre alle operazioni in caso di piena, dovrebbe essere adibito il predetto Ufficio distaccato del Servizio Idrografico.

Per quanto riguarda il fabbisogno finanziario per la moderazione delle piene dei serbatoi, stanti le considerazioni sopra svolte, si ritiene di indicarlo, per il trentennio 1969-1998, come quello relativo alla realizzazione delle opere di cui ai punti a), b), c) precedenti, e pertanto in L. 7.700 milioni (previsione più sfavorevole).

## 8) Opere idrauliche di miglioramento degli alvei

### a) *Sistemazione idraulica del Piave ed affluenti fino all'uscita dal bacino montano*

Gli interventi di sistemazione idraulica (da associare a quelli di sistemazione idraulico-forestale di cui al § 6), per i principali corsi d'acqua ricadenti nel bacino imbrifero del Piave, sono stati studiati dall'Ufficio del Genio Civile di Belluno ed indicati in apposita Relazione.

Essi consistono essenzialmente in una serie di opere trasversali di trattenuta (briglie e soglie), nel consolidamento delle pendici, ed in una serie di opere longitudinali che, senza eliminare le esistenti grandi varici d'espansione, consentono di stabilizzare un letto per le acque di magra e per le portate medie.

Questi provvedimenti dovranno essere associati a sistematici scavi dell'alveo, così da riportarlo alle condizioni originarie precedenti il sovralluvionamento dovuto particolarmente alla piena del novembre 1966.

I bacini presi in considerazione per queste sistemazioni idrauliche sono quelli dell'Alto Piave dalla sorgente a Ponte nelle Alpi, del Medio Piave da Ponte nelle Alpi a Quero, del Torrente Ansiei, del Torrente Boite, del Torrente Maè, del

Fiumicello Rai, del Torrente Tesa e del Torrente Ardo, del Torrente Cordevole, del Torrente Mis, dei Torrenti Veses, Caorame, Stizzon e Somma.

L'importo totale previsto dall'Ufficio per queste sistemazioni idrauliche è, per il trentennio 1969-1998, di L. 38.700 milioni.

b) *Sistemazione idraulica del basso corso del Piave e degli affluenti*

Si è fatto rilevare, nel § 5 c), che per far defluire con sicurezza una piena come quella del 1966 sarebbe necessario aumentare considerevolmente la capacità di portata del basso corso da Ponte di Piave fino alla foce. Si è già accennato (§ 4 c) che la piena del 1966 è arrivata a Ponte della Priula con un colmo valutabile a circa 5000 $m^3/s$. Tenendo conto della moderazione arrecata dalla naturale espansione della piena nelle ampie superfici golenali fra Ponte della Priula e Ponte di Piave, si può valutare che in quest'ultima località si abbia una riduzione del colmo di circa 500 $m^3/s$. L'Ufficio del Genio Civile di Treviso ha valutato la risistemazione dell'intero tratto canalizzato da Zenson al Porto di Cortellazzo (vedi Fig. 7) al fine di conseguire una capacità di portata di 5000 $m^3/s$, per mezzo dei seguenti provvedimenti:

1) rettifica con drizzagni dal tratto tortuoso dell'alveo da Zenson a S. Donà di Piave con riduzione di 5 km del percorso e conseguente aumento della pendenza da circa 0,35 per mille a 0,65 per mille;

2) sagomatura dell'intero corso rettificato da Zenson al Porto di Cortellazzo con una sezione avente le caratteristiche seguenti:

— larghezza tra le sommità arginali 340 m;

— canaletta di magra larga 120 m tra le sponde, affiancata da due golene della larghezza di 105 m ciascuna;

— profondità della canaletta 7 m dal piano delle golene; altezza degli argini 6 m al disopra di questo piano (franco 1 m sul massimo livello di piena).

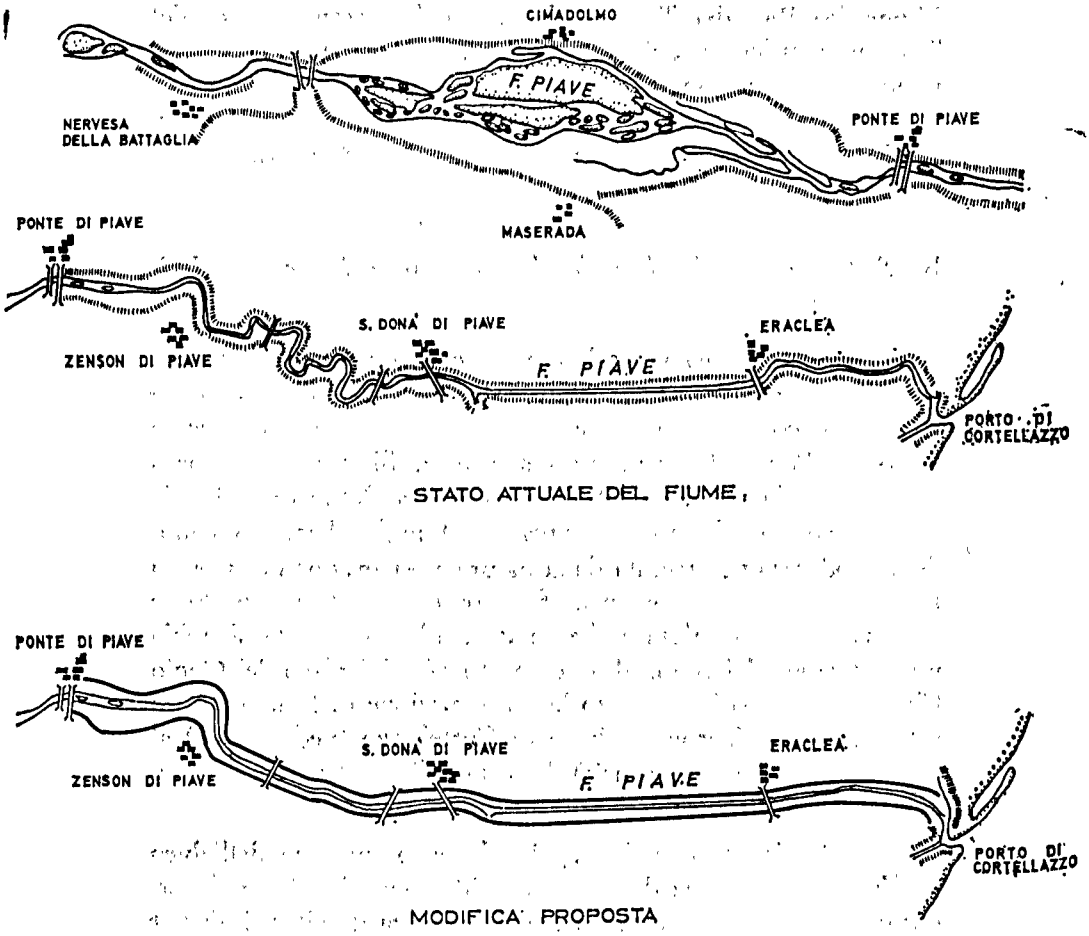



Fig. 7 - Corso di pianura del fiume Piave, con il tracciato di una rettifica ed allargamento dell'alveo per la portata di 5000 $m^3/s$ nel tratto da Ponte di Piave alla foce.

Con tale sezione, dell'area di 2370 $m^2$, la velocità di piena risulta di circa 3 m/s nella parte centrale (canaletta) e di 1,2 m/s nelle golene.

La complessiva spesa per scavi e lavori di terra, espropri, ricostruzione di strade arginali, sistemazione di nodi stradali e rampe d'accesso agli argini, rifacimento di ponti stradali, prolungamento di ponti ferroviari, indennizzi per demolizione di fabbricati, rifacimento della conca di navigazione a Cortellazzo, altre opere di ripristino e di protezione, è valutata dall'Ufficio del Genio Civile di Treviso in L. 19.500 milioni.

Si deve far presente che un simile provvedimento, oltre a costituire un impegno di spesa assai notevole, turberebbe in modo rilevante l'ordine economico e sociale di una vasta plaga attraversata dal fiume, in cui, specie negli ultimi tempi, si sono notevolmente sviluppati gli insediamenti umani e le attività industriali ed agricole.

Nell'ipotesi invece che venga seguito il suggerimento di provvedere alla *trattenuta dei colmi di piena in serbatoi montani* da costruire, come si è trattato nel § 7 b, al fine di ridurre la portata massima nel basso corso vallivo a valori non superiori a 3000 $m^3/s$, si ritiene che l'alveo delimitato dalle attuali arginature sia sufficiente a contenere i livelli idrometrici, pur con qualche miglioramento delle attuali condizioni, consistente in:

— rafforzamenti, rialzi e ringrossi di alcuni tratti d'argine;

— costruzione di scogliere in roccia ed altre opere di protezione di sponda;

— piccole rettifiche e allargamenti della foce al Porto di Cortellazzo.

Per queste opere l'Ufficio del Genio Civile di Treviso prevede un importo complessivo di L. 1.200 milioni, e quello di Venezia ancora di L. 1.200 milioni per le parti di rispettiva competenza. In totale l'importo da preventivarsi per il triennio 1969-1998 è di L. 2.400 milioni.

Appare dal confronto fra la cifra di L. 19.500 milioni che occorrerebbe per adeguare il corso vallivo del Piave al convogliamento della massima piena qualora essa vi pervenga

senza artificiali moderazioni, e la cifra, di circa L. 10.000 milioni, che comprende la costruzione di adatti invasi di piena nel bacino montano e le predette minori sistemazioni del corso vallivo, che il provvedimento della moderazione della piena mediante serbatoi di ritenuta è anche economicamente conveniente.

Si aggiungono le necessità di sistemazione degli affluenti di pianura (Zenson, Fossalon, Curogna, Ariù, Roggia di Moriago, Raboso, Soligo, Negrisia, Nasson) per cui l'Ufficio del Genio Civile di Treviso indica, per opere idrauliche varie, un importo di spesa di circa L. 700 milioni, mentre quello di Venezia (per i canali tra Sile e Piave) indica un importo di lire 285 milioni.

In totale, per la sistemazione del corso di pianura del Piave e relativi affluenti nell'ipotesi di riduzione della piena massima (per trattenuta dei colmi nei serbatoi montani) a valori non superiori a 3000 $m^3/s$, la spesa totale del trentennio che si espone per opere idrauliche, risulta di L. 3.385 milioni (oltre all'importo di L. 7.700 milioni alla voce « serbatoi di piena »).

c) *Sistemazioni idrauliche del fiume Sile*

Pur non facendo parte a rigore del bacino del Piave come affluente, il fiume Sile può farsi ricadere in esso per ragioni geografiche e storiche evidenti.

Il fiume Sile nasce da risorgive presso Albaredo, tocca gli abitati di Quinto, Treviso, Quarto d'Altino, Portegrandi, Caposile, Jesolo e si getta al mare dopo un percorso di 95 km. Ha i caratteri di corso d'acqua di pianura, senza trasporto solido apprezzabile.

Riceve le acque del Musestre (circa 4 $m^3/s$) ed il contributo di vari Consorzi di bonifica (circa 30 $m^3/s$), la cui entità tende ad aumentare in relazione allo sviluppo delle bonifiche.

Finora non si sono verificati eventi calamitosi; tuttavia nel novembre del 1961 e durante l'alluvione del 4 novembre 1966 le arginature sono state tracimate in più punti. Per ottenere, sia pur provvisoriamente, una certa sicurezza idraulica, è

stata aperta una breccia di circa 100 m nell'argine destro del Taglio di Sile, per poter scolmare le piene del fiume scaricando le acque nella Laguna di Venezia.

Recentemente il Consorzio Portuario di Treviso ha avanzato un progetto di completa ricalibratura del fiume, per poterlo trasformare in via navigabile per natanti fino a 1350 t.

Prescindendo da tale circostanza, per la sistemazione e consolidamento di difese di sponda dell'alveo esistente, per rialzo e rafforzamento delle arginature aventi franco insufficiente, e per la costruzione di banche gli Uffici del Genio Civile di Venezia e di Treviso segnalano un fabbisogno necessario di L. 700 milioni e di L. 450 milioni rispettivamente, con un totale pertanto di L. 1.150 milioni.

### 9) Opere idraulico-agrarie e di bonifica

Le indicazioni sulle necessità di opere idraulico-agrarie e di bonifica sono state fornite dall'Ispettorato Agrario Compartimentale per le Venezie e dai competenti Uffici del Genio Civile. Trattasi di opere che in gran parte ricadono nei territori dei Consorzi di bonifica, salvo quelle da attuarsi nella zona collinare pedemontana esterna a tali comprensori. La ripartizione fra queste zone e quelle di bonifica montana (§ 6), è stata fatta d'intesa con l'Ispettorato Forestale.

L'elenco comprende il Consorzio di bonifica di Brentella di Pederobba, tributario del Piave per un'estensione di 75.000 ha, che richiede la sistemazione di corsi d'acqua a carattere torrentizio; il Consorzio di bonifica Canale della Vittoria (superficie 29.400 ha), interessato al bacino del Sile, i cui affluenti spesso esondano con danni dovuti al ristagno delle acque; il Consorzio Bidoggia-Grassaga che richiede la sistemazione idraulica dei bacini del Negrisia, Bidoggia ed altri minori; i Consorzi di bonifica Destra Sile Superiore, Dese Sile Inferiore, Dese Superiore, 2ª Presa, 5ª Presa, 7ª Presa, Gambarare; ed infine i Consorzi Riuniti del Basso Piave (58.000 ha), che richiedono rinforzi di arginature e generali rialzi per i canali navigabili che attraversano il comprensorio, e per il tratto terminale dei corsi

d'acqua che vengono invasi dalle mareggiate con pericolo di sormonto.

Complessivamente, la spesa che viene segnalata dai competenti Uffici è la seguente:

— per opere idraulico-agrarie nella provincia di Belluno . . . . . L. 305 milioni
— per opere idraulico-agrarie nelle province di Treviso e di Venezia . . . . L. 1.856 milioni
— per opere nelle bonifiche nelle province di Treviso e di Venezia . . . . L. 24.918 milioni

10) Difese costiere

La difesa costiera viene considerata per tutto il litorale dalla Laguna di Venezia (Treporti) al Livenza.

L'importo segnalato dall'Ufficio del Genio Civile di Venezia ammonta a L. 1.955 milioni.

A questo si deve aggiungere un importo di L. 161 milioni, segnalato dall'Ispettorato Regionale di Padova del Corpo Forestale per il consolidamento delle dune litoranee, da realizzarsi mediante la creazione di una prima fascia con talee di tamerici a maglia stretta, e di una fascia successiva trattata con semina di pini mediterranei.

L'importo totale delle opere di difesa costiera da prevedersi per il trentennio è pertanto di L. 2.116 milioni.

11) Graduazione delle spese - Opere di manutenzione - Studi, Ricerche, Progettazioni

Gli importi segnati per ciascuna categoria di opere nei rispettivi paragrafi che precedono, si riferiscono al fabbisogno stimato per una completa sistemazione, da attuarsi gradualmente nel periodo di circa un trentennio.

Nell'allegata Tabella, assieme a questi importi complessi-

| | BACINO PRINCIPALE: Piave Km² 3.899 | | | | Importi delle sistemazioni previste (in milioni di lire) | | | | | | | Importi per opere di manutenzione (in milioni di lire) | Spese per rilievi, studi e progettazioni (in milioni di lire) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Corso d'acqua | Estremi del tratto | Superficie (Km²) parziale | Superficie (Km²) complessiva | Opere idrauliche | Serbatoi di attenuazione delle piene | Opere idrauliche forestali | Opere idrauliche agrarie | Bonifiche | Difesa del litorali | Totali | | |
| Importi complessivi per il trentennio 1969-1998 | Alto Piave e affluenti | fino a Nervesa | 3.667 | | 38.700 | 7.700 | 48.020 | 305 | — | — | 94.725 | 14.500 | 2.750 |
| | Basso Piave e affluenti | da Nervesa al mare | — | | 3.385 | — | — | 1.856 | 24.918 | 2.116 | 33.425 | 5.100 | 700 |
| | Fiume Sile | intero | — | 3.899 | 1.150 | — | — | | | | | | |
| | | Totali | | | 43.235 | 7.700 | 48.020 | 2.161 | 24.918 | 2.116 | 128.150 | 19.600 | 3.450 |
| Importi per il 1° quinquennio 1969-1975 | Alto Piave e affluenti | fino a Nervesa | | | 11.600 | 7.700 | 15.080 | 110 | — | — | 34.490 | 3.000 | 750 |
| | Basso Piave e affluenti | da Nervesa al mare | | | 1.000 | — | — | 986 | 13.705 | 635 | 16.666 | 3.900 | 250 |
| | Fiume Sile | intero | | | 340 | — | — | | | | | | |
| | | Totali | | | 12.940 | 7.700 | 15.080 | 1.096 | 13.705 | 635 | 51.156 | 6.900 | 1.000 |
| Importi per il 2° decennio 1976-1985 | Alto Piave e affluenti | fino a Nervesa | | | 12.500 | | 11.950 | 130 | — | — | 24.580 | 4.500 | 1.000 |
| | Basso Piave e affluenti | da Nervesa al mare | | | 1.200 | — | — | 840 | 9.590 | 750 | 12.780 | 3.100 | 225 |
| | Fiume Sile | intero | | | 400 | — | — | | | | | | |
| | | Totali | | | 14.100 | — | 11.950 | 970 | 9.590 | 750 | 37.360 | 7.600 | 1.225 |

vi, sono anche riportati quelli reputati necessari per i seguenti periodi:

1° quinquennio (1969-1975);

2° decennio (1976-1985).

Nella ripartizione si è seguito il concetto di collocare nel primo periodo le opere (come i serbatoi di piena), la cui esecuzione ha carattere d'urgenza per eliminare i maggiori pericoli delle inondazioni.

A questi importi se ne devono aggiungere altri, pure indicati nella Tabella ed allo stesso modo ripartiti, relativi alle seguenti previsioni di spesa:

— per opere di manutenzione;

— per studi, ricerche, progettazioni.

Per entrambe queste voci si è tenuto conto delle segnalazioni fatte dagli Uffici competenti.

Si ritiene opportuno sottolineare l'importanza che fra gli studi e ricerche necessari per le progettazioni vengano tenuti in debita considerazione gli accertamenti geologici e geotecnici, e gli esperimenti su modelli in scala ridotta, da affidare possibilmente a Laboratori universitari qualificati.

Come argomenti particolarmente importanti si segnalano, per il bacino del Piave, le particolarità d'efflusso dalle luci dei progettati serbatoi di piena; lo studio idrologico con modelli operazionali delle modalità d'intervento dei serbatoi stessi in caso di piena; gli studi sulle arginature e diaframmi e relativi terreni di fondazione; l'esame dei miglioramenti alle foci.

## RIFERIMENTI

La presente Relazione è stata redatta dal prof. ing. Augusto GHETTI, per conto del Sottogruppo per il Piave e per il Livenza del I Gruppo di Lavoro « Tre Venezie » della 2ª Sottocommissione, tenendo conto dei pareri espressi dai membri del Gruppo stesso, nonchè dei contributi forniti dall'Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque; dagli Uffici del Genio Civile

di Belluno, Treviso, Venezia; dall'Ispettorato Regionale di Padova del Corpo Forestale dello Stato; dall'Ispettorato Agrario Compartimentale delle Venezie; dall'ENEL.

Essa trova fondamento e completamento in alcuni studi particolari, espressamente eseguiti da cultori di geologia, di idraulica e di scienze forestali per conto del Gruppo di Lavoro, e precisamente:

— Dott. Giampietro BRAGA e Dott. Fabio MEDIZZA: « Studio delle condizioni litologiche e carta litologica del bacino del Piave ».

— Dott. Giuseppe GATTO; Dott. Paolo GATTO e Dott. Dario LOCATELLI: « Rilevamento e catasto delle frane e zone franose del bacino del Piave ».

— Dott. Dario LOCATELLI, Dott. Giorgio BARBIERI, Dott. Francesco MASSARI e Dott. Giampietro BRAGA: « Accertamento delle condizioni geologiche degli indicati serbatoi di piena (con prospezione geoelettrica a cura del Dott. Rodolfo ZAMBRANO) ».

— Dott. Ing. Lucio ZOLLET: « Studio per la moderazione delle piene del Piave mediante invasi di ritenuta, sulla base della piena del novembre 1966 ».

— Prof. Dott. Mario CAPPELLI: « Situazione forestale e ricostituzione boschiva del bacino idrologico del Piave ».

# CORSI D'ACQUA: AGNO-GUA', BACINI BERICI ED EUGANEI, BACCHIGLIONE E BRENTA

Il Gruppo di lavoro delle Tre Venezie della « Commissione Interministeriale per lo studio della sistemazione idraulica e della difesa del suolo » affidava ad un Sottogruppo lo studio relativo ai corsi d'acqua Agno-Guà, bacini Berici ed Euganei, Bacchiglione e Brenta.

Questo Sottogruppo ha svolto la sua attività avvalendosi della competente e preziosa collaborazione del Magistrato alle Acque, degli Uffici del Genio Civile di Este, Padova, Trento, Venezia e Vicenza, dell'Ispettorato compartimentale agrario di Venezia, dell'Ispettorato regionale forestale di Padova, dell'Assessorato alle foreste della Regione Trentino Alto-Adige, degli Istituti di Geologia, di Idraulica e di Selvicoltura dell'Università di Padova, dell'ENEL (Direzione costruzioni idrauliche elettriche e civili del Compartimento di Venezia), nonchè dell'opera del prof. M. Cappelli, dei geologi dott. A. Dal Prà, V. De Zanche e dell'ingegnere P. A. Rolla.

Le notizie e gli elementi raccolti costituiscono oggetto della presente relazione, redatta con la collaborazione degli ingg. L. Dorigo e P. A. Rolla e del geom. A. Parisatti.

Il Sottogruppo ha tenuto sei riunioni alle quali sono intervenuti, in rappresentanza degli Enti su indicati, o a titolo personale, i Signori: G. Barbieri, R. Baroncini, L. Borgato, M. Cappelli, L. Consolo, M. Dalla Torre di Sanguinetto, G. B. Dal Piaz, A. Dal Prà, L. De Luca, A. De Rosso, V. De Zanche, L. Dorigo, L. Ferrari, A. Ghetti, G. Giacomelli, E. Gravino, P. Gregori, L. Linari, V. Lonero, F. Mantovani, D. Marchi, B. Mori, A. Parisatti, G. Piccoli, P. A. Rolla, V. Ronchi, M. Savio, L. Torchio.

Agli Enti ed alle Persone che hanno validamente collaborato alla ricerca ed alla stesura della relazione esprimo il mio vivo ringraziamento.

prof. ing. DINO TONINI
*Coordinatore del Sottogruppo*
*Agno-Guà, Bacini Berici-Euganei,*
*Bacchiglione e Brenta*

Padova, novembre 1968; luglio 1972.

## 1. - PREMESSE.

L'idrografia della regione veneta è, come è noto, particolarmente tormentata per le numerose variazioni che la morfologia dei corsi d'acqua ha subìto per vicende naturali e per intervento dell'uomo, il quale, fin dai tempi protostorici, ha sempre tentato di difendersi e, quando era possibile, di trarre utilità dalle acque.

L'Agno-Guà, i bacini Berici-Euganei, il Bacchiglione e il Brenta (Fig. 1) rientrano in questo aspetto generale del problema ed arduo sarebbe rievocare le complesse vicende delle quali si hanno notizie, non sempre omogenee ed immuni da critiche, fin dai tempi dei primi insediamenti umani nella pianura veneta (1). Qualche cenno in proposito verrà comunque dato nei capitoli dedicati ai rispettivi bacini, mentre qui vengono riassunti i principali aspetti climatologici e fitologici della zona in esame, atti ad una prima inquadratura del problema.

### 1.1. - *Temperatura.*

I valori medi mensili ed annui della temperatura di alcune stazioni significative dei bacini considerati e, per opportuno confronto, della pianura tra l'Adige ed il Brenta, nonchè

(1) Una preziosa fonte d'informazioni sull'argomento del presente capitolo e di quelli successivi è costituita dalla « Guida Bibliografica - Fiumi lagune e bonifiche venete » curata da F. Marzolo e A. Ghetti (Cedam, Padova 1949) e dalla relativa « Appendice di Aggiornamento » (Stamperia di Venezia, 1963) nelle quali sono raccolte e classificate oltre 4000 citazioni di pubblicazioni edite dal XVI secolo ai giorni nostri.

BACINI: AGNO-GUÀ, BERICI-EUGANEI, BACCHIGLIONE, BRENTA

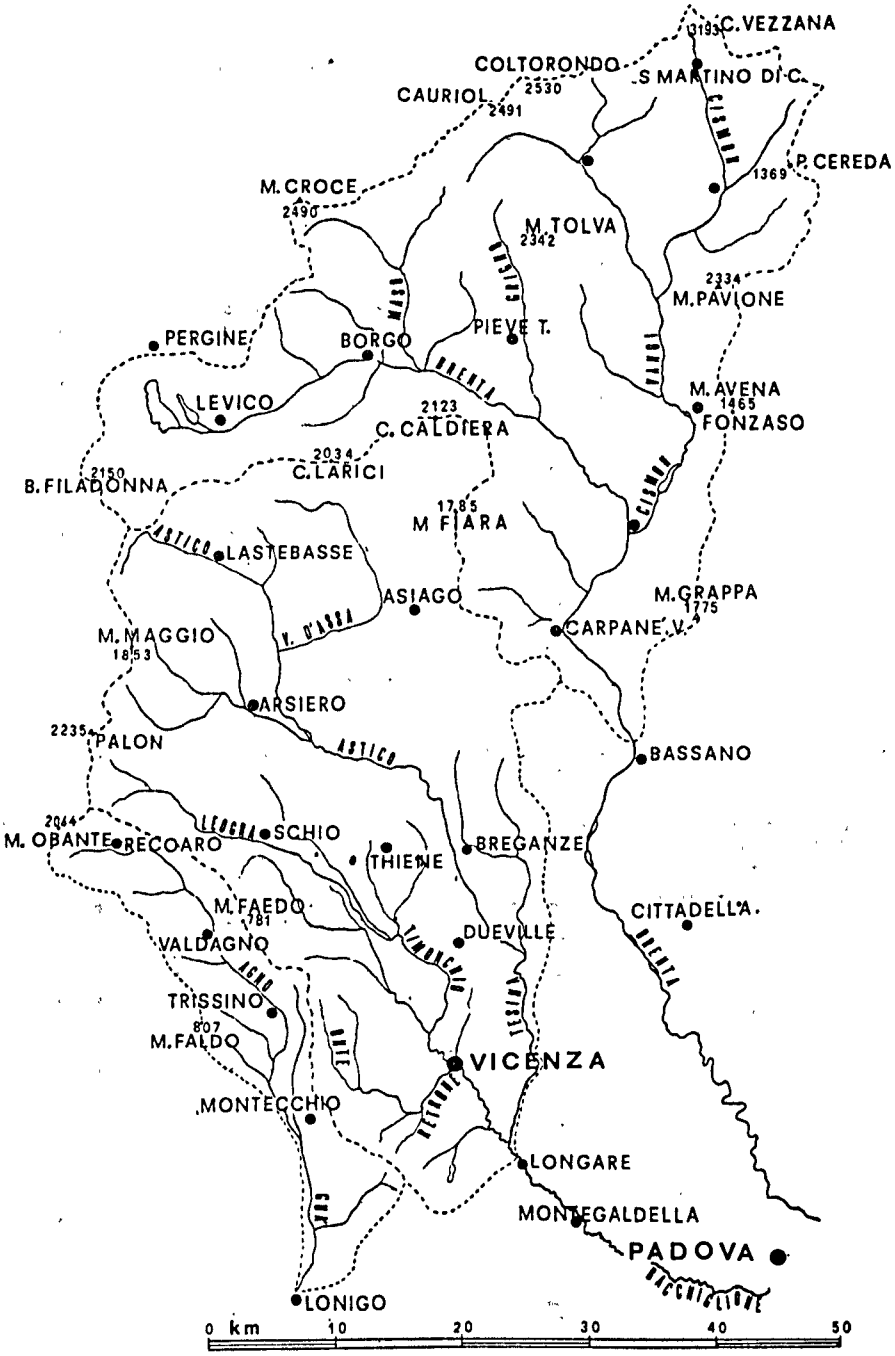



Fig. 1

Tab. I

Bacini: AGNO-GUA', BERICI-EUGANEI, BACCHIGLIONE, BRENTA E PIANURA FRA ADIGE E PIAVE
Temperature (°C) medie mensili, annue ed estremi assoluti

| Bacino e Stazione | quota m s. m. | Gen. | Feb. | Mar. | Apr. | Mag. | Giu. | Lug. | Ago. | Set. | Ott. | Nov. | Dic. | Anno | Valori estremi | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | max. | data | min. | data |
| Agno-Guà | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Recoaro | 445 | 0.6 | 1.9 | 6.0 | 10.0 | 13.8 | 17.8 | 20.0 | 19.7 | 16.3 | 11.1 | 6.0 | 1.4 | 10.4 | 37.0 | 28-6-35 | —17.0 | 12-2-29 |
| Colle Venda | 575 | 1.4 | 2.5 | 6.0 | 10.3 | 14.1 | 18.5 | 21.0 | 20.8 | 17.5 | 11.8 | 6.8 | 2.9 | 11.1 | 34.0 | 6-7-52 | —17.5 | 12-2-29 |
| Cologna Veneta | 24 | 1.3 | 4.0 | 8.4 | 13.4 | 17.2 | 21.4 | 23.8 | 23.4 | 19.8 | 14.0 | 7.5 | 3.2 | 13.1 | 40.0 | 5-8-46 | —18.0 | 11-1-45 |
| Bacchiglione | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Asiago | 999 | —3.4 | —1.8 | 2.2 | 6.3 | 10.0 | 14.0 | 16.4 | 15.7 | 12.8 | 7.7 | 3.0 | —1.4 | 7.0 | 39.9 | 16-7-28 | —31.0 | 22-1-42 |
| Tonezza | 935 | —0.9 | 0.7 | 3.5 | 6.6 | 10.3 | 14.2 | 16.3 | 16.1 | 13.3 | 8.6 | 3.7 | 0.3 | 7.7 | 31.0 | 7-7-52 | —23.0 | 22-1-63 |
| Crosara | 417 | 2.7 | 4.3 | 7.2 | 11.4 | 15.0 | 17.9 | 21.1 | 21.2 | 18.3 | 13.0 | 7.8 | 4.3 | 12.0 | 35.0 | 7-7-57 | —15.0 | 6-1-47 |
| Thiene | 147 | 2.3 | 4.4 | 7.9 | 12.2 | 16.3 | 20.5 | 22.7 | 22.4 | 19.0 | 13.6 | 7.8 | 4.0 | 12.8 | 38.0 | 7-7-52 | —16.0 | 6-1-47 |
| Vicenza | 39 | 2.4 | 4.1 | 8.4 | 12.8 | 17.3 | 21.2 | 23.5 | 22.8 | 19.2 | 13.7 | 8.2 | 3.8 | 13.1 | 39.3 | 6-7-52 | —15.0 | 15-2-56 |
| Brenta | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Costa Brunella | 2030 | —4.7 | —3.6 | —0.5 | 2.7 | 6.3 | 9.4 | 12.1 | 11.6 | 9.3 | 5.6 | 0.4 | —2.3 | 3.8 | » | » | » | » |
| Monte Grappa | 1690 | —4.0 | —3.2 | —1.0 | 1.8 | 5.3 | 9.5 | 11.7 | 11.6 | 9.0 | 4.8 | 0.7 | —2.4 | 3.6 | 26.0 | vari 7-57 | —26.0 | 24-1-63 |

Bacini: AGNO-GUA', BERICI-EUGANEI, BACCHIGLIONE, BRENTA E PIANURA FRA ADIGE E PIAVE
Temperature (°C) medie mensili, annue ed estremi assoluti

| Bacino e Stazione | quota m s. m. | Gen. | Feb. | Mar. | Apr. | Mag. | Giu. | Lug. | Ago. | Set. | Ott. | Nov. | Dic. | Anno | Valori estremi | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | max. | data | min. | data |
| S. Martino di Castrozza | 1444 | —2.9 | —1.7 | 0.6 | 3.9 | 7.5 | 11.3 | 13.3 | 13.0 | 10.3 | 5.7 | 1.0 | —1.6 | 5.0 | 32.0 | 8-8-65 | —23.0 | 6-1-47 |
| Foza | 1083 | —0.4 | 1.3 | 3.5 | 6.9 | 10.4 | 14.3 | 16.2 | 16.8 | 13.6 | 8.8 | 4.1 | 0.7 | 8.0 | 30.0 | 17-7-28 | —17.0 | 14-2-40 |
| Pontarso | 888 | —1.6 | 0.0 | 3.1 | 7.5 | 11.2 | 14.8 | 17.0 | 16.9 | 13.8 | 8.7 | 3.0 | —0.1 | 7.8 | 33.0 | 21-7-45 | —18.0 | 6-1-47 |
| Pieve Tesino | 775 | —1.0 | 0.1 | 3.7 | 7.3 | 11.0 | 13.8 | 16.4 | 15.4 | 13.1 | 8.3 | 3.5 | 0.5 | 7.7 | » | » | » | » |
| Pergine | 480 | —1.0 | 1.8 | 6.2 | 10.6 | 14.3 | 18.4 | 20.0 | 19.7 | 16.7 | 11.2 | 5.0 | 0.4 | 10.3 | 35.0 | 6-7-50 | —20.0 | 23-1-63 |
| Levico | 445 | —0.6 | 2.0 | 6.8 | 11.5 | 14.7 | 14.3 | 20.4 | 19.9 | 16.9 | 11.4 | 5.2 | 1.1 | 10.6 | 36.0 | 23-7-45 | —17.0 | 17-2-56 |
| Bassano del Grappa | 129 | 3.7 | 5.0 | 8.7 | 12.9 | 17.3 | 21.1 | 23.5 | 23.0 | 20.1 | 14.7 | 9.0 | 4.7 | 13.6 | 37.0 | 7-7-57 | —14.0 | 23-1-63 |
| Pian. fra Adige e Piave | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Venezia | 2 | 3.0 | 4.4 | 8.3 | 12.8 | 17.4 | 21.1 | 23.5 | 23.0 | 19.8 | 14.5 | 9.0 | 4.5 | 13.4 | 36.0 | 16-7-28 | —12.4 | 12-2-29 |
| Padova | 12 | 1.7 | 3.7 | 8.4 | 12.7 | 17.4 | 21.2 | 23.6 | 22.8 | 19.1 | 13.5 | 7.8 | 3.2 | 12.9 | 38.4 | 6-7-52 | —16.3 | 3-2-29 |
| Rovigo (.) | 4 | 1.5 | 3.8 | 8.4 | 12.9 | 17.5 | 21.6 | 24.0 | 23.4 | 19.5 | 13.8 | 8.0 | 2.9 | 13.1 | 39.0 | 7-7-52 | —20.6 | 16-2-29 |
| Vicenza | 42 | 2.3 | 4.1 | 8.4 | 12.8 | 17.3 | 21.2 | 23.6 | 22.8 | 19.2 | 13.8 | 8.2 | 3.7 | 13.1 | 39.3 | 6-7-52 | —15.0 | 15-2-56 |
| Treviso | 15 | 2.7 | 4.4 | 6.4 | 12.8 | 17.5 | 21.3 | 23.6 | 23.9 | 19.3 | 14.0 | 8.4 | 4.2 | 13.3 | 36.9 | 28-6-35 | —14.3 | 12-2-29 |

(*) Interruzione dal 1951 al 1956.

gli estremi assoluti del periodo di osservazione, sono riportati nella Tab. I.

Il periodo di osservazione al quale si riferiscono i valori non è uguale per tutte le stazioni: esso comprende tuttavia, in ciascun caso, alcuni decenni per cui può ritenersi sufficientemente indicativo dei valori medi di ogni località.

Dai dati riportati si rileva che i valori medi della temperatura annua sono in buone correlazioni con le quote altimetriche delle rispettive località, tenuto conto che altri fattori (quali la situazione orografica, il soleggiamento, ecc.) possono influenzare i valori stessi.

I valori massimi e minimi medi mensili si verificano in tutte le stazioni in luglio e gennaio rispettivamente.

L'escursione tra i valori estremi assoluti raggiunge il suo massimo nel bacino del Bacchiglione (Asiago con 70°C), mentre per le località degli altri bacini si hanno valori sui 50°C ÷ 55°C.

Le località in pianura hanno valori medi annui che non presentano sensibili scostamenti tra loro. Le differenze che si rilevano sono da attribuirsi principalmente alla influenza della ubicazione in relazione alla distanza dal mare e dai rilievi montuosi.

### 1.2. - *Precipitazioni.*

I valori medi mensili, annui e stagionali delle precipitazioni registrate in alcune stazioni significative dei bacini considerati, con funzionamento regolare, nel periodo 1921-1966, sono riportati nella Tab. II.

A meglio illustrare il regime e l'entità di dette precipitazioni sono state tracciate delle carte isoietografiche, sempre per il periodo 1921-1966, alla scala originaria 1:500.000.

Precisamente:

*a*) carta delle precipitazioni medie annue (Fig. 2);

Bacini: AGNO-GUA', BERICI-EUGANEI, BACCHIGLIONE, BRENTA
Precipitazioni (mm), medie mensili, annue e stagionali del periodo 1921-1966

| Bacino e Stazione | quota m s. m. | Gen. | Feb. | Mar. | Apr. | Mag. | Giu. | Lug. | Ago. | Set. | Ott. | Nov. | Dic. | Anno | Precipitazioni stagionali | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | inv. | pri. | est. | aut. |
| Agno-Guà | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Recoaro | 445 | 102 | 109 | 156 | 201 | 218 | 156 | 122 | 110 | 136 | 219 | 245 | 159 | 1933 | 370 | 575 | 388 | 600 |
| Valdagno | 295 | 88 | 94 | 127 | 159 | 172 | 135 | 109 | 100 | 113 | 168 | 183 | 122 | 1570 | 304 | 458 | 344 | 464 |
| Brogliano | 172 | 78 | 79 | 101 | 122 | 133 | 106 | 89 | 87 | 98 | 138 | 147 | 104 | 1282 | 261 | 356 | 282 | 383 |
| Bacchiglione | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lavarone | 1171 | 53 | 59 | 82 | 115 | 147 | 129 | 118 | 106 | 115 | 145 | 152 | 86 | 1307 | 198 | 344 | 353 | 412 |
| Lastebasse | 610 | 57 | 67 | 85 | 122 | 153 | 122 | 115 | 98 | 122 | 159 | 159 | 91 | 1350 | 215 | 360 | 335 | 440 |
| Asiago | 1046 | 60 | 64 | 85 | 126 | 170 | 154 | 137 | 132 | 131 | 149 | 162 | 96 | 1466 | 220 | 381 | 423 | 442 |
| Posina | 544 | 88 | 95 | 134 | 188 | 205 | 156 | 134 | 122 | 156 | 206 | 228 | 130 | 1842 | 313 | 527 | 412 | 590 |
| Treschè Conca | 1097 | 65 | 65 | 94 | 137 | 185 | 161 | 140 | 131 | 141 | 167 | 175 | 104 | 1565 | 234 | 416 | 432 | 483 |
| Velo d'Astico | 362 | 81 | 89 | 123 | 169 | 199 | 150 | 130 | 120 | 154 | 192 | 194 | 119 | 1720 | 289 | 491 | 400 | 540 |
| Calvene | 201 | 67 | 60 | 102 | 130 | 166 | 162 | 129 | 136 | 122 | 152 | 150 | 103 | 1479 | 230 | 398 | 427 | 424 |
| Crosara | 417 | 73 | 73 | 100 | 138 | 169 | 161 | 130 | 123 | 123 | 152 | 157 | 101 | 1500 | 247 | 407 | 414 | 432 |
| Staro | 632 | 106 | 115 | 167 | 205 | 227 | 172 | 135 | 122 | 152 | 250 | 264 | 154 | 2069 | 375 | 599 | 429 | 666 |
| Schio | 234 | 83 | 85 | 118 | 157 | 178 | 143 | 109 | 115 | 120 | 178 | 181 | 116 | 1542 | 284 | 453 | 367 | 479 |

*segue* Tab. II

Bacini: AGNO-GUA', BERICI-EUGANEI, BACCHIGLIONE, BRENTA
Precipitazioni (mm), medie mensili, annue e stagionali del periodo 1921-1966

| Bacino e Stazione | quota m s.m. | Gen. | Feb. | Mar. | Apr. | Mag. | Giu. | Lug. | Ago. | Set. | Ott. | Nov. | Dic. | Anno | Precipitazioni stagionali | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | inv. | pr. | est. | aut. |
| Thiene | 147 | 76 | 79 | 106 | 128 | 152 | 136 | 106 | 108 | 115 | 148 | 157 | 107 | 1418 | 262 | 386 | 350 | 420 |
| Isola Vicentina | 80 | 81 | 82 | 109 | 129 | 148 | 125 | 97 | 89 | 103 | 147 | 150 | 100 | 1360 | 263 | 386 | 311 | 400 |
| Vicenza | 42 | 73 | 66 | 91 | 100 | 111 | 98 | 76 | 72 | 85 | 108 | 118 | 89 | 1087 | 228 | 302 | 246 | 311 |
| **Brenta** | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Levico | 445 | 40 | 40 | 56 | 90 | 112 | 102 | 95 | 94 | 95 | 111 | 107 | 69 | 1011 | 149 | 258 | 291 | 313 |
| Pergine | 480 | 37 | 44 | 56 | 82 | 113 | 108 | 100 | 93 | 97 | 110 | 108 | 62 | 1010 | 143 | 251 | 301 | 315 |
| Borgo Valsugana | 476 | 50 | 48 | 64 | 88 | 107 | 103 | 99 | 100 | 95 | 100 | 110 | 68 | 1032 | 166 | 259 | 302 | 305 |
| S. Martino di Castrozza | 1444 | 55 | 58 | 84 | 118 | 159 | 164 | 152 | 151 | 135 | 151 | 156 | 83 | 1466 | 196 | 361 | 467 | 442 |
| Caoria | 802 | 49 | 55 | 89 | 118 | 150 | 128 | 122 | 127 | 118 | 157 | 158 | 82 | 1353 | 186 | 357 | 377 | 433 |
| Pedesalto | 325 | 55 | 57 | 74 | 111 | 134 | 127 | 104 | 105 | 111 | 133 | 140 | 81 | 1232 | 193 | 319 | 336 | 384 |
| Arsiè | 314 | 71 | 72 | 97 | 131 | 159 | 136 | 117 | 109 | 116 | 153 | 164 | 92 | 1428 | 235 | 387 | 362 | 444 |
| Cismon del Grappa | 205 | 62 | 69 | 91 | 120 | 149 | 125 | 114 | 105 | 117 | 151 | 164 | 92 | 1359 | 223 | 360 | 344 | 432 |
| Campomezzavia | 1022 | 86 | 95 | 121 | 163 | 218 | 174 | 148 | 144 | 151 | 203 | 233 | 125 | 1809 | 306 | 502 | 466 | 587 |
| Bassano del Grappa | 129 | 65 | 63 | 82 | 107 | 130 | 122 | 107 | 95 | 101 | 122 | 124 | 80 | 1198 | 208 | 319 | 324 | 347 |
| Asolo | 207 | 70 | 72 | 91 | 114 | 132 | 133 | 113 | 104 | 103 | 125 | 126 | 84 | 1267 | 226 | 337 | 350 | 354 |

BACINI: AGNO-GUÀ, BERICI-EUGANEI, BACCHIGLIONE, BRENTA

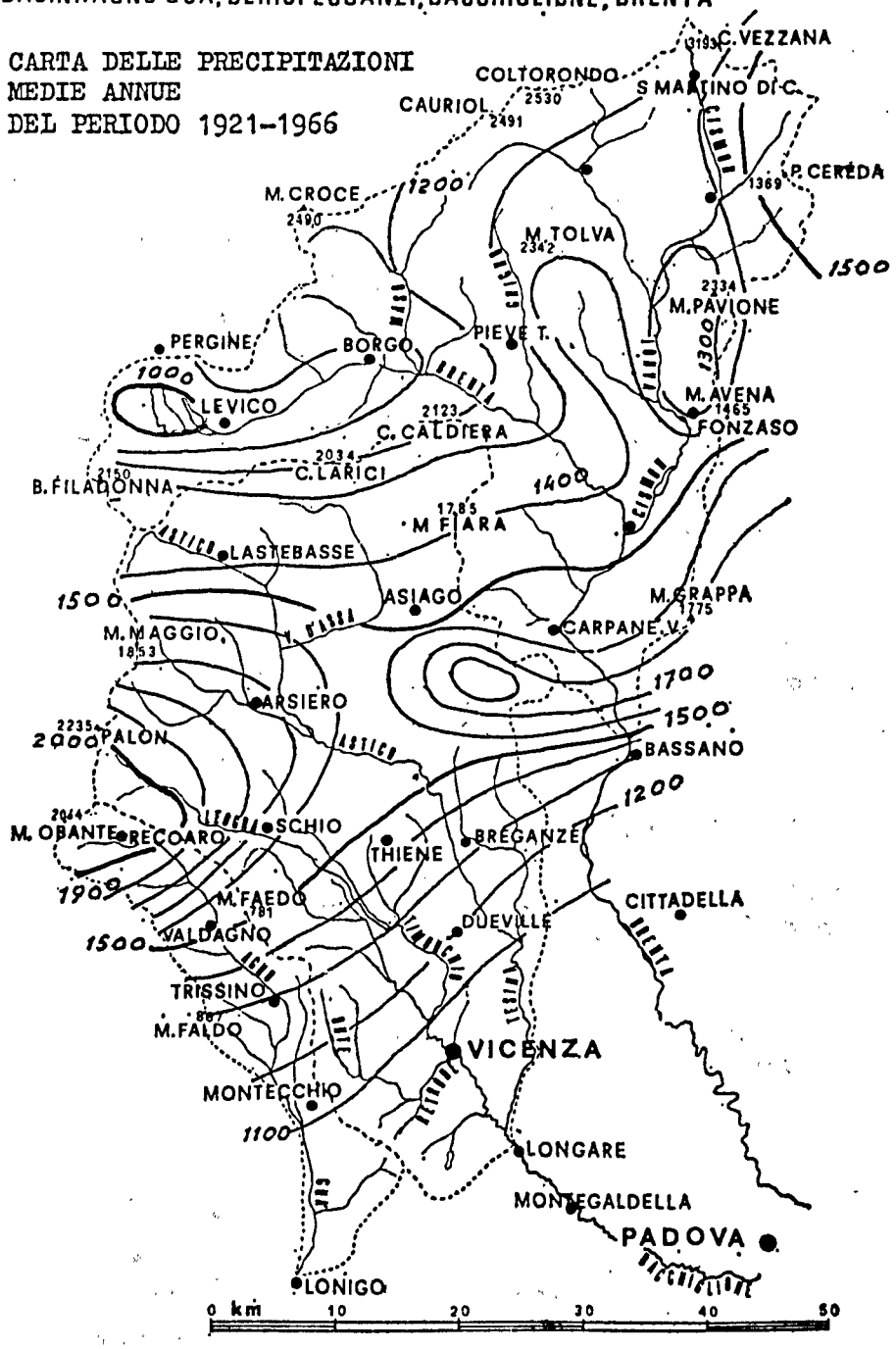



Fig. 2

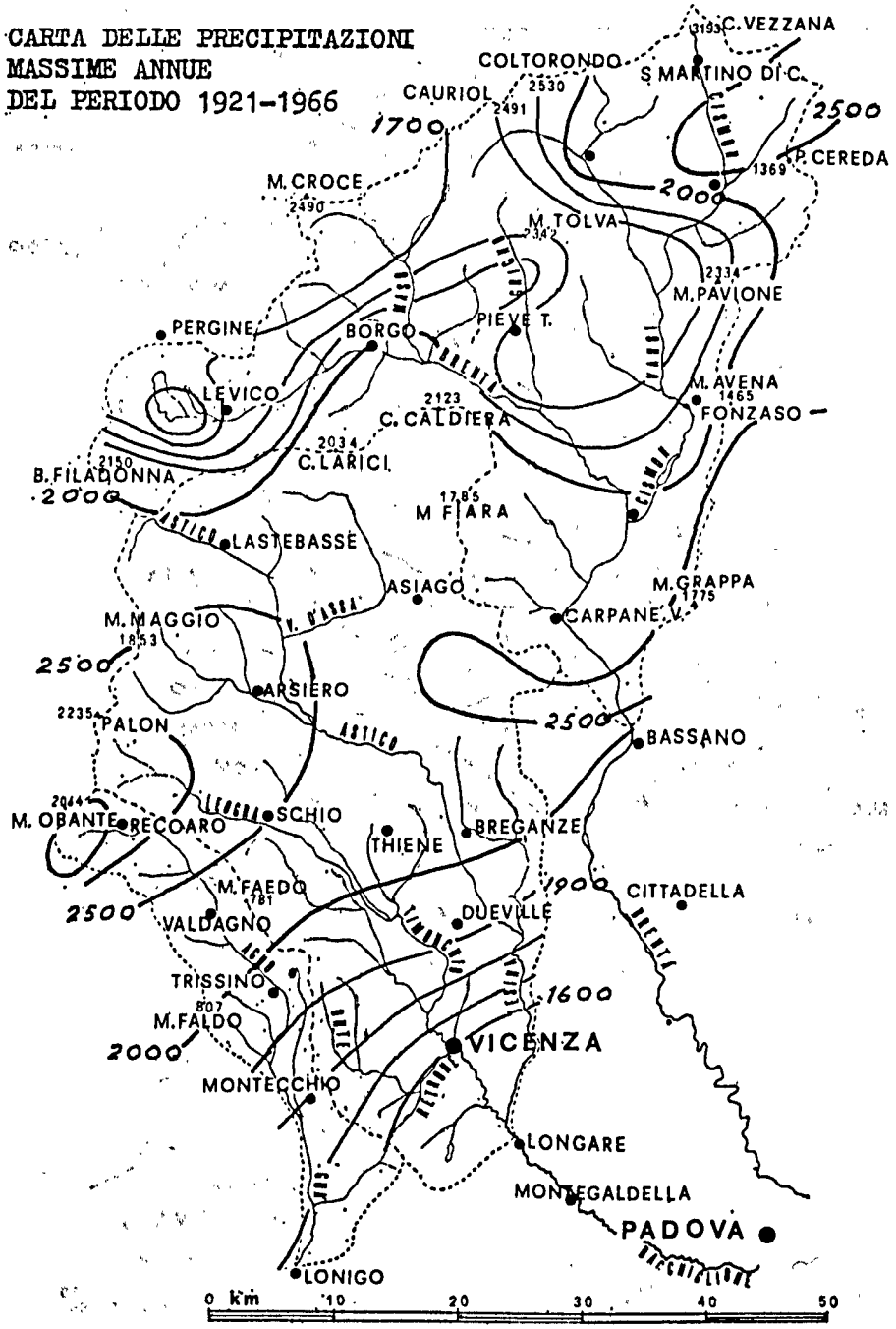

BACINI: AGNO-GUÀ, BERICI-EUGANEI, BACCHIGLIONE, BRENTA
CARTA DELLE PRECIPITAZIONI MASSIME ANNUE DEL PERIODO 1921-1966
C. VEZZANA
3193
COLTORONDO
S. MARTINO DI C.
CAURIOL
2530
2491
1700
2500
P. CEREDA
1369
2000
M. CROCE
2490
M. TOLVA
2342
2334
M. PAVIONE
PERGINE
BORGO
PIEVE T.
LEVICO
M. AVENA
1465
FONZASO
2123
C. CALDIERA
2034
C. LARICI
2150
B. FILADONNA
2000
1785
M. FIARA
LASTEBASSE
ASIAGO
M. GRAPPA
1775
CARPANE V.
M. MAGGIO
1853
2500
ARSIERO
2235
PALON
2500
BASSANO
2044
M. OBANTE
RECOARO
SCHIO
THIENE
BREGANZE
M. FAEDO
781
1900
CITTADELLA
2500
VALDAGNO
DUEVILLE
TRISSINO
1600
807
M. FALDO
2000
VICENZA
MONTECCHIO
LONGARE
MONTEGALDELLA
PADOVA
LONIGO
0 km
10
20
30
40
50

Fig. 3

*b*) carta delle precipitazioni massime annue, considerando il valore massimo annuo di ciascuna stazione, qualunque sia l'anno nel quale si è verificata (Fig. 3);

*c*) carta delle precipitazioni minime annue, considerando il valore minimo annuo di ciascuna stazione, qualunque sia l'anno nel quale si è verificato (Fig. 4);

*d*) carta delle precipitazioni dell'anno di massimo afflusso meteorico, che per i bacini dell'Agno-Guà, Berici-Euganei e Brenta è il 1937 e per il bacino del Bacchiglione è il 1926 (Fig. 5);

*e*) carta delle precipitazioni dell'anno di minimo afflusso meteorico che per tutti i bacini considerati è il 1921 (Fig. 6).

Per i bacini dell'Agno-Guà, Berici-Euganei i valori massimi delle precipitazioni annue variano fra 2348 mm (a Valdagno nel 1951) e 3503 mm (a Lambre d'Agni nel 1951); quelli minimi fra 614 mm (a Brogliano nel 1921) e 1504 mm (a Lambre d'Agni nel 1943). Il valore delle precipitazioni dell'anno medio è compreso fra 1250 mm e 2300 mm circa.

Per il bacino del Bacchiglione si ha che i valori massimi delle precipitazioni annue variano tra 1594 mm (a Vicenza nel 1937) e 3348 mm (a Pian delle Fugazze nel 1926); quelli minimi fra 440 mm (a Sandrigo nel 1921) e 1299 mm (a Pian delle Fugazze nel 1943). Il valore delle precipitazioni nell'anno medio è compreso fra 1050 mm e 2200 mm circa.

Per il bacino del Brenta si ha che i valori massimi delle precipitazioni variano fra 1525 mm (a Tenna nel 1960) e 2890 mm (a Monte Grappa nel 1951); quelli minimi fra 317 mm (a Vetriolo nel 1945) e 1115 mm (a Monte Grappa nel 1943 e a Rubbio nel 1932). Il valore delle precipitazioni dell'anno medio è compreso fra 900 mm e 1800 mm circa.

Uno sguardo d'assieme a tali carte, che comprendono anche i bacini viciniori a quelli in esame, consente di rilevare che la distribuzione delle precipitazioni presenta carattere di

BACINI: AGNO-GUA', BERICI-EUGANEI, BACCHIGLIONE, BRENTA

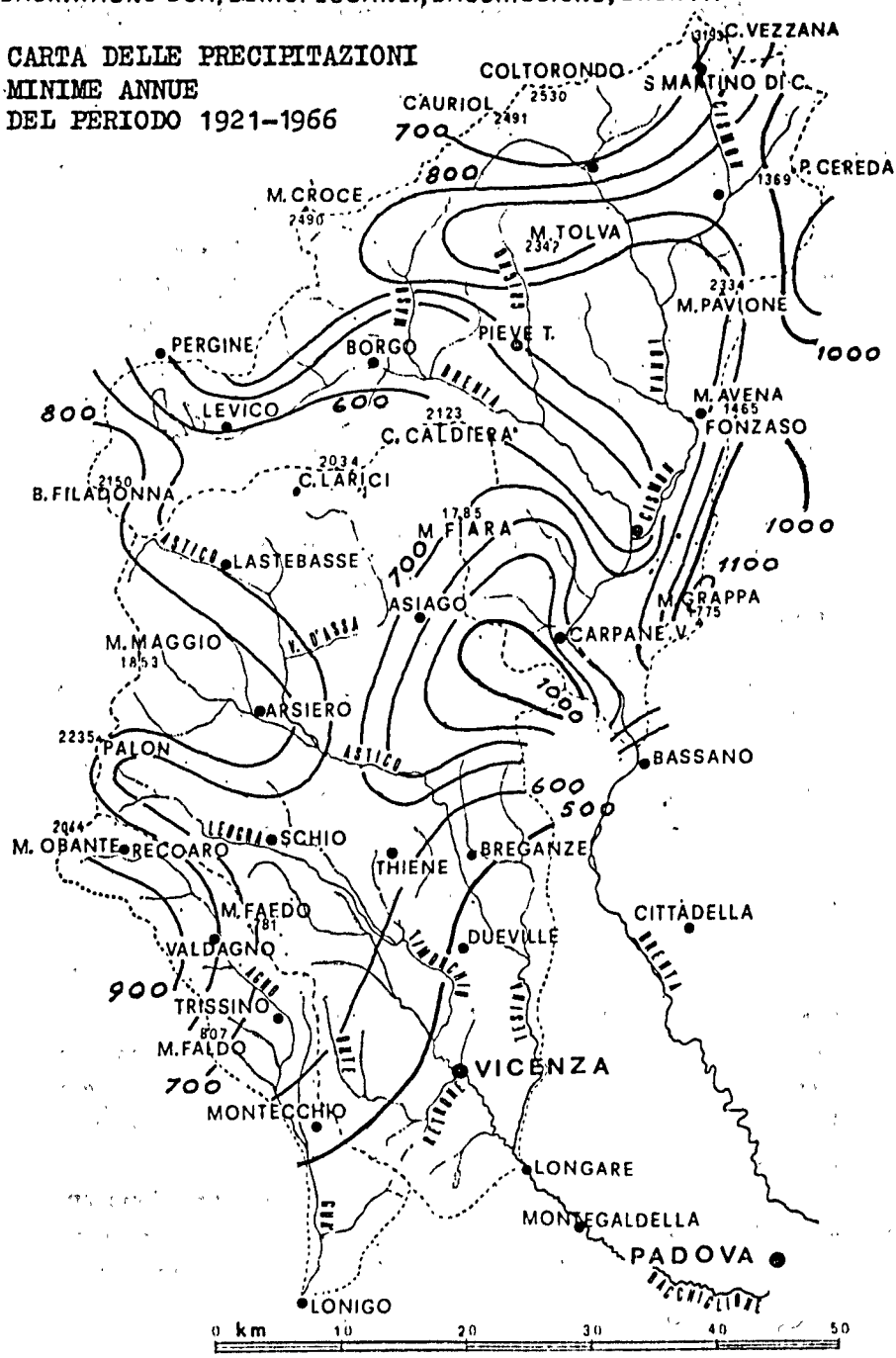



Fig. 4

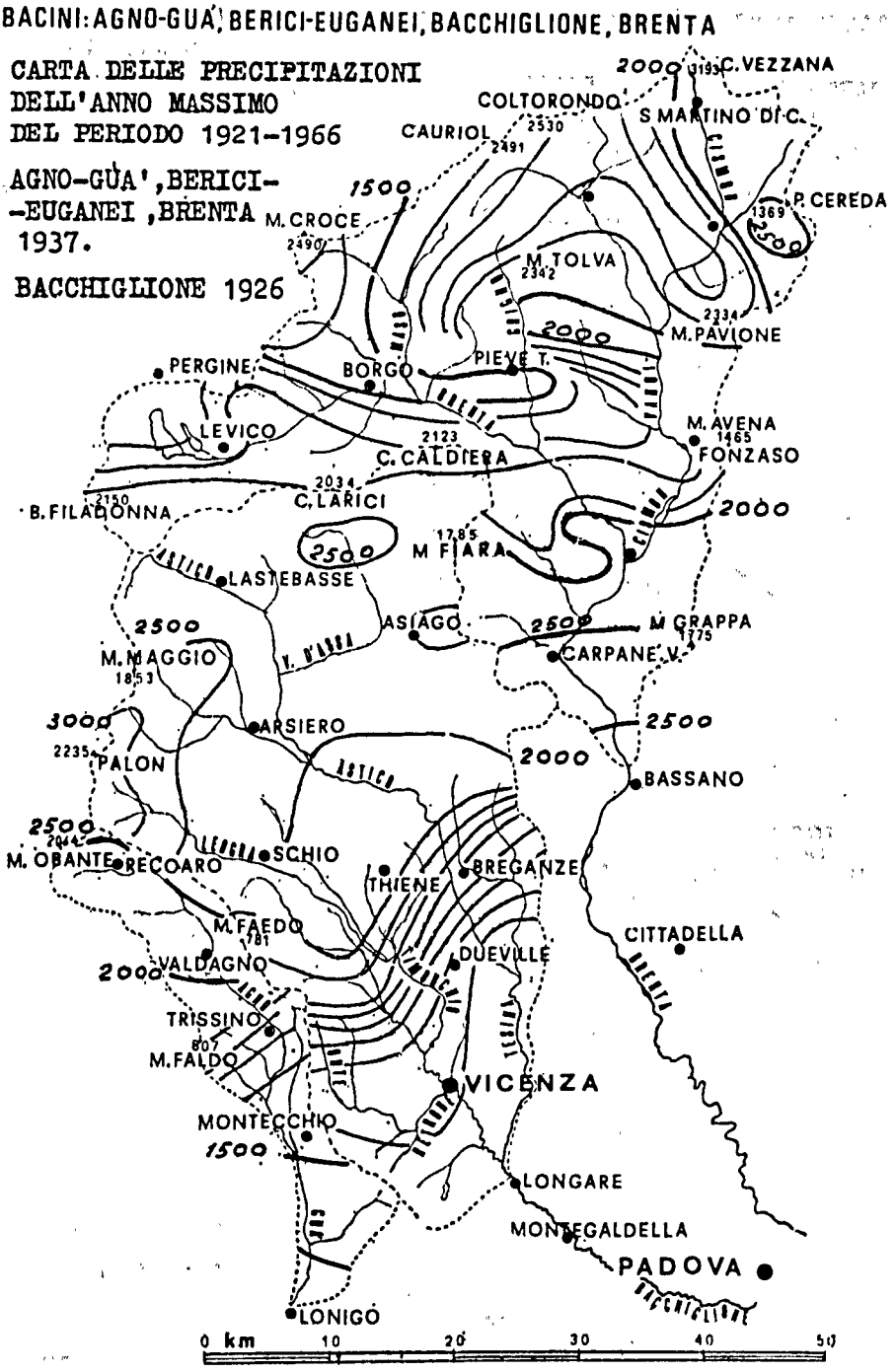

BACINI: AGNO-GUA', BERICI-EUGANEI, BACCHIGLIONE, BRENTA
CARTA DELLE PRECIPITAZIONI
DELL'ANNO MASSIMO
DEL PERIODO 1921-1966
AGNO-GUA', BERICI-
-EUGANEI, BRENTA
1937.
BACCHIGLIONE 1926
C. VEZZANA
COLTORONDO
S. MARTINO DI C.
CAURIOL
2530
2491
M. CROCE
2490
P. CEREDA
1369
M. TOLVA
2342
M. PAVIONE
2334
PERGINE
BORGO
PIEVE T.
LEVICO
2123
C. CALDIERA
M. AVENA
1465
FONZASO
2150
B. FILADONNA
2034
C. LARICI
17.85
M. FIARA
LASTEBASSE
ASIAGO
M. GRAPPA
1775
CARPANE V.
M. MAGGIO
1853
ARSIERO
2235
PALON
BASSANO
2144
M. OBANTE
RECOARO
SCHIO
THIENE
BREGANZE
M. FAEDO
781
CITTADELLA
VALDAGNO
DUEVILLE
TRISSINO
807
M. FALDO
VICENZA
MONTECCHIO
LONGARE
MONTEGALDELLA
PADOVA
LONIGO
0 km
10
20
30
40
50

Fig. 5

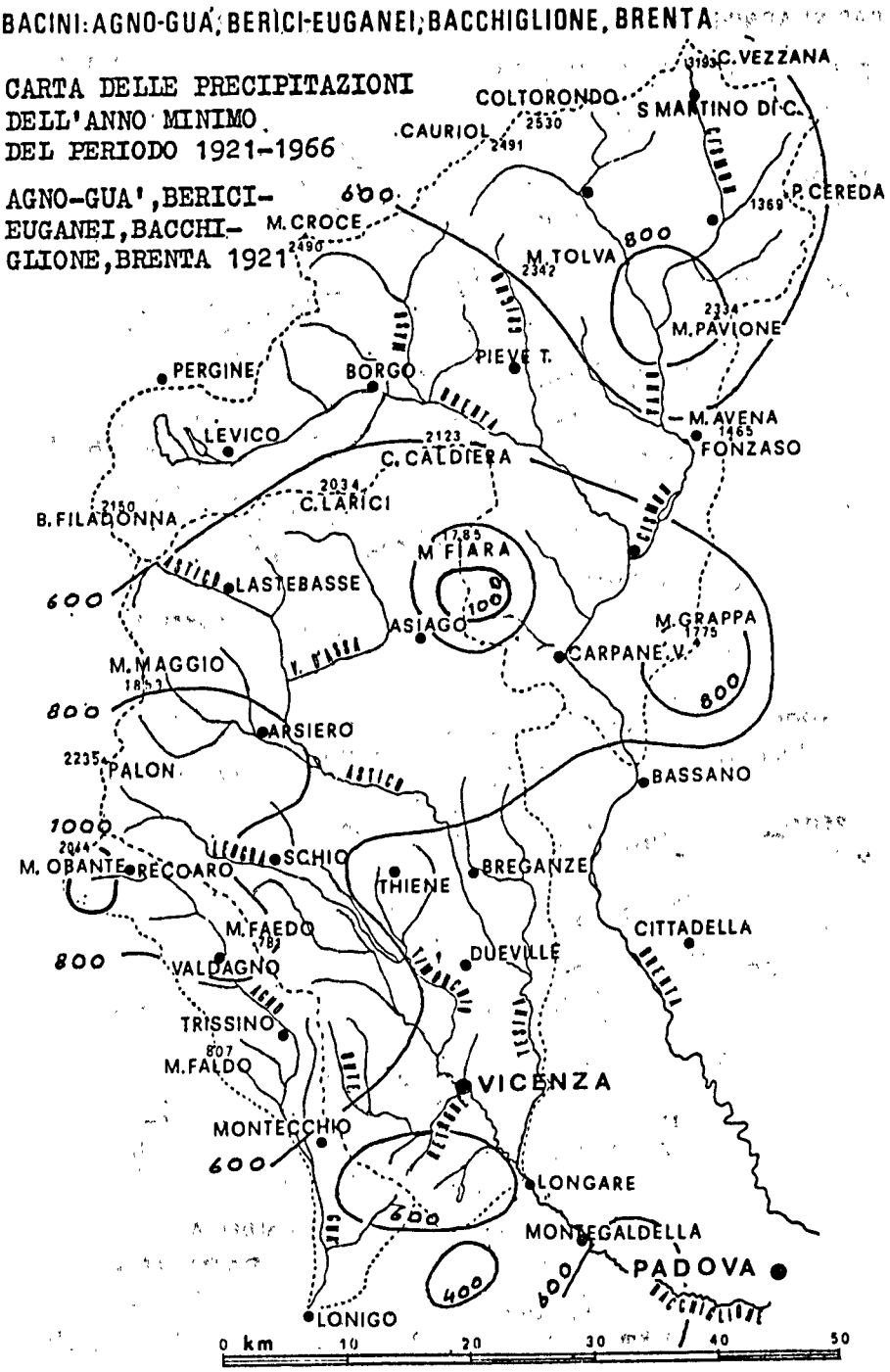

BACINI: AGNO-GUA', BERICI-EUGANEI, BACCHIGLIONE, BRENTA
CARTA DELLE PRECIPITAZIONI DELL'ANNO MINIMO DEL PERIODO 1921-1966
AGNO-GUA', BERICI-EUGANEI, BACCHIGLIONE, BRENTA 1921
C. VEZZANA
COLTORONDO
S MARTINO DI C.
CAURIOL
2530
2491
P. CEREDA
1369
M. CROCE
2490
M. TOLVA
2342
M. PAVIONE
2334
PERGINE
BORGO
PIEVE T.
M. AVENA
2123
1465
FONZASO
LEVICO
C. CALDIERA
2034
C. LARICI
B. FILADONNA
2150
M. FIARA
1785
LASTEBASSE
ASIAGO
M. GRAPPA
1775
CARPANE V.
M. MAGGIO
1855
ARSIERO
2235
PALON
BASSANO
M. OBANTE
2044
RECOARO
SCHIO
THIENE
BREGANZE
M. FAEDO
1761
CITTADELLA
DUEVILLE
VALDAGNO
TRISSINO
M. FALDO
807
VICENZA
MONTECCHIO
LONGARE
MONTEGALDELLA
PADOVA
LONIGO
0 km
10
20
30
40
50

Fig. 6

analogia, sia per i valori medi annui, sia per quelli massimi e minimi.

Quest'analogia consiste nell'esistenza, comune a tutti i bacini, di nuclei di massima precipitazione compresi in una fascia che parte dal bacino del Piave, e più precisamente dalla zona del Cansiglio, che interessa i bacini del medio Brenta, del medio Bacchiglione e dell'alto Agno.

Le precipitazioni vanno degradando dalla fascia dei massimi sia verso Nord, nell'interno della zona alpina, sia a Sud verso la pianura.

Dall'esame delle carte risulta pure che nell'anno medio le precipitazioni presentano per i bacini dell'Agno-Guà, Berici-Euganei un centro di massimo afflusso dell'ordine di 2000 mm. Nell'anno di massimo afflusso meteorico si notano valori che superano i 2500 mm; in quello di minimo afflusso, sempre nella fascia dei nuclei di massimo, si notano valori dell'ordine di 1000 mm.

Per i bacini del Bacchiglione si ha invece un centro di massimo afflusso dell'ordine di 2000 mm. Nell'anno di massimo afflusso meteorico si notano valori che raggiungono l'ordine di 3000 mm; in quello di minimo afflusso, sempre nella fascia dei nuclei di massimo, si notano valori di 1000 mm.

Per il bacino del Brenta infine si ha un centro di massimo afflusso dell'ordine di 1500 mm. Nell'anno di massimo afflusso meteorico si notano valori che superano i 3000 mm; in quello di minimo afflusso, sempre nella fascia dei nuclei di massimo, si notano valori dell'ordine di 1000 mm.

Per quanto riguarda le precipitazioni di notevole intensità, nelle Tab. III e IV sono riportati i valori massimi di durata da uno a cinque giorni consecutivi e, per le stazioni dotate di pluviografo, quelli di durata pari a 1, 3, 6, 12 e 24 ore. Come si è già detto, l'indagine è stata estesa anche ai valori relativi al 1966, allo scopo di acquisire elementi di raffronto con la piena eccezionale verificatasi nel novembre di tale anno, le caratteristiche della quale saranno illustrate nei paragrafi seguenti.

Bacini: AGNO-GUA', BERICI-EUGANEI, BACCHIGLIONE, BRENTA
Precipitazioni (mm) mass. per giorni consecutivi registrate nel periodo 1921-1966

| Bacino e Stazione | 1 giorno | | 2 giorni | | 3 giorni | | 4 giorni | | 5 giorni | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mm | data | mm | data | mm | data | mm | data | mm | data |
| **Agno-Guà** | | | | | | | | | | |
| Lambre d'Agni | 231 | 1958 | 344 | 1958 | 457 | 1953 | 626 | 1953 | 634 | 1953 |
| | 180 | 1966 | 271 | 1966 | 332 | 1966 | 352 | 1966 | 352 | 1966 |
| Recoaro | 243 | 1926 | 323 | 1926 | 379 | 1926 | 449 | 1953 | 453 | 1951 |
| | 177 | 1966 | 284 | 1966 | 329 | 1966 | 346 | 1966 | 346 | 1966 |
| Castelvecchio | 140 | 1951 | 236 | 1951 | 271 | 1953 | 331 | 1953 | 399 | 1951 |
| | 141 | 1966 | 212 | 1966 | 228 | 1966 | 238 | 1966 | 238 | 1966 |
| **Bacchiglione** | | | | | | | | | | |
| Lavarone | 195 | 1928 | 258 | 1926 | 331 | 1960 | 386 | 1960 | 399 | 1960 |
| | 152 | 1966 | 294 | 1966 | 319 | 1966 | 321 | 1966 | 321 | 1966 |
| Tonezza | 159 | 1938 | 259 | 1959 | 291 | 1960 | 400 | 1960 | 412 | 1960 |
| | 156 | 1966 | 293 | 1966 | 330 | 1966 | 341 | 1966 | 342 | 1966 |
| Asiago | 214 | 1956 | 241 | 1959 | 251 | 1959 | 277 | 1953 | 279 | 1953 |
| | 172 | 1966 | 326 | 1966 | 344 | 1966 | 352 | 1966 | 352 | 1966 |
| Posina | 210 | 1958 | 315 | 1965 | 382 | 1960 | 432 | 1960 | 446 | 1960 |
| | 171 | 1966 | 326 | 1966 | 368 | 1966 | 384 | 1966 | 384 | 1966 |
| Ceolati | 260 | 1926 | 361 | 1926 | 431 | 1926 | 480 | 1953 | 511 | 1953 |
| | 165 | 1966 | 273 | 1966 | 324 | 1966 | 349 | 1966 | 349 | 1966 |
| Schio | 176 | 1926 | 224 | 1959 | 245 | 1926 | 266 | 1922 | 315 | 1928 |
| | 127 | 1966 | 207 | 1966 | 223 | 1966 | 234 | 1966 | 234 | 1966 |
| **Brenta** | | | | | | | | | | |
| Centa | 159 | 1960 | 191 | 1953 | 249 | 1960 | 297 | 1960 | 311 | 1960 |
| | 140 | 1966 | 228 | 1966 | 247 | 1966 | 260 | 1966 | 261 | 1966 |
| Borgo Valsug. | 139 | 1924 | 155 | 1926 | 173 | 1926 | 181 | 1931 | 193 | 1960 |
| | 110 | 1966 | 202 | 1966 | 213 | 1966 | 222 | 1966 | 222 | 1966 |
| Pieve Tesino | 170 | 1928 | 195 | 1928 | 215 | 1928 | 253 | 1928 | 288 | 1928 |
| | 99 | 1966 | 177 | 1966 | 193 | 1966 | 201 | 1966 | 202 | 1966 |
| Foza | 201 | 1928 | 262 | 1959 | 274 | 1959 | 295 | 1953 | 358 | 1928 |
| | 164 | 1966 | 269 | 1966 | 315 | 1966 | 341 | 1966 | 342 | 1966 |
| S. Martino di Castrozza | 142 | 1928 | 213 | 1959 | 229 | 1959 | 248 | 1926 | 325 | 1928 |
| | 142 | 1966 | 216 | 1966 | 223 | 1966 | 235 | 1966 | 237 | 1966 |
| Caoria | 173 | 1965 | 250 | 1965 | 274 | 1965 | 294 | 1965 | 346 | 1927 |
| | 139 | 1966 | 277 | 1966 | 305 | 1966 | 310 | 1966 | 311 | 1966 |
| S. Silvestro | 112 | 1965 | 167 | 1959 | 185 | 1965 | 217 | 1953 | 253 | 1953 |
| | 140 | 1966 | 261 | 1966 | 282 | 1966 | 286 | 1966 | 286 | 1966 |

Tab. IV

Bacini: AGNO-GUA', BERICI-EUGANEI, BACCHIGLIONE, BRENTA
Precipitazioni (mm) massime per ore consecutive registrate nel periodo 1921-1966

| Bacino e Stazione | 1 ora | | 3 ore | | 6 ore | | 12 ore | | 24 ore | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mm | data | mm | data | mm | data | mm | data | mm | data |
| **Agno-Guà** | | | | | | | | | | |
| Lambre d'Agni | 75 | 6-38 | 97 | 6-38 | 123 | 10-44 | 174 | 10-44 | 280 | 10-44 |
| | 14 | 11-66 | 38 | 11-66 | 69 | 11-66 | 124 | 11-66 | 217 | 11-66 |
| Recoaro | 57 | 6-51 | 84 | 5-40 | 114 | 5-40 | 153 | 2-41 | 253 | 5-26 |
| | 21 | 11-66 | 48 | 11-66 | 95 | 11-66 | 153 | 11-66 | 248 | 11-66 |
| Castelvecchio | 43 | 7-65 | 48 | 7-65 | 63 | 10-64 | 110 | 10-64 | 134 | 10-64 |
| | 17 | 11-66 | 38 | 11-66 | 63 | 11-66 | 97 | 11-66 | 171 | 11-66 |
| **Bacchiglione** | | | | | | | | | | |
| Lavarone | 59 | 7-45 | 69 | 5-40 | 90 | 5-40 | 117 | 5-40 | 187 | 9-60 |
| | 26 | 11-66 | 58 | 11-66 | 102 | 11-66 | 169 | 11-66 | 260 | 11-66 |
| Tonezza | 85 | 6-38 | 140 | 9-39 | 147 | 9-39 | 151 | 9-39 | 181 | 10-58 |
| | 21 | 11-66 | 55 | 11-66 | 98 | 11-66 | 150 | 11-66 | 253 | 11-66 |
| Asiago | 52 | 7-49 | 104 | 9-56 | 143 | 9-56 | 172 | 9-56 | 202 | 9-56 |
| | 25 | 11-66 | 59 | 11-66 | 107 | 11-66 | 196 | 11-66 | 288 | 11-66 |
| Posina | 61 | 9-60 | 97 | 9-60 | 112 | 9-60 | 157 | 12-58 | 228 | 11-58 |
| | 31 | 11-66 | 76 | 11-66 | 150 | 11-66 | 203 | 11-66 | 300 | 11-66 |
| Calvene | 68 | 8-57 | 77 | 8-57 | 81 | 8-57 | 106 | 9-65 | 131 | 9-56 |
| Pian Fugazze | 42 | 9-65 | 96 | 9-65 | 132 | 9-65 | 198 | 9-65 | 281 | 9-65 |
| Staro | 94 | 10-53 | 119 | 10-53 | 145 | 10-53 | 182 | 10-53 | 295 | 10-53 |
| Ceolati | 47 | 7-65 | 99 | 10-53 | 150 | 10-53 | 168 | 10-53 | 224 | 10-28 |
| | 23 | 11-66 | 58 | 11-66 | 92 | 11-66 | 133 | 11-66 | 223 | 11-66 |
| Cogollo del Cen. | 65 | 7-37 | 98 | 6-53 | 104 | 6-53 | 116 | 9-37 | 154 | 6-53 |
| Schio | 49 | 7-35 | 59 | 10-23 | 94 | 10-35 | 131 | 10-35 | 160 | 10-28 |
| | 24 | 11-66 | 38 | 11-66 | 64 | 11-66 | 103 | 11-66 | 186 | 11-66 |
| Vicenza | 64 | 7-46 | 88 | 8-34 | 96 | 8-34 | 106 | 8-64 | 106 | 8-34 |
| | 8 | 11-66 | 18 | 11-66 | 30 | 11-66 | 48 | 11-66 | 80 | 11-66 |
| **Brenta** | | | | | | | | | | |
| Centa | 56 | 7-50 | 67 | 5-40 | 94 | 5-40 | 142 | 9-60 | 164 | 9-60 |
| | 16 | 11-66 | 39 | 11-66 | 68 | 11-66 | 120 | 11-66 | 188 | 11-66 |
| Tenna | 30 | 9-60 | 63 | 9-60 | 88 | 9-60 | 117 | 9-60 | 136 | 9-60 |

*segue* Tab. IV

Bacini: AGNO-GUA', BERICI-EUGANEI, BACCHIGLIONE, BRENTA
Precipitazioni (mm) massime per ore consecutive registrate nel periodo 1921-1966

| Bacino e Stazione | 1 ora | | 3 ore | | 6 ore | | 12 ore | | 24 ore | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mm | data | mm | data | mm | data | mm | data | mm | data |
| Borgo Valsug. | 35 | 8-41 | 64 | 9-56 | 88 | 9-56 | 115 | 9-56 | 131 | 9-56 |
| | 13 | 11-66 | 34 | 11-66 | 60 | 11-66 | 104 | 11-66 | 174 | 11-66 |
| Pontarso | 34 | 9-56 | 57 | 9-56 | 74 | 5-56 | 105 | 9-56 | 121 | 9-56 |
| Costabrunella | 32 | 6-54 | 49 | 9-56 | 73 | 9-56 | 113 | 9-59 | 159 | 12-54 |
| | 18 | 11-66 | 47 | 11-66 | 77 | 11-66 | 121 | 11-66 | 188 | 11-66 |
| Pieve Tesino | 35 | 8-51 | 41 | 6-51 | 58 | 10-42 | 186 | 10-53 | 123 | 10-55 |
| | 12 | 11-66 | 30 | 11-66 | 57 | 11-66 | 93 | 11-66 | 155 | 11-66 |
| S. Martino di Castrozza | 37 | 7-40 | 61 | 7-40 | 74 | 9-24 | 93 | 9-24 | 149 | 10-59 |
| | 21 | 11-66 | 49 | 11-66 | 90 | 11-66 | 158 | 11-66 | 225 | 11-66 |
| S. Silvestro | 38 | 8-47 | 53 | 8-47 | 56 | 9-56 | 96 | 9-56 | 113 | 9-65 |
| Caoria | 27 | 7-37 | 46 | 9-65 | 80 | 9-65 | 130 | 9-65 | 173 | 9-65 |
| | 20 | 11-66 | 53 | 11-66 | 83 | 11-66 | 140 | 11-66 | 228 | 11-66 |
| Pedesalto | 58 | 7-49 | 70 | 7-49 | 82 | 9-65 | 123 | 9-65 | 160 | 9-65 |
| Monte Grappa | 64 | 9-42 | 89 | 8-37 | 116 | 10-64 | 174 | 10-64 | 209 | 7-37 |
| Foza | 42 | 9-34 | 60 | 7-26 | 77 | 10-60 | 110 | 10-59 | 211 | 10-28 |
| Bassano | 53 | 8-62 | 78 | 8-43 | 78 | 8-43 | 88 | 10-64 | 107 | 1-41 |
| | 12 | 11-66 | 26 | 11-66 | 38 | 11-66 | 63 | 11-66 | 113 | 11-66 |
| Vetriolo | 40 | 9-60 | 90 | 9-40 | 127 | 9-40 | 160 | 9-40 | 164 | 9-40 |
| Vezzena | 50 | 9-24 | 104 | 9-24 | | | | | 163 | 5-26 |
| Campo Solagna | 57 | 8-35 | 88 | 9-40 | 153 | 9-40 | 195 | 9-40 | 204 | 9-40 |

Nella Tab. V sono riportati i valori delle precipitazioni annue massima, media e minima di alcune stazioni significative ubicate nei bacini in esame, relativi a periodi diversi, ma comunque assai estesi e comprendenti nella maggior parte dei casi anche l'anno 1966. Tali precipitazioni presentano normalmente due valori minimi, in inverno e d'estate, e due valori massimi in primavera ed autunno. Le quantità di precipitazione che si verificano in primavera ed autunno, particolarmente nei bimestri aprile-maggio ed ottobre-novembre, rappresentano ovunque una notevole percentuale del totale annuo.

## Bacini: AGNO-GUA', BERICI-EUGANEI, BACCHIGLIONE, BRENTA

Precipitazioni (mm) annue massima, minima e media del periodo di funzionamento

| Bacino e Stazione | Periodo d'osservazione | | | Precipitazione annua | | | | Media annua periodo | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | massima | | minima | | | |
| | dal | al | anni (*) | mm | anno | mm | anno | mm | giorni piovosi |
| **Agno-Guà** | | | | | | | | | |
| Lambre d'Agni | 1925 | 1966 | 42 | 3503 | 1951 | 1504 | 1943 | 2314 | 123 |
| Rovegliana | 1929 | 1960 | 32 | 2815 | 1959 | 1090 | 1929 | 1929 | 107 |
| Recoaro | 1921 | 1966 | 46 | 2818 | 1951 | 885 | 1921 | 1933 | 113 |
| Valdagno | 1921 | 1966 | 46 | 2348 | 1951 | 893 | 1921 | 1570 | 107 |
| Castelvecchio | 1930 | 1966 | 37 | 2425 | 1951 | 925 | 1943 | 1560 | 100 |
| Brogliano | 1921 | 1966 | 46 | 2915 | 1937 | 614 | 1921 | 1254 | 91 |
| **Bacchiglione** | | | | | | | | | |
| Lavarone | 1921 | 1966 | 46 | 2080 | 1926 | 531 | 1921 | 1307 | 109 |
| Tonezza | 1925 | 1960 | 41 | 2542 | 1960 | 1111 | 1955 | 1662 | 112 |
| Lastebasse | 1921 | 1966 | 46 | 2201 | 1960 | 708 | 1921 | 1350 | 97 |
| Asiago | 1921 | 1966 | 46 | 2116 | 1937 | 770 | 1921 | 1466 | 129 |
| Posina | 1921 | 1966 | 46 | 2789 | 1960 | 836 | 1921 | 1842 | 108 |
| Velo d'Astico | 1921 | 1966 | 46 | 2328 | 1937 | 620 | 1921 | 1565 | 110 |
| Treschè Conca | 1921 | 1966 | 46 | 2562 | 1960 | 889 | 1921 | 1720 | 105 |
| Cogollo del Cen. | 1921 | 1962 | 42 | 2366 | 1960 | 658 | 1921 | 1495 | 105 |
| Calvene | 1921 | 1966 | 39 | 2166 | 1937 | 839 | 1921 | 1594 | 109 |
| Crosara | 1921 | 1966 | 46 | 2368 | 1937 | 640 | 1921 | 1463 | 102 |
| Breganze | 1921 | 1962 | 42 | 2290 | 1937 | 555 | 1921 | 1268 | 102 |
| Sandrigo | 1921 | 1966 | 46 | 1917 | 1937 | 440 | 1921 | 1102 | 90 |
| Pian Fugazze | 1925 | 1965 | 37 | 3348 | 1926 | 1299 | 1943 | 2247 | 124 |
| Staro | 1921 | 1966 | 46 | 3138 | 1926 | 820 | 1921 | 2069 | 109 |
| Ceolati | 1921 | 1966 | 44 | 2941 | 1951 | 662 | 1921 | 1927 | 115 |
| Schio | 1921 | 1966 | 46 | 2498 | 1951 | 692 | 1921 | 1542 | 105 |
| Thiene | 1921 | 1966 | 46 | 2260 | 1937 | 497 | 1921 | 1418 | 100 |
| Isola Vicentina | 1921 | 1966 | 46 | 1935 | 1960 | 642 | 1921 | 1340 | 91 |
| Vicenza | 1921 | 1966 | 46 | 1594 | 1937 | 482 | 1921 | 1040 | 91 |

(*) Il valore corrisponde agli anni effettivi di funzionamento.

## Bacini: AGNO-GUA'. BERICI-EUGANEI, BACCHIGLIONE, BRENTA

Precipitazioni (mm) annue massima, minima e media nel periodo di funzionamento

| Bacino e Stazione | Periodo d'osservazione | | | Precipitazione annua | | | | Media annua periodo | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | massima | | minima | | | |
| | dal | al | anni (*) | mm | anno | mm | anno | mm | giorni piovosi |
| **Brenta** | | | | | | | | | |
| Vetriolo | 1927 | 1960 | 32 | 1794 | 1960 | 317 | 1945 | 1149 | 102 |
| Levico | 1921 | 1966 | 46 | 1570 | 1960 | 544 | 1921 | 1011 | 86 |
| Pergine | 1921 | 1966 | 46 | 1638 | 1926 | 532 | 1921 | 1010 | 87 |
| Centa | 1930 | 1965 | 36 | 1646 | 1960 | 885 | 1943 | 1299 | 106 |
| Tenna | 1950 | 1965 | 17 | 1525 | 1960 | 708 | 1955 | 981 | 89 |
| Borgo Valsugana | 1921 | 1965 | 46 | 2653 | 1966 | 559 | 1921 | 1032 | 97 |
| Pontarso | 1924 | 1966 | 29 | 1655 | 1926 | 804 | 1945 | 1234 | 110 |
| Bieno | 1924 | 1966 | 42 | 1905 | 1937 | 511 | 1943 | 1218 | 85 |
| Costa Brunella | 1946 | 1966 | 20 | 1837 | 1960 | 902 | 1955 | 1349 | 122 |
| Malene | 1925 | 1963 | 39 | 2070 | 1937 | 790 | 1943 | 1423 | 109 |
| Pieve Tesino | 1942 | 1966 | 25 | 1695 | 1960 | 753 | 1943 | 1245 | 108 |
| S. Martino di Castrozza | 1921 | 1966 | 46 | 2231 | 1926 | 780 | 1921 | 1466 | 120 |
| Tonadico | 1926 | 1966 | 37 | 2576 | 1937 | 464 | 1943 | 1189 | 91 |
| San Silvestro | 1933 | 1966 | 34 | 1796 | 1937 | 618 | 1943 | 1244 | 107 |
| Caoria | 1921 | 1966 | 46 | 2218 | 1926 | 694 | 1921 | 1353 | 112 |
| Canal San Bovo | 1928 | 1966 | 39 | 1986 | 1937 | 947 | 1943 | 1373 | 103 |
| Pedesalto | 1922 | 1966 | 45 | 1827 | 1937 | 746 | 1943 | 1232 | 104 |
| Arsiè | 1926 | 1966 | 41 | 1962 | 1951 | 767 | 1943 | 1428 | 96 |
| Cismon del Gr. | 1921 | 1966 | 46 | 2064 | 1937 | 497 | 1921 | 1270 | 79 |
| Monte Grappa | 1935 | 1966 | 30 | 2890 | 1951 | 1115 | 1943 | 1766 | 108 |
| Foza | 1925 | 1966 | 41 | 2367 | 1951 | 912 | 1943 | 1529 | 112 |
| Campomezzavia | 1925 | 1966 | 42 | 2798 | 1951 | 1097 | 1943 | 1809 | 115 |
| Rubbio | 1925 | 1965 | 38 | 2709 | 1937 | 1115 | 1932 | 1784 | 119 |
| Oliero | 1930 | 1966 | 37 | 2403 | 1951 | 771 | 1943 | 1503 | 100 |
| Bassano del Grap. | 1921 | 1966 | 46 | 1862 | 1937 | 480 | 1921 | 1198 | 99 |
| Asolo | 1921 | 1966 | 46 | 2012 | 1937 | 563 | 1921 | 949 | 71 |

(*) Il valore corrisponde agli anni effettivi di funzionamento.

Al fine di dare una rappresentazione sintetica delle caratteristiche climatiche della zona sono stati tracciati (Fig. 7) i climogrammi termo-pluviometrici di alcune località significative, che per la loro evidenza non richiedono particolari commenti.

### 1.3. - *Situazione forestale.*

La situazione forestale dei bacini in esame si presenta pressoché uniforme, ad eccezione delle fustaie di conifere che vegetano nell'altipiano di Asiago (1). Tutti i boschi presentano le caratteristiche dei cedui più o meno degradati.

La degradazione riguarda, oltre che lo strato arboreo, anche lo strato arbustivo, erbaceo e il terreno. Boschi e terreni normali si possono quindi rilevare solo in corrispondenza di popolamenti vegetali naturali, cioè non troppo antropizzati, che però mancano nel comprensorio. Il divario fra le condizioni attuali e le condizioni normali si ripercuote sulla funzionalità del terreno e sulla sua stabilità fisica. Il fenomeno investe allora sia la produttività, che subisce una flessione, sia la stabilità dei terreni (aumento della portata solida).

Le cause di tale alterazione sono principalmente dovute ai tagli esagerati come intensità e frequentemente ripetuti nel soprassuolo arboreo, congiunti sovente all'azione dannosa del pascolo entro l'area del bosco. Gli effetti diretti sulla fertilità sono allora da imputare all'asportazione degli orizzonti superficiali del suolo più ricchi di sostanze nutritive (profili troncati o decapitati) ed alla perdita parziale o totale della struttura. Com'è comprensibile, sono più facilmente soggetti a queste mutilazioni i terreni più inclinati in corrispondenza del ceduo utilizzato a raso con turni di 10-15 anni, mentre i più colpiti da degradazione sono i terreni in corrispondenza di bo-

---

(1) Da una « Relazione » inedita, agli Atti, a cura del prof. M. Cappelli dell'Istituto di Selvicoltura dell'Università di Padova.

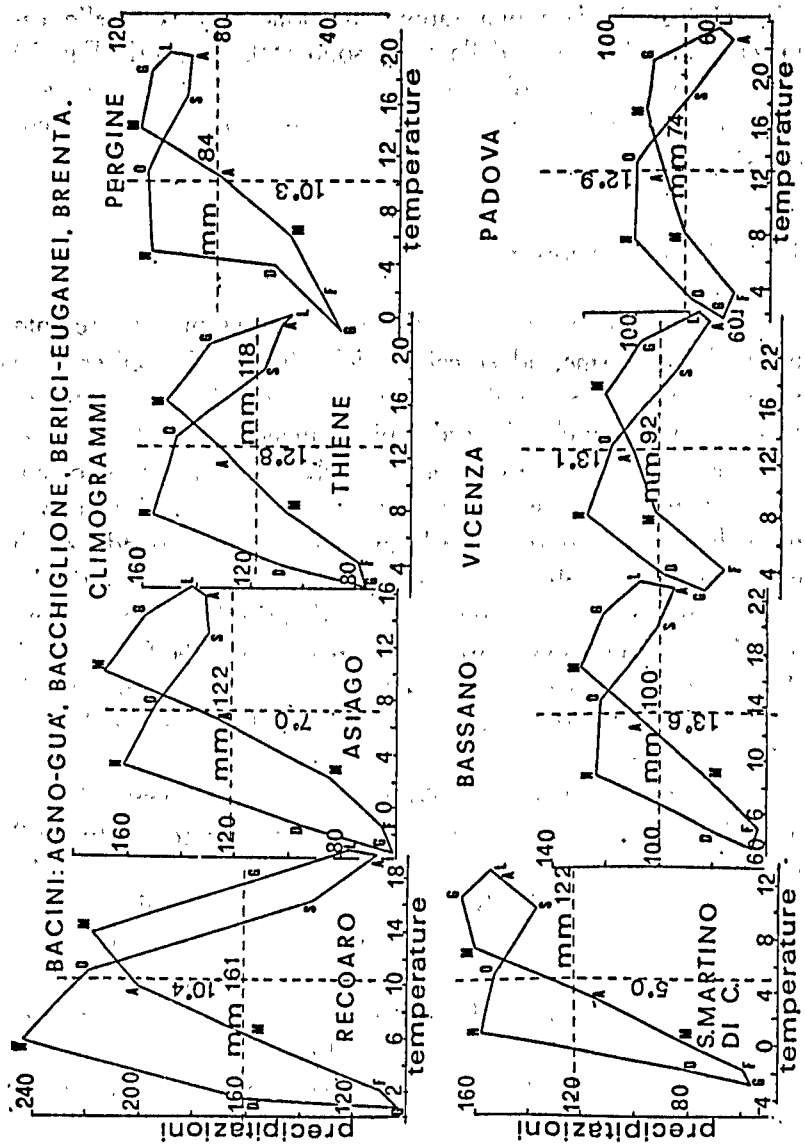

BACINI: AGNO-GUA', BACCHIGLIONE, BERICI-EUGANEI, BRENTA.
CLIMOGRAMMI
PERGINE
mm 84
10°.3
THIENE
mm 118
12°.8
ASIAGO
mm 122
7°.0
RECOARO
mm 161
10°.4
PADOVA
mm 74
12°.9
VICENZA
mm 92
13°.1
BASSANO
mm 100
13°.8
S.MARTINO DI C.
mm 122
9°.0
precipitazioni
temperature

Fig. 7

schi primitivamente di latifoglie o misti di conifere e latifoglie sostituiti, a causa di tagli eccessivi, da boschi di conifere (picea in particolare). Nei bacini Berici ed Euganei, dove la colonizzazione risale al periodo romano, le condizioni ora ricordate ricorrono nella quasi totalità delle situazioni.

Le fustaie di conifere presentano, in linea generale, uno spiccato carattere di monospecificità.

Sono specie crixerotolleranti, a causa del predominio assunto da una o poche specie (picea e larice nel *Fagetum,* aumento di larice nel *Picetum*) sulle altre più igrotrofoesigenti regredite in posizione subordinata od accessoria. La struttura è coetaneiforme (irregolarmente coetanea) dominata da picea (*Fagetum* e *Picetum*). La densità, abbassata notevolmente, è portata nella media al di sotto del limite biologico minimo (250-280 $m^3/hm^2$) con 300-350 alberi di diametro superiore a 17 cm. Il bosco normale ha, invece, una composizione spiccatamente polifita (faggetta e abetina miste nel *Fagetum,* picea mista con larice, pino silvestre, cembro, ontano verde e betulla nel *Picetum*), struttura ad alto fusto disetaneo, densità da 300 a 600 $m^3/hm^2$ di provvigione con rinnovazione naturale sempre assicurata.

Anche il bosco di latifoglie è stato fortemente degradato dal pascolo e dagli irrazionali ed eccessivi tagli. Del bosco originale rimangono pochi individui che vanno a costituire le matricine dei cedui composti. Anche i principali parametri del ceduo, come quelli delle fustaie, risultano lontani dal tipo colturale.

Il carattere che differenzia i boschi attuali dagli originali è dato dalla forma di governo adottata dall'uomo. Il ceduo, infatti, non è una forma di bosco naturale, ma è dovuto all'azione dell'uomo ed alla necessità di ricavare piccoli assortimenti di legname in tempi estremamente brevi. Gli antichi boschi erano caratterizzati da una composizione spiccatamente polifita (querceto misto del *Castanetum,* faggetta nel *Fagetum*), struttura ad alto fusto disetaneo con densità da 300 a 600 $m^3/hm^2$ di provvigione. I boschi attuali invece hanno composizione monotifica e anche questa modificata in senso crioxerotollerante, a causa del predominio assunto da poche specie (carpini e nocciolo nel *Castanetum,* picea o ceduo di faggio nel *Fagetum*). La

struttura è un ceduo coetaneo o cespugliato (con cespugli formati dai genotipi peggiori di roverella in tutti il *Castanetum* e in parte del *Fagetum*), densità abbassata notevolmente nel ceduo tanto che difficilmente l'area di insidenza totale è uguale alla superficie a bosco. Il pascolo ha quindi provveduto a peggiorare l'opera dell'uomo. Particolare menzione meritano i castagneti da frutto che sono destinati a scomparire a causa degli attacchi dell'*Endothia parasitica.* La loro trasformazione in ceduo o in boschi di resinose si rende quindi necessaria perchè sembra che i cedui possano resistere molto meglio agli attacchi del parassita.

## 2. - BACINI DELL'AGNO-GUÀ, MONTI BERICI E COLLI EUGANEI.

### 2.1. - *Caratteristiche generali dei sistemi idrografici.*

L'Agno, mutando successivamente il proprio nome in quello di Guà, Fiume Nuovo e quindi, in pianura, in quello di Frassine, Brancaglia e Santa Caterina, si immette nel Gorzone a valle del Vescovana. Quest'ultimo, canale di scolo dell'alta pianura, sfocia poi assieme al Brenta e al Bacchiglione in mare.

Negli antichi documenti (1) riguardanti l'alto bacino del corso d'acqua, l'Agno non compare mai con tale denominazione. Una prima rappresentazione grafica, riguardante detto bacino e quelli contermini del Chiampo e dell'Alpone, si trova in una pergamena, senza data, che dai competenti viene assegnata al XVI secolo. In detta carta non compare il nome « Agno » ma, nella parte media del bacino, solo quello di « Gue », che corrisponde all'attuale Guà. Altro corso d'acqua segnato è quel-

(1) R. Accademia Nazionale dei Lincei - Pubblicazioni della Commissione Italiana per lo studio delle grandi calamità - Vol. VIII. L. Miliani: *Le piene dei fiumi veneti e i provvedimenti di difesa. L'Agno-Guà - Frassine - Fratta - Gorzone, il Bacchiglione ed il Brenta,* Casa Editrice F. Le Monnier, Firenze, 1939.

lo del «Fiume Nuovo», del quale si ritrovano notizie in antichi documenti del 975 e del 1117.

Dalla carta citata si può ancora rilevare che l'alveo del Guà si trovava, come attualmente, molto prossimo a quello del Chiampo e che un diversivo di quest'ultimo s'immetteva nel Guà.

Secondo notizie incerte, prima della rotta della Cucca presso Legnago (589), l'Agno-Guà sarebbe sfociato nell'Adige, che a quei tempi passava presso Cologna.

Dalle succinte notizie esposte si può dedurre che in certi periodi, particolarmente durante le piene, le acque del Chiampo e dell'Agno-Guà si univano a valle di Arzignano per suddividersi fra il fiume Nuovo, La Fossa Rabbiosa (attuale Santa Caterina) ed altri corsi minori.

Le variazioni subite dal sistema idrografico dell'Agno-Guà Fiume Nuovo - Frassine - Santa Caterina dal secolo XVI sino all'attuale situazione, si devono in gran parte all'opera dell'uomo tesa a rendere meno dannose le irruenti piene dell'Agno-Guà nei tronchi di pianura.

In base alle notizie disponibili, sembra che l'Agno non abbia subìto rilevanti variazioni nel percorso che interessa la parte più alta del bacino.

## 2.2. - *Oroidrografia.*

Il bacino dell'Agno (260 km$^2$) è racchiuso fra due displuviali parallele, a lungo sviluppo e molto ravvicinate, che hanno direzione da Nord-Ovest a Sud-Est (Fig. 1).

La displuviale in sinistra del corso d'acqua, che divide il bacino dell'Agno da quello del Bacchiglione, ha inizio a Cima Campogrosso (1520 m), è dominata dalle vette Civillina (951 m), Scandolara (949 m), Faedo (781 m), Pulgo (517 m), Grega (362 m), Costi (309 m) e degrada poi verso la pianura. Tale displuviale alimenta lo stretto versante sinistro del corso; le propaggini dirette a Sud-Ovest ed a Sud delimitano le valli degli affluenti di sinistra, tutti a brevissimo percorso.

Dalla citata Cima Campogrosso corre, con direzione da Nord-Est e Sud-Ovest, la brevissima catena che, dominata dalle

cime Obante (2064 m) e Plische (1993 m), costituisce la testata dell'Agno.

Dal monte Plische ha inizio la displuviale in destra Agno. Essa, come s'è detto, è diretta verso Sud-Est e va degradando verso la pianura dominata dalle cime Zavola (1975 m), Marana (1552 m), Croce del Bosco (851 m), Faldo (807 m) e Colle San Matteo (267 m).

La testata dell'Agno e quest'ultima displuviale, che alimenta tutto il versante destro dell'Agno e con le sue propaggini trasversali divide le valli dei brevi affluenti di destra, costituiscono il displuvio tra il bacino dell'Agno stesso e quello di un tratto del corso medio dell'Adige.

L'Agno, che all'uscita dal bacino montano assume il nome di Guà, riceve come tale anche gli apporti del piccolo bacino costituito dal versante occidentale dei Monti Berici, la cui quota massima è di 408 m a San Gottardo.

Il Guà, giunto in località Sarego, prende il nome di Fiume Nuovo e mantiene tale denominazione sino all'attraversamento della strada provinciale Montagnana-Noventa Vicentina. Da tale località esso assume il nome di Frassine e si dirige, con direzione Ovest-Est, verso la città di Este in prossimità della quale volge decisamente a Sud con il nome di S. Caterina. In località Tre Canne sottopassa il Gorzone e raggiunge la località di Vescovana dove s'immette nel Gorzone stesso. Quest'ultimo corso d'acqua raggiunge quindi il mare assieme al Bacchiglione e al Brenta.

### 2.3. - *Geolitologia* (1).

Il bacino del'Agno-Guà si può distinguere in due parti, diverse per condizioni litologiche e tettoniche: una compren-

(1) Da una « Relazione » inedita, agli Atti, a cura del dott. A. Dal Prà dell'Istituto di Geologia generale ed applicata dell'Università di Padova e illustrata in collaborazione col dott. G. Mozzi nella « Carta litologica e della erodibilità dei bacini Brenta, Bacchiglione, Agno-Guà », in scala 1:100.000.

dente la conca di Recoaro e l'altra che si estende a valle della conca stessa fino alla pianura.

Nella conca di Recoaro, sul fondovalle e in buona parte del versante sinistro, affiorano gli scisti cristallini prepermiani, che costituiscono il basamento di tutta la serie sedimentaria sovrastante. Si tratta delle note filladi quarzifere, finemente scistose, chiamate localmente « lardaro ». Per la loro facile degradabilità sono spesso ricoperte da una coltre di sfasciume a matrice argillosa, molto erodibile.

Sopra le filladi, tutt'intorno alla conca, si estende un orizzonte di rocce sedimentarie di varia natura, appartenenti al Permiano e al Trias inferiore. Dal basso verso l'alto si distinguono un livello di arenarie rossastre, talora argillose; una serie di calcari, calcari marmosi, marne e arenarie; un complesso di calcari compatti, costituenti le cime dei monti Manfron, Civillina, Spitz, Rove, ecc. e un livello di calcari marnosi.

Sul fianco destro del bacino segue verso l'alto la formazione eruttiva del Trias medio costituita dalle porfiriti e relativi tufi, profondamente argillificati, la cui degradazione ha dato luogo a pendii dolci che contrastano con la morfologia aspra dei versanti calcarei e dolomitici sovrastanti. Dai pianori porfiritici si elevano infatti ripide pareti rocciose formate da banchi di dolomia e calcari dolomitici del Trias superiore, che limitano ad occidente la conca di Recoaro (Cime di Campo d'Avanti). Estesi depositi di detrito di falda si trovano ai piedi delle pareti rocciose. In corrispondenza ai pianori porfiritici si rinvengono spessi accumuli di depositi morenici.

A valle della conca, il bacino dell'Agno-Guà è impostato prevalentemente su rocce calcaree giuresi e cretacee e su rocce basaltiche terziarie.

La serie giurese, costituita da strati calcarei grigi, biancastri e rossastri, affiora sul fondo valle e sui versanti, per un breve tratto immediatamente a valle di S. Quirico. Ad essa si sovrappone (presso Valdagno) la serie cretacea, formata inferiormente dal « biancone » e superiormente dalla « scaglia ».

Scendendo verso valle, sui versanti affiorano in prevalenza rocce eruttive basaltiche (basalti e materiali tufacei), estese

soprattutto in destra. In sinistra, oltre a vasti affioramenti di vulcaniti, sono presenti anche calcari terziari.

Per quanto riguarda la struttura tettonica, la conca di Recoaro è impostata nella parte meridionale di una piega anticlinale a forma di ellissoide. Le formazioni immergono verso Sud, dapprima con inclinazioni modeste, poi inflettendosi bruscamente (nella zona di S. Quirico) in una fessura col fianco intermedio localmente rovesciato e passante talora a piega-faglia. Verso valle gli strati rocciosi diminuiscono progressivamente la loro inclinazione fino a dar luogo a giaciture suborizzontali o debolmente inclinate verso la pianura.

Per ciò che riguarda i caratteri idrogeologici, si comportano come impermeabili le filladi, le marne e le arenarie marnose, le porfiriti, i basalti e i materiali tufacei; come permeabili i calcari terziari carsici dei monti Faedo e Verlaldo, e i detriti di falda.

Il gruppo collinare dei Berici, che costituisce un modesto altipiano ondulato, è formato in grande prevalenza da formazioni sedimentarie calcaree e marnose.

Lungo il margine Sud-orientale affiora la « scaglia », che risulta spesso assai fratturata. Essa è ricoperta da un modesto livello di marne e tufi dell'Eocene inferiore, facilmente degradabili. A quest'ultimo orizzonte si sovrappongono dei calcari localmente marnosi (Eocene medio), cui segue verso l'alto una formazione costituita in prevalenza da marne calcaree (Eocene superiore).

La parte più elevata del gruppo collinare e tutto il settore settentrionale sono formati dai calcari dell'Oligocene, che rappresentano le rocce più diffuse.

Accanto alle rocce sedimentarie si trovano anche rocce eruttive di natura basaltica, affioranti su aree limitate e rappresentate per lo più da materiali tufacei poco coerenti.

Le formazioni rocciose dei colli Berici assumono giaciture assai poco inclinate, derivanti a grandi linee all'incrocio di due ampie anticlinali ad assi diretti, rispettivamente, da WNW a ESE e da NNE a SSW.

Nella parte superiore del rilievo sono estesamente sviluppate forme carsiche che interessano soprattutto il complesso cal-

careo oligocenico: per tale ragione manca una rete idrica superficiale. Il livello di base del carsismo è rappresentato dalla sottostante formazione marnosa impermeabile, in corrispondenza della quale è chiaramente individuabile un orizzonte sorgentifero.

Un altro allineamento di sorgenti si trova all'altezza dei terreni marnosi dell'Eocene inferiore, che sono sormontati dai calcari fessurati dall'Eocene medio.

La morfologia dei colli Euganei è assai varia e spesso aspra, caratterizzata dalla presenza di numerosi rilievi a forma più o meno conica, addossati gli uni agli altri o talora isolati, con pendii sovente ripidi e scoscesi. Tale aspetto è dovuto alla variabilità della natura petrografica delle rocce affioranti, alla complessità delle strutture geologiche e alla prolungata ed intensa azione erosiva degli agenti esterni.

I colli Euganei sono costituiti in larga misura da rocce eruttive (lipariti, trachiti e andesiti), derivate da intrusioni magmatiche a carattere prevalentemente laccolitico, cui si associano cupole di rigonfiamento, dossi di ristagno, filoni e rare colate laviche.

La più diffusa tra queste rocce è la trachite, chiamata localmente « masegna ».

Le rocce sedimentarie, pur assumendo un'area di affioramento rilevante, spesso formano solo leggere coperture sui fianchi degli apparati eruttivi che si allargano in profondità. La più estesa è la nota « scaglia »; nella parte settentrionale dei colli affiora anche il « biancone ».

In varie località, al di sopra di questi terreni sedimentari o sui fianchi degli apparati eruttivi, si trovano estesi lembi di marne grigiastre spesso fogliettate, facilmente degradabili, che danno luogo sovente ad una coltre superficiale di materiale argilloso.

Nel gruppo collinare euganeo affiorano anche vulcaniti basaltiche. Si tratta in prevalenza di tufi e rocce simili, generalmente intercalate o sovrastanti alle marne. Queste rocce eruttive, sotto l'azione degli agenti esterni, si degradano rapidamente, formando coltri superficiali argillose, al contrario delle

vulcaniti tipiche dei colli Euganei (trachiti, lipariti e andesiti), che complessivamente offrono una buona resistenza alla degradazione.

## 2.4. - *Movimenti franosi* (1).

La possibilità che un territorio venga colpito, durante eventi sfavorevoli, da fenomeni franosi è chiaramente condizionata dalle caratteristiche geologiche dei terreni che lo costituiscono.

Una delle formazioni più temibili, dal punto di vista della franosità, è data dal complesso delle filladi quarzifere. Durante l'alluvione del 1966 gli effetti più disastrosi si sono infatti verificati nei territori costituiti da tali rocce. Le filladi sono, in genere, caratterizzate da una marcatissima scistosità e da frequenti pieghettature e fratturazioni che le rendono soggette ad una rapida degradazione ed alterazione in senso argilloso, e ad una facile erodibilità. Nei versanti formati da questo tipo di terreni la roccia in posto è molto spesso ricoperta da coltri di sfasciume filladico argilloso che, in presenza d'acqua, possono divenire sensibilmente instabili anche su pendii ad inclinazione modesta.

Le filladi affiorano in alcune zone del bacino dell'Agno (conca di Recoaro); qui tuttavia i movimenti franosi sono in proporzione più limitati, soprattutto perchè le rocce filladiche risultano meno disturbate da fenomeni tettonici e quindi più resistenti.

Un complesso roccioso poco esteso, ma che ha causato vasti dissesti del suolo e che deve essere considerato particolarmente pericoloso, è l'orizzonte porfiritico del Trias medio, che costituisce alcune zone del bacino dell'Agno. Queste rocce eruttive, infatti, risultano molto spesso profondamente argillificate, ciò che determina in presenza d'acqua una sensibile instabilità dei versanti.

---

(1) Da una « Relazione » inedita, agli Atti, a cura del dott. V. De Zanche dell'Istituto di Geologia generale ed applicata dell'Università di Padova.

Particolarmente instabili si sono dimostrate le marne dell'Eocene inferiore dei colli Euganei. In questo piccolo gruppo collinare, nonostante la sua estensione limitata, i movimenti franosi sono molto frequenti e di dimensioni relativamente grandi.

Queste considerazioni assumono, naturalmente, un carattere di generalità dato che, per ottenere dei risultati veramente utili per la conoscenza della franosità di un territorio, sono necessari rilevamenti di grande dettaglio e su carte topografiche a grande scala (possibilmente 1:5.000), per tener conto, oltre che delle caratteristiche litologiche dei terreni, anche di tutte le situazioni particolari (morfologiche, tettoniche, idrologiche, ecc.) che possono risultare determinanti per la stabilità dei terreni stessi.

A tal fine è stato effettuato un rilevamento dettagliato delle frane e delle zone franose interessanti il bacino dell'Agno-Guà e quello dei Colli Euganei i cui risultati figurano in un catasto, con relativa iconografia, in scala 1:100.000 (agli Atti).

Si è potuto così stabilire che, in via approssimativa, la superficie delle zone dissestate da movimenti franosi è di 190 $hm^2$ circa (24 manifestazioni franose) nel bacino dell'Agno-Guà e di 45 $hm^2$ circa (16 manifestazioni franose) nel bacino dei Colli Euganei.

## 2.5. - *Regime idrologico.*

Il bacino dell'Agno-Guà, chiuso a Cologna Veneta, ha una superficie di 260 $km^2$ (di cui il 52,6% impermeabile) ed ha forma molto allungata nella direzione dell'asta principale.

La pendenza media nel tratto da Recoaro a Valdagno e da Valdagno al ponte di Trissino è, rispettivamente, del 19% e del 10% e si riduce poi, progressivamente, fino alla confluenza in pianura del Santa Caterina nel Gorzone (0,18%).

L'alto bacino ricade nella fascia di massime precipitazioni che, partendo dal tratto terminale dell'Agno ed abbracciando la zona delle Prealpi, si estende sino al limite orientale della regione veneta. A tale situazione si devono attribuire i fenomeni di piene repentine e di magre molto accentuate, caratteristiche peculiari del corso d'acqua.

Il coefficiente di deflusso medio annuo del periodo 1927-1937 a Cologna Veneta (260 km$^2$) risulta piuttosto basso, con un valore medio di 0,49; massimo di 0,50 e minimo di 0,31 (Tab. VI). I coefficienti mensili massimo e minimo, sempre per l'anno medio, si presentano rispettivamente in gennaio (0,68) ed in ottobre (0,30).

La portata di piena al colmo, massima del periodo di osservazione, risulta pari a 360 m$^3$/s (1396 l/s km$^2$) e si è verificata nel maggio 1926. Il 4 novembre 1966 la portata al colmo ha raggiunto 340 m$^3$/s (1300 l/s km$^2$). La portata minima del periodo considerato è di 0,40 m$^3$/s (1,50 l/s km$^2$) e si è verificata il 1° gennaio 1937.

## 2.6. - *Le piene.*

Numerose sono le notizie delle piene verificatesi nell'Agno-Guà nei secoli passati, a partire da una rotta arginale del Fiume Nuovo, di cui si ha più antica e sicura notizia, avvenuta a S. Tomà di Lonigo nell'anno 1494. Per venire a tempi più recenti va ricordato, nel XIX secolo, che la piena verificatasi nel 1826, giudicata la più elevata di quelle sino allora conosciute, venne superata nel 1836 e che in tale evento rimasero allagati per circa un mese i bassi terreni tra il Fratta e il Gorzone ed una notevole estensione di terre coltivate.

Altre piene notevoli si ebbero negli anni 1855; 1862; 1882 di eccezionale gravità, e ancora negli anni 1885; 1896; 1898; 1905; 1907; 1916; 1918-19; 1920; 1926; 1928; 1931; 1934; 1935; 1936; 1951; 1953; 1965; 1966.

A proposito delle piene dell'Agno-Guà, piace ricordare quello che il Paleocapa scriveva nel 1837 per il suo progetto di sistemazione del Guà e del Frassine: « ... all'epoca in cui venne istituito il sistema idrografico Frassine-Santa Caterina-Gorzone, ossia nel XVI secolo, l'Agno, da cui in sostanza dipendono tutti i presenti disastri, era torrente placidissimo. La valle di Trissino traversata da questo torrente non risentiva che il beneficio delle sue alluvioni tranquille e regolari. Compiuto però il disboscamento delle valli superiori a cui succedettero le frane e le erosioni, mutate insomma le condizioni

Tab. VI

AGNO-GUA' A COLOGNA VENETA (bacino 260 Km²)

Periodo 1927-1937 - Portata (in m³/s), deflussi e afflussi(mm) e coefficienti di deflusso mensili ed annui per gli anni medio, masismo e minimo

| | Anno medio | | | | Anno massimo 1937 | | | | Anno minimo 1929 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Q media m³/s | Deflusso mm | Afflusso mm | Coeffic. deflusso | Q media m³/s | Deflusso mm | Afflusso mm | Coeffic. deflusso | Q media m³/s | Deflusso mm | Afflusso mm | Coeffic. deflusso |
| Gennaio | 6.5 | 67 | 98 | 0.68 | 1.17 | 12 | 56 | 0.21 | 4.1 | 42 | 84 | 0.50 |
| Febbraio | 5.7 | 54 | 86 | 0.63 | 2.64 | 24 | 73 | 0.33 | 2.73 | 25 | 12 | 2.08 |
| Marzo | 9.5 | 99 | 161 | 0.61 | 13.9 | 143 | 312 | 0.46 | 2.66 | 27 | 2 | 13.50 |
| Aprile | 9.0 | 89 | 149 | 0.60 | 13.3 | 133 | 164 | 0.81 | 2.63 | 26 | 126 | 0.21 |
| Maggio | 8.9 | 92 | 184 | 0.50 | 8.0 | 82 | 185 | 0.44 | 4.5 | 46 | 157 | 0.29 |
| Giugno | 4.3 | 44 | 112 | 0.39 | 4.5 | 45 | 156 | 0.29 | 2.22 | 22 | 93 | 0.24 |
| Luglio | 3.1 | 32 | 83 | 0.38 | 5.3 | 54 | 202 | 0.27 | 1.70 | 18 | 38 | 0.47 |
| Agosto | 2.95 | 31 | 94 | 0.33 | 7.6 | 78 | 218 | 0.36 | 1.52 | 16 | 71 | 0.23 |
| Settembre | 3.4 | 34 | 104 | 0.33 | 14.8 | 147 | 243 | 0.60 | 1.48 | 15 | 17 | 0.88 |
| Ottobre | 4.7 | 49 | 162 | 0.30 | 15.0 | 155 | 254 | 0.61 | 1.55 | 16 | 138 | 0.12 |
| Novembre | 8.8 | 91 | 192 | 0.47 | 9.1 | 91 | 96 | 0.95 | 1.76 | 18 | 135 | 0.13 |
| Dicembre | 6.7 | 70 | 122 | 0.57 | 8.5 | 88 | 121 | 0.73 | 4.6 | 48 | 172 | 0.28 |
| Anno | 6.2 | 752 | 1547 | 0.49 | 8.7 | 1052 | 2080 | 0.50 | 2.63 | 319 | 1045 | 0.31 |

dei tronchi superiori, il sistema che prima era buono per ogni stato d'acqua, ora non lo è più che per gli stati di magra ».

Delle più recenti piene per le quali si è in possesso di elementi omogenei e di certa attendibilità, vengono descritti i caratteri principali. Si tratta delle piene del 1926; 1951; 1953; 1965; 1966. L'evento del novembre 1966 sarà trattato per primo e con maggior dettaglio, dato il carattere di eccezionalità che esso ha presentato.

a) *Piena del novembre* 1966.

Le precipitazioni, iniziatesi nelle tarde ore anti meridiane del 3 novembre, si prolungarono con continuità e con intensità pressochè costante fino alle ore 18 circa del giorno 4.

Dalla carta isoietografica tracciata per i bacini in esame con gli apporti meteorici totali dei giorni 4 e 5, si rileva (Figura 8) che nel bacino dell'Agno-Guà, ove generalmente si registrano valori superiori a quelli dei bacini contermini, il massimo non raggiunse in quell'occasione il valore di 300 mm, inferiore ai massimi verificatisi in precedenza. Degradando dalle zone di massimo si riscontrano in pianura, sempre per la stessa durata, precipitazioni comprese fra 150 e 50 mm circa.

I valori massimi e medi della precipitazione ragguagliata sul bacino, nella sezione di chiusura (Cologna Veneta), sono risultati, rispettivamente, di 290 mm e 169 mm.

Nella Fig. 9 sono riportati i diagrammi delle precipitazioni ragguagliate triorarie e la loro curva integrale, nonchè l'andamento idrometrico della conseguente onda di piena del Guà nella sezione di Cologna Veneta. L'andamento dei moduli orari di crescenza e decrescenza dell'onda di piena indica un primo arresto di crescenza dell'onda di piena nelle prime ore del giorno 4, in conseguenza dell'entrata in funzione del bacino di espansione di Montebello Vicentino.

L'altezza idrometrica massima e la portata al colmo raggiunte a Cologna Veneta (quest'ultima riferita al colmo idrometrico e calcolata facendo ricorso alla scala delle portate) furono, rispettivamente, di 5,58 m (massima precedente 5,75 m nel maggio 1926) e di 340 $m^3/s$.

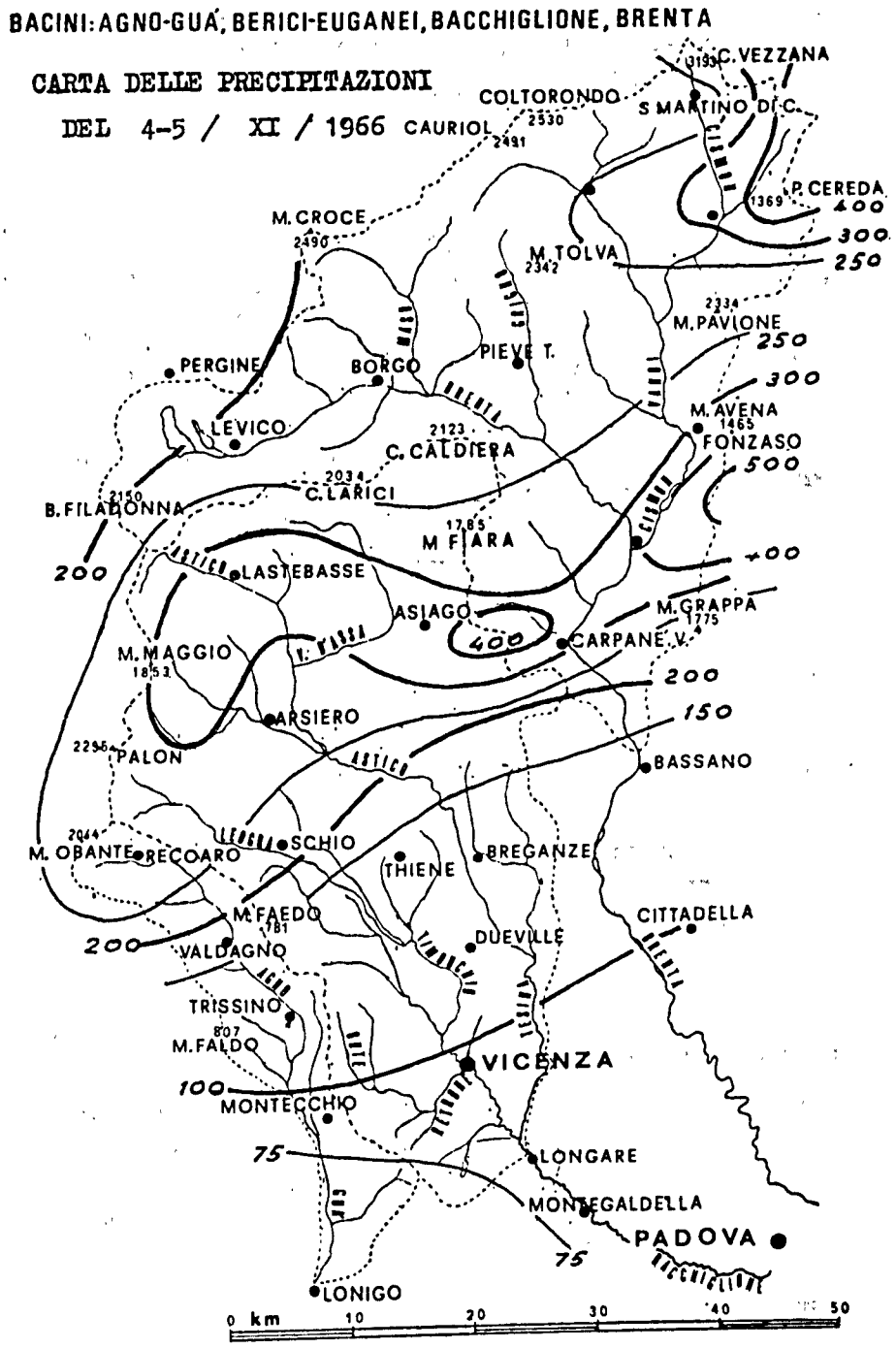

BACINI: AGNO-GUÀ, BERICI-EUGANEI, BACCHIGLIONE, BRENTA
CARTA DELLE PRECIPITAZIONI
DEL 4-5 / XI / 1966
C. VEZZANA
COLTORONDO
S MARTINO DI C.
CAURIOL
P. CEREDA
M. CROCE
M. TOLVA
M. PAVIONE
PIEVE T.
PERGINE
BORGO
LEVICO
M. AVENA
FONZASO
C. CALDIERA
C. LARICI
B. FILADONNA
M FIARA
LASTEBASSE
ASIAGO
M. GRAPPA
CARPANE V.
M. MAGGIO
ARSIERO
PALON
BASSANO
M. OBANTE
RECOARO
SCHIO
THIENE
BREGANZE
M. FAEDO
CITTADELLA
VALDAGNO
DUEVILLE
TRISSINO
M. FALDO
VICENZA
MONTECCHIO
LONGARE
MONTEGALDELLA
PADOVA
LONIGO
400
300
250
500
200
150
100
75
0 km
10
20
30
40
50

Fig. 8

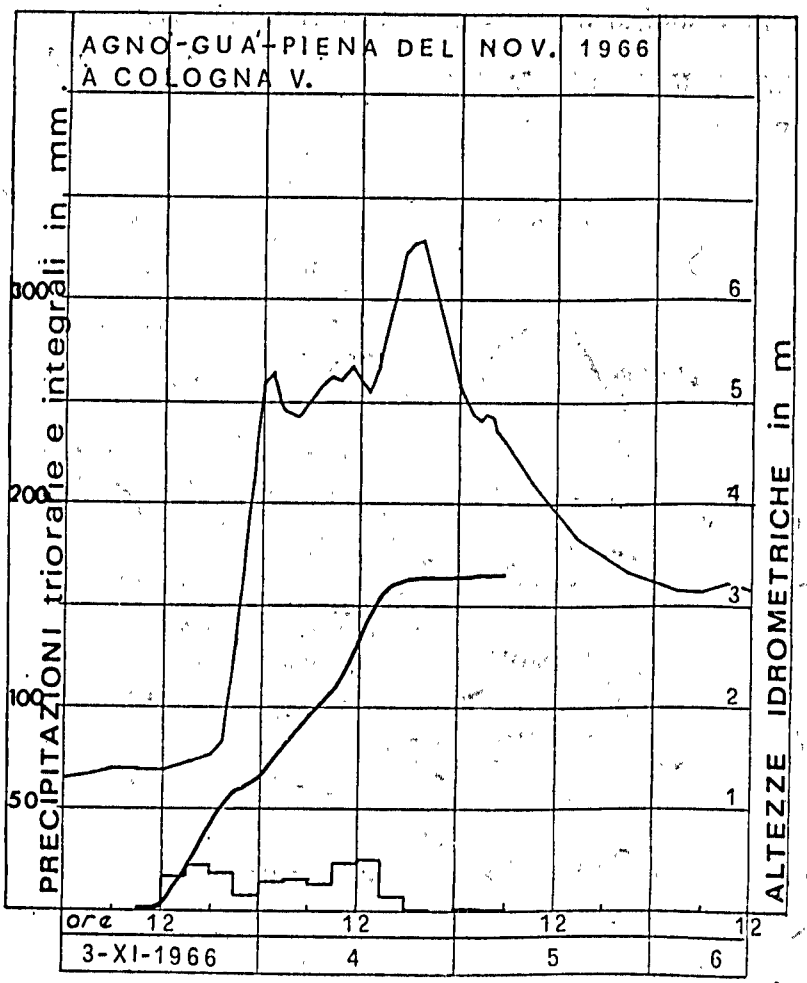



Fig. 9

b) *Piena del settembre* 1965.

Per questa piena, che presenta caratteristiche pluviometriche ed idrometriche particolari e ben differenti da quella del novembre 1966, si sono tracciati, nella Fig. 10, i diagrammi delle precipitazioni ragguagliate triorarie ed integrali e quelli idrometrici relativi alla stazione di Cologna Veneta.

La piena, causata da due gruppi di precipitazioni della durata complessiva di circa 50 ore, fu caratterizzata da due successive onde, ciascuna con altezza idrometrica al colmo alquanto inferiore a quella osservata nel 1966. L'altezza idrometrica massima a Cologna Veneta (4,10 m) fu inferiore a quella della piena massima del 1926 (5,75 m) ed a quelle di altre 10 piene conosciute.

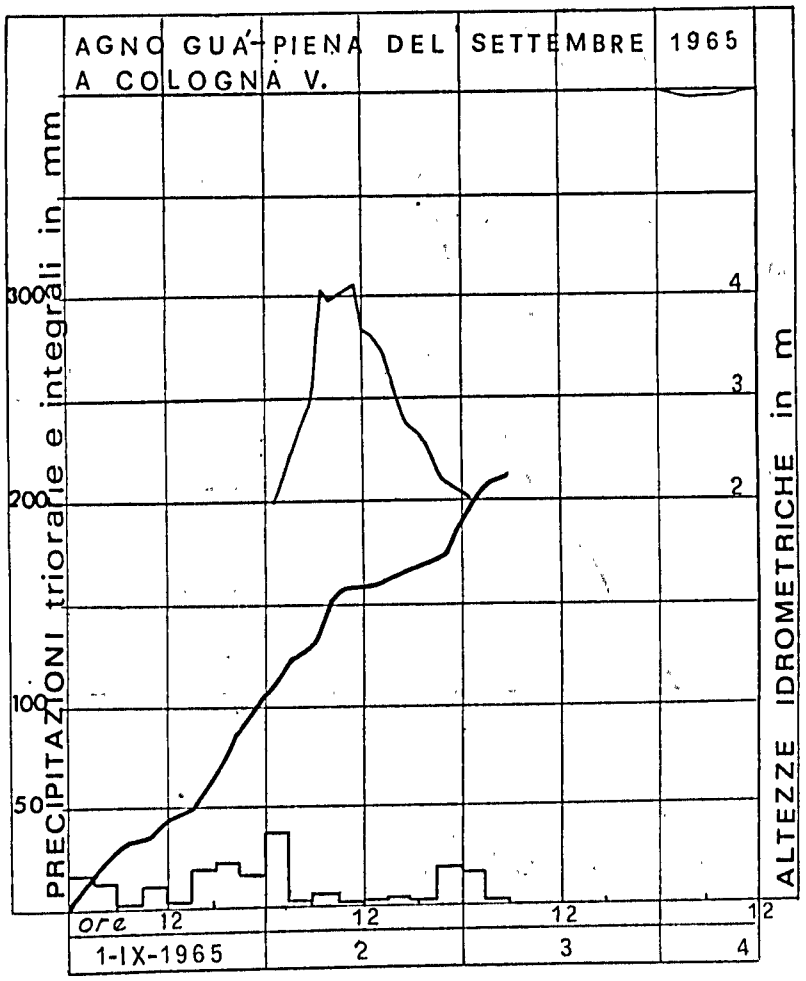



Fig. 10

c) *Piena dell'ottobre* 1953.

Anche per questa piena sono stati riportati nella Fig. 11 i diagrammi delle precipitazioni ragguagliate triorarie ed integrali e quelli idrometrici relativi alla sezione di Cologna Veneta.

Da questi risulta che le precipitazioni presentano un anda-

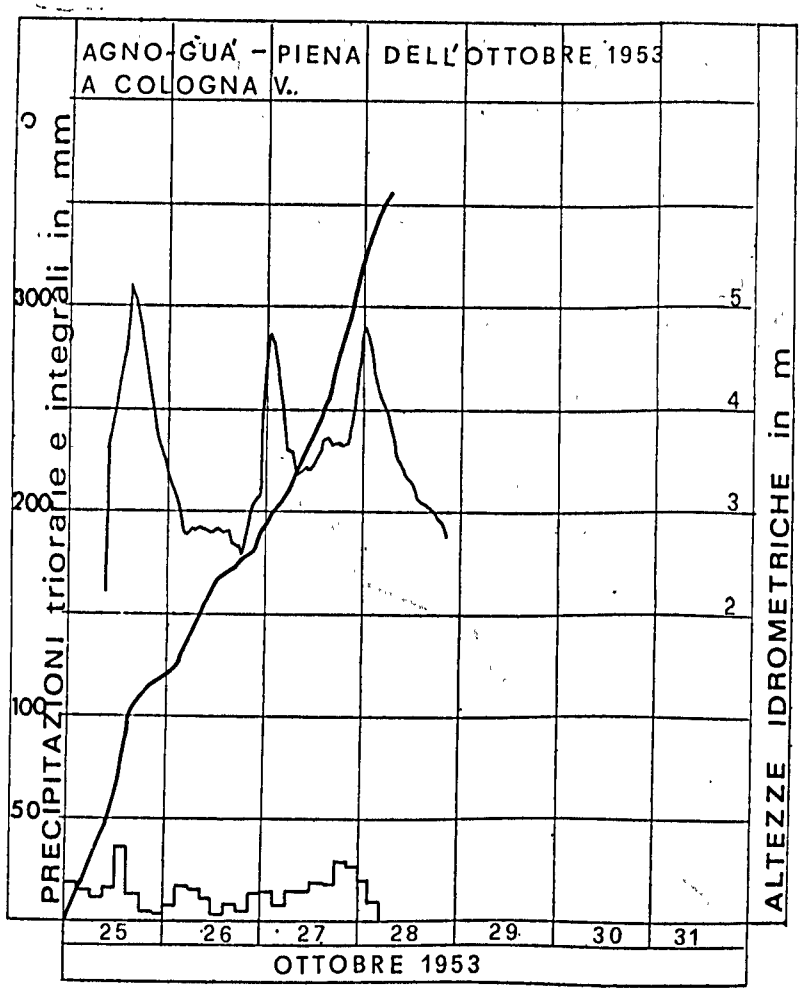



Fig. 11

mento irregolare con due nuclei, iniziale e finale, di maggiore intensità che hanno dato luogo a distinte onde di piena.

d) *Piena del novembre* 1951.

Sono stati tracciati, anche per questa piena, i diagrammi (Fig. 12) relativi alle precipitazioni ragguagliate triorarie ed integrali sul bacino, nonchè quelli delle altezze idrometriche

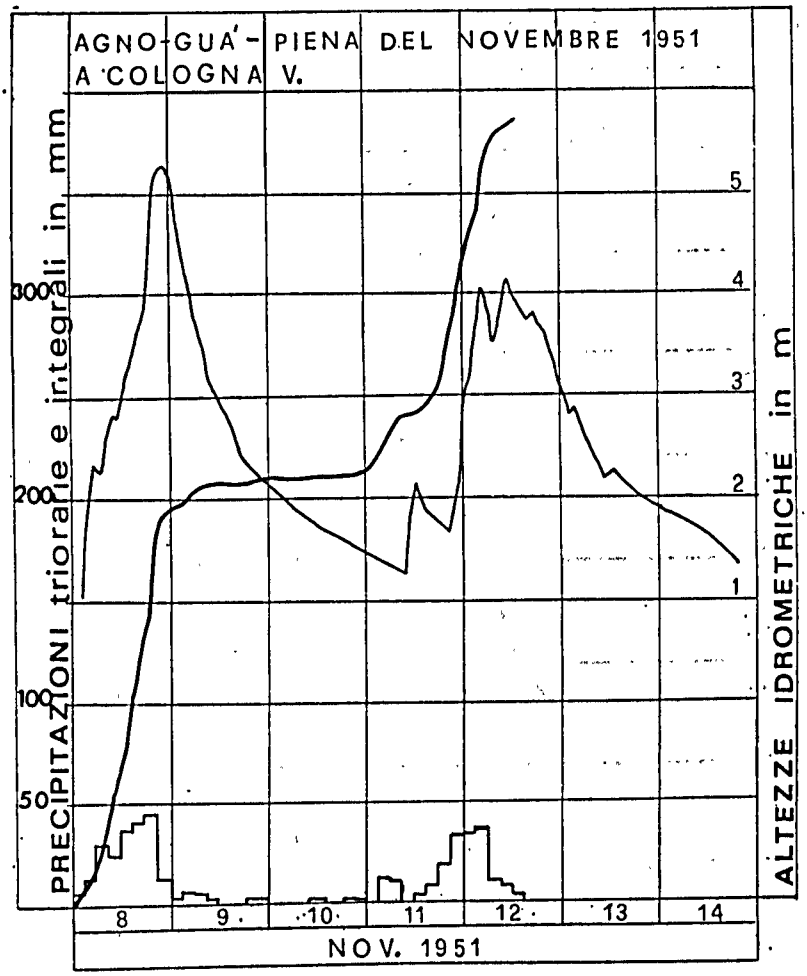



Fig. 12

presso la stazione di Cologna Veneta. Le precipitazioni presentano due nuclei ben distinti, intercalati da apporti molto scarsi; ne conseguono due distinte onde di piena, la seconda delle quali è inferiore alla prima.

e) *Piena del maggio* 1926.

Questa piena è stata caratterizzata da precipitazioni molto intense e prolungate che hanno dato luogo ad un'unica cospicua onda di piena (Fig. 13). L'altezza idrometrica al colmo a

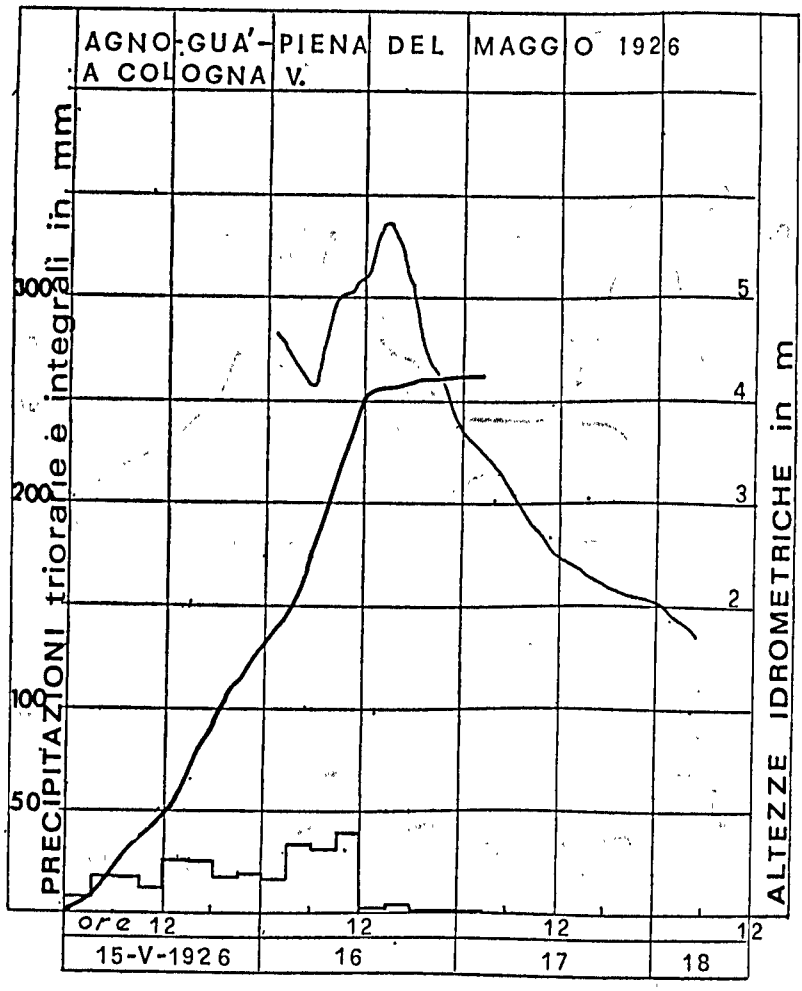



Fig. 13

Cologna Veneta ha raggiunto in quell'occasione il livello massimo finora conosciuto (5,75 m).

Dai diagrammi di piena riportati si rileva, in generale, un rapido aumento delle altezze idrometriche, con notevoli incrementi orari causati dalla concentrazione nel tempo delle piogge intense che hanno originato la piena. Anche i rami discendenti, se non influenzati da una ripresa dell'afflusso meteorico, presentano generalmente tempi di esaurimento brevi.

Per completare il quadro degli eventi idrologici più sopra descritti, vengono riportati (Tab. VII) i bilanci idrologici delle venti maggiori piene osservate nella sezione di Cologna Veneta e precisamente per ciascun evento, i valori dell'afflusso medio ed integrale sul bacino, del deflusso integrale e del coefficiente di deflusso. Nella stessa tabella sono riportate anche le altezze idrometriche al colmo e le relative portate.

## 2.7. - *Erosione e trasporto solido.*

Per quanto riguarda il trasporto solido, non si ha notizia di sistematiche misurazioni che consentano deduzioni di carattere quantitativo sull'entità del fenomeno.

Tuttavia si riportano alcune considerazioni di carattere qualitativo sui fenomeni di erosione e di deposito in rapporto alla situazione geologica dei terreni dedotte dagli studi di A. Dal Prà e G. Mozzi (1).

Le considerazioni si riferiscono, in particolare, all'eccezionale alluvione del novembre 1966, durante la quale fenomeni erosivi intensissimi ed assai diffusi provocarono danni molto gravi.

La maggior parte dei fenomeni si verificò in corrispondenza a formazioni geologiche che, per i loro caratteri, presentano una grande predisposizione alla erodibilità. Si è potuto

(1) A. Dal Prà; G. Mozzi: « Relazione », cit.

AGNO-GUA' A COLOGNA VENETA (bacino 260 $Km^2$)
Afflusso meteorico medio (mm), afflusso e deflusso integrali ($10^6$ $m^3$), coefficiente di deflusso, altezze idrometriche e portate al colmo per venti principali piene

| N. d'ord. | Data | Afflusso medio bacino mm | Affl. int. $10^6$ $m^3$ | Defl. int. $10^6$ $m^3$ | Coeff. defl. | Valori al colmo | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | H (m) | Q ($m^3/s$) |
| 1 | 14/20- 5-1926 | 321 | 83 | 45 | 0.54 | 5.75 | 363 |
| 2 | 3/ 6-11-1966 | 254 | 66 | 36 | 0.55 | 5.58 | 338 |
| 3 | 8/14-11-1951 | 417 | 108 | 52 | 0.48 | 5.30 | 298 |
| 4 | 24/30-10-1953 | 433 | 113 | 46 | 0.41 | 5.20 | 284 |
| 5 | 1/ 5- 4-1928 | 199 | 52 | 31 | 0.60 | 5.35 | 305 |
| 6 | 22/27- 3-1928 | 268 | 70 | 36 | 0.51 | 5.26 | 292 |
| 7 | 27-10/ 5-11-1928 | 420 | 109 | 27 | 0.25 | 5.02 | 258 |
| 8 | 16/21-11-1935 | 170 | 44 | 18 | 0.41 | 5.00 | 255 |
| 9 | 27/30-10-1959 | 280 | 73 | 27 | 0.37 | 4.90 | 243 |
| 10 | 12/16-11-1941 | 265 | 69 | 24 | 0.35 | 4.80 | 232 |
| 11 | 6/12-11-1957 | 309 | 80 | — | — | 4.07 | 166 |
| 12 | 12/15-12-1957 | 243 | 63 | — | — | 3.85 | 150 |
| 13 | 6/11-12-1960 | 211 | 55 | — | — | 3.65 | 137 |
| 14 | 22/24- 5-1935 | 126 | 33 | — | — | 3.45 | 124 |
| 15 | 29-10/ 4-11-1926 | 239 | 62 | — | — | 3.00 | 97 |
| 16 | 10/14-11-1958 | 294 | 76 | — | — | 3.88 | 152 |
| 17 | 19/25-12-1922 | 288 | 75 | — | — | — | — |
| 18 | 31- 8/ 3- 9-1965 | 211 | 55 | — | — | 4.10 | 168 |
| 19 | 10/17-12-1934 | 244 | 63 | 28 | 0.44 | 4.30 | 184 |
| 20 | 26/29- 9-1942 | 167 | 43 | — | — | 3.02 | 98 |

constatare, inoltre, che l'erosione al piede da parte dei corsi d'acqua ed i movimenti franosi conseguenti hanno avuto luogo, con particolare intensità ed estensione sui versanti costituiti da depositi morenici o alluvionali, da coltri detritiche o di sfasciume di rocce argillose (filladi, biancone, ecc.).

La rapidità con cui è avvenuta l'erosione in terreni sfavorevoli è stata veramente eccezionale: si sono avuti esempi di alvei in depositi morenici o alluvionali che sono stati approfonditi di 7-8 m nel giro di poche ore.

In moltissimi casi l'erosione operata dai torrenti ha lasciato scarpate molto ripide in terreni sciolti, ancor oggi in equilibrio instabile e soggette ad un facile scalzamento anche durante le piene normali. In moltissimi casi, infatti, l'approfondimento dell'alveo è continuato anche dopo il disastroso avvenimento e nei versanti costituti da terreni molto erodibili, dissestati durante la grande alluvione, i fenomeni d'erosione si producono ancora allo stato attuale con pericolosa intensità e frequenza, senza che si verifichino eventi meteorologici particolarmente sfavorevoli e causano continui danni soprattutto alla viabilità.

Agli intensissimi fenomeni d'erosione sono seguiti disastrosi fenomeni di deposito, che hanno causato alluvionamenti di dimensioni talora imprevedibili.

I depositi si sono avuti nelle zone ove esiste un'improvvisa diminuzione di pendenza dell'alveo, soprattutto alla confluenza tra corsi d'acqua secondari e principali. Si è constatato, infatti, che in molti casi il corso d'acqua principale non ebbe la capacità di trasportare a valle il materiale portato dall'affluente, il che determinò notevoli mutamenti morfologici anche lungo l'asta principale.

In molti casi gli alluvionamenti più disastrosi furono provocati dagli sbarramenti dell'alveo causati dal franamento delle sponde costituite da terreni ad alta erodibilità e dalle successive onde di piena che ebbero luogo in seguito allo sfondamento degli accumuli di frana.

A questi fenomeni particolari sono dovute la rapidità sor-

prendente con cui avvennero i depositi e l'eccezionale granulometria dei materiali trasportati.

Dalle considerazioni qui riassunte risulta chiaramente non solo la necessità di un'intervento urgente mediante opere di sistemazione dei bacini e dei torrenti ancora soggetti ad erosione, ma anche l'opportunità che nella progettazione e nell'attuazione di queste opere venga tenuta in debito conto la situazione geologica.

Una chiara conoscenza dei caratteri di erodibilità dei terreni, accompagnata naturalmente da quella degli altri fattori che intervengono nel determinare i fenomeni d'erosione (e quindi di deposito), permette infatti d'intervenire in modo razionale non solo con lavori di ripristino dei tronchi dissestati, ma anche con quelli, utilissimi e veramente auspicabili, di prevenzione.

## 2.8. - *Opere per la sistemazione idraulica e per la difesa dalle piene.*

2.8.1. - L'attuale situazione dei bacini dell'Agno-Guà, Berici ed Euganei nei riguardi degli eventi di piena si presenta assai precaria nonostante i provvedimenti di difesa attuati in passato che qui sommariamente si ricordano tralasciando come provvedimenti di ordinaria amministrazione i vari successivi rialzi degli argini.

Le opere di difesa attuate dopo la piena del 1882, nonostante la redazione di vari progetti riguardanti la regolazione totale del complesso sistema idrografico dell'Agno-Guà, Fiume Nuovo, Frassine, Santa Caterina e Gorzone, compresero soltanto alcuni lavori arginali, la nuova inalveazione del Guà presso l'abitato di Cologna (1892-1902) e la costruzione di una chiusa mobile lungo il Frassine per il sostegno delle portate di magra. Fra le opere eseguite successivamente, sono da ricordare ancora:

— la realizzazione del bacino di contenimento di Trissino

con sbarramento a Tezze e costruzione degli argini in ritiro lungo il bacino (1910). Nel 1929, per aumentare la capacità di detto bacino, venne costruita una seconda diga, situata circa 1 km a monte della precedente, presso la località di Cinto di Arzignano;

— l'utilizzazione, quale bacino di contenimento delle piene, dell'area sita fra l'argine destro del Gorzone e quello sinistro del Canale Santa Caterina con la realizzazione del bacino dell'Anconetta;

— la costruzione del bacino d'espansione di Montebello Vicentino (ultimato nel 1927), con una capacità di 4.350.000 $m^3$ e con un franco di 1 m fra la sommità e la strada avente funzione di sbarramento.

Nel comprensorio montano vennero pure intraprese, nel periodo 1922-1937, varie opere idrauliche ed idraulico-forestali al fine di regolare sia il corso dell'asta principale del fiume, sia quello dei torrenti maggiormente dissestati (Rotolòn), con la trattenuta dei materiali di disgregazione del bacino.

Dette opere comprendevano: 12 briglie di varie dimensioni, particolarmente sull'alto Rotolòn; 11 soglie, cunettoni, selciate, graticciate, spietramenti e drenaggi; nonchè opere forestali complementari quali semine e trapianti di essenze resinose e latifoglie.

Sul Frassine-Santa Caterina sono stati eseguiti in epoca recente interventi di ripresa degli argini a seguito di piene e rinforzi arginali su una lunghezza di circa 30 km e con una spesa di 1.270 milioni di lire.

Nel periodo 1930-1950, con interruzione nel periodo bellico, sono stati eseguiti lavori di dragaggio sul Gorzone ed uno sbarramento mobile a Buoro con annessa conca di navigazione.

A proposito del bacino d'espansione di Montebello Vicentino sembra opportuno mettere qui in evidenza come il Magistrato alle Acque abbia, a quel tempo, anticipato la costruzione dei bacini di scolmamento fuori alveo dei quali oggi tanto si parla. Il bacino di Montebello è certamente un'opera modesta, ma rappresenta un'importante affermazione di priorità nel campo delle opere per la difesa fluviale.

2.8.2. - La situazione potrà essere migliorata in futuro soltanto attraverso il coordinamento degl'interventi idraulico-forestali sui versanti e negli alvei dei bacini montani con quelli di sistemazione idraulico-agraria e di regolarizzazione degli alvei in pianura.

In base alle segnalazioni fatte dalle diverse Amministrazioni, non sembra che alla soluzione del problema si possa contribuire con la costruzione di nuovi serbatoi per l'attenuazione delle piene. In questo campo è, però, da segnalare la necessità di migliorare l'efficienza dell'esistente bacino d'espansione di Montebello Vicentino, sia con opere accessorie che consentano la decantazione, sia con l'installazione di un'adeguata rete di preavviso che consenta l'utilizzazione del volume d'invaso nel momento più opportuno.

Tutte le possibilità di intervento sopra menzionate per la moderazione delle piene e per la difesa da esse sono state oggetto di un esame, necessariamente succinto, i cui risultati essenziali sono illustrati nei paragrafi seguenti.

In ogni paragrafo, la descrizione delle opere più importanti è accompagnata da una valutazione sommaria degl'importi di spesa occorrenti per la loro attuazione. Tali importi, riferiti al luglio 1969 e riportati nella Tab. VIII, assommano per ciascuno dei tre periodi operativi previsti (fino al 1975, dal 1976 al 1985 e dal 1986 in poi), compresi gli importi occorrenti per rilievi, studi e redazione dei progetti, a 6.040 milioni di lire; 5.270 milioni di lire e 6.120 milioni di lire rispettivamente, per un totale complessivo di 17.430 milioni di lire, senza tener conto delle spese di manutenzione, che quando non siano indicate al valore capitalizzato dall'Amministrazione, per opere del genere si possono ritenere, esclusi l'obsolescenza e l'ammortamento, dell'ordine dell'1,5% annuo.

### 2.8.3. - *Opere idraulico-forestali nei bacini montani.*

Le opere di sistemazione idraulico-forestale nei bacini montani dei corsi d'acqua sono distinte, generalmente, in opere di carattere estensivo, sotto forma d'interventi di natura tipicamente forestale (impianti di nuovi boschi, ricostruzione di bo-

AGNO-GUA' E BERICI-EUGANEI
importi delle sistemazioni previste (in milioni di lire)

| Corso d'acqua | Provincie | Opere idrauliche | Serbatoi di attenuazione delle piene | Opere idraulico forestali | Opere idraulico agrarie | Bonifiche | Difesa dei litorali | Totali (*) | Osservazioni |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Agno-Guà | Vicenza | 440 | 1.600 | 1.360 (160) | — | 160 (30) | — | 6.040 | 1° periodo operativo (fino al 1975) |
| Agno-Guà | Padova (Este) | 1.900 | — | — | — | | — | | |
| Bacini Berici | Vicenza | — | — | 580 (70) | — | | — | | |
| Bacini Euganei | Padova | — | — | | — | | — | | |
| Agno-Guà | Vicenza | 600 | — | 1.320 | — | — | — | 5.270 | 2° periodo operativo (1976-1985) |
| Agno-Guà | Padova (Este) | 2.680 | — | — | — | — | — | | |
| Bacini Berici | Vicenza | — | — | 670 (70) | — | — | — | | |
| Bacini Euganei | Padova | — | — | | — | — | — | | |
| Agno-Guà | Vicenza | 700 | — | 1.680 (220) | — | — | — | 6.120 | 3° periodo operativo (dal 1986 in poi) |
| Agno-Guà | Padova (Este) | 3.060 | — | — | — | — | — | | |
| Bacini Berici | Vicenza | — | — | 680 | — | — | — | | |
| Bacini Euganei | Padova | — | — | (100) | | — | — | | |
| | | | | | | | | 17.430 | Totale |

(*) Non comprendono gli importi relativi alla manutenzione; questi, se precisati dalle Amministrazioni, sono riportati fra parentesi per le singole categorie di opere. Aggiornamento al luglio 1969.

schi degradati, ecc.) e di sistemazione idraulico-pascoliva (delimitazione delle zone pascolive da quelle boscate, governo delle acque, ecc.); in opere di carattere intensivo per la correzione dei torrenti, per il consolidamento delle frane e per la protezione dalle valanghe; in opere di sistemazione idraulico-agraria ed in opere sussidiarie (viabilità, ricoveri, ecc.).

Le possibilità d'intervento nel campo idraulico-forestale nei bacini in esame, sono ampiamente illustrate in una relazione predisposta dall'Ispettorato Regionale delle Foreste per il Veneto del Corpo Forestale dello Stato. La relazione è illustrata da una cartografia in scala 1:100.000 con l'indicazione delle opere previste nelle zone d'intervento ed è corredata da prospetti nei quali sono dettagliatamente specificati gl'importi di spesa relativi agl'interventi ritenuti necessari per « la difesa del suolo e per la regolazione dei corsi d'acqua » nella parte montana dei bacini in esame (1).

Il bacino montano dell'Agno-Guà ha una superficie di 19.500 $hm^2$, tutta ricadente nella provincia di Vicenza: 4.790 $hm^2$ sono coperti da boschi (25%).

L'elevata pendenza del bacino è causa del notevole dissesto idrogeologico che interessa, soprattutto, l'anfiteatro da cui trae origine il corso d'acqua. Anche le superfici pascolive, in via d'abbandono a causa della scarsa produttività, presentano preoccupanti aspetti dovuti alla trascurata sistemazione idraulico-agraria.

In passato sono state eseguite opere murarie (trasversali e longitudinali) per la correzione del corso d'acqua e dei suoi affluenti, consolidamenti di pendici franose e lavori estensivi di rimboschimento e ricostruzioni boschive. A tale scopo sono stati erogati o stanziati, dal 1945 ad oggi, importi per un totale di circa 600 milioni di lire.

Per un'integrale sistemazione del bacino dell'Agno-Guà si stima che gl'importi necessari, secondo le indicazioni dell'Amministrazione competente, siano i seguenti:

---

(1) M. Cappelli: « Relazione » cit.

1° periodo operativo (fino al 1975) : 1.360 milioni di lire;
2° periodo operativo (1976 7985) : 1.320 milioni di lire;
3° periodo operativo (dal 1986 in poi) : 1.680 milioni di lire;

per un totale di 4.360 milioni di lire compresi gl'importi occorrenti per rilievi, studi e relazione dei progetti.

Gl'importi indicati dalla suddetta Amministrazione per le spese di manutenzione, durante ciascun periodo operativo, sono di 70 milioni di lire, 70 milioni di lire e 100 milioni di lire, rispettivamente.

2.8.4. - *Opere idrauliche nel medio e basso corso.*

La descrizione dettagliata delle opere idrauliche e dei relativi importi di spesa, necessari per la sistemazione del medio e basso corso dell'Agno-Guà e dei suoi affluenti, è contenuta in dettagliate ed esaurienti relazioni preparate dagli Uffici del Genio Civile di Vicenza e di Este (Padova), ciascuno per la porzione di bacino ricadente nel circondario idraulico di propria competenza.

Ciascuna relazione prescinde, proprio per motivi di competenza territoriale, dalle opere di sistemazione idraulico-forestale dei bacini montani, già descritte nel paragrafo precedente.

Complessivamente, l'importo delle opere necessarie per la sistemazione idraulica del corso d'acqua nelle due provincie suddette è di 9.380 milioni di lire comprensivo degli importi per rilievi, studi e redazione dei progetti ma non delle spese di manutenzione. Tal importo può essere suddiviso, a titolo indicativo, nei richiesti tre periodi operativi, nel modo seguente:

1° periodo operativo (fino al 1975) : 2.340 milioni di lire;
2° periodo operativo (1976-1985) : 3.280 milioni di lire;
3° periodo operativo (dal 1986 in poi) : 3.760 milioni di lire.

In particolare si ha:

*Provincia di Vicenza.*

I problemi relativi alla sistemazione del corso d'acqua si presentano qui con due aspetti distinti.

Il primo riguarda il tronco a monte del già citato bacino d'espansione delle piene situato a Montebello Vicentino. Lungo tale tronco predominano la necessità di regolarizzare, mediante briglie, l'alveo che presenta un letto di magra in rapido abbassamento e quella di eliminare la folta vegetazione che rende pressochè impraticabili gli argini.

Il secondo aspetto si riferisce al tronco a valle, lungo il quale è necessaria la rimozione dei depositi alluvionali che riducono la sezione dell'alveo.

Il problema particolare costituito dal bacino di Montebello Vicentino sarà esaminato successivamente a proposito dell'attenuazione delle piene per mezzo d'invasi artificiali.

L'importo di spesa previsto per l'esecuzione delle opere necessarie e di 1.740 milioni di lire. Tale importo può essere suddiviso, a titolo indicativo, nei richiesti tre periodi operativi nel modo seguente:

| | | |
|---|---|---|
| 1° periodo operativo (fino al 1975) | : | 440 milioni di lire; |
| 2° periodo operativo (1976-1985) | : | 600 milioni di lire; |
| 3° periodo operativo (dal 1986 in poi) | : | 700 milioni di lire. |

*Provincia di Padova (circondario di Este).*

Le acque provenienti dal bacino dell'Agno-Guà situato nella provincia di Vicenza sono raccolte in questo circondario idraulico dal Frassine-Brancaglia-S. Caterina che le convoglia, assieme a quelle provenienti da numerosi Consorzi di bonifica, nel Gorzone dopo un percorso di circa 41 km.

Numerosi sono stati i disordini idraulici ed i danni provocati nel secolo scorso e nel primo trentennio del secolo presente, da questo corso d'acqua a regime torrentizio contenuto entro arginature in froldo aventi altezze che raggiungono gli 8 m sul piano di campagna. Ed è appunto in conseguenza di quegli eventi che, nel 1928, si provvide alla costruzione del

bacino di espansione delle piene di Montebello, il quale consente di ridurre l'eccezionale (1) portata di 400 $m^3/s$, verificatasi nel maggio 1926 e nel novembre 1966, in portate dell'ordine di 250 $m^3/s$. Nonostante l'intervento del suddetto bacino, nel novembre 1966 si verificarono lungo l'asta tre rotte contemporanee che provocarono anche estesi franamenti delle sponde, alla cui ripresa si sta tuttora provvedendo, assieme ad altri lavori, per un importo complessivo di 1.270 milioni di lire.

Le opere previste in futuro nel tronco da Borgofrassine a Vescovana (confluenza col Gorzone) riguardano particolarmente lo scavo dell'alveo per il ripristino dell'originaria capacità di portata, il rinforzo delle arginature, l'eliminazione delle strozzature costituite dai ponti di Borgofrassine e di Passiva e dalle botti di Vighizzolo e Tre Canne. L'importo totale di spesa previsto per il Frassine-Brancaglia-S. Caterina è di 3.580 milioni di lire compresi gli importi per rilievi, studi e redazioni dei progetti, ma non quelli per la manutenzione.

Il corso d'acqua che entra nel circondario idraulico di Este presso Cologna Veneta conserva la denominazione di Fratta fino alla botte Tre Canne (36 km); da qui prosegue, con un percorso di 56,5 km fino allo sfocio nel Brenta a Brondolo, col nome di Gorzone.

I lavori di escavazione del fondo dell'alveo recentemente eseguiti e quelli, di prossima esecuzione, per la nuova inalveazione del Cavo Masina consentono di ritenere che la capacità di portata dell'intera asta del corso d'acqua sarà adeguata alle necessità, con la garanzia di un franco di piena dell'ordine di 1 m. Fanno eccezione i due tronchi a monte ed a valle della botte Tre Canne, per una lunghezza complessiva di 6,5 km, lungo i quali sono necessari la sopraelevazione ed il rinforzo delle arginature e l'escavazione dell'alveo.

Sono da tener presenti pure, fra le altre, le opere necessarie per evitare, durante gli stati di piena, le filtrazioni attra-

---

(1) Il corso d'acqua in oggetto ha un bacino imbrifero dell'area di soli 260 $Km^2$.

verso gli strati torbosi e sabbiosi sottostanti le arginature; la pulizia di estese superficie golenali di proprietà privata e fittamente alberate; la demolizione e la ricostruzione del vecchio ponte delle Gradenighe che provoca la formazione di ampi rigurgiti.

Gli importi di spesa preventivati per le opere riguardanti il Fratta ed il Gorzone sono di 1.910 milioni di lire e di 2.150 milioni di lire rispettivamente, compresi gli importi per rilievi, studi e redazioni dei progetti, ma non quelli per la manutenzione.

Complessivamente, l'importo necessario per le opere di sistemazione del corso d'acqua in oggetto in provincia di Padova (circondario di Este) è di 7.640 milioni di lire. Tale importo può essere suddiviso, a titolo indicativo, nei richiesti tre perodi operativi nel modo seguente:

1° periodo operativo (fino al 1975) : 1.900 milioni di lire;
2° periodo operativo (1976-1985) : 2.680 milioni di lire;
3° periodo operativo (dal 1986 in poi) : 3.060 milioni di lire.

2.8.5. - *Attenuazione delle piene per mezzo d'invasi artificiali.*

In base alle segnalazioni pervenute dai competenti Uffici del Genio Civile, un'interessante possibilità di moderare le piene dell'Agno-Guà mediante trattenuta dei deflussi in invasi artificiali è quella offerta dall'esistente bacino d'espansione di Montebello Vicentino.

E' necessario, però, restituire l'originaria efficienza al bacino, impedendo l'afflusso del materiale solido trasportato dalla Roggia di Arzignano, il quale riduce progressivamente il volume d'invaso utile e la sezione del canale di scarico, la cui capacità di portata è attualmente inferiore alla metà di quella originaria.

Le opere previste riguardano la costruzione di un bacino di decantazione delle acque della Roggia di Arzignano (del volume di circa 20.000 $m^3$) ed il ripristino della sezione normale del canale. Quest'ultimo provvedimento consentirebbe di sva-

sare il bacino d'espansione in un tempo di tre giorni (contro gli otto necessari attualmente), con notevoli benefici in caso di piene succedentisi a breve intervallo.

I lavori suddetti dovrebbero essere completati, com'è sempre auspicabile nell'esercizio degl'invasi artificiali per la moderazione delle piene, con un adeguato sistema di preannuncio e di previsione delle piene stesse. E' stato stimato infatti dal competente Ufficio, che la tempestiva entrata in funzione del bacino di Montebello consentirebbe di ridurre la portata di piena nel tronco a valle da 400 $m^3/s$ a 250 $m^3/s$ circa.

L'importo totale di spesa previsto per le opere necessarie è di 1.600 milioni di lire compresi gli importi per rilievi, studi, e redazione dei progetti ma non quelli per la manutenzione, da attribuirsi tutto al 1° periodo operativo (fino al 1975) dato il carattere speciale dell'opera.

### 2.8.6. - *Opere idraulico-agrarie e di bonifica.*

Le opere occorrenti per la sistemazione idraulico-agraria e per la bonifica delle zone di pianura sono illustrate, assieme ai relativi importi di spesa, suddivisi in tre periodi operativi (fino al 1975, dal 1976 al 1985 e dal 1986 in poi), in una relazione predisposta dall'Ispettorato agrario compartimentale di Venezia del Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, sulla base delle segnalazioni fatte dai Consorzi di Bonifica.

Per i bacini dell'Agno-Guà, Berici ed Euganei le opere indicate, concentrate nel primo periodo operativo, richiedono 160 milioni di lire, compresi gli importi per rilievi, studi e redazione dei progetti e 30 milioni di lire per le spese di manutenzione.

## 3. - BACINO DEL BACCHIGLIONE.

### 3.1. - *Caratteristiche generali del sistema idrografico.*

Il Bacchiglione viene alimentato dai sistemi idrografici costituiti da bacini dell'Astico-Tesina, Leogra-Timonchio ed Orolo-Retrone (il nome di Bacchiglione è assunto dopo la

confluenza del Bacchiglioncello, corso di acqua di risorgiva, con il Timonchio, presso Vivaro a monte di Vicenza).

La superficie complessiva dei sopra citati bacini, compresi i corsi d'acqua minori e le pianure fra essi intercluse, è di 1.384 km² alla chiusura in località Debba e risulta così suddivisa:

— bacino montano dell'Astico chiuso a Sarcedo: 623 km², pari al 45% dell'intera superficie;

— bacini del Leogra-Timonchio ed altri corsi d'acqua minori: 413 km², pari al 30%;

— bacini in pianura: 348 km², pari al 25%.

Il corso di pianura del Bacchiglione si può suddividere, dal punto di vista idraulico, in due tronchi:

— il primo, da Vivaro a Padova con funzioni di collettore, riceve in sinistra il Tesina Padovano a Trambacche ed a Brusegana la Brentella di Limena derivata dal Brenta;

— il secondo, si divide a Padova in vari rami: il Canale Battaglia con funzione di canale navigabile; il Canale Maestro; il Roncaiette, con funzioni di scaricatore, che confluisce a Bovolenta col Canale Pontelongo e sfocia quindi in mare assieme al Brenta e al Gorzone.

Nel bacino dell'Astico, sono state rilevate alcune divagazioni del suo principale affluente Posina. Esse si verificarono durante e dopo il ritiro dei ghiacciai, provocate dalle quantità di materiali abbandonati nei fondovalle (gole epigenetiche di Stancari, Strenta e Crosara).

A valle di Rocchette sono state accertate rilevanti divagazioni dell'Astico dal suo alveo da epoche esostoriche sino al 1500 (Fig. 1).

Il suo primo percorso, dopo l'uscita dal bacino montano, fu quello con sbocco in pianura fra Piovene e Chiuppano in direzione di Vicenza.

In un secondo tempo, abbandonata la bassura anzidetta, il corso si sarebbe diretto verso Calvene, raggiungendo la pianura attraverso la stretta di Lugo, orientandosi poi verso Vicenza, passando fra i rilievi di Sarcedo e Montecchio Precalcino.

In un terzo periodo (medio-evo) l'Astico portò il suo alveo ad Est di Montecchio, scaricando però i suoi deflussi sempre su Vicenza.

Nel 1507 la Repubblica Veneta costruì, all'altezza di Montecchio, un muraglione di deviazione che spostò il corso ancor più ad oriente nell'attuale alveo del Tesina Vicentino (1).

Nessuna divagazione subì il corso d'acqua nel tratto Vicenza-Padova, nè nel tronco inferiore da Padova al mare.

2.2. - *Oroidrografia.*

Il bacino del Bacchiglione (1.384 km$^2$), ricadente tutto nelle prealpi venete, è limitato da una linea di displuvio che ad oriente, con direzione Nord-Sud, ed a Nord lo separa dal bacino del Brenta. Ad Ovest il displuvio separa ancora il bacino del Bacchiglione da quelli del medio corso dell'Adige e dell'Agno (Fig. 1).

Il crinale orientale, che divide il bacino del Bacchiglione da quello del Brenta, parte da M. Castelnuovo (2216 m), è dominato da Nord a Sud dalle creste di Forno (1912 m), Fiara (1785 m), Baldo (1678 m), Longara (1610 m), Echar (1368 m), Cimone (1378 m) e Corno (1384 m) e degrada verso la pianura tra Astico e Brenta.

Dal versante occidentale di tale crinale, che delimita anche l'altopiano dei Sette Comuni, dipende tutto il bacino in sinistra della Val d'Assa e dell'Astico a valle della confluenza con la Val d'Assa stessa.

Il crinale settentrionale, che costituisce il limite fra i bacini del Bacchiglione e del Brenta, parte da M. Castelnuovo con direzione Est-Ovest, è dominato da Cima Dodici (2341 m), Cima Portule (2310 m), Cima Manderiolo (2051 m), Cima Vezzena (1908 m), Cimone (1525 m) e termina a monte Cornetto (2052 m). Da qui il limite del bacino del Bacchiglione piega a Sud e, con direzione meridiana fino a Cima Campogrosso (1502 m), costituisce la linea di displuvio tra questo bacino e quello di un tratto del medio corso dell'Adige. In

(1) R. Accademia Nazionale dei Lincei, op. cit.

essa dominano, oltre ai citati Cornetto e Cima Campogrosso, le vette di Sommo Alto (1614 m), Coston dei Laghi (1866 m) e Pasubio (2235 m).

Da tale displuvio e dalle sue diramazioni, generalmente dirette ad oriente, dipendono i bacini della destra dell'Astico, quello del suo affluente principale, Posina, e quello dell'alto corso del Leogra.

Una displuviale di modesta altezza, che si diparte da Cima Campogrosso verso Sud-Est e si unisce ai Monti Berici, divide il bacino del Bacchiglione da quello dell'Agno. Le cime più alte sono ivi quelle di Civillina (951 m), Faedo (781 m) e Pulgo (517 m). Da tale displuviale dipendono il versante destro del Leogra e di alcuni piccoli affluenti di questo e del Bacchiglione.

Il Bacchiglione a valle di Timonchio, circa 8 km a Sud di Vicenza (località Debba), riceve il Tesina Vicentino, suo maggiore affluente.

In località Longare il Bacchiglione cede parte delle sue acque per l'alimentazione del Canale Bisatto e volge quindi verso Padova ricevendo in sinistra il Tesina Padovano; a Volta Brusegana le sue acque vengono impinguate dalle portate derivate dal Brenta a Limena.

Raggiunta la località Bassanello, il Bacchiglione si divide in vari rami ed attraverso il canale Roncaiette, che con direzione Nord-Sud percorre il tratto Bassanello-Bovolenta, confluisce poi, a Bovolenta stessa, nel Canale Pontelongo, noto quest'ultimo anche con la denominazione di Bacchiglione inferiore. A valle di tale confluenza in località Cà Pasqua il Bacchiglione si unisce al Brenta con il quale sfocia in mare a Brondolo.

### 3.3. - *Geolitologia* (1).

Il bacino montano del Bacchiglione viene distinto in due sottobacini, quello dell'Astico e quello del Leogra, che presentano aspetti geologici ben diversi tra di loro.

(1) A. Dal Prà, G. Mozzi: « Relazione », cit.

La maggior parte del bacino dell'Astico si sviluppa nella regione calcareo-dolomitica degli altipiani vicentini. Questi sono costituiti da un potente basamento dolomitico (« dolomia principale » del Trias superiore), ricoperto da una pila di calcari grigi e superiormente rossastri del Giurese. Si tratta di rocce nel complesso molto compatte e resistenti alla degradazione, che danno luogo ad una morfologia caratterizzata da estesi pianori ondulati, separati da profonde e strette valli a pareti molto aspre.

Su queste piane affiorano vasti lembi di calcari biancastri spesso marnosi (« biancone » del Cretaceo inferiore).

Il « biancone », assieme alla nota « scaglia », costituisce anche una lunga fascia nel versante meridionale dell'altipiano dei Sette Comuni. Queste rocce, sempre fittamente stratificate, si degradano con una certa facilità, dando luogo spesso ad estesi accumuli detritici.

Le uniche zone, del resto molto limitate, ove il bacino non è impostato su rocce calcaree o dolomitiche, sono la media valle del torrente Posina, affluente del fiume Astico, e l'estremo settore meridionale del bacino stesso, a valle di Caltrano.

Nella parte mediana del bacino del Posina affiorano infatti le porfiriti del laccolite del monte Alba e la serie sedimentaria del Trias inferiore, rappresentata prevalentemente da arenarie, marne, calcari marnosi e intercalazioni tufacee. In generale, mentre le porfiriti intrusive mostrano caratteri di buona resistenza alla degradazione, i terreni del Trias inferiore risultano invece soggetti ad una facile erodibilità.

In questa zona e nei pressi di Arsiero, sempre nella valle del Posina, vengono a giorno, alla base della potente serie dolomitica del Trias superiore, limitati affioramenti di porfiriti effusive e di depositi tufacei, con caratteri di resistenza agli agenti atmosferici ben diversi da quegli degli ammassi intrusivi del monte Alba. Le porfiriti effusive infatti si presentano molto spesso argillificate e quindi notevolmente erodibili.

Il settore meridionale del bacino dell'Astico, da Caltrano

fino alla pianura vicentina, comprende una serie di basse colline costituite in grande prevalenza da rocce eruttive di natura basaltica (basalti, tufi e ialoclastiti). L'alterazione spesso profonda dei basalti e il basso grado di coesione delle vulcaniti clastiche rendono queste rocce soggette ad una rapida degradazione.

In questa zona affiorano limitatamente anche formazioni sedimentarie del Terziario, caratterizzate dall'alternanza di livelli calcarei tenaci e resistenti con livelli marnosi e arenacei e con orizzonti a facies di flysch, facilmente degradabili.

I rilievi montuosi che rientrano nel bacino del Leogra mostrano, come si è detto in precedenza, caratteri geologici diversi da quelli che caratterizzano il bacino dell'Astico. Infatti il bacino del Leogra è impostato prevalentemente negli scisti cristallini prepermiani e nelle formazioni del Permiano e del Trias inferiore. La serie dolomitica del Trias superiore affiora solo nella parte nord-occidentale del bacino, in corrispondenza al massiccio del Pasubio e nel gruppo del monte Priaforà.

Gli scisti cristallini, che occupano il fondovalle e buona parte dei versanti vallivi a monte di Torrebelvicino, sono rappresentati da filladi quarzifere. A causa della loro fine scistosità, delle fitte pieghettature e della fratturazione spesso presenti, le filladi si degradano facilmente, dando luogo ad abbondante sfasciume argilloso, caratterizzato da elevata erodibilità.

La serie sedimentaria del Permiano e del Trias inferiore, che poggia sopra il basamento scistoso, è costituita prevalentemente da arenarie, calcari marnosi, marne e intercalazioni gessose e tufacee; essa termina verso l'alto con un orizzonte di calcari compatti e resistenti (calcari del monte Spitz, del Ladinico inferiore), che formano le cime dei monti Enna, Manfron, Civillina, ecc.

Nella zona del Tretto e lungo le pendici sud-orientali del massiccio del Pasubio e dei monti Manfron e Civillina sono estesamente diffuse le porfiriti effusive del Trias medio. In vaste zone del bacino vengono a giorno anche le porfiriti degli

ammassi intrusivi (monte Alba, Poleo-S. Caterina, pendici sud-orientali della dorsale Cornetto-Baffelan).

Dopo lo sbocco in pianura (nei pressi di Schio) il Leogra riceve le acque di una serie di piccoli torrenti che scendono dall'estrema dorsale orientale dei monti Lessini. Questo rilievo è prevalentemente costituito nella parte settentrionale da basalti spesso molto alterati e da materiali tufacei; subordinatamente da « biancone » e « scaglia » e dai calcari e calcari marnosi dell'Eocene. Nella parte meridionale prevalgono invece i calcari compatti dell'Oligocene.

Nel bacino del Bacchiglione sono diffusi depositi quaternari. Accumuli morenici si rinvengono frequentemente sugli altipiani, mentre estese coltri detritiche fasciano la base degli aspri versanti calcareo-dolomitici. I fondovalle sono spesso colmati da materassi alluvionali talora potenti.

Gli aspetti tettonici delle formazioni rocciose assumono caratteri molto diversi. Nel sottobacino dell'Astico le rocce presentano complessivamente giaciture poco inclinate, fatta eccezione delle due fascie interessate dalla flessura che attraversa la parte mediana dell'altipiano dei Sette Comuni e dalla flessura pedemontana, delle quali si parla nella descrizione del bacino del Brenta.

Nel bacino del Leogra l'assetto tettonico è improntato oltre che dalla continuazione della flessura pedemontana che qui passa a piega-faglia, anche dalla grande linea di disturbo tettonico Schio-Vicenza (a direzione NO-SE).

Inoltre nella parte mediana del bacino la presenza del noto ellissoide di Recoaro determina giaciture periclinali ad inclinazioni nel complesso limitate.

Per quanto riguarda i caratteri idrogeologici delle rocce, si possono considerare permeabili i detriti di falda e le alluvioni di fondovalle, i calcari e le dolomie carsici largamente estesi negli altipiani. Si comportano come terreni impermeabili le filladi, le marne, le porfiriti, i basalti e i tufi. Le altre rocce affioranti assumono caratteri variabili in funzione soprattutto del grado di fratturazione.

3.4. - *Movimenti franosi* (1).

Anche nel bacino del Bacchiglione una delle formazioni più temibili, dal punto di vista della franosità, è risultata il complesso delle filladi quarzifere che affiorano in alcune zone della valle del Leogra; qui tuttavia i movimenti franosi sono in proporzione più limitati, soprattutto perchè le rocce filladiche risultano meno disturbate da fenomeni tettonici e quindi più resistenti.

Un complesso roccioso poco esteso, ma che ha causato vasti dissesti del suolo e che deve essere considerato particolarmente pericoloso, è l'orizzonte porfiritico del Trias medio, che costituisce alcune zone dei bacini del Posina e del Leogra. Queste rocce eruttive infatti risultano molto spesso profondamente argillificate, ciò che determina in presenza d'acqua una sensibile instabilità dei versanti.

Queste considerazioni assumono naturalmente un carattere di generalità dato che, per ottenere dei risultati veramente utili per la conoscenza della franosità di un territorio, sono necessari rilevamenti di grande dettaglio e su carte topografiche a grande scala (possibilmente 1:5000), per tener conto, oltre che delle caratteristiche litologiche dei terreni, anche di tutte le situazioni particolari (morfologiche, tettoniche, idrologiche, ecc.) che possono risultare determinanti per la stabilità dei terreni stessi.

A tal fine è stato effettuato un rilevamento dettagliato delle frane e delle zone franose interessanti il bacino del Bacchiglione i cui risultati figurano in un catasto con relativa iconografia a scala 1:100,000 (agli « Atti »).

Si è potuto così stabilire che nel territorio montano del bacino esaminato, in via approssimata, la superficie delle zone dissestate da movimenti franosi è di 210 $hm^2$ circa (44 manifestazioni franose).

(1) V. De Zanche: « Relazione », cit.

### 3.5. - *Regime idrologico.*

Col nome di Bacchiglione viene indicato, come si è già detto, il tronco compreso fra le località Vivaro, punto di confluenza del Bacchiglione con il Timonchio, ed il mare.

Il bacino del Bacchiglione (Fig. 1) è comunemente denominato bacino dell'Astico poichè, in effetti, la parte preponderante del comprensorio montano (623 km$^2$) è tributaria di quest'ultimo corso d'acqua. Completano il comprensorio montano del Bacchiglione il sistema idrografico del Leogra-Timonchio e di altri bacini minori.

L'Astico trae origine da alcune sorgenti che vengono a giorno dalle falde del Sommo Alto. Il torrente scorre in una regione fortemente carsica qual è quella dell'altopiano dei Sette Comuni e di Tonezza e riceve il maggior volume di deflusso dal suo affluente di destra il Posina.

A valle di Sarcedo, ov'è la chiusura del bacino montano, il letto del corso d'acqua si presenta asciutto per la maggior parte dell'anno a causa delle cospicue derivazioni per usi diversi e delle rilevanti dispersioni che si verificano attraverso l'imponente materasso alluvionale. Le acque del bacino montano danno origine, dopo lungo percorso sotterraneo, a numerosi corsi d'acqua di risorgiva, i quali alimentano la portata di magra del Bacchiglione.

A Bressanvido l'Astico si unisce al Tesina e con tale nome confluisce nel Bacchiglione in località Debba, a valle di Vicenza.

Il Leogra ha origine da numerosi rii che scendono dalle falde meridionali del Gruppo del Pasubio. Nella pianura, a valle di Torre Belvicino, si verifica anche per il Leogra il fenomeno di dispersione delle acque. A valle di Schio, il Leogra si unisce al Timonchio e confluisce quindi nel Bacchiglione.

Il regime idrologico del Bacchiglione risulta, in complesso, assai variabile, con rapide transizioni dallo stato di magra a quello di piena. Quando le precipitazioni scarseggiano, i deflussi, a causa delle numerose derivazioni industriali e della dispersione delle acque dovute alla forte permeabilità dei ter-

reni, sono costituiti unicamente dai contributi dei corsi d'acqua di pianura alimentati da risorgive.

Nella Tab. IX sono riportati i valori medi mensili ed annui delle portate, degli afflussi e dei deflussi dell'anno medio e quelli dell'anno di massimo e di minimo del periodo 1930-1966 misurati a Montegaldella (1384 km$^2$). Si può rilevare che i valori del coefficiente di deflusso sono molto bassi, con una media di 0,46, un massimo di 0,61 e un minimo di 0,33. Il coefficiente di deflusso mensile massimo (sempre riferito all'anno medio) è pari a 0,80 (gennaio), quello minimo a 0,33 (agosto).

La portata massima al colmo del periodo di osservazione, pari a 600 m$^3$/s (434 l/s.km$^2$), si è verificata il 4 novembre 1966 con un valore medio giornaliero di 460 m$^3$/s (329 l/s.km$^2$); quella minima 2,60 m$^3$/s (pari a 1,91 l/s.km$^2$) si è verificata l'8 settembre 1962.

## 3.6. - *Le piene.*

3.6.1. - Le notizie storiche riguardanti il Bacchiglione sono più abbondanti di quelle relative ai corsi d'acqua viciniori e questo può essere spiegato con il fatto che dalle vicende del corso d'acqua dipendeva particolarmente la sicurezza di una città come Padova.

Fino al XVIII secolo le notizie riguardanti le piene di questo corso d'acqua si confondono con quelle relative ai corsi d'acqua dei bacini contermini e ne seguono la triste cronologia.

Nel secolo XIX, dopo le gravi piene del 1823, 1825 e 1827, che diedero luogo a numerose rotte e provocarono gravi danni nel territorio padovano, si ebbe un periodo di tranquillità, interrotto dalla piena del 1846. In quella circostanza le altezze idrometriche di colmo furono lievemente superiori a quelle verificatesi nel 1825.

La piena sopravvenuta nel 1856 risultò ancor più notevole delle precedenti ed i livelli di colmo furono lievemente superati. Analoghi eventi si verificarono nel 1859, 1860 ed ancora nel

BACCHIGLIONE A MONTEGALDELLA (bacino 1.384 Km²)

Periodo 1930-1966 - Portate (m³/s), deflussi ed afflussi (mm) e coefficienti di deflusso mensili ed annui per gli anni medio, massimo e minimo

| | Anno medio | | | | Anno massimo 1937 | | | | Anno minimo 1943 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Q media m³/s | Deflusso mm | Afflusso mm | Coeffic. deflusso | Q media m³/s | Deflusso mm | Afflusso mm | Coeffic. deflusso | Q media m³/s | Deflusso mm | Afflusso mm | Coeffic. deflusso |
| Gennaio | 28.5 | 55 | 69 | 0.80 | 16.7 | 43 | 60 | 0.72 | 17.4 | 34 | 23 | 1.48 |
| Febbraio | 29.1 | 51 | 79 | 0.64 | 24.8 | 58 | 74 | 0.78 | 20.0 | 35 | 51 | 0.69 |
| Marzo | 29.8 | 58 | 99 | 0.58 | 44.8 | 115 | 333 | 0.35 | 15.0 | 29 | 54 | 0.54 |
| Aprile | 34.2 | 64 | 131 | 0.49 | 55.8 | 139 | 175 | 0.79 | 12.9 | 24 | 28 | 0.86 |
| Maggio | 37.0 | 72 | 168 | 0.43 | 49.8 | 128 | 209 | 0.61 | 18.6 | 36 | 136 | 0.26 |
| Giugno | 29.9 | 56 | 138 | 0.40 | 38.3 | 95 | 184 | 0.52 | 14.2 | 26 | 104 | 0.25 |
| Luglio | 23.0 | 45 | 117 | 0.38 | 38.1 | 98 | 200 | 0.49 | 10.2 | 20 | 96 | 0.21 |
| Agosto | 19.4 | 37 | 112 | 0.33 | 54.1 | 139 | 276 | 0.50 | 8.0 | 15 | 42 | 0.36 |
| Settembre | 22.4 | 42 | 124 | 0.34 | 66.4 | 165 | 311 | 0.53 | 8.8 | 16 | 156 | 0.10 |
| Ottobre | 29.3 | 56 | 163 | 0.34 | 68.9 | 177 | 285 | 0.62 | 9.8 | 19 | 87 | 0.22 |
| Novembre | 39.9 | 75 | 171 | 0.44 | 50.0 | 124 | 78 | 1.59 | 11.4 | 22 | 57 | 0.39 |
| Dicembre | 33.7 | 65 | 104 | 0.62 | 45.6 | 117 | 112 | 1.04 | 11.2 | 22 | 80 | 0.28 |
| Anno | 29.7 | 676 | 1475 | 0.46 | 46.2 | 1398 | 2297 | 0.61 | 13.1 | 298 | 914 | 0.33 |

1863, 1868, sempre con accentuazione dei caratteri di violenza e molti danni.

Nel 1872 un'eccezionale piena superò tutte le precedenti; gli alvei del Roncaiette e del Canale di Pontelongo si dimostrarono insufficienti al contenimento dei deflussi di colmo e vasti allagamenti di terreno apportarono gravissimi danni. Mentre si procedeva ai lavori di sovralzo arginale, sopravvenne la memorabile piena del 1882 che assunse, anche per le zone soggette al Bacchiglione, il carattere di funesta calamità. I quartieri più depressi di Padova vennero inondati e si ebbero a lamentare rotte arginali e gravi danni a San Nicolò e Pontelongo.

Rotte e straripamenti dell'Astico e del Leogra funestarono anche i territori della Provincia di Vicenza mentre, dal 1882 al 1905, si verificarono solo normali intumescenze.

Nel maggio 1905 si ebbe una ripresa della deleteria attività del corso d'acqua con una piena che, pur non superando all'idrometro di Vicenza quella del 1882, risultò a Padova più elevata di tutte le precedenti. Anche nei canali inferiori le altezze idrometriche registrate (Bovolenta, Pontelongo e Brenta dell'Abbà) risultarono assai elevate: centri abitati ed industriali come Piove di Sacco, Pontelongo, Conselve e Padova vennero seriamente minacciati e furono danneggiati da numerosi ed estesi allagamenti.

A soli due anni di distanza, nell'ottobre 1907, una nuova gravissima intumescenza del Bacchiglione venne a funestare il territorio padovano. Durante la fase ascendente della piena vennero subito raggiunti i massimi livelli precedentemente registrati e si ebbe a deplorare un grave disastro in seguito ad un vasto squarcio prodottosi nell'argine sinistro del Roncaiette a Ponte San Nicolò.

Delle piene più recenti delle quali si è in possesso di elementi omogenei e di certa attendibilità vengono descritti i caratteri principali. Si tratta delle piene del 1926, 1951, 1953, 1965 e 1966.

L'evento del novembre 1966 sarà trattato per primo e con maggior dettaglio, dato il carattere di eccezionalità che esso ha presentato.

a) *Piena del novembre* 1966.

Le precipitazioni, iniziatesi nelle prime ore pomeridiane del 3 novembre, si prolungarono con continuità e con intensità via via crescente (tanto da far registrare nelle ultime 12 ore più della metà della precipitazione totale) fino alle ore 18 circa del giorno 4. Si trattò, pertanto, di un afflusso meteorico continuo ed intenso che fu registrato, secondo le vigenti convenzioni, nei giorni pluviometrici 4 e 5 ma che ebbe una durata reale di sole 32-34 ore.

Dalla carta isoietografica tracciata per il bacino in esame e per quelli contermini con gli apporti meteorici totali dei giorni 4 e 5, si rileva (Fig. 8) che nel bacino del Bacchiglione, e più precisamente in quello del suo affluente Astico, sono stati superati i 400 mm. Degradando dalle zone di massimo si riscontrano in pianura, sempre per la stessa durata, precipitazioni comprese fra 150 e 50 mm circa.

Dal confronto di tali valori con quelli contenuti nella Tabella III nella quale sono riportati i valori totali delle precipitazioni da uno a cinque giorni consecutivi, si rileva che i valori massimi relativi al 1966 hanno superato, in molte località, quelli relativi al periodo 1921-1965. Anche per le stazioni nelle quali le precipitazioni del novembre 1966 non hanno superato il massimo assoluto del periodo precedente, i valori registrati in quell'occasione rientrano nei primi casi critici della serie.

I valori massimi e medi della precipitazione ragguagliata sul bacino, nella sezione di chiusura (Montegaldella), sono risultati, rispettivamente, di 401 mm e 217 mm.

La rilevante intensità delle precipitazioni causò un eccezionale incremento delle altezze idrometriche, le quali superarono, salvo qualche eccezione, i massimi conosciuti.

E' da ricordare che la forte intensità delle precipitazioni fu aggravata dalla saturazione dei terreni provocata dalle notevoli piogge verificatesi nella seconda quindicina di ottobre; il che, assieme alla concomitante saturazione della capacità di invaso degli alvei (più o meno accentuata a seconda delle caratteristiche dei corsi d'acqua), determinò tempi di corrivazione assai brevi.

Nella Fig. 14 sono riportati i diagrammi delle precipitazioni

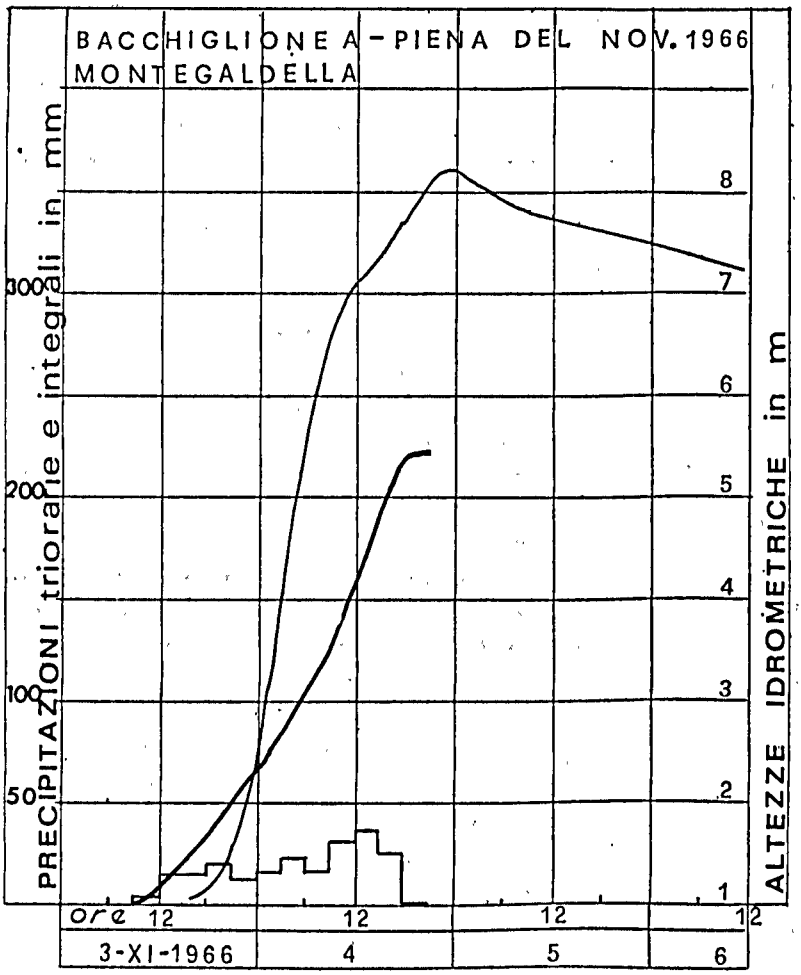



Fig. 14

ragguagliate triorarie medie e la loro curva integrale, nonchè l'andamento idrometrico della conseguente onda di piena nella sezione di Montegaldella.

L'altezza idrometrica massima e la portata al colmo raggiunte a Montegaldella (quest'ultima riferita al colmo idrometrico e calcolata facendo ricorso alla scala delle portate) furono, rispettivamente, di 8,21 m (massima precedente 8,08 m nel novembre 1951) e di 600 $m^3/s$.

b) *Piena del settembre* 1965.

Anche per questa piena, che presenta caratteristiche pluviometriche ed idrometriche particolari e ben differenti da quella del novembre 1966, si sono tracciati, nella Fig. 15, i diagrammi delle precipitazioni ragguagliate triorarie ed integrali e quelli idrometrici relativi alla sezione Montegaldella.

La piena, causata da due gruppi di precipitazioni della du-

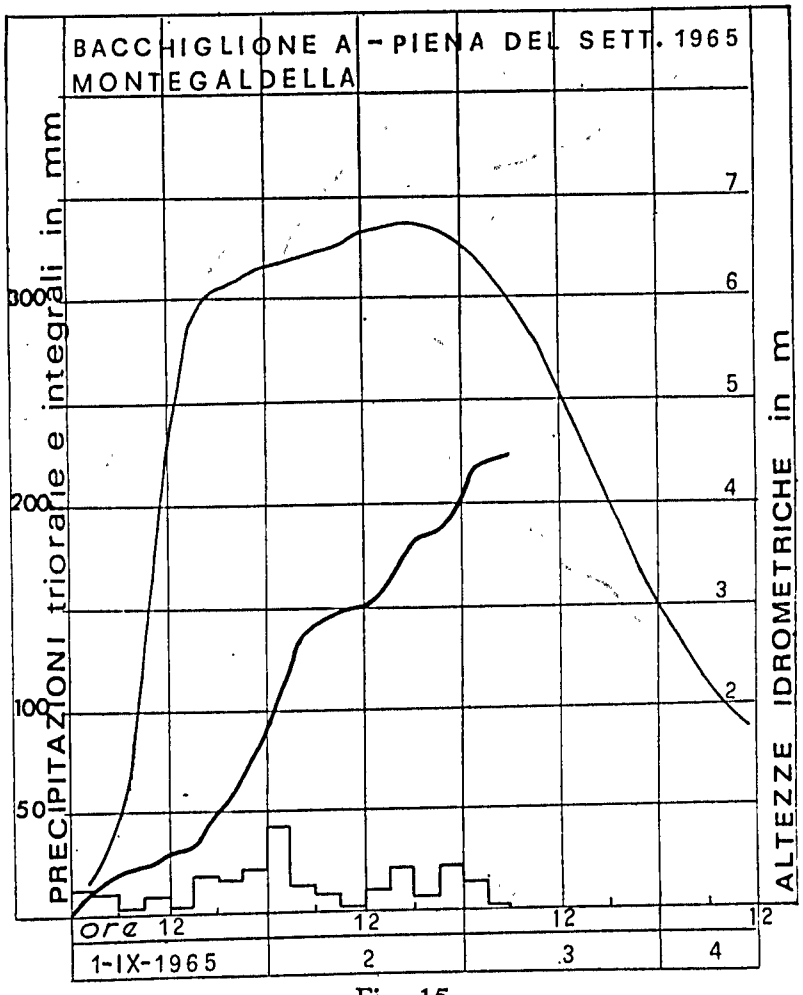



Fig. 15

rata complessiva di circa 50 ore, è caratterizzata da due successive onde, ciascuna con altezza idrometrica al colmo alquanto inferiore a quella osservata nel 1966.

c) *Piena dell'ottobre* 1953.

Anche per questa piena sono stati riportati nella Fig. 16 i diagrammi pluviometrici triorari ed integrali e quelli idrometrici relativi alla sezione di Montegaldella.

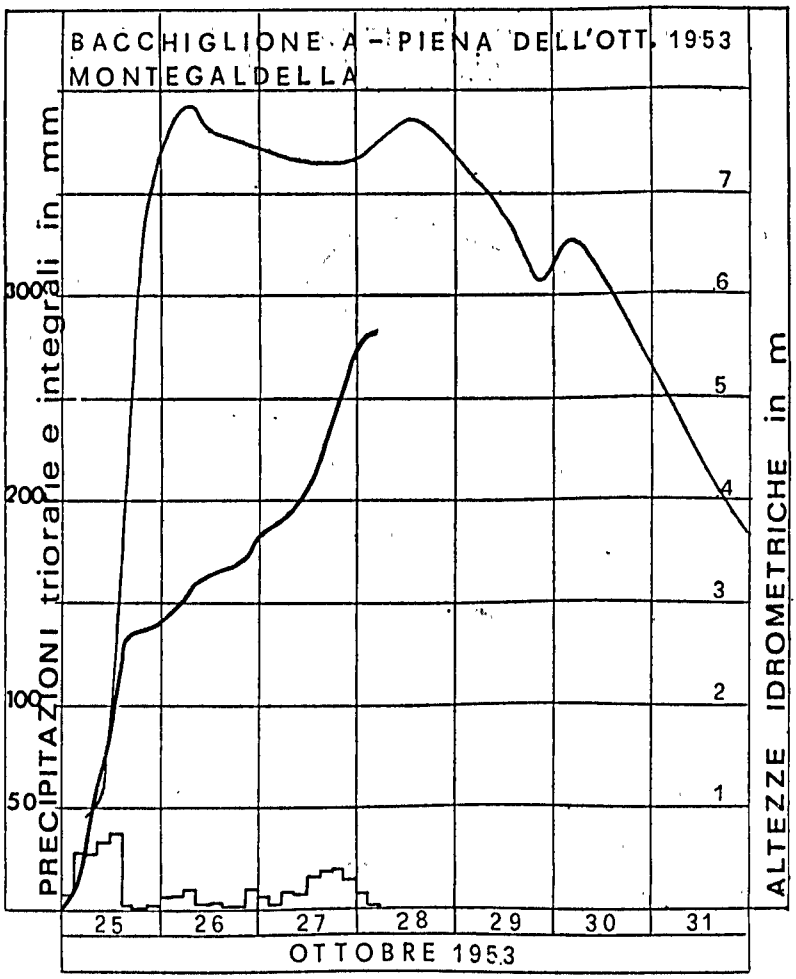



Fig. 16

Da essi risulta che le precipitazioni presentano un andamento irregolare con due nuclei, iniziale e finale, di maggiore intensità che hanno dato luogo a due distinte onde di piena.

d) *Piena del novembre* 1951.

Sono stati tracciati, anche per questa piena, i diagrammi (Fig. 17) relativi alle precipitazioni ragguagliate triorarie ed in-

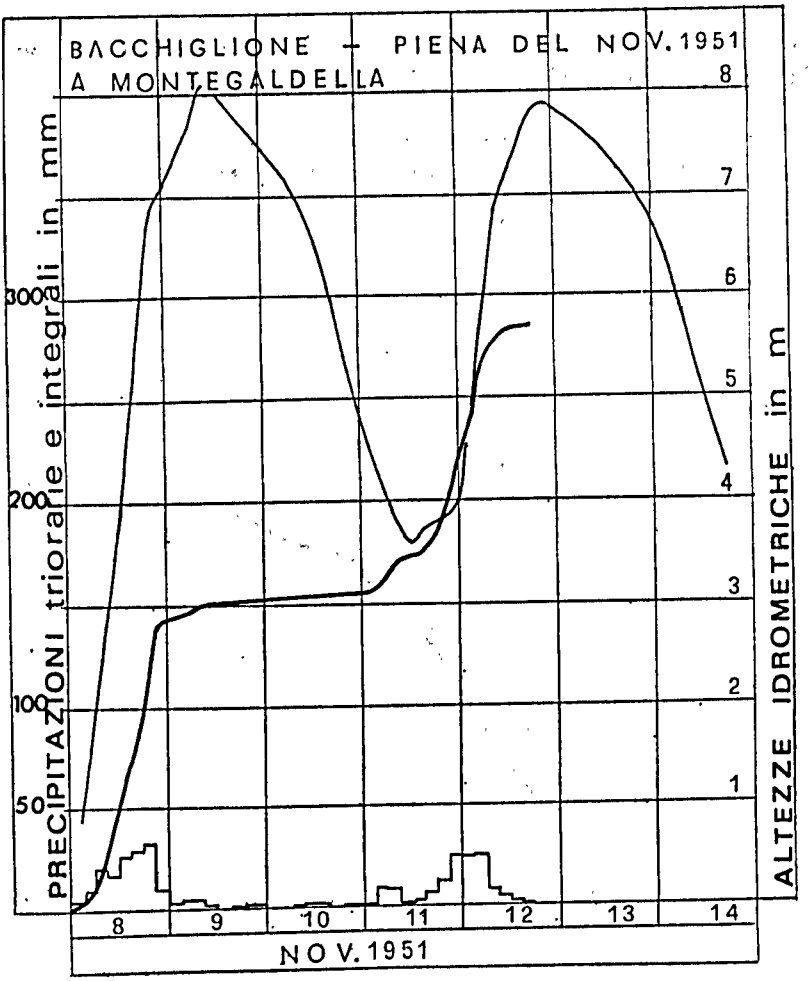



Fig. 17

tegrali sul bacino, nonché quelli delle altezze idrometriche relative alla sezione di Montegaldella. Le precipitazioni presentano due nuclei ben distinti, intercalati da apporti molto scarsi; ne conseguono due distinte onde di piena, la seconda delle quali leggermente inferiore alla prima.

e) *Piena del maggio* 1926.

Questa piena fu caratterizzata da precipitazioni molto intense e prolungate che diedero luogo ad un'unica, cospicua onda di piena (Fig. 18). L'altezza idrometrica al colmo superò a Longare il livello massimo conosciuto.

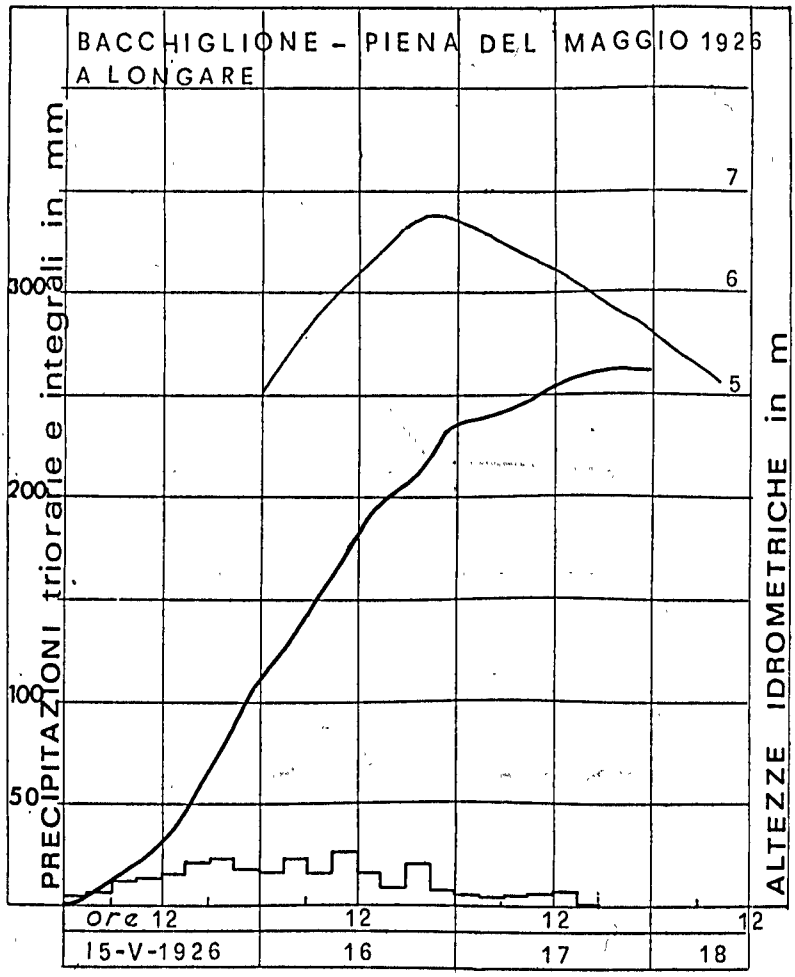



Fig. 18

Per completare il quadro degli eventi eccezionali più sopra descritti vengono riportati (Tab. X) i bilanci idrologici delle venti maggiori piene osservate nella sezione di Montegaldella e precisamente per ciascun evento, i valori dell'afflusso medio e integrale sul bacino, del deflusso integrale e del coefficiente di deflusso. Nella stessa tabella sono riportate anche le altezze idrometriche al colmo e le relative portate.

Infine sono stati riportati nella Fig. 19 i diagrammi delle altezze idrometriche registrate presso l'idrometro di Longare (per il quale sono disponibili le osservazioni di un periodo più esteso di quello afferente alla stazione di Montegaldella) durante le due piene storiche più rilevanti (1882, 1966).

Dai suddetti diagrammi si rileva, in generale, un rapido aumento delle altezze idrometriche, con notevoli incrementi orari causati dalla concentrazione nel tempo delle piogge intense che hanno originato ciascuna piena. Anche i rami discendenti,

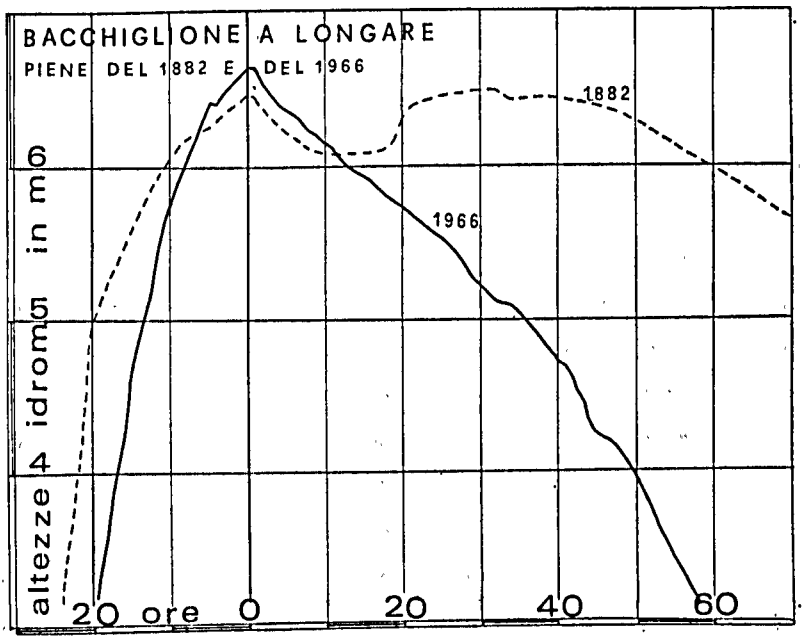



Fig. 19

BACCHIGLIONE A MONTEGALDELLA (Bacino 1.384 km²)

Afflusso meteorico medio (mm), afflusso e deflusso integrale ($10^6$ m³), coefficiente di deflusso, altezze idrometriche e portate al colmo per venti principali piene.

| N. d'ord. | Data | Afflusso medio bacino mm | Affl. int. $10^6$ m³ | Defl. int. $10^6$ m³ | Coeff. deflusso | Valori al colmo | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | H (m) | Q (m³/s) |
| 1 | 3/ 6-11-1966 | 274 | 379 | 182 | 0.48 | 8.21 | 602 |
| 2 | 8/14-11-1951 | 298 | 412 | 238 | 0.58 | 8.08 | 552 |
| 3 | 24/28-10-1953 | 324 | 448 | 228 | 0.51 | 7.72 | 442 |
| 4 | 31- 8/ 3- 9-1965 | 223 | 309 | 113 | 0.37 | 7.72 | 442 |
| 5 | 16/21-11-1935 | 176 | 244 | 140 | 0.57 | 7.68 | 432 |
| 6 | 14/22-10-1953 | 283 | 392 | 104 | 0.27 | 7.62 | 420 |
| 7 | 16/22- 9-1960 | 250 | 346 | 112 | 0.31 | 7.56 | 408 |
| 8 | 12/15-12-1957 | 243 | 336 | 96 | 0.29 | 7.43 | 384 |
| 9 | 27/30-10-1959 | 279 | 386 | 83 | 0.22 | 7.43 | 384 |
| 10 | 6/12-11-1957 | 242 | 335 | 60 | 0.18 | 7.31 | 367 |
| 11 | 12/16-11-1941 | 166 | 230 | — | — | 7.27 | 362 |
| 12 | 11/17-12-1934 | 191 | 264 | — | — | 7.22 | 355 |
| 13 | 14/20- 4-1956 | 194 | 268 | — | — | 7.22 | 355 |
| 14 | 28- 4/ 2- 5-1959 | 143 | 198 | — | — | 7.21 | 354 |
| 15 | 15/17-10-1960 | 84 | 116 | — | — | 7.19 | 351 |
| 16 | 12/16- 2-1951 | 156 | 216 | — | — | 7.14 | 345 |
| 17 | 6/11-12-1960 | 179 | 248 | — | — | 7.13 | 344 |
| 18 | 11/19-11-1959 | 232 | 321 | — | — | 7.12 | 343 |
| 19 | 24/30- 1-1948 | 165 | 228 | — | — | 7.07 | 337 |
| 20 | 13/20-11-1940 | 217 | 300 | — | — | 7.04 | 334 |

se non influenzati da una ripresa dell'afflusso meteorico, presentano generalmente tempi d'esaurimento brevi.

3.6.2. - *Esame probabilistico della piena del novembre* 1966.

Un'ulteriore indagine sulle caratteristiche degli eventi di piena verificatisi nel novembre 1966 è stata eseguita mediante l'analisi probabilistica delle serie delle portate massime annue nella sezione di Montegaldella e delle precipitazioni massime annue, di durata da 1 a 24 ore consecutive, registrate in alcune stazioni pluviografiche del bacino (1).

L'analisi è stata condotta con il noto metodo dei valori estremi di Gumbel, che consente di associare a ciascun valore della serie esaminata un « tempo di ritorno », definito come il numero medio di anni entro il quale detto valore è uguagliato o superato.

a) *Analisi delle portate.*

Sono state regolarizzate con il citato metodo di Gumbel le portate massime annue al colmo e medie giornaliere osservate a Montegaldella nel periodo 1930-1960 (2).

Ne è risultato che i valori registrati nel novembre 1966 (600 $m^3/s$ e 455 $m^3/s$) sono associati a tempi di ritorno dell'ordine di 50 e 30 anni, rispettivamente.

E' da precisare che tali tempi si riferiscono alla portata effettivamente defluita nella sezione in esame e che valori maggiori, più rappresentativi dell'eccezionalità dell'evento del 1966, si sarebbero ottenuti qualora la portata di piena a Montegaldella non fosse stata attenuata dalle esondazioni verificatesi a monte di tale sezione (3).

(1) L'analisi delle portate è stata condotta utilizzando i dati ufficiali pubblicati dal Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici nel volume « Dati caratteristici dei corsi d'acqua italiani ».

(2) Da uno studio inedito, agli « Atti », « Moderazione delle piene del Brenta e del Bacchiglione mediante serbatoi » a cura del dottor ing. P. A. Rolla dell'Istituto di Idraulica dell'Università di Padova.

(3) Secondo i competenti Uffici, un valore attendibile della portata al colmo, che sarebbe defluita in assenza di esondazioni, è di 800 $m^3/s$. Ad esso corrisponde un tempo di ritorno dell'ordine di 400 anni.

La discordanza fra i valori dei tempi di ritorno relativi alla portata massima al colmo ed a quella massima media giornaliera si ritiene debba ascriversi alla particolare forma dell'idrogramma di piena.

b) *Analisi delle precipitazioni.*

Sono state regolarizzate, sempre con il metodo di Gumbel, le precipitazioni massime annue, di durata da 1 a 24 ore consecutive, registrate nelle stazioni di Lavarone (1934-1961), Tonezza, Asiago, Posina, Cogollo del Cengio e Calvene.

Esaminati, per necessaria concisione, i soli risultati relativi alla stazione di Lavarone, si può osservare che le precipitazioni verificatesi nel novembre 1966 con durate di 1, 3, 6 e 12 ore consecutive, sono associate a tempi di ritorno dell'ordine di 6, 10, 40 e 150 anni, rispettivamente.

Il risultato è assai indicativo e conferma, come si è già accennato, che l'intensità delle precipitazioni assunse nel novembre 1966 caratteristiche di eccezionalità crescente con la durata delle precipitazioni stesse.

## 3.7. - *Erosione e trasporto solido.*

Per quanto riguarda il trasporto solido, non si ha notizia di sistematiche misurazioni che consentano deduzioni di carattere quantitativo sull'entità del fenomeno.

Valgono anche per il bacino del Bacchiglione le considerazioni di carattere qualitativo sui fenomeni di erosione e di deposito in rapporto alla situazione geologica dei terreni, dedotte dagli studi di A. Dal Prà e G. Mozzi per i bacini dell'Agno-Guà (1).

In particolare sono da segnalare gli alluvionamenti che si verificarono nel novembre 1966 poco a monte della confluenza del torrente Posina col fiume Astico. Ivi una vasta piana sulla quale sorge un importante stabilimento industriale fu colmata in brevissimo tempo da una coltre detritico-alluvionale, potente anche 8-9 m, che seppellì buona parte dell'opificio. I materiali

(1) A. Dal Prà, G. Mozzi: « Relazione », cit.

depositati provennero da estesi scoscendimenti causati dall'erosione del torrente in una falda detritica che riveste il versante roccioso immediatamente a monte.

### 3.8. - *Opere per la sistemazione idraulica e per la difesa dalle piene.*

3.8.1. - L'attuale situazione dei bacini del Bacchiglione e dei suoi affluenti nei riguardi degli eventi di piena si presenta assai precaria nonostante i provvedimenti di difesa attuati in passato che qui sommariamente si ricordano, tralasciando come provvedimenti di ordinaria amministrazione i vari successivi rialzi degli argini.

Le preoccupazioni destate dal Bacchiglione, agli effetti dello smaltimento delle piene, non hanno mai riguardato il tronco di pianura fra Vicenza e Brusegana, bensì quelli situati a valle di tale località e in particolare la difesa della città di Padova.

E' dopo la piena del 1882 che il Ministero dei Lavori Pubblici fece redigere uno studio per migliorare la complessa situazione ivi esistente. Le proposte fatte dal Poletta vennero esaminate nel 1906 da una Commissione, che concluse i suoi lavori nel 1909 suggerendo l'innalzamento degli argini e la demolizione di varie opere poste in alveo, le quali intralciavano il libero flusso delle piene. Allestiti i progetti si provvide alla demolizione di tutti i molini, alla sostituzione del ponte di San Nicolò con altro a travata metallica per aumentare la sezione di deflusso, all'allargamento della sezione del canale di Roncaiette in corrispondenza dell'abitato di San Nicolò (1909-1912).

Nel 1922 venne effettuata la costruzione della nuova conca di Battaglia; nel 1930 fu iniziata una serie di lavori destinati a liberare dalle piene la città di Padova. Questi comprendevano la costruzione del canale scaricatore e relativi ponti; l'apertura del canale Voltabarozzo-San Gregorio ad eccezione del tratto di sbocco in Piovego; i sostegni del canale scaricatore e la sua nuova inalveazione; la costruzione del sostegno sul canale Piovego per evitare il rigurgito di piena del Brenta.

Nel 1963 è stata iniziata l'esecuzione di numerose opere idrauliche (tuttora in corso) lungo l'asta dell'Astico dalla con-

fluenza col Tesina al ponte di Breganze. I lavori, per un importo di 650 milioni di lire, comprendono la costruzione di briglie, difese di sponda, scogliere e sistemazioni d'alveo.

Nel tratto di pianura, e particolarmente nell'ambito del nodo idraulico di Padova, sono state completate le opere precedentemente indicate e la costruzione della briglia di S. Agostino sul tronco Maestro.

3.8.2. - La situazione potrà essere migliorata in futuro soltanto attraverso il coordinamento degli interventi idraulico-forestali sui versanti e negli alvei del bacino montano con quelli di sistemazione idraulico-agraria e di regolarizzazione degli alvei in pianura. Un contributo alla soluzione del problema potrà essere fornito anche dalla costruzione di nuovi serbatoi, da adibirsi all'esclusiva funzione di moderazione delle piene.

Tutte le possibilità d'intervento sopra menzionate per la moderazione delle piene e per la difesa da esse sono state oggetto di un esame, necessariamente succinto, i cui risultati essenziali sono illustrati nei paragrafi seguenti.

In ogni paragrafo, la descrizione delle opere più importanti è accompagnata da una valutazione sommaria degli importi di spesa occorrenti per la loro attuazione. Tali importi riferiti al luglio 1969 (riportati nella Tab. XI), assommano, per ciascuno dei tre periodi operativi previsti compresi gli oneri occorrenti per rilievi, studi e redazione dei progetti (fino al 1975, dal 1976 al 1985 e dal 1986 in poi), a 20.100 milioni di lire, 16.620 milioni di lire e 19.280 milioni di lire, rispettivamente, per un totale complessivo di 56.000 milioni di lire, senza tener conto delle spese di manutenzione che quando non siano indicate, al valore capitalizzato, dall'Amministrazione, per opere del genere si possono ritenere, esclusi l'obsolescenza e l'ammortamento, dell'ordine dell'1,50% annuo.

3.8.3. - *Opere idraulico-forestali nel bacino montano.*

Le opere di sistemazione idraulico-forestale dei bacini montani dei corsi d'acqua sono distinte, generalmente, in opere di

TABELLA XI

BACCHIGLIONE

importi delle sistemazioni previste (milioni di lire)

| Corso d'acqua | Provincie | Opere idrauliche | Serbatoi di attenuazione delle piene | Opere idraulico forestali | Opere idraulico agrarie | Bonifiche | Difesa dei litorali | Totali (*) | Osservazioni |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Vari | Trento | — | — | 3.180 | — | — | — | 20.100 | 1° periodo operativo (fino al 1975) |
| Vari | Vicenza | 3.480 | 3.000 | (340) | 170 | 4.870 | — | | |
| Vari | Padova | 5.400 | — | — | (30) | (850) | — | | |
| Vari | Trento | — | — | 2.950 | — | — | — | 16.620 | 2° periodo operativo (1976-1985) |
| Vari | Vicenza | 4.880 | — | (320) | — | 1.540 | — | | |
| Vari | Padova | 7.250 | — | — | — | (130) | — | | |
| Vari | Trento | — | — | 3.470 | — | — | — | 19.280 | 3° periodo operativo (dal 1986 in poi) |
| Vari | Vicenza | 5.560 | — | (510) | 170 | 1.780 | — | | |
| Vari | Padova | 8.300 | — | — | (10) | (80) | — | | |
| | | | | | | | | 56.000 | Totale |

(*) Non comprendono gli importi relativi alla manutenzione; questi, se precisati dalle Amministrazioni sono riportati fra parentesi per le singole categorie di opere.
Aggiornamento al luglio 1969.

carattere estensivo, sotto forma di interventi di natura tipicamente forestale (impianti di nuovi boschi, ricostruzione di boschi degradati, ecc.) e di sistemazione idraulico-pascoliva (delimitazione delle zone pascolive e di quelle boscate; governo delle acque, ecc.); in opere di carattere intensivo per la correzione dei torrenti, per il consolidamento delle frane e per la protezione dalle valanghe; in opere di sistemazione idraulico-agraria ed in opere sussidiarie (viabilità, ricoveri, ecc.).

Le possibilità di intervento nel campo idraulico-forestale nel bacino del Bacchiglione sono ampiamente illustrate in una relazione predisposta dall'Ispettorato Regionale delle Foreste per il Veneto del Corpo Forestale dello Stato. La relazione è illustrata da una cartografia in scala 1:100.000 con l'indicazione delle opere previste nelle zone d'intervento ed è corredata da prospetti nei quali sono dettagliatamente specificati gli importi di spesa relativi agli interventi ritenuti necessari per « la difesa del suolo e per la regolazione dei corsi d'acqua » nella parte montana del bacino in esame (1).

Il bacino montano del corso d'acqua in oggetto comprende gli affluenti Astico e Leogra.

L'area del primo bacino è di 64.000 $hm^2$ (5100 ricadenti nella provincia di Trento e 58.900 in quella di Vicenza), dei quali 30.324 $hm^2$ (47%) sono coperti da boschi.

Nell'ambito delle zone interessate dalla prevista sistemazione idraulico-forestale prevale la superficie con copertura vegetale ridotta (erbe e cespugli) o nuda. Le superfici coperte da boschi cedui di latifoglie sono assai deteriorate e dovranno essere migliorate mediante « tramazzature » e « coniferamento »; quelle coperte da resinose presentano una provvigione inferiore alla normalità.

Le caratteristiche geo-litologiche già illustrate e l'alta piovosità contribuiscono a rendere estremamente pericolosa l'attività dei corsi d'acqua compresi in questo bacino.

Le spese per opere di sistemazione idraulico-forestale già eseguite (dal 1945 al 1968), in corso d'esecuzione, o program-

(1) M. Cappelli: « Relazione », cit.

mate nel bacino dell'Astico in base alle varie provvidenze di legge, assommano a circa 1.540 milioni di lire.

Il bacino del Leogra ha un'area di 7.900 hm² (provincia di Vicenza), dei quali 3.658 hm² (46%) sono coperti da boschi, con assoluta prevalenza del ceduo sulle fustaie.

Le spese per le opere di sistemazione idraulico-forestale già eseguite (dal 1945 al 1968), in corso d'esecuzione, o programmate in questo bacino in base alle varie provvidenze di legge, assommano a circa 290 milioni di lire.

Il preventivo di spesa per la sistemazione idraulico-forestale del bacino montano del Bacchiglione ammonta, complessivamente, a 9.600 milioni di lire, così ripartiti secondo le indicazioni dell'Amministrazione competente:

1° periodo operativo (fino al 1975) : 3.180 milioni di lire;
2° periodo operativo (1976-1985) : 2.950 milioni di lire;
3° periodo operativo (dal 1986 in poi) : 3.470 milioni di lire;

compresi gli importi occorrenti per rilievi, studi e redazione dei progetti.

Gli importi indicati dalla suddetta Amministrazione per le spese di manutenzione durante ciascun periodo operativo sono di 340 milioni di lire, 320 milioni di lire e 510 milioni di lire, rispettivamente.

### 3.8.4. - *Opere idrauliche nel medio e basso corso.*

La descrizione dettagliata delle opere idrauliche, e dei relativi importi di spesa, necessari per la sistemazione dell'asta principale del Bacchiglione e dei suoi affluenti, è contenuta in dettagliate ed esaurienti relazioni predisposte dagli Uffici del Genio Civile di Vicenza e di Padova, ciascuno per la porzione di bacino ricadente nel circondario idraulico di propria competenza.

Ciascuna relazione prescinde, proprio per motivi di competenza territoriale, dalle opere di sistemazione idraulico-forestale del bacino montano, già descritte nel paragrafo precedente.

Complessivamente, l'importo delle opere necessarie per la sistemazione idraulica del corso d'acqua nelle due provincie sud-

dette è di 34.870 milioni di lire, comprensivo degli importi per rilievi, studi e redazione dei progetti, ma non delle spese di manutenzione.

In particolare si ha:

*Provincia di Vicenza.*

Il tronco più critico del torrente Astico (affluente del Tesina, il quale confluisce nel Bacchiglione a valle di Vicenza) è situato nella zona di transizione fra il bacino montano e quello di pianura. Ivi, durante l'alluvione del novembre 1966, si è prodotta una nuova inalveazione, che necessita di urgenti opere di sistemazione, della lunghezza di circa 1 km. Lungo il tronco successivo, dal ponte di Breganze alla confluenza con il Tesina, l'alveo è stato già sistemato, mediante briglie ed opere varie, con una spesa di circa 500 milioni di lire, ma è necessario completare le difese di sponda per una lunghezza di circa 12 km.

L'importo complessivo per l'esecuzione di tutte le opere necessarie, che contempla anche il rifacimento del ponte sito in comune di Lugo Vicentino, è previsto in 1.740 milioni di lire.

Le opere necessarie per la sistemazione del Tesina, nel quale confluiscono l'Astico e numerosi corsi d'acqua originati anche da risorgive, riguardano la stabilizzazione dell'alveo di magra, il completamento delle difese radenti (rivestimenti delle arginature) ed il ponte di Torri di Quartesolo, il quale riduce di un quarto l'area della sezione attraversata, producendo un rigurgito molto accentuato (superiore a 3 m durante la piena del novembre 1966). In corrispondenza a tale ponte, che è classificato « monumento nazionale », è stata prevista una nuova inalveazione del corso d'acqua, in attesa di differenti e meno onerose soluzioni.

E' da segnalare che durante la piena del novembre 1966 si sono prodotte lungo tutta l'asta del Tesina numerose rotte per tracimazione.

L'importo complessivo per l'esecuzione di tutte le opere necessarie alla sistemazione del Tesina e del Rio Tribollo, dalla

confluenza con l'Astico allo sbocco nel Bacchiglione, è previsto in 1.690 milioni di lire.

Analoghi a quelli del Tesina sono i problemi riguardanti il Bacchiglione. Per la sistemazione di questo corso d'acqua, da Porta S. Croce (Vicenza) al confine con la provincia di Padova, è previsto un importo di spesa di 3.500 milioni di lire. Le opere comprendono anche il rialzo ed il ringrosso delle arginature che, nel novembre 1966, hanno offerto un franco di sicurezza di soli 0,30 m nonostante le rotte verificatesi a monte.

Al bacino del Bacchiglione ricadente in provincia di Vicenza appartiene anche una vasta rete di corsi d'acqua minori (classificati di 3ª categoria o non classificati) e precisamente: Riello, Ceresone-Riazzo, Boldoro, Retrone, Timonchio, Igna, Leogra, Livergon-Giara-Orolo, Astichello, Bacchiglioncello, Bacchiglione (dalle origini alla confluenza col Tesina), Lavarda, Chiavone, Tesina (dalla confluenza con il Lavarda alla chiavica Calderara), Bisatto. Per la loro sistemazione è previsto un importo di spesa di 6.990 milioni di lire.

In complesso, il costo delle opere per la sistemazione del tronco del Bacchiglione ricadente nella provincia di Vicenza assomma a 13.920 milioni di lire compresi gli importi per rilievi, studi e redazione dei progetti, ma non le spese di manutenzione. Tale importo può essere suddiviso, a titolo indicativo, nei richiesti tre periodi operativi nel modo seguente:

1° periodo operativo (fino al 1975) : 3.480 milioni di lire;
2° periodo operativo (1976-1985) : 4.880 milioni di lire;
3° periodo operativo (dal 1986 in poi) : 5.560 milioni di lire.

4.2.2. - *Provincia di Padova.*

L'asta del Bacchiglione ricadente nel circondario idraulico di Padova si sviluppa con numerosi meandri che caratterizzano anche la complessa rete di affluenti e canali derivati, fatta eccezione per il canale Pontelongo.

La rete idrografica presenta notevoli carenze riguardanti la

composizione, l'altezza e la sezione dei rilevati arginali, nonché la presenza di numerose strozzature.

Fra le opere necessarie alla regolarizzazione sono previsti rialzi e ringrossi arginali, diaframmi, rettifiche, soglie di fondo e difese di sponda.

La massima capacità di portata di una sezione tipica dell'alveo in un tratto rettilineo lungo 7 km, compreso fra Bovolenta e Pontelongo (25 km circa dalla foce), è stimata, in regime di moto uniforme, in 750 $m^3/s$ circa. Tale condizione è stata raggiunta durante la piena del novembre 1966 e ad essa compete una velocità media dell'ordine di 2,0 m/s, giudicata non compatibile con le caratteristiche del materiale di fondo e delle sponde (1).

Fra le opere ritenute più importanti sono da segnalare la calibratura del canale Piovego (il quale confluisce nel Brenta e vi scarica le portate di supero del Bacchiglione convogliate attraverso il Canale Scaricatore ed il Canale S. Gregorio) e la rettifica (già in corso d'attuazione) dell'alveo nel tratto d'attraversamento dell'abitato di Bovolenta. Sono anche previsti lavori per la sistemazione del canale Bisatto dal ponte di Albettone (Vicenza) fino allo sbocco nel canale di Battaglia (Bagnarolo di Monselice-Padova) per una lunghezza di 32 km.

Si ritiene opportuno segnalare che nel novembre 1966 la rete idrografica del Bacchiglione fu assolutamente insufficiente a contenere la piena, nonostante la diversione delle portate nel Brenta ed il completo invaso del Canale di Battaglia e del Canale Cologna. Ne conseguirono le rotte dell'argine destro del Piovego e di quello sinistro del Roncaiette superiore, quest'ultima provocata dal rigurgito delle acque del Bacchiglione. Tale situazione, che potrebbe ripetersi anche con eventi di minore entità di quelli verificatisi nel novembre 1966, è particolarmente

(1) In quell'occasione la portata massima a Montegaldella fu stimata in 600 $m^3/s$, ma, tenuto conto delle rotte verificatesi lungo l'Astico, un valore più attendibile sembra essere quello di circa 800 $m^3/s$. In tale situazione il tempo medio di propagazione dell'onda di piena da Montegaldella al Bassanello (Padova), la cui conoscenza è essenziale per predisporre idonee misure di sicurezza per la salvaguardia della città di Padova, è dell'ordine di 10 ore.

allarmante se si pensa che al centro di questo sistema idrografico insufficiente è situata la città di Padova.

L'importo di spesa per le opere necessarie alla sistemazione della rete idrografica del Bacchiglione ricadente nella provincia di Padova è di 20.950 milioni di lire, compresi gli importi per rilievi, studi e redazione dei progetti, ma non le spese di manutenzione, tenuto conto che l'importo relativo al tronco terminale in comune con il Brenta (250 milioni di lire) è già stato indicato fra quelli preventivati per la sistemazione di quest'ultimo corso d'acqua. Tale importo può essere suddiviso, a titolo indicativo, nei richiesti tre periodi operativi nel modo seguente:

1° periodo operativo (fino al 1975) : 5.200 milioni di lire;
2° periodo operativo (1976-1985) : 7.250 milioni di lire;
3° periodo operativo (dal 1986 in poi) : 8.300 milioni di lire.

### 3.8.5. - *Attenuazione delle piene per mezzo d'invasi artificiali.*

Premesso che lungo le aste del Bacchiglione e dei suoi affluenti non esistono serbatoi artificiali suscettibili d'essere utilizzati promiscuamente anche per l'attenuazione delle piene, la ricerca è stata rivolta alle possibilità offerte dalla costruzione di nuovi serbatoi o di nuovi bacini d'espansione.

Le notizie cortesemente fornite dall'Ufficio del Genio Civile competente (Vicenza) hanno indicato per il Bacchiglione due possibilità, costituite dalla creazione di un serbatoio in località Meda, mediante sbarramento del torrente Astico a valle della confluenza col Posina (1), e di un bacino d'espansione in località Marola alla confluenza fra il torrente Tesina e il Rio Tribòlo.

L'esame preliminare dell'efficacia dei due nuovi invasi artificiali nei riguardi dell'attenuazione delle piene è stato svolto dall'ing. Rolla e viene qui brevemente riassunto (2).

---

(1) La possibilità di realizzare un serbatoio a scopo idroelettrico in tale località risulta essere già stata esaminata in un progetto in data 11 novembre 1948, del quale si è presa visione presso l'Ufficio del Genio Civile di Vicenza.

(2) P. A. Rolla: « Studio », cit.

E' bene precisare che l'alternativa, che nel caso particolare si propone soltanto per il serbatoio di Meda, fra l'utilizzazione dell'invaso al solo scopo di moderazione delle piene e quella mista (anche ai fini idroelettrici o irrigui) è stata superata preferendo la prima che consente di evitare, in questa fase preliminare, le indeterminazioni conseguenti alla necessità di formulare delle ipotesi anche sull'esercizio ai fini idroelettrici o irrigui. D'altra parte, come si vedrà al paragrafo seguente, per conseguire un rapporto di laminazione del 40% circa (riduzione della portata al colmo da 700 $m^3/s$ a 420 $m^3/s$ con riferimento all'evento del novembre 1966) è necessario utilizzare tutto il volume d'invaso creato dallo sbarramento. Ne consegue che un impiego del serbatoio per fini diversi da quello di moderazione delle piene imporrebbe un gravoso servizio di previsione e di preannuncio delle stesse, fondato addirittura sull'interpretazione della situazione meteorologica, stante l'impossibilità di adottare tempestivi provvedimenti per lo svaso preliminare con il solo ausilio di osservazioni sulla formazione e sulla propagazione della piena, in un bacino di modesta estensione quale è quello sotteso dal previsto sbarramento.

3.8.5.1. - *Serbatoio di Meda sul torrente Astico.*

La zona prescelta per l'esecuzione dello sbarramento e per la formazione del serbatoio, situata a valle di Arsièro fra Meda e Seghe, è stata oggetto di un'indagine geologica da parte del dott. Dal Prà (1).

In detta indagine si precisa che le ricerche di massima eseguite hanno consigliato di abbandonare lo studio relativo ad altre località esaminate e di approfondire quello in oggetto.

Nel tratto prescelto, la valle dell'Astico si apre a formare un'ampia conca, lunga oltre 3 km e larga oltre 1 km, il cui fondo è colmato da materiali alluvionali e da depositi morenici. Al-

(1) Da una « Relazione geologica preliminare sul serbatoio di piena in località Meda lungo il fiume Astico » a cura del dott. A. Dal Prà dell'Istituto di Geologia generale ed applicata dell'Università di Padova, relazione inedita, agli « Atti ».

l'altezza di Cogollo del Cengio il largo svaso è sbarrato da una serie di basse colline che costituiscono l'apparato morenico frontale dell'antico ghiacciaio dell'Astico; qui il corso d'acqua s'incassa entro una stretta gola rocciosa meandriforme, a pareti subverticali, della profondità di 70 m circa e della larghezza minima alla base di 8÷10 m.

La costruzione dello sbarramento è prevista nella gola, le cui condizioni statiche e di tenuta nella sezione d'imposta sono definite, nel complesso, favorevoli sia per la natura litologica della roccia, sia per la giacitura dei banchi rocciosi. Ivi, lo spessore del materasso alluvionale che ricopre la roccia dolomitica è stimato, in base ai risultati di sondaggi eseguiti in passato, dell'ordine di qualche metro.

Favorevoli sono risultate anche le condizioni di stabilità e di tenuta dei fianchi del previsto serbatoio: le alluvioni antiche e i depositi morenici che li costituiscono sono generalmente cementati ed in destra poggiano su di un substrato roccioso collegato con la dolomia affiorante nella gola. Si ritiene, altresì, che la probabile presenza in sponda sinistra di un antico tronco vallivo sepolto dai materiali morenici non possa creare problemi particolari, date le notevoli dimensioni longitudinali dei terreni di riempimento e lo spessore, certamente notevole, del diaframma roccioso che separa l'attuale formazione epigenetica dall'alveo sepolto.

Nella sezione prescelta lo sbarramento sarebbe costituito da una diga a gravità (o a gravità alleggerita), avente le seguenti dimensioni di massima:

— altezza di ritenuta sul piano dell'alveo: 25 m circa;
— lunghezza del coronamento : 55 m circa,

che darebbe luogo alla formazione di un serbatoio avente, in condizione di massimo invaso, una superficie dell'area di 1 $km^2$ ed un volume utile di $13.10^6$ $m^3$ circa.

L'altezza di ritenuta della diga è stata contenuta in 25 m, benchè le condizioni geologiche consentano una maggiore altezza, per evitare che le spese di esproprio conseguenti alla concentrazione dell'insediamento umano sui versanti (centri abitati, opifici ed anche un'opera artistica) assumessero entità tali da ren-

dere troppo oneroso il progetto di un serbatoio di maggior volume.

Le possibilità offerte dal serbatoio per la moderazione delle portate di piena dell'Astico sono state esaminate utilizzando (si ritiene con buona approssimazione dati i limiti della presente indagine), i dati registrati presso l'impianto di derivazione della S.p.A. Lanerossi, situato circa 1 km a valle del previsto sbarramento in località Leda (1).

Infatti, la ricostruzione di un idrogramma di piena sulla base di una formula del tipo Giandotti-Visentini, o di altre di tipo empirico, è stata ritenuta non attendibile per l'incertezza sulla determinazione dei limiti del bacino imbrifero (e quindi sull'entità degli afflussi) sotteso dalla sezione dello sbarramento. L'incertezza essendo dovuta ai ben noti fenomeni di carsismo che provocano l'assorbimento delle acque meteoriche che precipitano sul bacino e diffuse risorgenze, anche poco a valle del previsto sbarramento.

I valori disponibili delle portate massime annue al colmo nella sezione di Leda (1959-1968) sono stati oggetto di un'analisi probabilistica condotta secondo il metodo di Gumbel. Ne è risultato che il valore di 700 $m^3/s$, registrato nel novembre 1966, è associato ad un tempo di ritorno dell'ordine di 35 anni (2) e che alla frequenza probabile centenaria compete una portata dell'ordine di 850 $m^3/s$.

L'effetto del previsto serbatoio sugli idrogrammi di piena del novembre 1966 e di frequenza probabile centenaria è stato valutato nell'ipotesi che il serbatoio stesso sia dotato di ampie luci di fondo le quali dovrebbero consentire, in caso di piena eccezionale, lo scarico di una portata massima compatibile con le condizioni dell'alveo a valle e l'invaso della portata di colmo eccedente tale limite. In caso di portate non eccezionali, le luci dovrebbero consentire il flusso delle acque e, quindi, anche

(1) I dati qui utilizzati sono stati cortesemente forniti dal Servizio Impianti della predetta Società.

(2) Analogo a quello della portata registrata nella stessa occasione a Montegaldella.

quello dei materiali trasportati, evitando dannosi inghiaiamenti che ridurrebbero la capacità utile del serbatoio.

Il beneficio che si ottiene, con un esercizio di questo genere, per l'idrogramma del novembre 1966, è pari a 280 $m^3/s$ (riduzione della portata al colmo da 700 $m^3/s$ a 420 $m^3/s$); per quello di frequenza probabile centenaria è dello stesso ordine di grandezza.

E' da tener presente che un esercizio come quello ipotizzato, che prevede l'utilizzazione del serbatoio e la manovra delle luci di fondo ad intervalli presumibili dell'ordine di anni (la portata dell'ordine di 500 $m^3/s$ è associata, infatti, ad un tempo di ritorno di circa 8 anni) impone particolari cautele nella manutenzione dell'efficienza degli organi meccanici.

Per quanto riguarda l'importo di spesa, si ritiene che esso possa essere dell'ordine di 2.500 milioni di lire, comprensivi del costo della diga e degli oneri per espropri, rifacimento di un tratto di strada, sottensione di una piccola centrale idroelettrica, ecc. compresi gli importi per rilievi, studi e redazione dei progetti, ma non le spese di manutenzione. Dato il carattere dell'opera, tutto l'importo è stato assegnato al 1° periodo operativo (fino al 1975).

### 3.8.5.2. - *Bacino d'espansione di Marola.*

Il previsto bacino d'espansione di Marola potrebbe essere realizzato utilizzando la superficie compresa fra gli argini in destra del Tesina e del Tribòlo, in corrispondenza della confluenza di questi due corsi d'acqua, a monte di Torri di Quartesolo.

Il bacino dovrebbe essere delimitato da due nuovi argini ad Ovest e a Sud (quest'ultimo a ridosso del rilevato della ferrovia Milano-Venezia) aventi un'altezza di 4,0 m, ed una lunghezza di 1400 m e 600 m, rispettivamente. L'area disponibile per lo scolmamento delle piene sarebbe di circa 1,0 $km^2$ alla quale corrisponde, per un'altezza di ritenuta media di 3 m circa, un volume d'invaso di $3{,}0.10^6$ $m^3$, inferiore di circa un terzo a quella dell'analogo bacino esistente sull'Agno-Guà a Montebello Vicentino ($4{,}3.10^6$ $m^3$ circa).

Per valutare l'efficacia del bacino ai fini della riduzione dei colmi di piena del Tesina, si è provveduto a ricostruire (come per il serbatoio di Meda sull'Astico) sia l'idrogramma di piena verificatosi nel novembre 1966, sia quello teorico avente una frequenza probabile di 100 anni.

In mancanza di dati relativi al novembre 1966 riguardanti il Tesina a Marola, è stato necessario utilizzare quelli registrati presso l'idrometro di Bolzano Vicentino, situato circa 6,5 km a monte della sezione in esame. Si è dovuto anche provvedere alla ricostruzione del diagramma delle altezze idrometriche a Bolzano Vicentino, interrotto alle ore 20,30 del 4 novembre, a causa della rotta verificatasi in località Camatte, circa 800 m a monte dell'idrometro.

In base al diagramma idrometrico così ricostruito e con l'ausilio della formula di Gauckler-Strickler (assumendo un coefficiente di scabrezza pari a 40 $m^{1/3} s^{-1}$, che si ritiene corrispondente alla natura del fondo e delle sponde, regolari e rivestite d'erba), si è stimato un valore della portata massima al colmo di 900 $m^3/s$ circa. Tale valore è da considerarsi approssimativo, a causa delle limitazioni connesse al metodo necessariamente adottato e delle incertezze derivanti dall'incompletezza dei dati disponibili. Esso costituisce, tuttavia, un elemento che si ritiene sufficientemente attendibile per le indicazioni di massima che si forniscono in questa fase di studio.

Per la predeterminazione della portata al colmo e della probabile forma dell'idrogramma corrispondenti ad una frequenza probabile centenaria si è utilizzata la formula Giandotti-Visentini, introducendo in essa il valore della precipitazione avente la detta frequenza probabile e una durata pari al tempo di corrivazione, quest'ultimo calcolato in base alle caratteristiche fisiche del bacino sotteso dalla sezione in esame ed è risultato di circa 9 ore.

L'indagine statistico-probabilistica per la determinazione della precipitazione di frequenza probabile centenaria è stata con-

dotta regolarizzando (1), con il già citato metodo di Gumbel, le precipitazioni massime annue delle durate di 1, 3, 6 e 12 ore registrate nelle località di Lavarone (1934-1961), Tonezza (1938-1964), Asiago (1932-1964), Posina (1955-1964), Cogollo del Cengio (1931-1964) e Calvene (1955-1963). Con i valori così regolarizzati si sono dedotte, per le varie località, le altezze di precipitazione aventi tempo di ritorno di 100 anni e durata di 9 ore, che sono risultate comprese fra 140 mm e 200 mm.

Il valore della portata che si ottiene in base a queste precipitazioni con l'applicazione della citata formula è di 1600 $m^3/s$ ed è assai indicativo della cospicua entità delle piene che si possono verificare all'estremità del bacino sotteso dalla sezione del progettato serbatoio. Tuttavia, è da tener presente che la capacità di portata dell'alveo in quella sezione è ritenuta inferiore al valore fornito dal calcolo, anche se superiore a quello dell'ordine di 900 $m^3/s$, stimato per l'evento del novembre 1966 durante il quale si verificarono le citate esondazioni.

Per tale motivo, l'effetto del progettato bacino d'espansione sull'onda di piena del Tesina è stato valutato sulla base dell'idrogramma, in parte ricostruito ed in parte misurato, del novembre 1966. Il beneficio che si ottiene, nell'ipotesi che il bacino sia atto a decapitare un volume dell'onda di piena pari alla capacità utile dell'invaso, è di 200 $m^3/s$ circa.

Per quanto riguarda l'importo di spesa, si ritiene che esso possa essere dell'ordine di 500 milioni di lire, comprensivi del costo degli argini e degli oneri per espropri, delle spese per rilievi, studi e redazione di progetti ma non delle spese di manutnzione. Dato il carattere dell'opera, tutto l'importo è stato assegnato al 1° periodo operativo (fino al 1975).

### 3.8.6. - *Opere idraulico-agrarie e di bonifica.*

Le opere occorrenti per la sistemazione idraulico-agraria e per la bonifica delle zone di pianura sono illustrate, assieme ai

(1) L'elaborazione probabilistica è stata condotta con l'impiego del calcolatore elettronico del « Centro Elettronico di calcolo scientifico » dell'Università di Padova.

relativi importi di spese, suddivisi nei tre periodi operativi (fino al 1975, dal 1976 al 1985 e dal 1986 in poi), in una relazione predisposta dall'Ispettorato agrario compartimentale di Venezia del Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, sulla base delle segnalazioni fatte dai Consorzi di Bonifica.

Per il bacino del Bacchiglione, le opere indicate richiedono per il primo periodo operativo 5.040 milioni di lire, per il secondo 1.540 milioni di lire, per il terzo 1.950 milioni di lire, importi comprensivi degli oneri per rilievi, studi e redazioni di progetti. Gli importi indicati dalla suddetta Amministrazione per le spese di manutenzione durante ciascun periodo operativo, sono di 880 milioni di lire, 130 milioni di lire, 90 milioni di lire, rispettivamente; in totale 1.100 milioni di lire.

## 4. - BACINO DEL BRENTA.

### 4.1. - *Caratteristiche generali del sistema idrografico.*

Il percorso in pianura dell'attuale Brenta, la cui superficie del bacino montano è di 1.567 km$^2$, è ricordato dall'epoca preromana fino al V secolo con il nome di « Medoaco » ed era indicato, nel VI secolo, con il nome di « Brintesia ».

Le piene che si sono succedute in questo arco di tempo sono numerose e gli storici ci tramandano notizie che, pur essendo relative alle caratteristiche e non all'entità delle portate, danno l'idea della gravità dei fenomeni.

Si può ritenere, tralasciando varie ipotesi di difficile documentazione, che nessuna divagazione dell'alveo del Brenta si sia verificata (1) nel percorso dell'alto bacino montano dopo i grandi fenomeni glaciali ed i movimenti che, sconvolgendo le formazioni plioceniche, dettero origine alla frattura Valsuganese che aprì la via alle acque.

Per quanto riguarda le divagazioni del corso d'acqua in pianura, numerose indagini geologiche hanno dimostrato che i

(1) R. Accademia Nazionale dei Lincei, op. cit.

limiti occidentali delle alluvioni del Brenta segnano una linea che lambisce ad Ovest, approssimativamente, le località di Villarappa, Sandrigo, Monticello Conte Otto, Torri di Quartesolo, Perarolo di Colzè; località quest'ultima, in cui si può ammettere, secondo alcuni Autori, che nell'antichità il Brenta unisse le sue acque a quelle del Bacchiglione e ad altri corsi d'acqua del Vicentino. Queste acque si raccoglievano nelle parti più depresse della zona, dando luogo a vasti bacini di acque stagnanti che nei periodi di forti intumescenze si riversavano nel Visigono, il quale, a sua volta trovava sbocco nella fossa Clodia (attualmente Canale di Pontelongo) sfociante nel porto di Chioggia (Erodone).

In epoca posteriore (Quaternario superiore), in conseguenza di un lento movimento di subsidenza della bassa valle Padana, il Brenta iniziò un movimento di spostamento, comune a tutti i fiumi veneti, verso oriente.

Nell'epoca romana, secondo le citate ricerche, risulterebbe che il Brenta percorreva, in unico alveo, il tratto Bassano-Friola dove si divideva in due rami che si ricongiungevano a Padova e precisamente:

— quello di destra, passando da Carmignano, San Pietro in Gù, Gazzo, Grossa, Poiana, Mestrino, Sarmeola, entrava in città dalla località Sant'Agostino;

— quello di sinistra, passando da Piazzola, Curtarolo, Montà, entrava in città dalla località Scalzi.

All'uscita da Padova il fiume si suddivideva nuovamente in due rami i quali, con diversi percorsi, sfociavano in laguna, l'uno di fronte al Porto di Malamocco, l'altro di fronte a Porto Secco.

Svariate tracce di alvei abbandonati, rilevate nel retroterra tributario della laguna nel tratto Fusina-Chioggia, dimostrano che il Brenta, durante le forti intumescenze percorreva a quei tempi la pianura allo stato naturale.

Dopo la grande alluvione del 589 il Brenta deviò ancora il suo corso, lasciando in disparte Padova e dividendosi nei pressi di Noventa in due rami, uno dei quali era diretto verso Dolo, Sant'Ilario, San Bruson e sfociava in laguna in vari rami.

Nel XII secolo si verificarono fra Venezia e Padova vari conflitti causati dai lavori di deviazione del Brenta intrapresi dalle due città, ciascuna preoccupata della difesa dei propri territori.

Sconfitta Padova, il Brenta venne espulso dalla laguna e riammesso nella stessa numerose volte dal 1300 sino alla caduta della Repubblica finchè, nel 1896, esso venne estromesso definitivamente anche dalla laguna di Chioggia e fatto sfociare in mare, assieme al Bacchiglione, a Brondolo, attuale sua foce.

## 4.2. - *Oroidrografia.*

Il bacino del Brenta (1567 km$^2$) ha il suo limite orografico nei crinali che lo separano dal bacino del Piave ad Est, da quello dell'Adige ad Ovest ed a Nord-Ovest e da quello del Bacchiglione a Sud-Ovest.

Il crinale verso il Piave, avente direzione da Nord a Sud, ha inizio dal gruppo dolomitico delle Pale di San Martino, prosegue sino al Monte Grappa e quindi, piegando a Sud-Ovest, termina a Bassano ove si chiude il bacino montano. (fig. 1).

In detto crinale dominano le vette di Cima Vezzano (3193 m), Fradusta (2937 m), Croda Grande (2837 m), Pale della Madonna (2519 m), Piz del Sagron (2481 m), Cimonega (2550 m), Croce d'Aune (1062 m), Prasolan (1481 m), Pertica (1549 m) e Cima Grappa (1775 m).

La displuviale, con le propaggini dirette generalmente a Ovest, determina dapprima il versante sinistro del Cismon e le valli dei suoi affluenti (Val Canale, Noana e minori) e successivamente il versante sinistro del Brenta a valle della confluenza col Cismon.

Il crinale di separazione del bacino del Brenta da quello dell'Adige ha dapprima direzione da Nord-Est a Sud-Ovest, con inizio dal gruppo delle Pale di San Martino; degrada poi attraverso le cime Colbricon (2603 m), Col Toronto (2493 m), Stella delle Sute (2615 m), Lagorai (2573 m), Monte Croce (2488 m), Fravort (2345 m), Colle di Pergine (480 m).

Da qui il crinale risale fino a monte Chegul (1437 m) per

piegare, poi, verso Sud fino al Cornetto (2052 m); in tale crinale dominano le cime di Becco di Filadonna (2150 m) e di Cima Marzola (1735 m).

Le propaggini del crinale ed i gruppi montuosi che da esso si dipartono, per lo più verso Sud, delimitano le valli dell'alto Cismon, del Vanoi, del Grigno, del Maso, del Ceggio e del Larganza e costituiscono ad Ovest il versante sinistro dell'alto corso del Brenta.

Dal Cornetto ha inizio la displuviale che, degradando fino alla pianura, divide il bacino del Brenta da quello del Bacchiglione. Vette dominanti sono ivi il Cimone (1525 m), Cima Vezzena (1908 m), Cima Manderiolo (2051 m), Cima Portule (2310 m), Cima Dodici (2341 m).

Il displuvio prosegue poi verso Sud attraverso l'altipiano dei Sette Comuni, passando per Cima Undici (2227 m), Castelnuovo (2216 m), Chiesa (2071 m), Longara (1610 m), Bertiaga (1358 m), degrada di qui fino alla pianura e delimita tutto il corso destro del bacino.

All'uscita dal bacino imbrifero montano il Brenta attraversa la città di Bassano, raggiunge Cartigliano con direzione NE-SW percorrendo quindi, in ampio letto e con direzione NNW-SSE, il tratto da Cartigliano a Curtarolo. A circa 4 km da questa ultima località riceve in sinistra il Piovego ed, a Limena, attraverso la derivazione omonima, perde parte delle proprie acque che vanno ad impinguare le portate del Bacchiglione.

Raggiunta la località Ponte Vigodarzere, il corso d'acqua prende la direzione NW-SE, che mantiene sino a Strà dove attraversa la linea di navigazione Fusina-Padova; piega quindi verso SSE mantenendo all'incirca la stessa direzione sino alla località Cà Pasqua. Volge quindi decisamente verso levante per sfociare in mare, assieme al Bacchiglione, a Brondolo.

### 4.3. - *Geolitologia* (1).

I rilievi montuosi che rientrano nel bacino montano del Brenta sono costituiti da rocce assai diverse per natura litolo-

(1) A. Dal Pra, G. Mozzi, « Relazione », cit.

gica: vi affiorano infatti scisti cristallini, rocce eruttive e formazioni sedimentarie.

Gli scisti cristallini occupano una estesa fascia nel settore settentrionale del bacino e sono rappresentati essenzialmente da due tipi: filladi quarzifere e gneiss.

Le prime sono in genere caratterizzate da una marcatissima scistosità e spesso risultano colpite da intensa fratturazione e fitte pieghettature, caratteri questi che le rendono facilmente degradabili. La roccia in posto è sovente ricoperta da una spessa coltre di sfasciume filladico argilloso.

Gli gneiss al contrario sono nel complesso resistenti alla degradazione e la loro erodibilità è molto bassa.

Nel settore settentrionale del bacino affiorano estesamente rocce eruttive, sia intrusive che effusive. Il massiccio di cima d'Asta è costituito da granito, mentre la dorsale montuosa che separa il bacino del Brenta da quello dell'Avisio è formata da una potente massa di porfidi, appartenenti alla nota « piattaforma porfirica atesina ». Questo insieme di rocce eruttive offre in generale una notevole resistenza all'erosione; è da tener presente però che esso risulta frequentemente interessato da fratturazioni che ne favoriscono la degradazione.

Alla base delle Pale di S. Martino e lungo la Valsugana tra Caldonazzo e Strigno, soprattutto sul versante destro, affiora la serie sedimentaria del Permiano e del Trias inferiore, costituita prevalentemente da arenarie, marne, gessi, calcari marnosi e calcari lastriformi; sono terreni che in genere, per la loro natura litologica e per la fitta stratificazione, assumono caratteri di facile erodibilità.

Al di sopra di questa serie poggia la potente formazione dolomitica e calcareo-dolomitica che forma il massiccio delle Pale di S. Martino e il basamento degli altipiani dei Sette Comuni, del Grappa e delle Alpi Feltrine. Queste rocce, che spesso si presentano suddivise in grosse bancate, mostrano complessivamente un'alta resistenza alla degradazione, fatta eccezione delle zone intensamente fratturate.

Alla formazione dolomitica segue verso l'alto il complesso dei calcari giuresi e cretacei. I primi sono banchi di calcare grigio e superiormente rossastro, con gli stessi caratteri di resistenza della dolomia. Le rocce cretacee sono invece rappresentate da calcari spesso marnosi, fittamente stratificati, biancastri alla base (« biancone ») e rossastri nella parte alta della serie (« scaglia »). A causa della loro sottile stratificazione, della natura sovente marnosa e della frequente fratturazione, questi ultimi terreni sono da ritenere mediamente erodibili.

Allo sbocco in pianura la valle del Brenta attraversa per un brevissimo tratto anche formazioni sedimentarie del Terziario, costituite prevalentemente da marne, arenarie, conglomerati, sedimenti in facies di flysch, alternati a livelli di calcari compatti e a qualche intercalazione basaltica.

Nel bacino del Brenta sono ampiamente diffusi i depositi quaternari. Gli accumuli morenici, formati in grande prevalenza da ammassi caotici di ciottoli e blocchi immersi in abbondante matrice limoso-sabbiosa, coprono vaste aree del settore settentrionale dell'Altipiano dei Sette Comuni. Estese falde detritiche rivestono la base dei rapidi versanti rocciosi, mentre nei fondo valle si osservano materassi alluvionali più o meno spessi.

Tutti questi terreni quaternari sciolti mostrano caratteri di elevata erodibilità.

La tettonica delle formazioni rocciose descritte è determinata da tre motivi fondamentali. Il più importante è la grande linea di dislocazione, nota come « linea della Valsugana », che attraversa tutto il bacino da Caldonazzo fino ad oltre Fiera di Primiero, con direzione pressappoco ENE-WSW; essa pone a contatto scisti cristallini e rocce eruttive con i terreni del Mesozoico, determinando spesso notevoli complicazioni tettoniche, come nella zona tra Borgo e Strigno, lungo la Valsugana.

Più a Sud un'altra notevole dislocazione interessa la parte mediana dell'altopiano dei Sette Comuni: si tratta di una lunga flessura che raccorda la più elevata area settentrionale con la piana di Asiago, Gallio e Foza.

Lungo la fascia pedemontana una ulteriore flessura collega gli altipiani con le basse colline del Marosticano.

La direzione delle due pieghe è pressappoco parallela a quella della « linea della Valsugana ».

E' noto che la permeabilità delle rocce può essere diversa anche per uno stesso tipo litologico, poichè dipende non solo dalla composizione mineralogica ma anche da molti altri fattori, quali per esempio la presenza di zone intensamente fratturate o colpite da fenomeni carsici. Tuttavia a grandi linee, per quanto riguarda il bacino del Brenta, si possono considerare impermeabili le filladi, le rocce eruttive, le marne e i calcari marnosi, i calcari e i calcari dolomitici e gran parte dei depositi morenici. Si comportano invece come terreni permeabili i calcari e i calcari dolomitici carsici, che affiorano estesamente negli altipiani dei Sette Comuni e del Grappa, e nella regione montuosa compresa tra Castel Tesino e le Alpi Feltrine; inoltre i materiali detritici e le alluvioni di fondo valle. Assumono caratteri di semipermeabilità le arenarie e inoltre tutte le rocce eruttive, calcaree e calcareo-dolomitiche, quando siano fratturate.

### 4.4. - *Movimenti franosi* (1).

Le filladi che rappresentano, come si è visto, le formazioni più temibili dal punto di vista della franosità, sono ampiamente diffuse nel settore trentino del bacino del Brenta (versante sinistro della Valsugana; sottobacini del Vanoi e del Cismon); e questa è una delle ragioni per cui il territorio trentino è stato uno dei più duramente colpiti durante l'alluvione del 1966.

Un altro litotipo particolarmente pericoloso è la morena, costituita da accumuli caotici di materiale a granulometria

(1) V. De Zanche, « Relazione », cit.

molto varia, caratterizzati assai spesso da una matrice limosa più o meno abbondante. La presenza di frazioni molto fini, mentre conferisce alla massa asciutta una notevole coerenza, provoca una rapida caduta della coesione e quindi della stabilità in presenza d'acqua. Nel settore trentino del bacino del Brenta, dove questi depositi glaciali sono molto estesi, le morene sono risultate la formazione geologica nella quale le frane si sono verificate più intensamente e più diffusamente.

Complessivamente dotati di una buona stabilità si sono invece dimostrati gli gneiss prepermiani del versante sinistro della Valsugana, il complessc eruttivo della piattaforma porfirica atesina (dorsale montuosa tra i bacini del Brenta e dell'Avisio), le rocce granitoidi del massiccio di Cima d'Asta e la serie dolomitica e calcarea del Trias e del Giurese, che costituisce gli altipiani del Grappa, dei Sette Comuni e di Tonezza e i massicci delle Pale di S. Martino e delle Alpi Feltrine. Tutti questi litotipi, sia per la loro natura litologica che conferisce una elevata coesione e sia per le condizioni complessive di giacitura, offrono in generale una notevole resistenza alla degradazione e all'erosione.

Queste considerazioni assumono, naturalmente, un carattere di generalità dato che, per ottenere dei risultati veramente utili per la conoscenza della franosità di un territorio, sono necessari rilevamenti di grande dettaglio e su carte topografiche a grande scala (possibilmente 1:5.000) per tener conto, oltre che delle caratteristiche litologiche dei terreni, anche di tutte le situazioni particolari (morfologiche, tettoniche, idrologiche, ecc.) che possono risultare determinanti per la stabilità dei terreni stessi.

Ricerche di questo genere sono già da tempo in corso di svolgimento nel territorio della provincia di Trento per conto dell'Amministrazione regionale.

Comunque agli effetti del presente studio è stato effettuato un rilevamento dettagliato delle frane e delle zone franose del

bacino del Brenta, i cui risultati figurano in un catasto con relativa iconografia alla scala 1:100.000 (agli « Atti »).

Si è potuto così stabilire che nel territorio montano del bacino esaminato, in via approssimata, la superficie delle zone dissestate da movimenti franosi è di 680 $hm^2$ circa (62 manifestazioni franose).

4.5. - *Regime idrologico.*

Il sistema idrografico del Brenta si può assegnare, nel suo complesso, al gruppo dei corsi d'acqua a regime subalpino con massimi di portata in primavera ed in autunno e minimi in inverno ed in estate.

Per le differenti caratteristiche idrologiche che il bacino imbrifero presenta procedendo da monte a valle, è opportuno suddividere il bacino stesso (Fig. 1) in tre parti e precisamente:

— bacino del Brenta dalle origini alla confluenza col Cismon;

— bacino del Cismon;

— bacino del Brenta dal Cismon allo sbocco in pianura.

Il bacino del Brenta, dalle origini alla confluenza con il Cismon (673 $km^2$), riceve gli afflussi corrispondenti ad una zona di scarse precipitazioni. Il corso d'acqua scorre in un letto fortemente alluvionato dove si verificano frequenti fenomeni di dispersione e riaffioramento delle acque. I deflussi si presentano scarsi in rapporto all'estensione del bacino. La superficie impermeabile rappresenta il 60,4% dell'intera superficie; l'altitudine media è di 1204 m s.m.

Il bacino imbrifero del Cismon, avente superficie di poco inferiore a quella del corso d'acqua principale alla confluenza (642 $km^2$), è situato in un'area di abbondanti precipitazioni e nella primavera riceve notevoli contributi dovuti allo scioglimento del manto nevoso. La superficie impermeabile rappresenta il 59,6% dell'intera superficie; l'altitudine media è di 1390 m s.m.

A valle della confluenza con il Cismon e sino alla chiusura del bacino imbrifero, il Brenta riceve in sinistra e in destra piccoli affluenti di breve percorso e di scarsa portata. Il regime idrologico di quest'ultimo tratto è influenzato dall'apporto di acque che, per via sotterranea, pervengono da altri bacini e precisamente dall'Astico (Bacchiglione) e dal bacino apparente del Muson dei Sassi (Massiccio del Grappa). Il contributo più notevole viene dato dall'Oliero che sbocca in Brenta subito a valle di Valstagna.

Nella Tab. XII-*a* sono stati riportati i valori delle portate, degli afflussi, dei deflussi e dei coefficienti di deflusso mensili ed annui registrati alla chiusura del bacino nella stazione di Sarson (1563 km$^2$), durante il periodo 1921-1941 (periodo a regime naturale). Il valore medio del coefficiente di deflusso è risultato 1,03, quello massimo 1,07 e quello minimo 1,18. Tra i coefficienti mensili, sempre riferiti all'anno medio, il massimo 1,32 compete ai mesi di maggio e giugno, il minimo 0,77 al mese di agosto.

Nella Tab. XII-*b* sono stati riportati invece i corrispondenti valori registrati alla stazione di Barziza (Bassano) per il periodo 1955-1966. Questa stazione ha sostituito quella di Sarson e sottende una maggior area di 4 km$^2$, influenzata, però, dal funzionamento dei serbatoi artificiali realizzati dopo il 1950, e dalla diversione del Travignolo (bacino dell'Adige) nel Cismon. Il valore medio del coefficiente di deflusso è risultato 1,12, quello massimo 1,34, quello minimo 0,99. Tra i coefficienti mensili, sempre riferiti all'anno medio, il massimo 1,60 compete al mese di maggio, il minimo 0,84 al mese di agosto.

La portata massima al colmo del periodo di osservazione (a Bassano) si è verificata il 4 novembre 1966 (2800 m$^3$/s pari a 1787 l/s.km$^2$), con una portata media giornaliera di 1226 m$^3$/s pari a 782 l/s.km$^2$).

La portata minima del periodo a regime naturale indisturbato si è verificata il 17 e 18 dicembre 1921 (14,0 m$^3$/s pari a 9,0 l/s.km$^2$).

Tab. XII-a

BRENTA A SARSON (Bassano) (bacino 1.563 km²)
Periodo 1921-1941 - Portate (m³/s), deflussi ed afflussi (mm) e coefficienti di deflusso mensili ed annui per gli anni medio, massimo e minimo

| | Anno medio | | | | Anno massimo 1937 | | | | Anno minimo 1929 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Q media m³/s | Deflusso mm | Afflusso mm | Coeffic. deflusso | Q media m³/s | Deflusso mm | Afflusso mm | Coeffic. deflusso | Q media m³/s | Deflusso mm | Afflusso mm | Coeffic. deflusso |
| Gennaio | 35.6 | 61 | 59 | 1.03 | 22.5 | 38 | 44 | 0.86 | 35.0 | 60 | 40 | 1.50 |
| Febbraio | 34.3 | 53 | 60 | 0.88 | 27.9 | 43 | 60 | 0.72 | 31.0 | 48 | 29 | 1.66 |
| Marzo | 52.5 | 89 | 93 | 0.96 | 88.6 | 152 | 284 | 0.54 | 29.0 | 49 | 17 | 2.88 |
| Aprile | 94.2 | 156 | 135 | 1.16 | 118.5 | 196 | 123 | 1.59 | 55.0 | 91 | 100 | 0.91 |
| Maggio | 139 | 238 | 181 | 1.32 | 184.7 | 316 | 173 | 1.83 | 99.0 | 169 | 135 | 1.25 |
| Giugno | 105 | 174 | 132 | 1.32 | 133.9 | 222 | 169 | 1.31 | 54.0 | 89 | 45 | 1.98 |
| Luglio | 61.7 | 105 | 115 | 0.91 | 74.6 | 128 | 165 | 0.78 | 29.0 | 50 | 81 | 0.62 |
| Agosto | 52.6 | 90 | 117 | 0.77 | 99.6 | 171 | 244 | 0.78 | 38.4 | 66 | 141 | 0.47 |
| Settembre | 56.0 | 92 | | 0.79 | 163.8 | 272 | 277 | 0.98 | 24.9 | 41 | 33 | 1.24 |
| Ottobre | 72.5 | 124 | 148 | 0.84 | 163.5 | 280 | 232 | 1.21 | 18.3 | 31 | 7 | 4.43 |
| Novembre | 90.4 | 150 | 146 | 1.03 | 79.4 | 132 | 54 | 2.45 | 17.4 | 29 | 3 | 9.66 |
| Dicembre | 53.8 | 92 | 76 | 1.21 | 62.4 | 107 | 96 | 1.11 | 15.9 | 27 | 4 | 6.75 |
| Anno | 70.6 | 1424 | 1379 | 1.03 | 102 | 2057 | 1921 | 1.07 | 37.2 | 750 | 635 | 1.18 |

Tab. XII-b

BRENTA A BARZIZA (Bassano) (bacino 1.567 km²)

Periodo 1955-1956 - Portate (m³/s), deflussi ed afflussi (mm) e coefficienti di deflusso mensili ed annui per gli anni medio, massimo e minimo

| | Anno medio | | | | Anno massimo 1937 | | | | Anno minimo 1929 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Q media m³/s | Deflusso mm | Afflusso mm | Coeffic. deflusso | Q media m³/s | Deflusso mm | Afflusso mm | Coeffic. deflusso | Q media m³/s | Deflusso mm | Afflusso mm | Coeffic. deflusso |
| Gennaio | 45.9 | 79 | 51 | 1.55 | 62.9 | 108 | 57 | 1.89 | 38.5 | 66 | 32 | 2.06 |
| Febbraio | 40.6 | 63 | 51 | 1.23 | 65.4 | 101 | 119 | 0.85 | 32.9 | 51 | 92 | 0.55 |
| Marzo | 51.7 | 88 | 73 | 1.20 | 86.5 | 148 | 105 | 1.41 | 39.1 | 67 | 61 | 1.10 |
| Aprile | 93.5 | 155 | 120 | 1.29 | 118 | 196 | 39 | 5.02 | 47.1 | 78 | 2 | 36.00 |
| Maggio | 109 | 187 | 117 | 1.60 | 126 | 216 | 48 | 4.50 | 59.4 | 102 | 117 | 0.87 |
| Giugno | 93.4 | 155 | 135 | 1.15 | 95.1 | 158 | 126 | 1.25 | 62.4 | 103 | 128 | 0.81 |
| Luglio | 65.6 | 112 | 123 | 0.91 | 92.0 | 158 | 152 | 1.04 | 56.6 | 97 | 109 | 0.89 |
| Agosto | 59.7 | 102 | 122 | 0.84 | 89.2 | 153 | 143 | 1.07 | 45.7 | 78 | 108 | 0.72 |
| Settembre | 75.1 | 124 | 114 | 1.09 | 159 | 263 | 315 | 0.83 | 69.2 | 114 | 129 | 0.88 |
| Ottobre | 79.1 | 135 | 147 | 0.92 | 207 | 354 | 314 | 1.13 | 50.3 | 86 | 77 | 1.14 |
| Novembre | 108 | 179 | 182 | 0.98 | 161 | 267 | 149 | 1.79 | 51.5 | 85 | 89 | 0.95 |
| Dicembre | 76.3 | 130 | 107 | 1.21 | 147 | 252 | 205 | 1.23 | 36.7 | 63 | 57 | 1.23 |
| Anno | 75.0 | 1509 | 1342 | 1.12 | 118 | 1374 | 1772 | 1.34 | 49.2 | 990 | 995 | 0.99 |

## 4.6. - *Le piene.*

4.6.1. - La prima notizia di un evento di piena del Brenta eccezionale risale soltanto al 1175, quando il fiume uscì dall'alveo di Noventa Padovana ed a Strà.

E' necessario giungere sino agli anni 1295 e 1299 per avere ulteriori informazioni di notevoli intumescenze del Brenta, apportatrici di gravi danni lungo il tronco inferiore, alla foce in laguna e lungo il tronco superiore ove rimase travolto lo storico Ponte di Bassano.

Nel 1531 una nuova fiumana, proveniente in prevalenza dall'affluente Cismon, recò gravi danni ai paesi di Valstagna e Solagna ed asportò ancora il Ponte di Bassano.

Ancora rotte ed allagamenti si segnalarono nei secoli scorsi: nel 1600 si ripetè un'intumescenza che, per asserzione dei cronisti dell'epoca, fu la più elevata di quelle che si ricordavano.

Nel periodo tra il 1752 e il 1787 fu un continuo succedersi di rovinose piene che apportarono danni specie alle zone site lungo il corso medio ed inferiore del fiume con gravi ripercussioni sul Bacchiglione e sui canali del Padovano.

Con ricorrenze impressionanti le piene del Brenta si ripeterono ogni anno dal 1772 al 1786, determinando altre rotte e conseguenti allagamenti dei territori latistanti al fiume. Particolarmente rovinosa fu la piena del 1781 che sconvolse e distrusse molti chilometri di arginature.

Dopo un quindicennio di relativa calma, gli eventi calamitosi conseguenti alle piene ripresero dal 1801 in poi; uno dei più gravi tra tutti fu quello del 1823, durante il quale i livelli idrometrici raggiunsero a Limena la quota di 6,58 m.

Nel quarantennio tra il 1838 e 1877 il fiume sorpassò ben 285 volte il segnale di guardia a Bassano ma la piena più grave, anche per il Brenta, fu quella del 1882, sia per altezze raggiunte dall'acqua, sia per durata dell'intumescenza e per i gravissimi danni provocati dalla furia delle acque.

Il 16 settembre 1882 le acque del fiume raggiunsero all'idrometro di Bassano la quota di 4,75 m, ben superiore a quella di 4,00 m che costituiva il massimo colmo conosciuto del 1825.

Delle più recenti piene delle quali si è in possesso di ele-

menti omogenei e di certa attendibilità vengono descritti i caratteri principali. Si tratta delle piene del 1926, 1951, 1953, 1965 e 1966.

L'evento del novembre 1966 sarà trattato per primo e con maggior dettaglio, dato il carattere di eccezionalità che esso ha presentato.

a) *Piena del novembre* 1966.

Le precipitazioni, iniziatesi nelle prime ore pomeridiane del 3 novembre, si prolungarono con continuità e con intensità via via crescente (tanto da far registrare nelle ultime 12 ore più della metà della precipitazione totale) fino alle ore 18 circa del giorno 4. Si trattò, pertanto, di un afflusso meteorico continuo ed intenso che fu registrato, secondo le vigenti convenzioni, nei giorni pluviometrici 4 e 5 ma che ebbe una durata reale di sole 32-34 ore.

Dalla carta isoietografica tracciata per il bacino in esame e per quelli contermini con gli apporti meteorici totali dei giorni 4 e 5, si rileva (Fig. 8) una zona di massimo nel bacino del Cismon e nel Basso Brenta con valori superiori a 400 mm. Degradando dalle zone di massimo si riscontrano in pianura, sempre per la stessa durata, precipitazioni comprese fra 150 e 50 mm circa.

Dal confronto di tali valori con quelli contenuti nella Tabella III, nella quale sono riportati i valori totali delle precipitazioni da uno a cinque giorni consecutivi, si rileva che i valori massimi relativi al 1966 hanno superato, in molte località, quelli relativi al periodo 1921-1965. Anche per le stazioni nelle quali le precipitazioni del novembre 1966 non hanno superato il massimo assoluto del periodo precedente, i valori registrati in quell'occasione rientrano nei primi casi critici della serie.

I valori massimi e medi della precipitazione ragguagliata sul bacino nella sezione di chiusura (Bassano), sono risultati, rispettivamente, di 520 mm e 262 mm.

La rilevante intensità delle precipitazioni causò un'eccezionale incremento delle altezze idrometriche, le quali superarono, salvo qualche eccezione, i massimi conosciuti.

E' da ricordare che la forte intensità delle precipitazioni

fu aggravata dalla saturazione dei terreni provocata dalle notevoli piogge verificatesi nella seconda quindicina di ottobre; il che, assieme alla concomitante saturazione della capacità d'invaso degli alvei (più o meno accentuata a seconda delle caratteristiche dei corsi d'acqua), determinò tempi di corrivazione assai brevi.

Nella Fig. 20 sono riportati i diagrammi delle precipitazioni ragguagliate triorarie e la loro curva integrale, nonchè

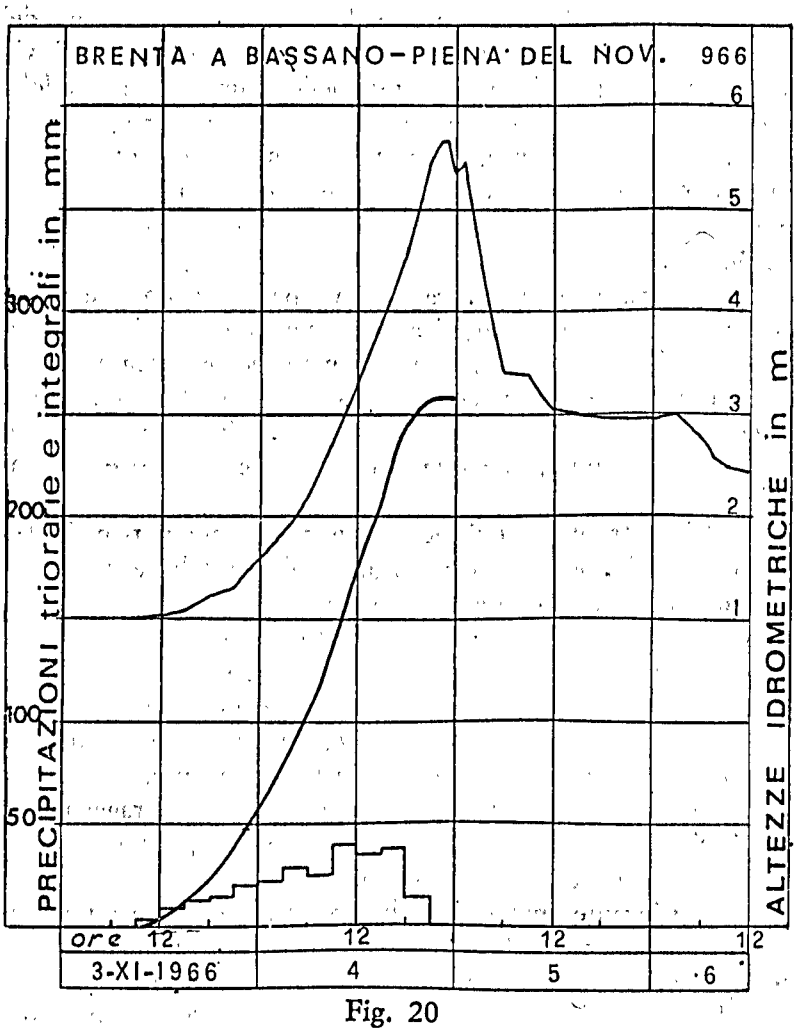



Fig. 20

l'andamento idrometrico della conseguente onda di piena nella stazione di Bassano.

Il diagramma mette in evidenza, tra altro, gli elevati valori degli incrementi, specialmente durante le ultime ore della fase di crescita, a causa del progressivo aumento dell'intensità dell'afflusso meteorico.

L'altezza idrometrica massima e la portata al colmo raggiunte a Bassano (quest'ultima riferita al colmo idrometrico e calcolata facendo ricorso alla scala delle portate) furono, rispettivamente, di 5,60 m (massima precedente 4,75 m nel settembre 1882) e di 2800 $m^3/s$.

Quest'ultimo valore sembra convalidato dal fatto che il serbatoio idroelettrico del Corlo (Cismon), che sottende un bacino di 628 $km^2$, scaricò una portata massima di 1290 $m^3/s$ alle ore 19 del giorno 4 e che a tale portata vanno aggiunte quelle del restante bacino del Brenta dalle origini a Bassano (940 $km^2$ circa) e dei copiosi apporti dei bacini contermini, soprattutto dell'Oliero, certamente superiore ai 200 $m^3/s$ calcolati per la piena del 1926.

b) *Piena del settembre* 1965.

Anche per questa piena, che presenta caratteristiche pluviometriche ed idrometriche particolari e ben differenti da quella del novembre 1966, sono stati tracciati nella Fig. 21 i diagrammi delle precipitazioni ragguagliate triorarie ed integrali e quelli idrometrici relativi alla sezione di Bassano.

La piena, causata da due gruppi di precipitazioni della durata complessiva di circa 50 ore, è caratterizzata da due successive onde, ciascuna con altezza idrometrica al colmo alquanto inferiore a quella osservata nel 1966.

E' da notare che l'altezza idrometrica massima osservata a Bassano durante la piena del 1965 (3,50 m) è inferiore a quelle delle piene degli anni 1882, 1926, 1928 e 1953.

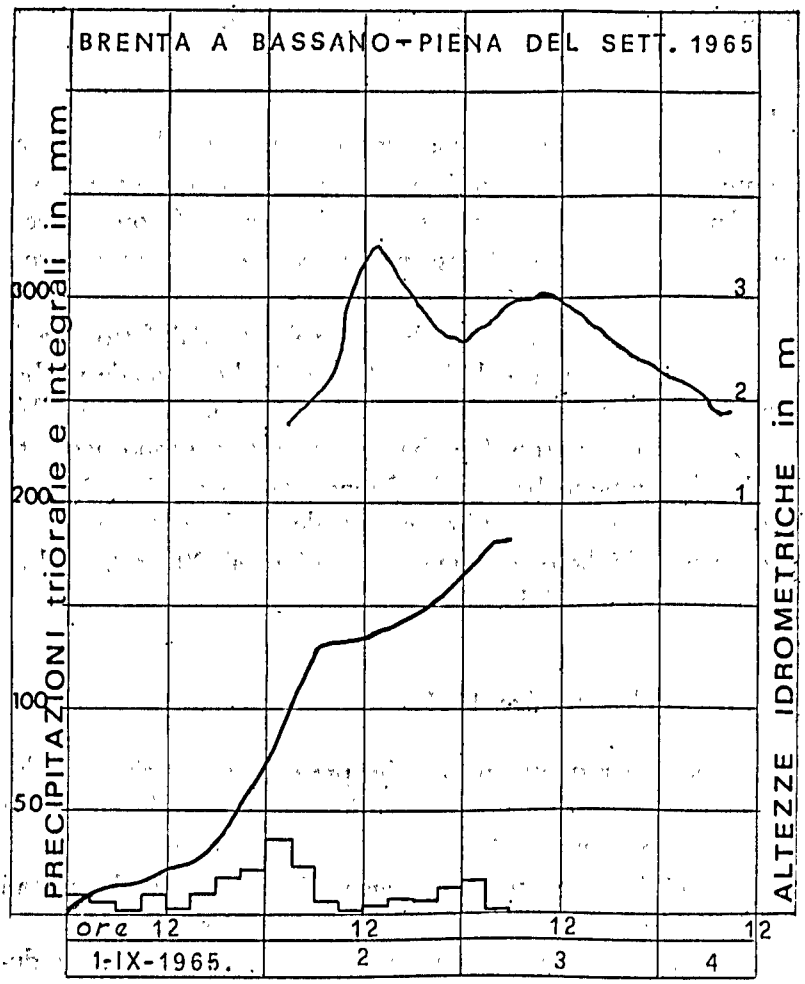

BRENTA A BASSANO-PIENA DEL SETT. 1965
PRECIPITAZIONI triorarie e integrali in mm
ALTEZZE IDROMETRICHE in m
300
200
100
50
3
2
1
ore 12
12
12
12
1-IX-1965.
2
3
4

Fig. 21

c) *Piena dell'ottobre* 1953.

Anche per questa piena sono stati riportati nella Fig. 22 i driagrammi pluviometrici triorari ed integrali e quelli idrometrici relativi alla sezione di Bassano. Da essi risulta che le precipitazioni presentano un andamento irregolare con due nuclei, iniziale e finale, di maggiore intensità, che danno luogo a due distinte onde di piena.

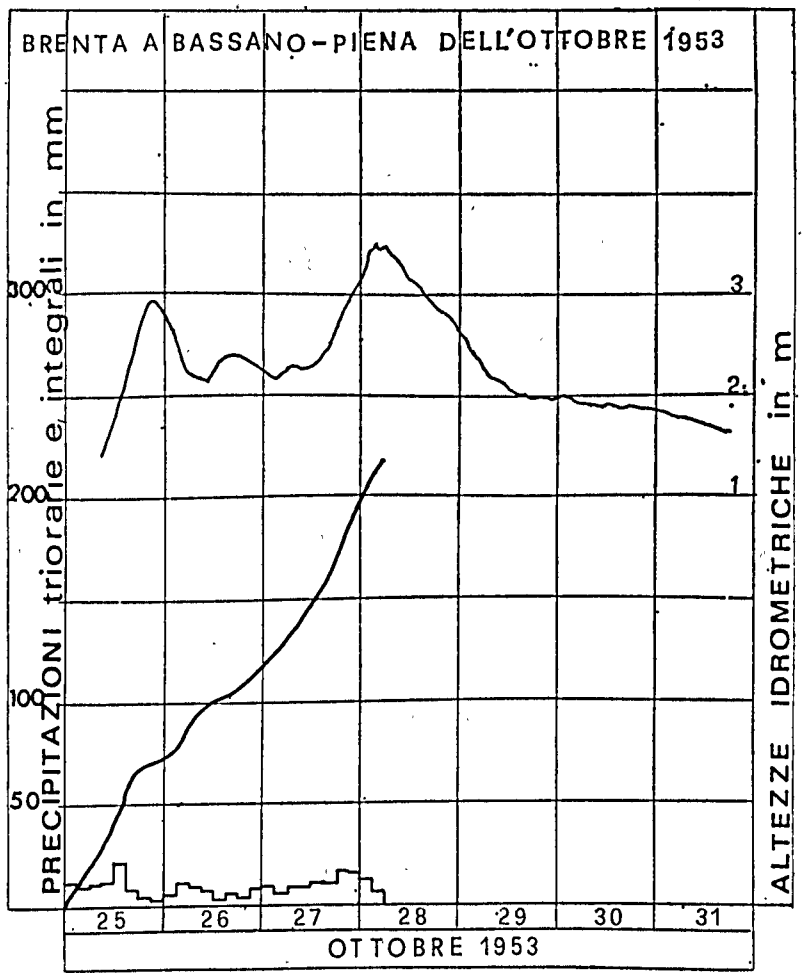



Fig. 22

d) *Piena del novembre* 1951.

Sono stati tracciati, anche per questa piena, i diagrammi (Fig. 23) relativi alle precipitazioni triorarie medie ed integrali sul bacino, nonchè quelli delle altezze idrometriche alla sezione di Bassano. Le precipitazioni presentano due nuclei ben distinti, intercalati da apporti molto scarsi; ne conseguono due distinte onde di piena, la seconda delle quali nella sezione di Bassano è leggermente superiore alla prima.

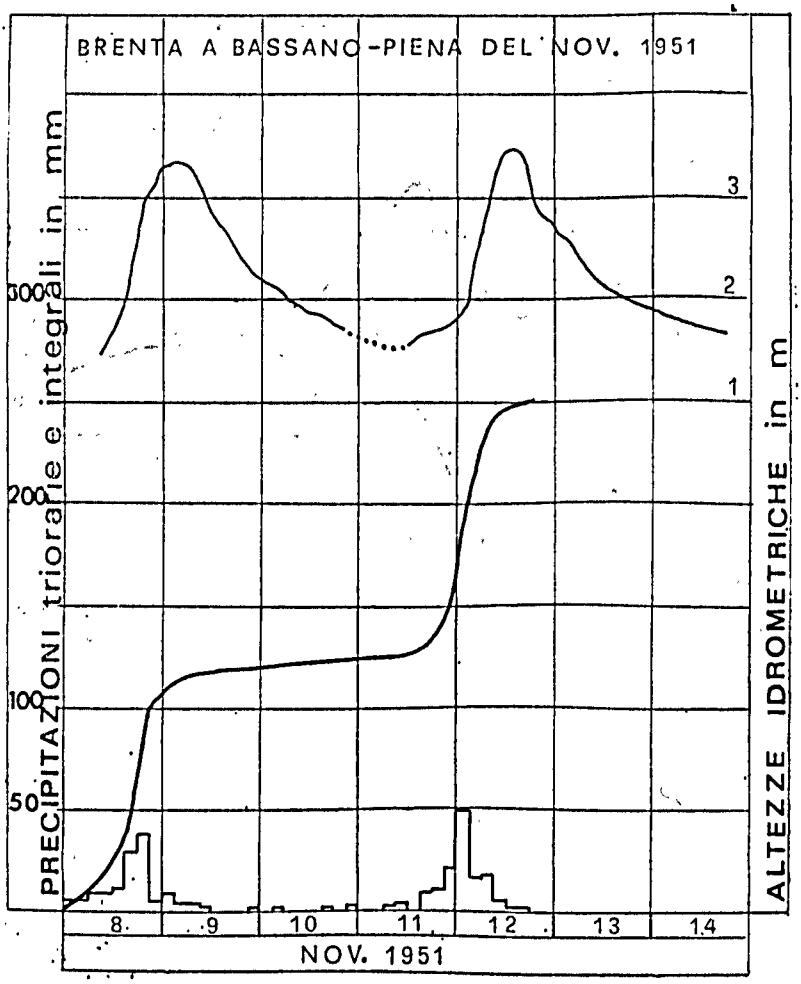



Fig. 23

e) *Piena del maggio* 1926.

Questa piena fu caratterizzata da precipitazioni molto intense e prolungate che diedero luogo ad un'unica, cospicua onda di piena (Fig. 24). L'altezza idrometrica al colmo risultò inferiore soltanto a quelle delle piene del 1882 e del 1928.

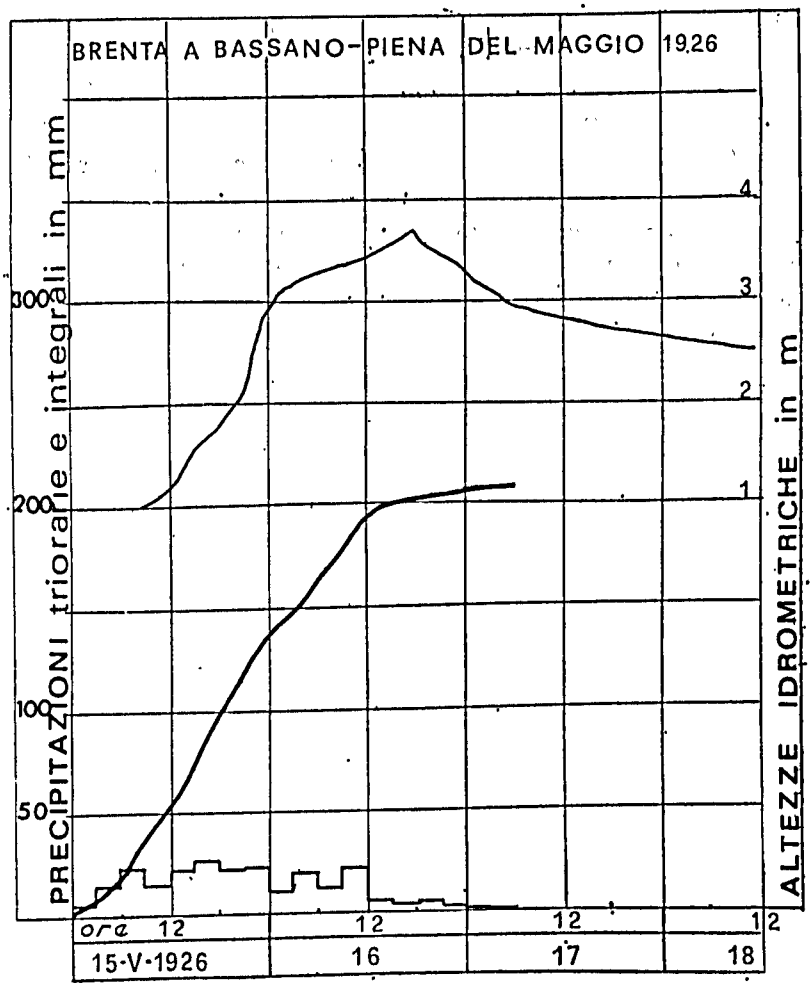



Fig. 24

Per completare il quadro degli eventi eccezionali più sopra descritti, vengono riportati (Tab. XIII) i bilanci idrologici delle venti maggiori piene osservate nella sezione di Bassano e precisamente, per ciascun evento, i valori dell'afflusso medio ed integrale sul bacino, del deflusso integrale e del coefficiente di deflusso. Nella stessa tabella sono riportate anche le altezze idrometriche al colmo e relative portate.

Infine sono stati riportati nella Fig. 25 i diagrammi delle altezze idrometriche registrate presso l'idrometro di Strà (per il quale sono disponibili le osservazioni di un periodo più esteso di quello afferente alla stazione di Bassano) durante le due piene storiche più rilevanti (1882, 1966).

Dai suddetti diagrammi si rileva, in generale, un rapido aumento delle altezze idrometriche, con notevoli incrementi orari causati dalla concentrazione nel tempo delle piogge intense che hanno originato ciascuna piena. Anche i rami discendenti, se non influenzati da una ripresa dell'afflusso meteorico, presentano generalmente tempi di esaurimento brevi.

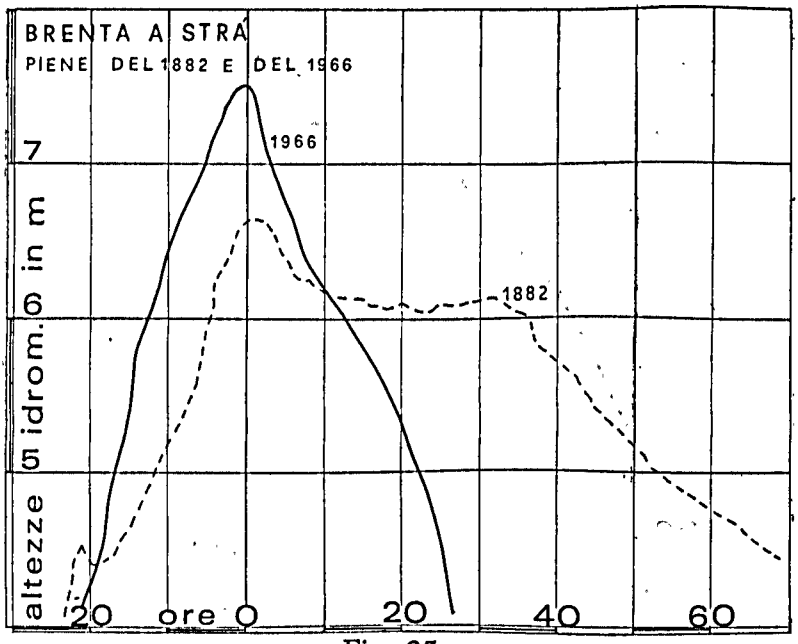


Fig. 25

BRENTA A BASSANO (bacino 1.567 km²)

Afflusso meteorico medio (mm), afflusso e deflusso integrale ($10^6$ m³), coefficiente di deflusso, altezze idrometriche e portate al colmo per venti principali piene.

| N. d'ord. | Data | Afflusso medio bacino mm | Affl. int. $10^6$ m³ | Defl. int. $10^6$ m³ | Coeff. deflusso | Valori al colmo | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | H (m) | Q (m³/s) |
| 1 | 3/ 7-11-1966 | 266 | 417 | 311 | 0.75 | 5.60 | 2810 |
| 2 | 27-10/ 5-11-1928 | 320 | 501 | — | — | 3.73 | 1490 |
| 3 | 14/20- 5-1926 | 239 | 375 | 273 | 0.73 | 3.68 | 1450 |
| 4 | 24/28-10-1953 | 244 | 382 | 320 | 0.84 | 3.53 | 1350 |
| 5 | 31- 8/ 6- 9-1965 | 193 | 302 | — | — | 3.50 | 1330 |
| 6 | 8/14-11-1951 | 261 | 409 | 309 | 0.76 | 3.45 | 1290 |
| 7 | 20-10/ 4-11-1926 | 216 | 338 | 187 | 0.55 | 3.02 | 980 |
| 8 | 24/27- 9-1924 | 115 | 180 | — | — | 2.95 | 935 |
| 9 | 16/21-11-1935 | 124 | 194 | 105 | 0.54 | 2.81 | 840 |
| 10 | 2/ 7-10-1935 | 202 | 317 | 100 | 0.32 | 2.80 | 830 |
| 11 | 12/16-11-1941 | 162 | 254 | — | — | 2.75 | 795 |
| 12 | 19/24-11-1926 | 190 | 298 | — | — | 2.72 | 770 |
| 13 | 4/ 6-11-1939 | 88 | 138 | — | — | 2.70 | 760 |
| 14 | 15/22- 9-1960 | 225 | 353 | 165 | 0.47 | 2.70 | 760 |
| 15 | 13/20-11-1940 | 179 | 280 | — | — | 2.70 | 760 |
| 16 | 14/22-10-1953 | 176 | 276 | — | — | 2.60 | 690 |
| 17 | 23/24- 5-1935 | 97 | 155 | — | — | 2.48 | 610 |
| 18 | 7/10- 8-1945 | 129 | 202 | 49 | 0.24 | 2.45 | 590 |
| 19 | 6/12-11-1957 | 171 | 268 | 178 | 0.72 | 2.44 | 584 |
| 20 | 26/29- 9-1942 | 157 | 262 | 103 | 0.39 | 2.40 | 562 |

### 4.6.2. *Esame probabilistico della piena del novembre* 1966 (1).

Un'ulteriore indagine sulle caratteristiche degli eventi di piena verificatisi nel novembre 1966 è stata eseguita mediante l'analisi probabilistica delle serie delle portate massime annue nella sezione di Bassano e delle precipitazioni massime annue, di durata da 1 a 24 ore consecutive, registrate in alcune stazioni pluviografiche del bacino.

L'analisi è stata condotta con il noto metodo dei valori estremi di Gumbel, che consente di associare a ciascun valore della serie esaminata un « tempo di ritorno », definito come il numero medio d'anni entro il quale detto valore è uguagliato o superato.

a) *Analisi delle portate.*

Sono state regolarizzate con il citato metodo di Gumbel le portate massime annue al colmo osservate a Bassano nel periodo 1922-1935.

Ne è risultato che il valore registrato nel novembre 1966 (2800 $m^3/s$) è associato ad un tempo di ritorno dell'ordine di 500 anni, assai indicativo dell'eccezionalità dell'evento, pur con le necessarie riserve riguardanti l'estensione del periodo d'osservazione nel quale non sono compresi gli eventi del 1951 e del 1953 (1).

b) *Analisi delle precipitazioni.*

Sono state regolarizzate sempre con il metodo di Gumbel le precipitazioni massime annue, di durata da 1 a 24 ore consecutive, registrate nelle stazioni di S. Martino (1932-1964), S. Silvestro, Caoria e Pedesalto.

---

(1) P. A. Rolla, « Studio », cit.

(1) L'analisi delle portate è stata condotta utilizzando i dati ufficiali pubblicati dal Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici nel volume « Dati caratteristici dei corsi d'acqua italiani ».

Esaminati, per necessaria concisione, i soli risultati relativi alla stazione di S. Martino, si può osservare che le precipitazioni verificatesi nel novembre 1966 con durata di 1, 3, 6 e 12 ore consecutive, sono associate a tempi di ritorno dell'ordine di 2, 20, 300 e 1000 anni, rispettivamente.

Il risultato è assai indicativo e conferma, come si è già accennato, che l'intensità delle precipitazioni assunse, nel novembre 1966, caratteristiche di eccezionalità crescente con la durata delle precipitazioni stesse.

### 4.7. - *Erosione e trasporto solido.*

Per quanto riguarda il trasporto solido, non si ha notizia di sistematiche misurazioni che consentano deduzioni di carattere quantitativo sull'entità del fenomeno.

Valgono anche per il bacino del Brenta considerazioni di carattere qualitativo sui fenomeni di erosione e di deposito in rapporto alla situazione geologica dei terreni, dedotte dagli studi di Dal Prà e G. Mozzi (1) per i bacini dell'Agno-Guà.

In particolare sono da segnalare gli alluvionamenti che si verificarono nel novembre 1966 su una estensione di parecchie decine di ettari, nella zona di confluenza del torrente Chieppena col fiume Brenta. Eccezionale in questo caso fu la composizione delle alluvioni, costituite in buona parte da grossi massi, talora del volume di decine di metri cubi.

Il torrente ebbe modo di caricarsi soprattutto erodendo e scalzando estesi depositi morenici esistenti nella parte alta del bacino.

Un disastroso alluvionamento si ebbe pure alla confluenza col Brenta del torrente Frenzela. I materiali provennero in quel caso dal materasso detritico-alluvionale esistente sul fondo della stretta valle incassata in roccia, materasso che venne dapprima profondamente inciso e quindi scalzato dalla violenza della pie-

(1) A. Dal Prà, A. Mozzi, « Relazione », cit.

na. L'imponente deposito investì il paese di Valstagna, che sorge nella zona di confluenza.

### 4.8. - *Opere per la sistemazione idraulica e per la difesa dalle piene.*

4.8.1. - L'attuale situazione dei bacini del Brenta e dei suoi affluenti nei riguardi degli eventi di piena si presenta assai precaria nonostante i provvedimenti di difesa attuati in passato che qui sommariamente si ricordano, tralasciando, come provvedimenti di ordinaria amministrazione, i vari successivi rialzi degli argini.

Dopo la piena del 1882, l'Amministrazione austriaca, nel territorio allora di sua competenza, per evitare gli straripamenti e difendere quindi i terreni latistanti l'alto corso del Brenta, provvide a rinserrare con argini in muratura i torrenti Centa, Ceggi e Moggio in prossimità delle confluenze con il corso d'acqua principale. Venne inoltre eseguita la sistemazione idraulica dei torrenti Cinaga, Sella, Santa Giuliana, Chieppena ed altri mediante la costruzione di numerose briglie.

Nel periodo dal 1931 al 1935 l'Amministrazione italiana provvide alla completa sistemazione idraulica del Brenta nel tratto dai Laghi di Caldonazzo e Levico alla confluenza con il Moggio (a valle di Borgo Valsugana). Altre importanti opere furono eseguite, sempre nello stesso periodo, sul torrente Larganza.

E' da ricordare, infine, che nel trentennio 1939-1968 sono stati eseguiti numerosi interventi di difesa durante le piene e, particolarmente, in occasione dell'evento del novembre 1966.

4.8.2. - La situazione potrà essere migliorata in futuro soltanto attraverso il coordinamento degl'interventi idraulico-forestali sui versanti e negli alvei del bacino montano con quelli di sistemazione idraulico-agraria e di regolarizzazione degli alvei in pianura.

Un contributo alla soluzione del problema può essere fornito da nuovi serbatoi, da adibirsi all'esclusiva funzione di mo-

derazione delle piene. In questo campo, una soluzione provvisoria potrebbe essere costituita dall'utilizzazione dei serbatoi idroelettrici esistenti nel bacino, tenendo presenti, però, le difficoltà di ordine pratico ed economico che tale soluzione comporta.

Tutte le possibilità d'intervento sopra menzionate per la moderazione delle piene e per la difesa da esse sono state oggettto di un esame, necessariamente succinto, i cui risultati essenziali sono illustrati nei paragrafi seguenti.

In ogni paragrafo, la descrizione delle opere più importanti è accompagnata da una valutazione sommaria degli importi di spesa occorrenti per la loro attuazione. Tali importi riferiti al luglio 1969 (riportati nella tabella XIV) assommano, per ciascuno dei tre periodi operativi previsti, compresi gli oneri occorrenti per rilievi, studi e redazione dei progetti (fino al 1975, dal 1976 al 1985 e dal 1986 in poi), a 29.700 milioni di lire, 17.930 milioni di lire e 21.160 milioni di lire, rispettivamente, per un totale complessivo di 68.790 milioni di lire, senza tener conto delle spese di manutenzione che quando non sono indicate, al valore capitalizzato, dall'Amministrazione, per opere del genere si possono ritenere, esclusa l'obsolescenza e l'ammortamento, dell'ordine dell'1,50% annuo.

### 4.8.3. - *Opere idraulico-forestali nel bacino montano.*

Le opere di sistemazione idraulico-forestali dei bacini montani dei corsi d'acqua sono distinte, generalmente, in opere di carattere estensivo sotto forma d'interventi di natura tipicamente forestale (impianti di nuovi boschi, ricostituzione di boschi degradati, ecc.) e di sistemazione idraulico-pascoliva (delimitazione delle zone pascolive e di quelle boscate, governo delle acque, ecc.); in opere di carattere intensivo per la correzione dei torrenti, per il consolidamento delle frane e per la protezione dalle valanghe; in opere di sistemazione idraulico-agraria ed in opere sussidiarie (viabilità, ricoveri, ecc.).

Le possibilità di intervento nel campo idraulico-forestale nel bacino del Brenta sono ampiamente illustrate in una rela-

TABELLA XIV

BRENTA

Importi delle sistemazioni previste (milioni di lire)

| Corso d'acqua | Provincie | Opere idrauliche | Serbatoi di attenuazione delle piene | Opere idraulico forestali | Opere idraulico agrarie | Bonifiche | Difesa dei litorali (*) | Totali (**) | Osservazioni |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Vari | Trento | 1.000 | — | | — | — | — | | |
| Vari | Belluno | — | 14.000 | 5.940 | — | — | — | | |
| Vari | Treviso | 300 | — | (730) | | | — | 29.700 | 1° periodo operativo (fino al 1975) |
| Vari | Vicenza | 550 | — | | 280 | 5.190 | — | | |
| Vari | Padova | 2.390 | — | — | (50) | (900) | — | | |
| Litorale | Venezia e Rovigo | — | — | — | | | 50 (6) | | |
| Vari | Trento | 1.400 | — | | — | — | — | | |
| Vari | Belluno | — | — | 7.410 | — | — | — | | |
| Vari | Treviso | 420 | — | (890) | | | — | | 2° periodo operativo (1976-1985) |
| Vari | Vicenza | 760 | — | | 580 | 3.980 | — | 17.930 | |
| Vari | Padova | 3.340 | — | — | (50) | (350) | — | | |
| Litorale | Venezia e Rovigo | — | — | — | | | 40 (6) | | |
| Vari | Trento | 1.600 | — | | — | — | — | | |
| Vari | Belluno | — | — | 10.290 | — | — | — | | |
| Vari | Treviso | 480 | — | (1260) | | | — | | 3° periodo operativo (dal 1986 in poi) |
| Vari | Vicenza | 870 | — | | 70 | 3.980 | — | 21.160 | |
| Vari | Padova | 3.820 | — | — | (3) | (170) | — | | |
| Litorale | Venezia e Rovigo | — | — | — | | | 50 (6) | | |
| | | | | | | | | 68.790 | Totale |

* Comprendono anche gli importi relativi ai bacini del Bacchiglione, Agno-Guà e Berici ed Euganei.

** Non comprendono gli importi relativi alla manutenzione; questi, se precisati dalle Amministrazioni, sono riportati fra parentesi per le singole categorie di opere.

Aggiornamento luglio 1969.

zione appositamente predisposta dall'Ispettorato Regionale per il Veneto del Corpo forestale dello Stato. La relazione è illustrata da una cartografia in scala 1:100.000 con l'indicazione delle opere previste nelle zone d'intervento ed è corredata da prospetti (alcuni dei quali redatti dalla Direzione generale dei Servizi Forestali della Regione Trentino-Alto Adige per la parte di sua competenza) nei quali sono dettagliatamente specificati gl'importi di spesa relativi agl'interventi ritenuti necessari per « la difesa del suolo e per la regolazione dei corsi d'acqua » nella parte montana del bacino in esame (1).

L'area complessiva del bacino montano oggetto della prevista sistemazione, ricadente nelle provincie di Belluno, Trento, Treviso e Vicenza, è di 182.850 $hm^2$ così ripartita:

— provincia di Belluno: 19.350 $hm^2$; superficie boscata: 7.740 $hm^2$ (40%);

— provincia di Trento: 116.100 $hm^2$; superficie boscata: 46.900 $hm^2$ (40%);

— provincia di Treviso: 11.300 $hm^2$; superficie boscata: 1.700 $hm^2$ (15%);

— provincia di Vicenza: 36.100 $hm^2$; superficie boscata: 12.984 $hm^2$ (36%).

Le spese per opere di sistemazione idraulico-forestale già eseguite (dal 1945 al 1968), in corso d'esecuzione, o programmate in base alle varie provvidenze di legge, assommano a circa 3.760 milioni di lire.

Per le opere previste nelle singole zone e nei singoli settori d'intervento si stima che gl'importi necessari (riportati nello specchio allegato alla presente relazione) siano, secondo le indicazioni delle Amministrazioni competenti, i seguenti:

1° periodo operativo (fino al 1975) : 5.940 milioni di lire;
2° periodo operativo (1976-1985) : 7.410 milioni di lire;
3° periodo operativo (dal 1986 in poi) : 10.290 milioni di lire;

---

(1) M. Cappelli, « Relazione », cit.

per un totale di 23.640 milioni di lire, comprensivo degl'importi occorrenti per rilievi, studi e redazione dei progetti.

Gl'importi indicati dalle suddette Amministrazioni per le spese di manutenzione durante ciascun periodo operativo sono di 730 milioni di lire, 890 milioni di lire e 1.260 milioni di lire, rispettivamente.

### 4.8.4. - *Opere idrauliche nel medio e basso corso.*

La descrizione dettagliata delle opere idrauliche e dei relativi importi di spesa, necessari per la sistemazione dell'asta principale del medio e basso corso del Brenta e dei suoi affluenti, è contenuta in dettagliate ed esaurienti relazioni predisposte dagli Uffici del Genio Civile di Trento, Vicenza, Treviso e Padova, ciascuno per la porzione di bacino ricadente nel circondario idraulico di propria competenza.

Ciascuna relazione prescinde, proprio per motivi di competenza territoriale, dalle opere di sistemazione idraulico-forestale del bacino montano, già descritte nel paragrafo precedente.

Complessivamente, l'importo delle opere necessarie per la sistemazione idraulica del corso d'acqua nelle quattro provincie suddette è di 16.930 milioni di lire, compresi gli importi per rilievi, studi e redazione dei progetti, ma non le spese di manutenzione.

In particolare si ha:

*Provincia di Trento.*

Nel tratto dell'asta principale compreso fra il lago di Caldonazzo ed il confine con la provincia di Vicenza (38 km) è previsto un intervento per la sistemazione della sponda sinistra e per la protezione della Strada statale della Valsugana, della linea ferroviaria Trento-Venezia e dei centri abitati. Oltre al ripristino delle arginature, sono previsti lavori per l'escavazione

dell'alveo e per la sostituzione di alcuni ponti (Tezze ed Ospedaletto) aventi dimensioni insufficienti in relazione alle mutate caratteristiche dell'alveo e delle portate fluenti.

Per la sistemazione delle aste degli affluenti di sinistra (Rio Maggiore, Larganza, Ceggio, Maso, Chieppena, Grigno) e di destra (Centa) sono previsti lavori di ripristino degli argini e di alcune briglie e d'escavazione degli alvei.

L'importo totale delle spese previste è di 4.000 milioni di lire, compresi gli oneri per rilievi, studi e redazione dei progetti, ma non le spese di manutenzione. Tale importo può essere suddiviso, a titolo indicativo, nei richiesti tre periodi operativi nel modo seguente:

| | |
|---|---|
| 1° periodo operativo (fino al 1976) | : 1.000 milioni di lire; |
| 2° periodo operativo (1976-1985) | : 1.400 milioni di lire; |
| 3° periodo operativo (dal1986 in poi) | : 1.600 milioni di lire. |

*Provincia di Vicenza.*

L'alveo del tronco principale compreso fra S. Lazzaro ed il confine con la provincia di Padova è soggetto a vistosi fenomeni d'abbassamento (dell'ordine di 1 ÷ 2 m dal 1932 al 1967) ai quali sono da imputarsi la formazione di un filone di magra, con divagazioni che minacciano le difese di sponda, e la diminuzione della superficie drenante dell'alveo con conseguente minore apporto alle falde freatiche. Le cause dell'abbassamento sembra debbano ricercarsi nella diminuzione dell'apporto solido provocata dalle opere per la sistemazione del bacino montano.

Nel programma degl'interventi per il ripristino di tale tronco sono previsti la costruzione di quattro briglie e l'innalzamento ed il ringrosso dei rilevati arginali, i quali non hanno garantito un ragionevole franco di sicurezza durante l'alluvione del novembre 1966.

Numerose opere sono pure necessarie per evitare pericolosi

dissesti dei corsi d'acqua minori, alcuni dei quali non sono « classificati » e pertanto non sono soggetti ad alcuna manutenzione (1).

Per l'esecuzione delle opere necessarie alla sistemazione idraulica del tronco principale e degli affluenti (Longhella, Silano-Silanetto e Giaron) è previsto un importo di spesa di 2.180 milioni di lire, compresi gli oneri per rilievi, studi e redazione di progetti, ma non le spese di manutenzione.

Tale importo può essere suddiviso, a titolo indicativo, nei richiesti tre periodi operativi nel modo seguente:

| | | |
|---|---|---|
| 1° periodo operativo (fino al 1975) | : | 550 milioni di lire; |
| 2° periodo operativo (1976-1985) | : | 760 milioni di lire; |
| 3° periodo operativo (dal 1986 in poi) | : | 870 milioni di lire. |

*Provincia di Treviso*

Le opere necessarie alla sistemazione dell'Astego e del Musone comportano una spesa totale di 1.200 milioni di lire compresi gli oneri per rilievi, studi e redazione di progetti, ma non le spese di manutenzione, che può essere suddivisa, a titolo indicativo, nei richiesti tre periodi operativi nel modo seguente:

| | | |
|---|---|---|
| 1° periodo operativo (fino al 1975) | : | 300 milioni di lire; |
| 2° periodo operativo (1976-1985) | : | 420 milioni di lire; |
| 3° periodo operativo (dal 1986 in poi) | : | 480 milioni di lire. |

*Provincia di Padova.*

Il tronco del medio e basso corso del Brenta ricadente nella provincia di Padova presenta varie caratteristiche fisiche e di regime idraulico. Esso è soggetto, tuttavia, ad estesi fenomeni

(1) In tale situazione è anche il tronco del Brenta compreso fra Campese (termine del territorio con la classifica di « bacino montano ») e Bassano (ove iniziano le opere di 2ª categoria).

d'erosione dell'alveo il quale, a monte di Limena, ha subìto approfondimenti massimi dell'ordine di 3 m.

A monte di tale località l'alveo è costituito da un ampio greto alluvionale che consente una cospicua attenuazione delle piene ed ivi sono previste opere tipiche per la correzione dei corsi d'acqua a regime torrentizio (repellenti, difese radenti, briglie); a valle, da Strà al mare, sono previsti il rialzo, la difesa e l'impermeabilizzazione degli argini, nonchè la costruzione di soglie di fondo aventi lo scopo di ridurre il progressivo aumento della pendenza dell'alveo e d'impedire l'erosione del fondo e delle sponde.

La massima capacità di portata di una sezione tipica dell'alveo, in un tratto rettilineo della lunghezza di 12 km compreso fra Stra e Corte (25 km circa dalla foce), è stimata, in regime di moto uniforme, in 2300 $m^3/s$ circa. Tale condizione è stata raggiunta durante la piena del novembre 1966 e ad essa compete una velocità media dell'ordine di 2,8 m/s, giudicata non compatibile con la stabilità del materiale di fondo e delle sponde (1).

A questo proposito è da segnalare che la riduzione della capacità di portata, conseguente alle previste opere di stabilizzazione dell'alveo, dovrà essere compensata da un'adeguata regolazione delle portate in arrivo mediante la costruzione di opportuni serbatoi di piena nella parte montana del bacino.

La precarietà delle difese arginali del Brenta, soprattutto nel tratto che sopporta il peso della diversione delle portate del Bacchiglione (attraverso il Canale Scaricatore, il Canale S. Gregorio ed il Piovego) è messa in luce dalla rotta arginale verificatasi il 4 novembre 1966 a Codevigo.

L'importo delle spese necessarie per la sistemazione idrau-

---

(1) In quell'occasione la portata massima a Bassano fu stimata in 2800 $m^3/s$; in tale situazione il tempo medio di propagazione dell'onda di piena da Bassano a Limena, la cui conoscenza è essenziale per predisporre idonee misure di sicurezza per la salvaguardia della città di Padova, è dell'ordine di 11 ore.

lica del corso d'acqua fino al mare, ivi comprese quelle relative al tronco terminale in comune con il Bacchiglione, è di 9.550 milioni di lire, compresi gli oneri per rilievi, studi e redazione di progetti, ma non le spese di manutenzione. Tale importo può essere suddiviso, a titolo indicativo, nei richiesti tre periodi operativi nel modo seguente:

| | |
|---|---|
| 1° periodo operativo (fino al 1975) | : 2.390 milioni di lire; |
| 2° periodo operativo (1976-1985) | : 3.340 milioni di lire; |
| 3° periodo operativo (dal 1986 in poi) | : 3.820 milioni di lire. |

4.8.5. - *Attenuazione delle piene per mezzo d'invasi artificiali.*

Il problema dell'attenuazione delle piene del Brenta per mezzo d'invasi artificiali è stato studiato esaminando le possibilità offerte dall'utilizzazione per uso misto dei serbatoi idroelettrici esistenti e dalla costruzione di nuovi serbatoi.

L'esame preliminare dell'efficacia dei nuovi invasi artificiali nei riguardi dell'attenuazione delle piene è stato svolto dall'ingegner Rolla, esame qui brevemente riassunto (1). Un'efficace collaborazione, per quanto attiene al calcolo dei benefici conseguenti all'utilizzazione dei serbatoi esistenti, è stata cortesemente prestata dalla Direzione Costruzioni idrauliche, elettriche e civili del Compartimento dell'ENEL di Venezia.

4.8.5.1. - *Utilizzazione dei serbatoi esistenti.*

I serbatoi idroelettrici esistenti nel bacino e che sono stati considerati ai fini del presente studio sono i seguenti:

*a*) serbatoio di Corlo (sul torrente omonimo), che sottende un bacino imbrifero di 628 km$^2$;

*b*) serbatoio del Senaiga (sul torrente omonimo), che sottende un bacino imbrifero di 58 km$^2$;

(1) P. A. Rolla, « Studio », cit.

c) serbatoio di Val Noana (sul torrente omonimo), che sottende un bacino imbrifero di 31 km².

Va pure ricordato il serbatoio di Val Schener sul torrente Cismon, che per la sua modesta capacità di invaso ($4{,}5 \cdot 10^6$ m³) non ha costituito oggetto di particolare indagine. La sua eventuale utilizzazione agli effetti della moderazione delle piene, infatti non può inficiare le considerazioni che si hanno dall'impiego degli altri tre serbatoi esaminati.

Le caratteristiche dei tre serbatoi nei riguardi della moderazione delle piene, sono state determinate prendendo in considerazione gli idrogrammi registrati nella sezione d'ingresso dei serbatoi stessi nel novembre 1966 e quelli teorici, corrispondenti a portate di piena al colmo aventi frequenza probabile centenaria.

| Caratteristiche del serbatoio | a) | b) | c) |
|---|---|---|---|
| *Volume d'invaso:* | | | |
| — utile ($10^6$ m³) | 41,0 | 6,5 | 9,0 |
| — complessivo ($10^6$ m³) | 48,6 | 7,1 | 10,8 |
| *Area al massimo invaso* (km²) | 2,46 | 0,30 | 0,24 |
| *Portate:* | | | |
| — dello sfioratore di superficie (m³/s) | 114 | 444 | 116 |
| — dello scarico di superficie (m³/s) | 661 | — | — |
| — dello scarico di mezzo-fondo (m³/s) | 312 | — | 100 |
| — dello scarico di fondo (m³/s) | 189 | 67 | 118 |
| — totale (m³/s): | 1.276 | 511 | 334 |

Il calcolo di quest'ultime e della forma degl'idrogrammi corrispondenti è stato condotto con la formula Giandotti-Visentini, introducendo in essa il valore della precipitazione avente la detta frequenza probabile e durata pari al tempo di corri-

vazione, calcolato in base alle caratteristiche fisiche del bacino sotteso da ciascun sbarramento.

L'indagine statistico-probabilistica per la determinazione della precipitazione di frequenza probabile centenaria è stata eseguita regolarizzando, con il già citato metodo di Gumbel (1), le precipitazioni massime annue delle durate di 1, 3, 6 e 12 ore, registrate nelle località S. Silvestro (1936-1964), Pedesalto (1931-1964), Caoria (1932-1964) e S. Martino di Castrozza (1932-1964).

In definitiva, le portate di piena al colmo di frequenza probabile centenaria sono risultate, per i tre serbatoi, le seguenti: Corlo: 1600 $m^3/s$; Senaiga: 600 $m^3/s$; Val Noana: 300 $m^3/s$; quelle registrate nel novembre 1966, rispettivamente, di 1550 $m^3/s$, 100 $m^3/s$ e 240 $m^3/s$ circa.

Il confronto fra i corrispondenti valori delle portate consente di affermare che quelli registrati nel bacino del Brenta nel novembre 1966 hanno frequenza probabile dell'ordine di 100 anni, tranne che per il torrente Senaiga. Assai simili fra di loro sono risultati anche gl'idrogrammi registrati e calcolati con il metodo suddetto per i torrenti Noana e Cismon.

Durante la piena del novembre 1966, l'effetto laminatore dei tre serbatoi sulle portate di piena al colmo sopracitate è consistito in una riduzione delle stesse ai seguenti valori: 1290 $m^3/s$, 80 $m^3/s$, 200 $m^3/s$. Questo effetto è stato ottenuto, nei tre casi, partendo da situazioni differenti per quanto attiene alle quote d'invaso all'inizio della piena e con differenti modalità d'esercizio dei serbatoi.

Al fine di valutare l'effetto laminatore dei serbatoi in condizioni analoghe d'invaso e d'esercizio, si è ritenuto opportuno calcolare la riduzione di portata che si potrebbe ottenere nelle condizioni che corrispondono all'apertura di tutti gli

(1) L'elaborazione probabilistica è stata condotta con l'impiego del calcolatore elettronico del « Centro Elettronico di Calcolo Scientifico » dell'Università di Padova.

scarichi all'inizio dell'idrogramma di piena ed a svasi preventivi del 70%, del 40% e nelle condizioni-limite d'invaso totale o di svaso totale preventivo.

Per l'idrogramma corrispondente alla piena del novembre 1966 si ottengono, nelle quattro suddette condizioni d'invaso, le seguenti portate a valle dei serbatoi (in $m^3/s$):

| Svaso preventivo / Serbatoio | 100% | 70% | 40% | 0% |
|---|---|---|---|---|
| Corlo | 670 | 730 | 990 | 1330 |
| Senaiga | 40 | 50 | 50 | 50 |
| Val Noana | 140 | 150 | — | — |

Per l'idrogramma teorico, corrispondente alla portata di piena al colmo di frequenza probabile centenaria, si sono ottenuti, invece, i seguenti valori delle portate (in $m^3/s$):

| Svaso preventivo / Serbatoio | 100% | 70% | 40% | 0% |
|---|---|---|---|---|
| Corlo | 550 | 680 | 900 | 1220 |
| Senaiga | 250 | 380 | 500 | 590 |
| Val Noana | 120 | 160 | 190 | — |

Si può osservare che fra i valori riportati nelle due tabelle esiste una buona corrispondenza per i serbatoi di Corlo e Val Noana per i quali, come si è visto, la portata al colmo del novembre 1966 fu assai vicina a quella di frequenza probabile centenaria; le differenze che si riscontrano essendo da imputare alla diversa forma degli idrogrammi di piena.

E' da notare, ancora, che la presupposta manovra d'immediata apertura totale degli scarichi può non essere la più opportuna e che tale ipotesi può addirittura provocare, nella

fase iniziale, lo scarico a valle di portate maggiori di quelle affluenti al serbatoio (come si è verificato nel caso del serbatoio di Val Noana). Tuttavia, è ovvio che un diverso e più favorevole esercizio richiede un adeguato sistema di preannuncio e di previsione tempestivo della piena, il che non è sempre di facile attuazione nel caso di bacini idrografici di limitata estensione.

Dal confronto dei valori riportati nelle tabelle con quelli delle portate al colmo del novembre 1966 e di frequenza probabile centenaria, si osserva che, anche senza preventivi svasi, i serbatoi possono fornire un certo beneficio e che, volendo conseguire benefici maggiori (per esempio un rapporto di laminazione dell'ordine del 40% nel caso del Corlo) è necessario disporre di un volume d'invaso pari a circa il 40% del totale. Il che ripropone il problema dei costi, per mancata produzione d'energia e limitazione della potenza, che una tale soluzione comporta; la quale, a causa della limitata capacità degli esistenti scarichi profondi, è realizzabile soltanto mantenendo lo svaso previsto per tutto il periodo di probabile arrivo della piena. Uno svaso così prolungato nel tempo potrebbe essere evitato soltanto adeguando la capacità degli scarichi alla nuova funzione dei serbatoi, il che ripropone ancora problemi sia economici, per la trasformazione e la conseguente inattività dei serbatoi per un periodo prolungato, sia tecnici per la necessità di provvedere alla trasformazione in presenza della diga.

L'aumento della capacità di portata degli scarichi può comportare, d'altra parte, un aggravio della situazione dell'alveo a valle che va esaminata di volta in volta in base alle condizioni locali.

Si è infine esaminata la possibilità di regolare, mediante opportuni organi di scarico superficiale, il volume contenuto nei serbatoi al disopra della quota di massimo invaso. Questa possibilità, che consente di non incidere sull'esercizio industriale, va considerata entro i precisi limiti imposti dalle condizioni geologiche dei versanti del serbatoio e della sicurezza della struttura di sbarramento. Una tale soluzione, semprechè sia possibile per i motivi sopraddetti, comporterebbe, con riferimento all'idrogramma teorico di frequenza centenaria, le seguenti ri-

duzioni (in $m^3/s$) delle portate al colmo per sovrainvasi regolati dell'altezza di 1 m, 2 m, 3 m, 4 m:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| — Corlo | : | 280; | 420; | 530; | 600 |
| — Senaiga | : | 100; | 150; | 190; | 220 |
| — Val Noana | : | 80; | 110; | 140; | 160. |

4.8.5.2 - *Utilizzazione di nuovi serbatoi. Serbatoio di Bellotti sul torrente Vanoi.*

Le possibilità esistenti nel bacino del Brenta per la creazione di nuovi serbatoi per l'attenuazione delle piene sono state oggetto di un'indagine geologica da parte del dott. Dal Prà (1) che conclude che la località che, fra quelle esaminate, si presta in modo più soddisfacente è quella situata sul torrente Vanoi, poco a monte della sua confluenza con il torrente Cismon in località Bellotti, lungo Val Cortella (2).

Il tronco vallivo è ivi piuttosto stretto, inciso interamente nella dolomia del Trias superiore e limitato da versanti assai ripidi. A poco meno di 1 km a monte della sopracitata confluenza, il Vanoi s'insacca in una stretta forra rocciosa, profonda un centinaio di metri e larga alla base 20-50 m., dove si prevede l'imposta dello sbarramento. La gola è scavata in banchi dolomitici, aventi direzione trasversale all'asse vallivo e leggere inclinazioni verso monte.

Le condizioni statiche e di tenuta della sezione di sbarramento sono giudicate complessivamente favorevoli, data la natura della roccia e la giacitura degli strati. Unico inconveniente riscontrato è la presenza certa sulla sponda destra di un alveo sepolto. Questa particolare situazione morfologica assume im-

---

(1) Da una « Relazione geologica preliminare sul serbatoio di piena in località Bellotti (Val Cortella, Vanoi) del dott. A. Dal Prà dell'Istituto di Geologia generale ed applicata dell'Università di Padova, relazione inedita, agli Atti.

(2) La possibilità di realizzare un serbatoio a scopo idroelettrico in tale località risulta essere già stata esaminata in alcuni progetti dei quali si è presa visione presso l'Ufficio del Genio Civile di Vicenza.

portanza nel dimensionamento della diga in quanto si dovranno tenere in debito conto l'altezza del diaframma roccioso che separa l'antico tronco vallivo abbandonato dall'attuale gola epigenetica ed il suo spessore trasversale, che si assottiglia sensibilmente alla sommità. E ciò non solo per garantire la perfetta stabilità dello sbarramento, ma anche per evitare che con un invaso eccessivo si vengano a turbare le condizioni statiche, attualmente buone, dei materiali morenici di riempimento, che costituiscono una larga fascia del versante destro nella zona prevista per l'imposta.

Lo spessore del materasso alluvionale, che ricopre un substrato roccioso costituito dalla stessa dolomia affiorante sui fianchi della forra e perfettamente collegata con questa, ha un valore accertato di circa 10 m.

Per quanto riguarda i fianchi del previsto serbatoio, le condizioni di tenuta sono giudicate senz'altro soddisfacenti. Favorevole appare nel complesso anche la stabilità delle bancate dolomitiche. Dubbie, invece, sono ritenute le condizioni statiche di alcuni estesi lembi morenici, costituiti da materiali grossolani immersi in abbondante matrice limosa. La massa instabile non presenta, però, dimensioni tali da sconsigliare l'attuazione del serbatoio. Tuttavia si stima necessario verificare adeguatamente, in fase di progetto esecutivo, la pericolosità di questa situazione, onde prendere le opportune precauzioni.

Nella sezione prescelta lo sbarramento sarebbe costituito da una diga a gravità (o a gravità alleggerita), avente le seguenti dimensioni di massima:

— altezza di ritenuta sul piano dell'alveo: 75 m circa;
— lunghezza del coronamento: 125 m circa,

che diga darebbe luogo alla formazione di un serbatoio avente, in condizioni di massimo invaso, una superficie dell'area di 1,0 $km^2$ ed un volume utile di circa 13 . $10^6$ $m^3$.

E' da osservare che la località si presterebbe alla creazione di un serbatoio con un volume d'invaso di circa 33.$10^6$ $m^3$, che è parso eccedente le necessità connesse alla regolazione delle portate di piena, ma che potrebbe essere tenuto in considerazione nell'ipotesi di un serbatoio per uso misto.

Le possibilità offerte dal previsto serbatoio sono state esaminate sulla base della portata di piena al colmo di frequenza probabile centenaria e del relativo idrogramma, calcolati con la formula Giandotti-Visentini (1).

L'analisi statistico-probabilistica delle precipitazioni massime annue registrate a Caoria (1932-1964) per le durate di 1, 3, 6 e 12 ore, è stata condotta, come di consueto, con il metodo di Gumbel. Per la durata di 4 ore, pari al tempo di corrivazione calcolato sulla base delle caratteristiche fisiche del bacino, si è ricavato un valore dell'altezza di precipitazione pari a 70 mm.

La portata di piena al colmo corrispondente a detta precipitazione è risultata di 1400 $m^3/s$.

L'effetto del previsto serbatoio, sull'idrogramma di piena così calcolato, è stato valutato nell'ipotesi che il serbatoio sia dotato di ampie luci di fondo le quali dovrebbero consentire, in caso di piena eccezionale, lo scarico di una portata massima compatibile con le condizioni dell'alveo a valle e l'invaso della portata di colmo eccedente tale limite. In caso di portate non eccezionali, le luci dovrebbero consentire il flusso delle acque e, quindi, anche quello dei materiali trasportati, evitando dannosi inghiaiamenti che ridurrebbero la capacità utile del serbatoio.

Il beneficio che si ottiene con un esercizio di questo genere è risultato pari a 900 $m^3/s$ (riduzione della portata al colmo da 1400 $m^3/s$ a 500 $m/^3s$) con un rapporto di laminazione pari al 65% circa.

E' da osservare che l'esercizio di questo serbatoio consentirebbe, assieme all'utilizzazione di tipo meno oneroso dei serbatoi idroelettrici esistenti, un efficace strumento di difesa dalle piene di tutto il bacino del Brenta.

Il calcolo dei benefici che potranno essere conseguiti nel tronco vallivo del corso d'acqua con un impiego coordinato dei

---

(1) L'esame non si è potuto estendere alle portate del novembre 1966 per mancanza dei dati relativi.

quattro serbatoi potrà essere condotto con qualche conteggio, abbastanza immediato, che tenga conto del fatto che il previsto serbatoio sul Vanoi è situato a monte di quello idroelettrico del Corlo (Cismon), i cui scarichi vengono a confluire con quelli dei serbatoi, pure idroelettrici, del Senaiga e di Val Noana e con i deflussi naturali dei vari bacini secondari affluenti. Nelle varie situazioni che si presenteranno, però, nella pratica, il coordinamento delle manovre necessarie affinchè i benefici delle opere previste siano manifesti nel corso vallivo del Brenta richiederà la precostituzione di una rete di preannuncio e di previsione delle piene di particolare importanza.

Per quanto riguarda l'importo di spesa, si ritiene che esso possa essere dell'ordine di 14.000 milioni di lire, comprensivi del costo della diga e degli oneri per espropri, spostamento di un tratto di strada, e di quelli per rilievi, studi e redazione di progetti, ma non delle spese di manutenzione. Dato il carattere dell'opera, tutto l'importo è stato assegnato al 1° periodo operativo (fino al 1975).

### 4.8.6. - *Opere idraulico-agrarie e di bonifica.*

Le opere occorrenti per la sistemazione idraulico-agraria e per la bonifica delle zone di pianura sono illustrate, assieme ai relativi importi di spesa, suddivisi nei tre periodi operativi (fino al 1975, dal 1976 al 1985 e dal 1986 in poi), in una relazione predisposta dall'Ispettorato agrario compartimentale di Venezia del Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, sulla base delle segnalazioni fatte dai Consorzi di Bonifica.

Per il bacino del Brenta le opere indicate richiedono per il primo periodo operativo 5.040 milioni di lire, per il secondo 4.560 milioni di lire, per il terzo 4.050 milioni di lire, nel complesso 14.080 milioni di lire, comprensivi degli oneri per rilievi, studi e redazione dei progetti. Gli oneri indicati dalla suddetta Ammnistrazione per le spese di manutenzione durante ciascun periodo operativo, sono di 950 milioni di lire, 400 milioni di lire, 173 milioni di lire rispettivamente, in totale 1.523 milioni di lire.

### 4.8.7. - *Opere per la protezione dei litorali.*

Le opere, segnalate nella già citata relazione predisposta dall'Ispettorato Regionale delle Foreste per il Veneto del Corpo Forestale dello Stato, riguardano il consolidamento delle sabbie del cordone dunoso e la successiva forestazione.

La zona d'intervento, ricadente nelle provincie di Rovigo e di Venezia, è costituita da una fascia delimitata dal litorale adriatico ed avente una profondità di circa 300 m. Le caratteristiche del clima (precipitazioni scarse e predominanza di venti freddi o asciutti) e la salinità del terreno sabbioso impongono particolari accorgimenti nella scelta e durante lo sviluppo della vegetazione.

Le spese per le opere di consolidamento delle sabbie e di forestazione già eseguite (dal 1945 al 1968), in corso d'esecuzione, o programmate, assommano a 200 milioni di lire.

Gl'importi necessari per l'integrale sistemazione del litorale, compresi quelli per studi, rilievi, e redazione dei progetti, secondo le indicazioni dell'Amministrazione competente sono i seguenti:

| | | |
|---|---|---|
| 1° periodo operativo (fino al 1975) | : | 50 milioni di lire; |
| 2° periodo operativo (1976-1985) | : | 40 milioni di lire; |
| 3° periodo operativo (dal 1986 in poi) | : | 50 milioni di lire. |

Gli importi indicati dalla suddetta Amministrazione per le spese di manutenzione assommano a 6 milioni di lire per ciascun periodo operativo e complessivamente a 18 milioni di lire.

## 5. - CONCLUSIONI.

Le indagini condotte, con particolare riguardo alle piene, sulla situazione idrografica dei bacini dell'Agno-Guà, Berici ed Euganei, Bacchiglione e Brenta, hanno messo in evidenza un particolare aspetto del problema sul quale si ritiene opportuno richiamare l'attenzione a conclusione della presente relazione.

Tale aspetto riguarda i provvedimenti di difesa che possono essere presi in considerazione e che sono, di massima, ripartibili in tre categorie: provvedimenti a lungo termine, quali la sistemazione idraulico-forestale dei bacini montani ed idraulico-agraria dei bacini di pianura; a medio termine, quali la sistemazione delle aste dei corsi d'acqua in pianura; e, infine, provvedimenti a breve termine, quali i serbatoi ed i bacini di espansione per l'attenuazione delle piene.

I provvedimenti del primo e del secondo tipo richiedono notevole impegno di tempo e di lavoro. Il loro effetto nei riguardi delle piene si può ritenere, quando siano completati, quasi automatico in quanto la loro azione è indipendente dall'entità delle stesse e, comunque, non è possibile operare in alcun modo, al momento della piena, per una modifica delle condizioni di intervento.

I provvedimenti del terzo tipo, di più immediata realizzazione, sono, invece, strettamente legati all'entità delle piene in quanto il loro effetto è condizionato dalle caratteristiche con le quali si presenta il relativo idrogramma.

In altre parole, i provvedimenti a lungo ed a medio termine richiedono soltanto una predeterminazione dell'entità della piena, mentre quelli a breve termine richiedono anche l'ausilio di un valido sistema di preannuncio e di previsione della piena stessa.

La predeterminazione della piena, infatti, si esaurisce nella definizione di valori più o meno probabili, senza preoccupazione di come e quando essi si verificheranno; nel mentre l'esercizio dei provvedimenti a breve termine richiede la previsione delle caratteristiche dell'onda di piena nelle sue varie fasi di formazione e di traslazione.

Meglio ancora se la previsione può essere preceduta dal preannuncio della piena redatto in base ad informazioni sulla situazione meteorologica, sullo stato idrometrico dei corsi d'acqua e su quello dei terreni, ecc.

Preannuncio e previsione sono fasi di particolare importanza per un buon esercizio idraulico degli eventuali serbatoi di piena e, con particolare riguardo ai corsi d'acqua in pianura, per la tempestiva diversione delle portate dall'uno all'altro tron-

co, il che offre spesso ampie possibilità di intervento, se non per la moderazione delle piene, almeno per la protezione da esse.

Nel complesso le opere necessarie per il completamento delle sistemazioni previste nei vari bacini richiedono un importo dell'ordine di centocinquanta miliardi di lire (valutazione luglio 1969).

Va infine ricordato che le relazioni redatte per i bacini dell'Agno-Guà, Berici ed Euganei, Bacchiglione, Brenta sono accompagnate dai seguenti studi, espressamente eseguiti, che si intendono parte integrante delle relazioni stesse:

— prof. Mario CAPPELLI: « *Situazione forestale e ricostruzione boschiva dei bacini idrologici del Bacchiglione, Brenta, Agno-Guà, Monti Berici e Colli Euganei* ».

— dott. Antonio DAL PRA': « *Relazione geologica preliminare sul serbatoio di piena in località Meda lungo il fiume Astico* » e « *Relazione geologica preliminare sul serbatoio di piena in località Bellotti, lungo la Val Cortella (t. Vanoi)* ».

— dott. Antonio DAL PRA' e dott. Giuseppe MOZZI: « *Carta litologica e della erodibilità dei bacini del Brenta, Bacchiglione e dell'Agno-Guà* ».

— dott. Vittorio DE ZANCHE: « *Movimenti franosi nei bacini montani del Bacchiglione, del Brenta e dell'Agno-Guà* ».

— ing. Pier Antonio ROLLA: « *Moderazione delle piene del Brenta e del Bacchiglione mediante serbatoi* ».

Detti studi, nei loro testi originali, figurano agli Atti della Commissione.

Padova, novembre 1968; luglio 1972.

# SOTTOGRUPPO DI LAVORO PER LO STUDIO DELLA SISTEMAZIONE IDROGEOLOGICA DEL BACINO DELL'ADIGE

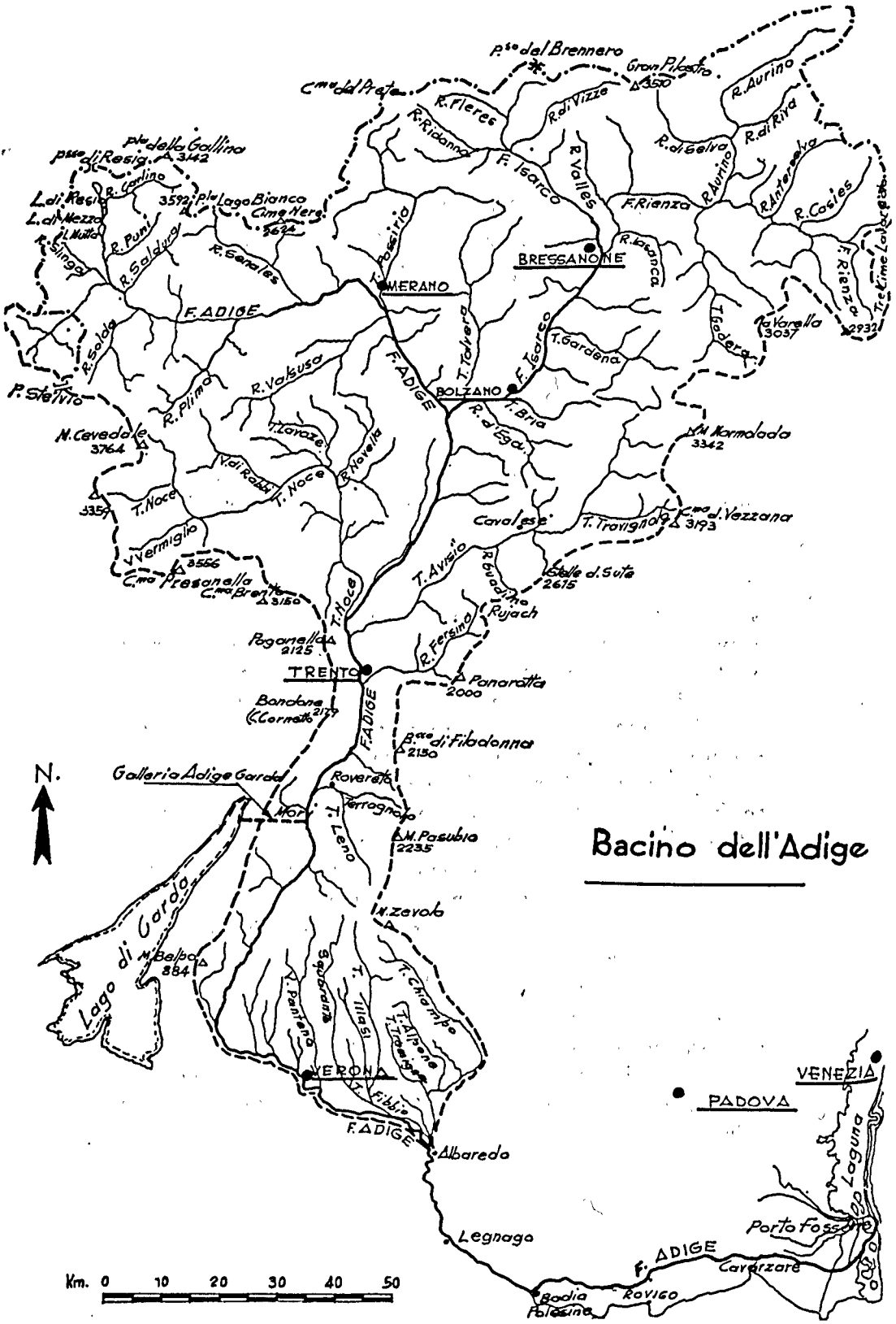
Coordinatore: Dr. Ing. Giovanni Padoan

## I - Premesse

L'Adige che per ampiezza di bacino imbrifero, circa 12.000 kmq, è il terzo fiume d'Italia dopo il Po ed il Tevere, è, tra i fiumi veneti, quello che appare più sovente nell'antica letteratura storica e geografica, specie per gli straordinari eventi di piena che nel corso dei secoli, travolgendo i primordiali ripari costruiti nei tronchi di pianura, produssero estesi allagamenti e mutarono talvolta la sede delle inalveazioni. Così avvenne nel 589, nel 950, nel 1438, nel 1567, nel 1774 e ricordiamo che il Paleocapa ha enumerato ben novanta rotte d'Adige a valle di Verona avvenute nei secoli sedicesimo e diciassettesimo, per la gran parte in sponda destra.

Nella ricerca affannosa di un riparo alle funeste conseguenze di un siffatto stato di cose, la Repubblica Veneta, che peraltro dell'Adige disponeva del solo tratto inferiore, trovandosi la quasi totalità del bacino montano in altro Stato, poneva mano a lavori per allora ed anche ora imponenti, provvedendo fra l'altro alla chiusura dei diversivi ed alla arginatura lungo l'asta del fiume.

Ma se le divagazioni dell'Adige nel suo corso inferiore cessarono con l'esecuzione dei lavori suddetti, non per questo scomparvero, in causa del maggiore contenimento delle acque nell'alveo e del progressivo innalzamento del letto, le minacce di allagamento dei territori soggiacenti in seguito alle rapide e impetuose piene che durante il diciannovesimo secolo si ve-




# Bacino dell'Adige

rificarono negli anni 1845, 1868, 1882, 1885, 1888, 1889, 1890 e nel secolo in corso negli anni 1906, 1917, 1926, 1928, 1942, 1951, 1960, 1965 ed infine nel 1966.

La più disastrosa, per le funeste conseguenze e per i danni arrecati, fu quella del settembre 1882, ancor viva nel ricordo delle popolazioni venete. Ricorderemo, affinché ci serva di monito, che durante quella piena in territorio austriaco nel tratto d'Adige fra Merano e S. Michele si ebbero 19 rotte arginali; i territori latistanti al fiume, da Bolzano a Calliano, furono inondati ed i ponti divelti o notevolmente danneggiati.

Nelle vallate degli affluenti ingenti furono i danni per allagamento di campagne ed anche di centri abitati, nonché per asportazioni di tratti di strade e linee ferroviarie.

La imponente quantità di materiali trasportati a valle dalla forza erosiva delle acque ostacolava il deflusso della piena e determinava ostruzioni e rigurgiti che aggravavano notevolmente la già precaria situazione.

Ben più gravi furono le conseguenze nei tronchi d'Adige in territorio italiano, dove le acque, attraverso il grande varco aperto in destra in corrispondenza dell'abitato di Legnago, e quelli minori in sinistra a Masi e Ca' Morosini, allagarono oltre 100 mila ettari di terreni, con altezze d'acqua sino a 8 metri, distrussero 40 grandi ponti, 2500 manufatti idraulici e 540 case di abitazione, danneggiarono oltre 8200 case, l'intera rete stradale e ferroviaria, le colture e il patrimonio zootecnico.

Il nostro pensiero si sofferma appena sulle inimmaginabili conseguenze di un evento del genere ai nostri tempi, nelle condizioni in cui si trovano attualmente i terreni soggiacenti alle piene d'Adige, dopo le imponenti opere di bonifica e di trasformazione fondiaria, dopo la costruzione di innumerevoli opere pubbliche e private, dopo l'impetuoso sviluppo dei centri urbani.

Le piene di questo secolo hanno trovato una difesa idraulica via via più efficiente in relazione alle grandiose sistemazioni realizzate; tuttavia non lievi furono talvolta i danni e viva la preoccupazione nei tronchi di pianura, dove qualche situazione di estremo pericolo fu a malapena rimediata solo grazie all'abnegazione ed ai pronti interventi del personale del

Genio Civile e delle squadre di operai addetti ai lavori tumultuari.

Ci soffermiamo più avanti sull'ultima piena, quella del novembre 1966, onde trarne proficuo insegnamento.

* * *

Circa il governo idraulico dell'Adige, la mancanza di unità di indirizzo, dovuta alla suddivisione politica nella quale si trovarono la Venezia Euganea e quella Tridentina dagli antichi tempi alla fine della prima guerra mondiale, aveva dannosamente influito sulla difesa dalle piene nei tronchi di pianura di detto fiume.

Infatti, nell'alto bacino, le opere di sistemazione ebbero essenzialmente di mira il contenimento delle piene nel tratto vallivo del corso principale, mediante la costruzione di robuste arginature, rettifiche e drizzagni dei quali ben nove vennero eseguiti dal 1820 al 1840 nell'asta tra Merano e Trento, mentre fra il 1840 ed il 1850 si eseguirono i tagli di Lindorno, Ischia e Mattarello e successivamente le rettifiche di Nomi, poco sotto Calliano e di Ischia-Tierno a valle di Sacco. Ancor più vicino a noi, negli anni dal 1896 al 1906, i lavori di rettifica e di inalveazione del fiume si estesero alla Valle Venosta.

Nel complesso l'opera di sistemazione del corso montano portava a diminuire la lunghezza del corso d'acqua di una diecina di chilometri ed a contenere la portata di piena, accelerando i tempi di propagazione dei colmi e aggravando le già infelici condizioni del tratto di pianura.

Altre opere, di non minore mole, vennero eseguite dal Genio Civile austriaco, con larga visione della necessità di una generale disciplina delle acque e della trattenuta dei materiali solidi. Si allude, in particolare, alla deviazione e prolungamento dello sfocio del Noce, eseguiti tra il 1849 ed il 1853, all'imbrigliamento del torrente Fersina, alla costruzione della serra di S. Giorgio sull'Avisio ed alla sistemazione del torrente Leno.

Nel primo quindicennio del corrente secolo veniva poi dato il massimo impulso alle opere di sistemazione idraulico-forestale che si svilupparono in tutto il bacino montano e con-

tribuirono non poco alla riduzione dei tempi di corrivazione ed alla protezione del suolo in quei bacini secondari ove dette opere potevano avere completa attuazione.

Nell'intervallo fra le due guerre mondiali, il Governo Italiano riprese e proseguì le sistemazioni idrauliche e idraulico-forestali dei torrenti che si riversano nell'Adige e nei suoi principali affluenti (Trafoi, Puni, Passirio, Aurino, Casies, San Silvestro, Noce, ecc.) e perfezionò la regolazione del corso principale.

E' di quell'epoca la costruzione della diga di sbarramento attraverso il Noce in località Rocchetta provvista di manufatto di scarico e di alleggerimento delle portate di quel torrente.

Ed è soprattutto, durante il periodo suddetto, che il Magistrato alle Acque poneva allo studio e dava inizio ad un piano di generale sistemazione dell'Adige, inteso essenzialmente ad attenuare le punte di piena lungo i tronchi di pianura, ponendo riparo ad uno dei maggiori pericoli che insidiano l'efficienza della difesa idraulica.

Di tale piano è qui da ricordare che l'attenuazione delle piene dell'Adige a valle di Mori si effettua derivando le acque del fiume, fino ad una portata massima di 500 mc/sec., nel lago di Garda a mezzo di una galleria lunga 9.873 metri da Mori a Torbole.

A tale scarico è connesso un insieme di imponenti opere, ora in avanzato corso: di regolazione del lago, quale serbatoio di acque irrigue per i territori veronesi, mantovani e polesani; di sistemazione del Mincio, emissario naturale del Garda; di estromissione della zona dei laghi di Mantova, per allontanare da detta città l'incombente pericolo che la sovrasta per effetto dei rigurgiti, lungo il Mincio inferiore, delle piene del Po; di sistemazione del grande Canale Fissero - Tartaro - Canalbianco - Po di Levante, naturale raccoglitore delle acque di scolo dei terreni fra Mincio - Po e Adige, per la bonifica dei terreni latistanti, quale vettore di acque irrigue e via per la navigazione interna.

Per la completa attuazione del piano devonsi ancora eseguire principalmente: la conca ed il sostegno della diga Masetti in Comune di Mantova; il sostegno di Trevenzuolo in Co-

mune di Serravalle Po; il completamento del canale Fissero - Tartaro - Canalbianco nelle provincie di Mantova, Verona e Rovigo. I lavori relativi richiederanno un importo globale di circa 16 miliardi di lire, escluse le opere aventi finalità di navigazione interna.

Recentemente, nella sistemazione in parola si è inserita l'idea di una ulteriore utilizzazione; vale a dire di invasare nel Garda non soltanto le punte di piena ma anche le portate d'Adige superiori a 220 mc/sec. alla sezione di Mori; riportando nel fiume, a valle di Verona, mediante apposito canale le acque invasate e regolate, così da integrare le acque di magra e consentire un notevole incremento delle disponibilità ad uso irriguo, ferma restando la portata di rispetto di 110-120 mc/sec. da lasciar defluire verso il mare, a valle di tutte le utilizzazioni irrigue. A tale schema è connesso il soddisfacimento di necessità idroviarie ed utilizzazioni idroelettriche.

Visto nelle sue linee generali, il piano di sistemazione di cui abbiamo fatto cenno rappresenterebbe un significativo esempio di utilizzazione a scopo multiplo di opere idrauliche ed è da augurarsi che, una volta rispettate le supreme esigenze della difesa idraulica e della sicurezza degli abitati lacuali, la utilizzazione stessa possa trovare un definitivo inquadramento ed avviarsi a pratica integrale soluzione.

* * *

Nel più recente periodo, dopo la seconda guerra mondiale, il Magistrato alle Acque non ha mai perduto di vista la necessità di rafforzare e perfezionare le opere di difesa idraulica dell'Adige.

Gli strumenti legislativi dei quali il detto Istituto oltre ai normali stanziamenti ha potuto avvalersi, sono essenzialmente i seguenti:

1) Legge 19 marzo 1952, n. 184, in base alla quale i Ministeri per i Lavori Pubblici e per l'Agricoltura e Foreste hanno presentato al Parlamento un piano orientativo per tutto il complesso delle opere di difesa nei corsi d'acqua naturali del territorio nazionale.

Oggetto del piano è il problema della regolazione delle acque, sia ai fini della loro più razionale utilizzazione, sia a quelli della lotta contro l'erosione del suolo e della difesa contro le esondazioni dei corsi d'acqua.

2) Legge 31 gennaio 1953, n. 68, che autorizzava la spesa di L. 17 miliardi per l'esecuzione di opere di sistemazione dei fiumi e torrenti.

3) Legge 9 agosto 1954, n. 638, che autorizzava la spesa di L. 120 miliardi per la sistemazione dei fiumi e torrenti, con riferimento al piano orientativo sopraindicato; spesa ripartita per il periodo dal 1954 al 1966.

4) Legge 25 gennaio 1962, n. 11, che ha autorizzato, per una sistematica regolazione dei corsi d'acqua naturali, la ulteriore spesa di L. 127,5 miliardi erogabili fino all'esercizio 1965-1966.

5) Legge 27 luglio 1967, n. 632, che ha autorizzato la spesa di L. 90 miliardi per la prosecuzione delle opere più urgenti di competenza del Ministero dei Lavori Pubblici nonché per l'esecuzione di opere nuove intese ad assicurare la più urgente sistemazione dei corsi d'acqua e delle difese a mare.

La stessa legge ha autorizzato la spesa di L. 110 miliardi per l'esecuzione di opere idrauliche di bonifica, di sistemazione idraulico-forestale e di sistemazione idraulico-agraria.

Si tace dei pur notevoli stanziamenti disposti per la riparazione dei danni di piena ed alluvionali; nonché per i primi interventi, solo accennando alle cospicue provvidenze disposte con i Decreti-legge 9 novembre 1966, n. 914, e 18 novembre 1966, n. 976, in conseguenza degli eventi calamitosi dell'autunno di quell'anno.

Nel bacino montano numerosi furono i lavori eseguiti: fra questi si citano, per la notevole entità e per i positivi risultati conseguiti, quello per lo spostamento a valle della confluenza dei fiumi Adige e Isarco.

Quest'ultimo fiume, per effetto delle sue preminenti portate liquide, per il notevole apporto di materie e per il suo progressivo innalzamento d'alveo, perturbava il normale deflusso

dell'Adige alla confluenza, in quanto provocava interrimenti in quel nodo idraulico, un forte rigurgito nell'Adige stesso, filtrazioni attraverso i rilevati arginali ed ostruzioni dei collettori di bonifica dei terreni rivieraschi; in poche parole, si aveva una preoccupante situazione critica nei riguardi della sicurezza idraulica.

I lavori, preceduti da studi ed esperienze su modello ed ultimati nel 1956, hanno condotto alla formazione di un nuovo ampio alveo dell'Isarco, capace di contenere una notevole quantità di materie, alla eliminazione del rigurgito provocato dall'Isarco nell'Adige e alla stabilità dei fondi alveo nel nuovo nodo idraulico di confluenza.

Nei tronchi di pianura si lavorò alacremente per rafforzare le arginature, per intercludere i passaggi d'acqua ed in generale per presidiare mediante diaframmi i tratti ove maggiormente incombeva la minaccia di sifonamento. Venne così posto riparo a delicate e preoccupanti situazioni, quali quelle di Rotta Sabbadina, di Cavarzere, del tratto terminale a valle di Cavanella.

Le opere di sistemazione idraulico-forestale sono ora nell'ambito dei bacini montani di competenza della Regione Trentino-Alto Adige, che vi attende con serietà di intenti e vi dedica il massimo sforzo consentito dai fondi a sua disposizione, avendo essenzialmente di mira il completamento delle regolazioni già iniziate e, in genere, l'attenuazione dei movimenti franosi delle pendici in disgregazione e l'imbrigliamento dei torrenti più disordinati.

* * *

Giunti a questo punto, viene fatto di chiederci come mai, dopo le grandiose opere eseguite nel corso dei secoli, l'Adige presenti tuttora pressanti problemi e minacciose incognite.

Ma non bisogna dimenticare, in linea del tutto generale, che l'umanità nel corso dell'ultimo secolo ha fatto uno straordinario cammino e che nel nostro paese la popolazione, dai 26 milioni di abitanti alla data di costituzione del Regno d'Italia,

è passata ai 52 milioni di abitanti nel 1966, con la conseguenza di modificare il naturale rapporto fra l'uomo, la terra e l'acqua.

Vaste zone un tempo lasciate libere all'espansione delle esondazioni sono state bonificate; terreni montani, un tempo totalmente coperti da boschi e da pascoli permanenti, sono stati disboscati e dissodati, condannati quindi all'erosione; nuove strade hanno inciso le pendici montane. E' sopraggiunta la rivoluzione industriale ed anch'essa ha fame di terra e porta l'insediamento umano molto al di là delle vecchie cerchie di mura cittadine e concentra la ricchezza in agglomerati urbani sempre crescenti che non possono più tollerare la minaccia dell'esondazione dei fiumi.

Anche l'Adige non si sottrae a questa ferrea legge del progresso umano che ha reso sempre più precaria la situazione di equilibrio generale delle acque ed ha influito sulle condizioni di erodibilità e sul trasporto dei materiali nell'alveo dei corsi d'acqua.

Si aggiunga che in questi ultimi anni si è resa evidente una preoccupante frequenza degli eventi calamitosi che, nella loro successione, raggiungono una entità sempre crescente.

Se consideriamo, per l'Adige a Trento, le 15 più elevate altezze idrometriche misurate dal 1882 in avanti, vediamo che 13 di esse si sono verificate nel secolo in corso e 5 dal 1960 in poi, ivi compresa la massima conosciuta.

Una tale successione e concentrazione di eventi calamitosi non può lasciarci indifferenti, e fa pensare anche ad una possibile accentuazione degli eventi stessi. Da ciò la necessità di por mano alle opere di consolidamento delle frane, della protezione del suolo, di regolazione e scolmazione delle piene, di difesa delle erosioni, di sistemazione degli alvei ove questi si appalesano ancora oggi insufficienti al contenimento delle intumescenze.

Particolare attenzione dovrà essere posta al problema della foce dall'Avisio, non ancora risolto e pur sempre in viva attualità, per la sicurezza della valle dell'Adige e della stessa città di Trento; nonché alla creazione di serbatoi da adibirsi prevalentemente all'invaso delle acque di piena, come più specificatamente si dirà innanzi.

Per l'Adige in pianura non è solo il pericolo della tracimazione che preoccupa; il male che insidia le difese arginali, e si aggrava di anno in anno, è dovuto all'enorme carico idraulico che incombe sulle campagne laterali soggiacenti anche di oltre 10 metri ai peli di piena e costituite da terreni di natura sabbiosa, ghiaiosa e comunque sciolta, attraverso i quali le acque in pressione trovano facile strada di risorgenza, con pericolo anche maggiore quando le piene siano precedute da lunghi periodi di morbida durante i quali le arginature subiscono un processo di vero e proprio rammollimento.

Perciò anche raggiungendo con l'auspicata sistemazione Adige-Garda e con l'eventuale costruzione di nuovi invasi alpini la scolmatura delle punte di piena, rimane la necessità di adeguati provvedimenti atti a rafforzare la difesa idraulica e ad aumentarne la efficienza per evitare i pericoli che altrimenti sussisteranno sempre, sia pure attenuati, durante le fasi di morbida o piena prolungate.

## II - Caratteri idrogeologici del bacino dell'Adige

### a) *Generalità*

L'Adige, che nasce da una sorgente vicina al lago di Resia, a quota 1.586, ha un bacino imbrifero di kmq 11.954, un percorso di km 409 e sbocca nel mare Adriatico a Porto Fossone.

La larghezza della sezione varia da un minimo di m 40, nel tratto Merano-Bolzano, ad un massimo di m 269 tra i cigli interni arginali al ponte di Zevio.

Le quote dell'alveo sono: a Glorenza m 920, a Merano m 294, a Bolzano m 236, a Borghetto m 118, a Pescantina m 79, a Verona m 62, a Legnago m 12, a Boara Pisani m 3,71 sul livello medio del mare, a Cavarzere m 1,23 sotto il livello medio del mare.

La pendenza del fondo, tra il lago di Resia e Borghetto (confine settentrionale della provincia di Verona) passa dal 53 allo 0,91 °/₀₀; tra Borghetto e le Bocche di Sorio la pendenza è

dell'1,3 °/₀₀, poi discende allo 0,55 sino ad Albaredo, allo 0,37 sino a Legnago, allo 0,20 sino a Boara Pisani, allo 0,19 sino a Cavarzere e 0,18 °/₀₀ nell'ultimo tronco sino alla foce.

I principali affluenti in sinistra sono:

il Carlino, il Puni, il Senales, il Passirio, l'Isarco, l'Avisio, il Fersina, il Leno di Terragnolo, il Valpantena, l'Alpone.

In destra: il Ram, il Solda, il Plima, il Valsura, il Noce.

Dalle origini a Merano la valle dell'Adige è denominata Val Venosta; da Merano a Calliano, sotto Trento, assume il nome di Val d'Adige, da Calliano alla chiusa di Verona prende il nome di Val Lagarina.

Uscito dalla Val Lagarina, e poco dopo la confluenza del Tasso che scende dalle pendici orientali del Baldo, l'Adige assume l'aspetto di fiume di pianura, incrementato solo sulla sinistra dal contributo dei Lessini, sino ad Albaredo dove è definitivamente chiuso il bacino tributario.

b) *Geomorfologia dell'alto bacino*

Le caratteristiche geomorfologiche con particolare riferimento alla idrogeologia e alla franosità dell'alto bacino dello Adige sono state oggetto di una relazione, a suo tempo presentata alla Commissione, redatta dal Prof. Giulio Antonio Venzo.

Tale relazione, è corredata da 4 tavole che riunite costituiscono tutto l'alto bacino dell'Adige compresi i grandi bacini affluenti, del fiume Isarco e del torrente Avisio.

Un riferimento a questa relazione geomorfologica si trova negli « Atti della conferenza dell'Adige » - Trento, 7-8 aprile 1967, pubblicati dalla Regione Trentino-Alto Adige.

c) *Orografia*

La dorsale spartiacque orientale è costituita dalle vedrette di Collalto (m 3.435), dalle cime di Lavaredo (m 2.998), Marmolada (m 3.342), Vezzana (m 3.193), Panarotta (m 2.000), Pasubio (m 2.235).

Nella dorsale spartiacque occidentale trovansi il gruppo Ortles-Cevedale (m 3.764), Corno dei Tre Signori (m 3.352), Presanella (m 3.556), Cima Brenta (m 3.150), Paganella (metri 2.125), Altissimo (m 2.078).

La dorsale spartiacque settentrionale del sistema montuoso dell'Adige, comprende Pallabianca delle Alpi Venoste (metri 3.736), Cime Nere (m 3.624), l'Altissima (m 3.480), Cima del Prete (m. 3.454), Croda Alta (m 3.287), Gran Pilastro (m 3.510), Sasso Nero (m 3.370), Picco dei Tre Signori (metri 3.499).

La fisionomia orografica del bacino dell'Adige è sostanzialmente caratterizzata da una grande ampiezza nelle differenze di altitudine tra i rilievi supremi, costituiti dalle creste e dalle vette dei maestosi colossi che dominano i gruppi montuosi, ed il fondo delle valli.

Tanto l'Adige, come i suoi affluenti principali, non hanno origine né scendono quindi dai culmini e dalle vette dei gruppi montani, ma da selle e valichi alpini e scendono a valle con pendenze limitate, mentre i corsi secondari sorgono alle più elevate quote e dopo breve percorso sboccano nei corsi recipienti.

Le valli minori convogliano pertanto torrenti ripidissimi e selvaggi, che dominano spesso il corso recipiente con le loro escrescenze e con voluminosi ed ampi coni di deiezione.

Masse cospicue di materiali detritici, provenienti dalla disgregazione e dissociazione dei versanti, durante le alluvioni vengono trascinate negli alvei torrentizi e recapitano poi all'Adige, provocandone il progressivo innalzamento del letto ed aumentando i livelli idrometrici di piena del fiume.

d) *Ghiacciai*

Nel bacino dell'Adige hanno sede 185 ghiacciai, della superficie di kmq 212,2, dei quali 155 alimentano il fiume nel tratto dalle origini a Bolzano ed i rimanenti 30 nel tratto a valle della confluenza dell'Isarco.

I principali ghiacciai si trovano nel gruppo della Valle

Venosta, nelle Alpi Breonie, nelle Alpi Aurine, nelle Alpi Pusteresi e nell'Ortles-Cevedale.

e) *Precipitazioni meteoriche*

La distribuzione stagionale delle precipitazioni presenta in generale le caratteristiche del tipo continentale, con un massimo nella stagione estiva ed un minimo, molto accentuato, nell'inverno.

Fa eccezione il Noce, per il quale la distribuzione delle precipitazioni è del tipo sublitoraneo, con un massimo autunnale leggermente superiore a quello primaverile.

La piovosità, relativamente bassa nella pianura, aumenta sulle Alpi Trentine, che prime si oppongono alle correnti nubilose, ed è maggiore sulle parti alte che sui fondi delle valli; verso l'interno delle Alpi, da valle a monte, lungo l'Adige, diminuisce la quantità delle precipitazioni, ma sui gruppi montuosi che fiancheggiano la valle si hanno altezze pluviometriche paragonabili a quelle pre-alpine.

Si riporta dalle effemeridi pluviometriche qualche dato caratteristico.

Silandro - periodo 1921-1966

| | | |
|---|---|---|
| media annua | 472 | mm |
| totale annuo max | 716 | mm |
| totale mensile max | 143 | mm agosto 1966 |

Cles - periodo 1921-1966

| | | |
|---|---|---|
| media annua | 887 | mm |
| totale annuo max | 1.386 | mm |
| totale mensile max | 403 | mm novembre 1966 |

Trento - periodo 1921-1966

| | | |
|---|---|---|
| media annua | 959 | mm |
| totale annuo max | 1.401 | mm |
| totale mensile max | 446 | mm ottobre 1953 |

Verona - periodo 1927-1966

| | | |
|---|---|---|
| media annua | 663 mm | |
| totale annuo max | 1.012 mm | |
| totale mensile max | 244 mm | agosto 1934 |

A Trento le massime precipitazioni giornaliere si verificarono il 28 ottobre 1959 con mm 103,8; il 16 maggio 1926 con mm 109,4; il 12 novembre 1951 con mm 111,6.

A Trento si ebbero le seguenti precipitazioni massime:

| | | |
|---|---|---|
| per 1 giorno | mm 111,6 | 12 novembre 1951 |
| per 2 giorni | mm 198,2 | 28-29 ottobre 1959 |
| per 3 giorni | mm 203,6 | 28-30 ottobre 1959 |
| per 4 giorni | mm 218,8 | 25-28 ottobre 1953 |
| per 5 giorni | mm 233,4 | 8-12 novembre 1951 |

Analogamente, a Silandro (Alto Adige):

| | | |
|---|---|---|
| per 1 giorno | mm 75,2 | 17 settembre 1960 |
| per 2 giorni | mm 103,0 | 4-5 novembre 1966 |
| per 3 giorni | mm 103,0 | 4-6 novembre 1966 |
| per 4 giorni | mm 112,3 | 17-20 settembre 1960 |
| per 5 giorni | mm 121,5 | 17-21 settembre 1960 |

ed a Cles (Noce):

| | | |
|---|---|---|
| per 1 giorno | mm 127,5 | 16 novembre 1925 |
| per 2 giorni | mm 240,0 | 15-16 novembre 1925 |
| per 3 giorni | mm 275,0 | 14-16 novembre 1925 |
| per 4 giorni | mm 290,3 | 14-17 novembre 1925 |
| per 5 giorni | mm 295,7 | 13-17 novembre 1925 |

Notevole è l'influenza, sugli alti livelli idrometrici del periodo primaverile-estivo, dello scioglimento del manto nevoso e dei ghiacciai. Le maggiori piene di tale periodo si verificano in maggio e dipendono, anche e prevalentemente, dalle piogge.

Le piogge autunnali sono in generale le più intense e danno origine a piene rapide ed impetuose.

Tra le massime altezze pluviometriche e quelle idrometriche vi è un evidente parallelismo.

f) *Idrometria e deflussi*

Vengono qui riportate le caratteristiche idrologiche per tre diverse sezioni dell'Adige, desunte dagli elementi determinati dall'Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque:

Adige a Ponte Adige: bacino di dominio kmq 2.642; coefficiente di permeabilità 21,8%, aree glaciali 4,1%.

Altezza idrometrica massima m 5,28 il 3 settembre 1965.

Nel periodo 1926-1949: portata media mc/sec. 60,5; afflusso meteorico annuo mm 754; deflusso annuo mm 724.

Adige a Trento: bacino di dominio kmq 9.763; coefficiente di permeabilità 37,0%; aree glaciali 2,2%.

Altezza idrometrica massima: m 6,30 nel novembre 1966.

Nel periodo 1921-1943: portata media mc/sec. 220; afflusso meteorico annuo mm 873; deflusso annuo mm 712.

Adige a Boara Pisani: bacino di dominio kmq 11.954; coefficiente di permeabilità 43,9%; aree glaciali 1,8%.

Altezza idrometrica massima: m 3,99 nel novembre 1928.

Nel periodo 1923-1949: portata media mc/sec. 246; afflusso meteorico annuo mm 905; deflusso annuo mm 649.

La portata di massima piena è stata valutata da diversi studiosi che hanno trovato valori discordi.

Si può presumere però, con un certo fondamento, che la massima portata virtuale del 1882 a Trento sia stata all'incirca di mc/sec. 2.500 e che già una portata di mc/sec. 2.000 nella stessa località assuma una entità catastrofica.

In seguito a rilievi di velocità superficiale in corrispondenza al colmo della piena del 1928, la portata massima fu stimata in mc/sec. 1.600 a Trento e mc/sec. 1.650 a Boara Pisani; e si tratta, anche in questo caso, di valori assai elevati.

Nella piena del novembre 1966 le portate massime, determinate con larga approssimazione, sono: di 800-900 mc/sec. per l'Isarco alla confluenza con l'Adige; di 1.100-1.200 mc/sec. per l'Avisio; di 200-250 mc/sec. per il Fersina; per l'Adige la portata massima si è avuta a Trento con mc/sec. 2.600 circa; a Verona il valore calcolato è stato all'incirca di mc/sec. 2.100.

La differenza tra queste due ultime portate dipende in gran parte dalla scolmazione dell'onda di piena da parte del diversivo Adige-Garda.

La velocità di propagazione dei colmi di piena varia, come è evidente, entro larghi limiti; dipende dalle condizioni idrometriche preesistenti e dalla morfologia di ogni onda.

I dati pongono in evidenza l'andamento pressoché torrentizio della fase ascendente dell'onda di piena, i cui incrementi orari raggiungono a Trento e talvolta oltrepassano il valore di cm 30 ed a Boara Pisani i cm 40.

L'intervallo di tempo fra i colmi di Trento e di Boara Pisani è in media di 28 ore e la velocità media oraria di propagazione si aggira sui km 7,3.

Nella piena del novembre 1966 l'intervallo suddetto fu di 36 ore, ma il dato è fortemente influenzato dagli scarichi delle portate dell'Adige in Garda attraverso la galleria Mori-Torbole.

## III - Recenti eventi idrologici di eccezionale entità

Nel novembre 1966 si verificava in buona parte del territorio nazionale un evento meteorologico a carattere di assoluta eccezionalità, durante il quale i fattori che sono all'origine del fenomeno (meteorologici e pluviometrici) producevano situazioni ed intensità di precipitazioni superiori ai massimi sinora conosciuti.

Ne sono seguite piene in numerosi corsi d'acqua che hanno fatto registrare valori dei livelli idrometrici e delle portate assai elevati ed in molti casi superiori, e sensibilmente, a quelli precedentemente osservati.

Le conseguenze dell'evento sono state disastrose: franamenti, tracimazioni e rotte hanno provocato vastissimi allagamenti, asportazione di strade e ponti, interruzioni stradali e ferroviarie, enormi danni alle opere idrauliche, oltre alla dolorosa perdita di vite umane.

Par giusto dare in questa sede un sia pur sommario cenno di così fatto tragico evento, le cui conseguenze hanno indubbiamente una sensibile ripercussione sui piani di sistemazione idraulica e di difesa fluviale.

Una descrizione, ampiamente documentata, della piena dell'Adige nel novembre 1966 è stata fatta a cura dell'Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque, con raffronti alle precedenti piene.

* * *

Il mese di ottobre 1966 si era chiuso con una notevole invasione di aria fredda che aveva interessato tutta la Penisola, determinando un abbassamento generale di temperatura, all'incirca di 10°.

Questa invasione di aria fredda aveva lasciato sulle nostre regioni settentrionali un vortice ciclonico che, pur colmandosi lentamente, si era andato però allargando fino ad interessare il basso Tirreno ed il Mediterraneo centrale.

Dopo un breve intervallo di stasi ed ampie schiarite, il vortice aveva continuato a richiamare dal Mediterraneo centrale e dall'Africa settentrionale masse d'aria relativamente calde.

Queste iniziarono il cammino lungo la penisola, con un notevole rialzo della temperatura specie sul versante tirrenico, determinando quello che un meteorologo giustamente ha definito il « montaggio » della macchina termica che, rinforzandosi notevolmente nella giornata del 3 novembre, doveva scatenarsi nella notte fra il 3 ed il 4 e soprattutto al mattino di quest'ultimo giorno.

Infatti, un aumento particolarmente intenso della pressione sulla regione atlantica (con un massimo di 1.040 mb) da un lato, e un altrettanto forte aumento della pressione sull'Europa orientale (massima 1.040 mb) dall'altro, determinavano insieme due flussi d'aria forti e contrastanti; l'uno da nord di aria fredda attraverso la Francia e la Penisola Iberica, l'altro da sud di aria calda dalla Libia attraverso il Mediterraneo centrale e lungo la nostra Penisola sino verso il Baltico.

Le due correnti fredda e calda, rispettivamente da nord e da sud, venivano in contrasto lungo una linea che, all'ingrosso, dalla Danimarca attraverso l'Europa centrale, toccava le Alpi, passava tra la Sardegna e le Baleari e finiva all'interno dell'Algeria.

Questa linea di contrasto si è andata lentamente spostando, sulla zona mediterranea, in direzione est verso la Sardegna e quindi lungo le coste della Penisola, che ha toccato a mezzogiorno del 7 novembre, e dall'Algeria si è spostata verso la Tunisia e la Libia.

Nel frattempo si sviluppavano, appunto per i contrasti termici e dinamici delle due correnti, tre centri ciclonici distinti, il primo sull'Europa settentrionale, il secondo sul Mar Ligure e l'alto Tirreno, il terzo sul Canale di Sicilia. Donde un rinforzo generale del vento, che superava nelle raffiche i 100 km/ora, ed estesi e compatti annuvolamenti accompagnati da precipitazioni continue ed intense, soprattutto dove le masse calde e umide di provenienza meridionale venivano forzate ad ascendere dai sistemi orografici.

Continuando lo spostamento della linea di contrasto verso est, si aveva una progressiva attenuazione del fenomeno.

Esaurita la sua violenza, il ciclone stazionante da due giorni sul Golfo Ligure, si dissolveva verso sud-est dirigendosi sull'Africa nord-orientale.

A Venezia il barometro da mm 769 nelle prime ore del 3 novembre era sceso a mm 743 nel pomeriggio del 4 per poi risalire il 6 novembre ai precedenti valori sui 770 mm.

Da notizie fornite dal benemerito Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque risulta che le precipitazioni ebbero una durata media complessiva, nelle Venezie, di 36 ore circa, con inizio verso le ore 7 antimeridiane del giorno 3 e termine verso le ore 19 del giorno 4.

Caratteristica particolare di dette precipitazioni è stata la loro continuità per tutto il periodo, nonché il progressivo aumento della loro intensità, per cui valori medi orari sono passati da 9,2 mm per l'intero periodo a 21,3 mm per le ultime 3 ore.

Sempre nell'ambito delle Venezie, si sono registrati, nel periodo di 36 ore, mm 490 circa a S. Croce sul Lago (bacino del Piave) e mm 330 ad Asiago (bacino del Bacchiglione).

I massimi valori pluviometrici misurati nei giorni 4 e 5 novembre (le misure, come è noto, vengono effettuate al mattino) si sono avuti a S. Francesco (Tagliamento) con mm 524, a Diga Cellina (Livenza) con mm 712, a Bosco Consiglio (Piave) con mm 596.

Nel bacino dell'Adige le piogge, pur non raggiungendo i quantitativi precedentemente indicati, toccano tuttavia valori che, in relazione al regime pluviometrico di quella zona, hanno eccezionale entità.

A S. Pancrazio (Valsura) nei giorni 4 e 5 si ebbero 193 mm; a Selva dei Molini (Aurino) per lo stesso periodo 251 mm; a Cles (Noce) 168 mm; a Denno (Noce) 197 mm; a Cadino di Fiemme (Avisio) 231 mm; a Paneveggio 316 mm; a Piazza (Terragnolo) 238 mm; a Folgaria 210 mm.

Considerando il periodo di precipitazioni dal 3 al 7 novembre, si nota a Forni Avoltri (Tagliamento) la precipitazione totale di 502 mm corrispondenti al 37% della piovosità annua; a Caoria (Brenta) 310 mm, pari al 23%; a Naturno (Adige) mm 120, pari al 25%; a Cles (Adige) mm 229 pari al 25%; a Merano (Adige) mm 159, pari al 23%; a Trento (Adige) 175 mm, pari al 19%.

La insolita continuità e progressiva intensità delle precipitazioni ha provocato una unica onda di piena che ha raggiunto il massimo livello il 4 novembre, superando all'idrometro di Bassano sul Brenta ed a quello di Trento sull'Adige i livelli osservati nella piena del 1882.

In relazione alle diverse quantità di precipitazione misurate nei vari bacini secondari dell'Adige il comportamento del fiume fu diverso nei singoli tratti.

In particolare, la piena nel tratto superiore sino alla confluenza dell'Isarco, fu alquanto inferiore ai valori massimi raggiunti nel settembre 1965.

Nei tronchi inferiori, in relazione al notevolissimo apporto dell'Avisio e del Noce ed alla concomitanza dei colmi di piena di tali due affluenti, la piena raggiunse valori assai elevati

ed a Trento superò il massimo del settembre 1882 (6,11 metri) raggiungendo metri 6,30 alle ore 22 del 4 novembre.

Lungo il tratto fra Trento e Rovereto si verificarono, in dipendenza della straordinaria altezza raggiunta sul fiume, ben 11 rotte.

Durante la piena ha funzionato la galleria scolmatrice dall'Adige al Garda, venendosi a sottrarre 67 milioni di mc al fiume e deprimendo conseguentemente l'onda di piena a valle; talché l'altezza idrometrica raggiunta a Boara Pisani fu di metri 3,06 alle ore 10 del 6 novembre, contro il livello massimo conosciuto di 3,99 m.

La gravità dell'evento venne accentuata dal fatto che nei mesi precedenti copiose erano state le precipitazioni e che in particolare nell'agosto si era verificata una notevole intumescenza, dimodoché i terreni si trovavano in istato di saturazione. Inoltre durante la piena si sciolsero in buona parte le nevi cadute nel periodo immediatamente precedente.

Tali fattori, oltre a quelli di natura geologica, hanno favorito i numerosi ed estesi movimenti franosi verificatisi nei bacini montani.

In poco più di sei anni, dal settembre 1960 al novembre 1966, l'Adige ebbe a subire ben 4 forti piene, che a Trento (dove il massimo conosciuto era di m 6,11) raggiunsero le seguenti altezze idrometriche:

| | | |
|---|---|---|
| settembre | 1960 | 5,79 m |
| settembre | 1965 | 6,05 m |
| agosto | 1966 | 5,34 m |
| novembre | 1966 | 6,30 m |

Appare pertanto necessario, e ne abbiamo già parlato nel primo capitolo, richiamare l'attenzione su di un fenomeno resosi evidente in questi ultimi anni e cioè sulla preoccupante frequenza degli eventi calamitosi che, nella loro successione, raggiungono una entità sempre crescente.

Sempre in base a dati forniti dall'Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque, considerando le precipitazioni massime di tre giorni consecutivi, ne risulta il progressivo accentuarsi

durante il periodo dal 1921 al 1966. In particolare, a Cavalese su 30 casi critici, 16 di essi sono stati osservati negli ultimi 16 anni e fra essi figurano il primo ed il secondo caso verificatisi rispettivamente nell'agosto 1966 e nel novembre 1966. A Cles 14 casi si sono verificati negli ultimi 16 anni e le precipitazioni del 1965 e del 1966 occupano il terzo ed il secondo posto.

A tali ricorrenze pluviometriche fanno riscontro analoghe frequenze delle intumescenze fluviali.

E' doveroso pertanto prendere nella più seria attenzione una tale concentrazione di eventi calamitosi e di pensare anche ad una possibile accentuazione degli stessi, quando, per esempio, per sfavorevoli circostanze si avesse la contemporaneità di intense precipitazioni in tutti i bacini secondari del fiume che ci interessa.

* * *

Quali insegnamenti possiamo trarre dalla recente piena?

Passiamo all'uopo in rassegna alcuni fondamentali fattori, e per primo quello meteorologico.

Profonde analogie si avvertono annualmente nelle perturbazioni del periodo settembre-novembre, cioè in quelle che si verificano tra la fine dell'estate ed il tardo autunno.

A volte, al primo discendere di masse fredde dalle zone scandinave, si determina una zona ciclonica sul Mediterraneo occidentale e la Penisola Iberica che richiama masse calde dall'Africa, a guisa di baluardo contro l'anticiclone nordico.

Il centro di bassa pressione si nucleizza generalmente sulle Baleari per spostarsi poi sul Golfo Ligure.

Per il carattere rotatorio nel senso antiorario delle correnti cicloniche, si sviluppano venti meridionali sciroccali accompagnati da profonde perturbazioni meteoriche; le Venezie, che si trovano spesso in posizione tale rispetto al centro della zona ciclonica da essere dominate dai venti meridionali, vengono investite da masse d'aria calda e umida con conseguenti piogge abbondanti.

Ma il meteorologo che vede preannunciarsi, formarsi e svilupparsi una situazione foriera di tempeste ed alluvioni, non può, almeno per ora, definirne a priori l'entità.

Una cosa è constatare una perturbazione atmosferica, un'altra è prevedere tutte le sue conseguenze. Se è possibile determinare la massa di umidità che si trova nell'atmosfera, non è altrettanto possibile calcolare il volume delle piogge, che dipende da troppi fattori-variazioni della temperatura e del vento, moti ascensionali lungo le pendici montane ecc. ecc.

Sta di fatto, comunque, che la meteorologia affina sempre più i suoi mezzi di indagine ed è a sperare che in un non lontano avvenire possa essere di ausilio determinante nella previsione delle piene. Allo stato, essa può dare almeno un segnale generico di allarme che serva a mettere in guardia il servizio di difesa idraulico ed è quindi auspicabile un più stretto contatto fra il servizio suddetto e quello meteorologico.

Passando ora ad altri fattori d'ordine idrologico, viene fatto di pensare alla necessità di un sistema rapidissimo (via radio o via telefono a priorità assoluta) di raccolta di osservazioni effettuate durante i periodi di piena, a brevi intervalli di tempo, da stazioni pluviografiche e idrometriche, non numerose ma ben scelte, in modo da dare con buona approssimazione la situazione media dell'intero bacino e da fornire elementi di giudizio sull'entità dell'evento.

Sarà questa una organizzazione costosa ma non impossibile; d'altra parte con piene a rapido decorso come quelle che si verificano lungo l'Adige si impone uno speciale sistema di ricezione, elaborazione e segnalazione di dati che faccia evitare qualsiasi ritardo di tempo e dia agli Uffici del Genio Civile una visione esatta e immediata del susseguirsi dei fenomeni: precipitazioni e variazioni idrometriche, e consenta di adottare le conseguenti misure di emergenza.

Per il bacino montano dell'Adige si pensa che la sede del centro di raccolta potrebbe naturalmente trovarsi presso la Sezione Idrografica di Trento, adeguatamente potenziata nel personale e nei mezzi per affrontare i compiti suddetti.

Tale organizzazione è stata già iniziata con teleidrometrografi facenti capo al Magistrato alle Acque.

Passando infine al servizio di difesa inteso nel senso più generale, non limitato cioè alla sola tutela delle opere idrauliche di 2ª categoria, diremo che l'esperienza dell'evento calamitoso del novembre 1966 ha fatto emergere le condizioni di dissesto idrogeologico del bacino montano dell'Adige, causa non prima ma sempre determinante dell'accentuazione dei colmi di piena.

Non si dimentichi che all'idrometro di Trento dalle ore 13 alle ore 14 del 4 novembre il livello ha subito un aumento di m 1,21, pari ad un incremento di portata di circa 500 mc/sec., quando già insoliti sono da ritenersi incrementi orari dell'ordine di 30 cm, pari a circa 100 mc/sec.

Si osserva, inoltre, che il colmo a Trento, di 6,30 m alle ore 22 del giorno 4, superò di 25 cm quello di 6,05 m raggiunto nella piena del settembre 1965, e ciò nonostante il ridotto apporto del bacino del Noce, sotteso alla diga di S. Giustina, nel cui serbatoio venne provvidenzialmente raccolto, mercè oculate manovre disposte dal Genio Civile di Trento, un volume complessivo di circa 12 milioni di metri cubi.

L'apporto suddetto, qualora non fosse stato trattenuto nel serbatoio, avrebbe ulteriormente elevato l'altezza a Trento, sempre che fosse stato possibile contenere un tale carico di acqua, o avrebbe accentuato i danni per sormonti e rotte arginali. Esso si sarebbe anche ripercosso con sfavorevoli effetti nei tratti di pianura dell'Adige.

A valle di Trento i confluenti in Adige, specie quelli di sponda sinistra — Rio Valsorda, Rio Cavallo e numerosi altri — hanno raggiunto portate del tutto eccezionali e opere di difesa, che avevano resistito alle ingiurie del tempo e ad altre piene pur notevoli, sono state travolte dall'onda di piena che ha divelto numerose briglie, riversandosi in Adige con violenza inaudita.

In particolare, si reputa che il torrente Leno, che attraversa Rovereto dopo avere raccolto nell'asta terminale i due rami superiori del Terragnolo e della Vallarsa, sia entrato in Adige con una portata superiore a 300 mc/sec.

Si reputa altresì che inusitate proporzioni siano state assunte dal fenomeno di trasporto dei materiali lungo le aste dei corsi d'acqua e lo dimostrano le voragini e le profonde incisioni operate sulle pendici e sui vecchi alvei dagli affluenti dell'Avisio a valle dello sbarramento di Stramentizzo. Il solo Rio Predisella avrebbe, secondo il Genio Civile, riversato in Avisio circa 800.000 mc di materiali ed oltre 1.000.000 di mc sarebbe stato l'apporto solido del Rio Val delle Seghe.

Ma l'imponenza del fenomeno può ripetersi per la gran parte dei bacini montani, dalle origini dell'Adige al suo sbocco in pianura, e quindi sarà quanto mai opportuno istituire una apposita indagine allo scopo di avere precisi elementi di valutazione dei materiali portati a valle nonchè di quelli che si trovano ancora in equilibrio instabile lungo le pendici montane e gli alvei dei corsi d'acqua.

Ponendo a confronto i dati idrometrici di piena (calcolata) del 1882 con quelli della piena del 1966 si ottiene

| Anno | Trento | Verona | Legnago | B. Pisani | Deflusso derivato in Garda $10^6$ mc |
|---|---|---|---|---|---|
| 1882 | 6,11 | 4,50 | 3,00 | 3,24 | — |
| 1965 | 6,05 | 1,55 | 2,07 | 3,06 | 71 |
| 1966 | 6,30 | 2,52 | 2,73 | 3,06 | 64 |

Tali dati mettono in chiara luce il benefico effetto della apertura della galleria Mori-Torbole sul decorso delle piene a valle e sulla attenuazione dei colmi. Tale effetto è tanto più rilevante lungo il tratto d'Adige da Mori fin oltre Verona ed ha costituito nel 1966 la salvezza della città stessa di Verona, dove la piena del 1966 non avrebbe potuto altrimenti essere contenuta. Infatti con un'altezza idrometrica di m 2,52 il pelo d'acqua ha raggiunto un'altezza di poco inferiore alla base del parapetto che sovrasta i muraglioni.

Lungo i tronchi inferiori dell'Adige, ed in particolare da Borghetto a Verona, il rilevante trasporto di materiale solido ha prodotto in qualche sito considerevoli depositi che hanno sensibilmente ridotto la sezione liquida.

La piena del novembre 1966 ha ancora dimostrato la urgente necessità di dare la più rapida attuazione al complesso delle opere che renderanno completamente funzionante il sistema Garda-Mincio-Po-Tartaro. Ciò perchè, in caso di piena prolungata dell'Adige, non si potrebbe far funzionare, oltre i limiti raggiunti lo scorso anno, la diversione Adige-Garda senza serie conseguenze per il bacino lacuale il quale, non bisogna dimenticarlo, deve anche recepire contemporaneamente gli apporti del bacino proprio Sarca-Garda.

In altri termini, il manufatto scaricatore di Salionze dovrà essere posto in grado di far defluire a valle la massima portata di cui è capace onde poter contenere i livelli del Garda nei limiti di sicurezza in caso di piene eccezionali. Meglio ancora se si porrà allo studio la possibilità di elevare le portate massime di scarico a Salionze.

* * *

In buona sostanza la piena del novembre 1966 ha fatto emergere le precarie condizioni dei corsi torrentizi del bacino dell'Adige, per i quali si impone una radicale sistemazione, oltre ad ogni altro intervento diretto a consolidare il suolo.

E' risultato altresì necessario porre attenzione al corso primario del fiume in tutto il suo tratto.

La situazione idraulica impone altresì di pensare alla creazione di bacini di ritenuta atti a scolmare in modo sensibile le piene che di anno in anno si presentano sempre più minacciose nei tratti arginati, ormai incapaci a contenerle.

E poichè si tratta di provvedimenti di ingente costo ed a largo respiro, con effetti che non possono che proiettarsi in un tempo non breve, sia lecito pensare alla necessità di predisporre oculatamente misure di estrema emergenza per contenere in limiti ragionevoli gli inevitabili danni. Queste provvidenze,

da adottarsi in casi disperati, non debbono considerarsi a priori impossibili, anche se si trattasse di stabilire delle zone da destinare alla libera espansione delle acque di piena.

## IV - Opere di sistemazione idraulico-forestale e idraulico-agraria nei territori montani

Nell'alto bacino dell'Adige, compreso nelle provincie di Bolzano e di Trento, la sistemazione idraulico-forestale é stata iniziata in epoca ormai lontana e continua ad opera della Regione secondo una tradizione ed una tecnica fra le più perfezionate, alla cui evoluzione hanno contribuito, per non parlare che degli scomparsi, eminenti personalità quali il Duile, il Morandi ed il Bresadola.

L'esperienza delle ultime eccezionali intumescenze ha dimostrato quanto sia stata perniciosa per tutto il corso dello Adige, dalle origini sino allo sbocco in mare, la mancanza di massicci interventi nei bacini montani; onde non è azzardato ammettere che il denaro che sarà impiegato per le opere di sistemazione idrogeologica sarà pur sempre investito col più alto coefficiente di rendimento.

Altra questione non di carattere tecnico ma sociale è quella dello spopolamento delle valli.

Quando la gente se ne va, ha detto giustamente uno degli amministratori regionali, vengono a mancare le opere minute di regolamentazione e di discesa delle acque al piano attuate dai montanari, per cui le forti piogge provocano lo sradicamento delle alberature, e quindi caos e ulteriori distruzioni. Deve essere quindi affrontato anche questo problema sociale, di fermare l'esodo umano che prelude alla rovina della montagna.

Sta di fatto che la terra vuole essere curata, sotto tutti gli aspetti ed in tutti i suoi punti, mentre nell'ultimo scorcio di tempo o la abbiamo trascurata o del tutto abbandonata.

Ricorda il Passerini che nella parola « difesa » meglio

« difesa attiva » è implicito il concetto di azione preservatrice e conservatrice di ciò che di buono, di utile, il suolo possiede; miglioratrice (attivatrice) invece, delle sue congenite e acquisite possibilità o capacità di generare benefici.

I più vistosi fenomeni regressivi della stabilità e produttività del suolo sono costituiti dalla erosione, dal trasporto e sedimentazione dei materiali, dalla sommersione e saturazione idrica del suolo, dall'impoverimento idrico del suolo per siccità estiva.

Nonostante siano molti i fattori meteorici che intervengono ora pro, ora contro la efficienza statica e produttiva del suolo, quello che tiene posto preminente è l'acqua. E' infatti l'acqua che, se troppa, è causa, ad un tempo, predisponente e predominante dell'erosione, dell'interrimento degli alvei, della sommersione dei terreni, dell'eccessiva umidità; se è poca è pur causa, ad un tempo, predisponente (contrazione di volume e crepacciamento) dell'erosione o comunque della stabilità del suolo e determinante di condizioni avverse rispetto alle esigenze fisiologiche delle colture.

Da ciò la necessità di agire sul suolo con opere tali da assorbire, con ogni possibile rapidità, la massima quantità di acqua; da cedere rapidamente quella dannosa e trattenere invece quella utile; da opporsi a che l'acqua di circolazione superficiale (cioè quella che durante le massime precipitazioni non può essere assorbita) produca erosioni, trasporto di materiali solidi, esondazioni.

Tali interventi potranno essere di due specie: intensivi ed estensivi.

I primi, detti anche di base, o di fondo, comprendono in genere quelle opere che si effettuano entro gli alvei dei corsi d'acqua, quali soglie e briglie, per diminuire la pendenza del fondo e la velocità dell'acqua, difese radenti e sporgenti, arginature. Ma altre opere possono rientrare in questa categoria, quali le colmate, gli impianti idrovori, ecc.

I secondi, detti anche di « superficie », costituiscono le « sistemazioni idraulico-agrarie ». Essi hanno per fine il consolidamento dei terreni instabili e la moderazione della velocità,

e quindi dell'azione erosiva, delle acque che li percorrono. Le opere consistono nel rimodellamento di pendici in fase erosiva o nella riduzione di pendici (colmate di monte, terrazzamenti), nel consolidamento (palificate, viminate); nella formazione di organi emuntori-collettori della circolazione idrica superficiale e sotterranea (cunette, cunettoni, drenaggi); nella modificazione e stabilizzazione della struttura agronomica del suolo (lavorazioni, emendamenti, concimazioni, irrigazioni ecc.) ai fini del rimboschimento, del pascolo e delle colture agrarie.

E' evidente che sistemazioni di tal genere, che in certi casi possono arrivare molto vicino ad un costo di 10 milioni di lire per ettaro, non possono essere eseguite che con adeguati contributi statali, nella visione della stretta correlazione tra le opere in parola e quelle di sistemazione dei corsi di acqua maggiori e di difesa delle loro piene.

E' auspicabile, che anche in Italia si ponga allo studio l'influenza delle opere di sistemazione suddette e specialmente del bosco, sul regime dei corsi d'acqua, assumendo un certo numero di piccole unità idrografiche a caratteristiche diverse ma ben definite — quali si possono trovare nel bacino dell'Adige — e sottoponendole ad attente misurazioni degli elementi meteorologici ed idrologici e delle condizioni pedologiche e idrologiche.

In ogni caso sarà opportuno ricordare le parole scritte oltre un secolo addietro da Duile: « Il mezzo più eminente per l'addomesticamento dei torrenti consiste nella ricostituzione del bosco in tutte quelle località ove sia stato abbattuto, nello stesso modo che per prevenire la formazione dei dannosi torrenti ci si deve attenere alla massima di evitare assolutamente il disboscamento delle pendici del monte che scendono verso valle, per cui scorre il torrente, o per lo meno di provvedere ai tagli con i maggiori possibili riguardi, tenendo conto della peculiare natura dei terreni ».

Anche se non sempre il disordine idrogeologico proviene dall'umidità del suolo, ma è dovuto a violenti fenomeni erosivi facilitati dalle condizioni stratigrafiche e litologiche sfavorevoli dei terreni, il monito del Duile mantiene pur sempre la sua efficacia.

Più recentemente il Susmel, riferendosi alle numerose positive esperienze svolte all'estero, saggiamente ammonisce: « Sarà compito dei tecnici superare le difficoltà che la degradazione dell'ambiente fisico oppone alla restaurazione forestale, sceverando l'un caso dall'altro. C'è spazio abbastanza e più ancora ce ne sarà. Al punto in cui siamo, il ritorno del bosco su tutta la montagna è inconcepibile: ma il riassetto di quello superstite ed il recupero con accorta scelta delle aree rifiutate dall'agricoltura, ben articolati con le sistemazioni, e, in pianura, con le opere idrauliche, sarebbero le più solide garanzie ad un successo ambito da secoli ».

Lo stesso prof. Susmel nella memoria « Sull'azione del bosco nella difesa contro le piene » fa conoscere in sintesi il pensiero e le esperienze dei selvicoltori circa l'azione che il bosco esercita in difesa del terreno, sia contenendo l'erosione, sia dando alle acque un regime più ordinato. Il problema viene considerato in rapporto non tanto all'azione in generale del bosco, quanto al caso di eventi idrologici eccezionali, ed appaiono chiaramente i principi cui si ispira la selvicoltura che considerando il bosco come sistema integrato suolo-soprasuolo stabilisce i limiti in cui l'intervento dell'uomo deve essere contenuto per non produrre danni irreversibili, scatenando una serie di conseguenze dannose, e indica i procedimenti tecnici per mantenere un equilibrio soddisfacente, senza rinunciare alla utilità che il bosco può fornire per via diretta (legname) e per via indiretta (difesa del suolo e azione regimante, funzioni igieniche ed estetiche).

Dopo alcuni cenni sulle proprietà fisiche dei suoli forestali la memoria passa a trattare della penetrazione e ripartizione dell'acqua concludendo che la velocità di infiltrazione della acqua nei suoli forestali di buona qualità è di parecchie volte superiore a quella che si verifica nei suoli degradati e nei terreni agrari, e riporta i risultati di numerose indagini ed esperienze.

Secondo il Susmel nella regione Trentino-Alto Adige il bosco, contro ogni apparenza, soffre estesamente, in maggiore o minor grado, di alterazioni suscitate dall'uomo; solo localizzatamente, su non ampie superfici, conserva ancora, dove i pri-

mitivi caratteri sono meno modificati, buone attitudini alla protezione e alla produzione. L'alterazione riguarda, come altrove sulle Alpi, soprasuolo e suolo: nel primo consiste in profonde modificazioni della composizione floristica, della densità e della struttura, e si ripercuote anche negli strati arbustivo ed erbaceo con cambiamenti spesso sostanziali di composizione di densità e di stratificazione; nel secondo (suolo) si hanno congiuntamente modificazioni più o meno incisive, in forza di erosioni del profilo e di degradazioni strutturali.

Fuori del bosco, nell'area dei pascoli e dei seminativi, la situazione, sempre sotto l'aspetto idrologico, è di regola anche meno rosea.

Nota perciò il Susmel che in tale stato di anormalità del sistema suolo-soprasuolo non è lecito attendersi che il bosco svolga come dovrebbe le sue funzioni. Nella attuale situazione il bosco può anche difendere discretamente contro l'erosione del suolo, ha invece uno scarso potere nella moderazione del deflusso idrico.

La memoria suddetta tratta poi dei danni prodotti dalla recente alluvione e riporta in una apposita tabella dati molto significativi sui movimenti franosi, accertati in numero di 4.751, di cui 1.528 in bosco e 3.223 fuori bosco, con una superficie complessivamente investita di 869 ettari, di cui 410 ettari di bosco e 459 fuori bosco.

Auspica il Susmel che i tecnici di tutte le specialità, ridando efficienza al suolo e sistemando idraulicamente le aree agricole, collaborino per creare un sistema coordinato, in grado di assicurare sufficiente stabilità fisica alla montagna e sicurezza al fondo valle ed alla pianura. Non dovrà dimenticarsi che la vera forza del bosco non consiste tanto nella difesa offerta dagli strati della vegetazione (intercettazione) quanto nella velocità di infiltrazione dell'acqua e nel suo immagazzinamento entro il suolo. Un buon terreno forestale possiede proprietà idrologiche nettamente superiori a qualunque altro, perchè provvisto in generale di una velocità di infiltrazione e di una capacità idrica notevolmente più alte rispetto ai suoli forestali erosi e degradati, a quelli di pascolo ed ai terreni agrari.

Anche rimanendo perplessi di fronte a certi dati di prova della capacità immagazzinatrice delle acque di pioggia da parte del bosco, riteniamo che non vi sia dubbio sull'azione benefica della foresta sul regime delle acque e che si debba pertanto restituire la consistenza del bacino ad uno stato più equilibrato dell'attuale.

Nella progettazione ed esecuzione delle opere di sistemazione montana non si abbia paura, ove occorra, di tornare ai tipi ed ai materiali tradizionali. Dopo tutto, legname (purchè non si sprechi) e pietrame abbondano nel bacino dell'Adige e danno modo di realizzare opere di difesa elastiche e semielastiche quali non sarebbero consentite da altre strutture.

La Regione Trentino-Alto Adige ha pubblicato nel dicembre 1967 una memoria su « La situazione del dissesto idrogeologico e programma delle opere per la sistemazione idraulico-forestale dei bacini montani della regione ». Tale pubblicazione fornisce un quadro completo della situazione e imposta un concreto programma delle opere che dovranno essere eseguite per assicurare il buon regime dei corsi d'acqua e la difesa del suolo.

Le previsioni di spesa sono state peraltro aggiornate dalla stessa regione, in relazione anche all'esame fattone dal sottogruppo di lavoro; esse sono suddivise per provincia e per tre periodi, come segue:

IMPORTO ESPRESSO IN MILIONI DI LIRE

| | 1° periodo (quinquennio) | 2° periodo (decennio) | 3° periodo (completamento) | programma complessivo trentennale |
|---|---|---|---|---|
| Provincia di Bolzano (Adige, Isarco, Rienza, Talvera, Noce) | 9.720 | 20.619 | 15.173 | 45.512 |
| Provincia di Trento (Adige, Fersina, Avisio, Noce) | 5.488 | 10.594 | 9.851 | 25.933 |
| Fabbisogno per manutenzione: | 7.013 | 13.036 | 25.063 | 45.112 |
| Fabbisogno per progettazione: | 608 | 1.248 | 1.000 | 2.856 |
| Totali | 22.829 | 45.497 | 51.087 | 119.413 |

Analogamente l'Ispettorato Regionale delle Foreste per il Veneto ha proceduto alla determinazione dei fabbisogni di spesa per il bacino inferiore dell'Adige, a valle del confine con la Provincia di Trento.

Gli importi, espressi in milioni di lire, sono i seguenti:

| | Lavori | Manutenzioni | Progettazioni | Totale |
|---|---|---|---|---|
| 1° periodo (quinquennale) | 2.280 | 269 | 56 | 2.605 |
| 2° periodo (decennale) | 2.301 | 270 | 59 | 2.630 |
| 3° periodo (completamento) | 3.584 | 472 | 96 | 4.152 |
| Totali | 8.165 | 1.011 | 211 | 9.387 |

Complessivamente per l'intero bacino dell'Adige si hanno i seguenti fabbisogni di spesa:

IMPORTI IN MILIONI DI LIRE

| | Lavori | Manutenzioni | Progettazioni | Totale |
|---|---|---|---|---|
| 1° periodo (quinquennale) | 17.488 | 7.282 | 664 | 25.434 |
| 2° periodo (decennale) | 33.514 | 13.306 | 1.307 | 48.127 |
| 3° periodo (completamento) | 28.608 | 25.535 | 1.096 | 55.239 |
| Totali | 79.610 | 46.123 | 3.067 | 128.800 |

Su direttive impartite dal sotto-gruppo di lavoro per lo Adige gli Uffici del Genio Civile competenti per territorio hanno redatto apposite relazioni sulle opere ritenute occorrenti per la sistemazione idraulica di detto fiume.

Il coordinamento di dette relazioni è stato effettuato dall'ing. dott. Federico Menna capo dell'Ufficio del Genio Civile di Verona.

a) *Premesse*

Nell'ambito del bacino dell'Adige operano cinque Uffici del Genio Civile: Bolzano, Trento, Verona, Rovigo ed Este.

Il circondario idraulico del Genio Civile di Bolzano si identifica in pratica con l'intero territorio della relativa provincia per cui la competenza del citato Ufficio del Genio Civile, per quanto riguarda l'Adige, si estende fino al confine con la provincia di Trento e quindi, con riferimento all'asta del fiume, dalle origini fino a Salorno.

Analogamente coincidono coi territori delle rispettive provincie i circondari idraulici degli Uffici del Genio Civile di Trento e di Verona per cui l'Ufficio del Genio Civile di Trento opera, per quanto riguarda l'Adige tra Salorno e Borghetto e quello di Verona tra Broghetto ed i confini padovano in sinistra e rodigino in destra fino all'altezza dell'abitato di Castelbaldo.

A partire da quest'ultima località e fino al mare, per 85 Km circa, operano sul fiume Adige i due Uffici di Rovigo ed Este interessati rispettivamente per la sponda destra e per la sponda sinistra.

Segnatamente per ogni Ufficio predetto si riportano qui appresso in riassunto i dati e le proposte riportate nelle singole relazioni.

b) *Ufficio del Genio Civile di Bolzano*

L'Ufficio del Genio Civile di Bolzano, dopo una ampia illustrazione della situazione delle classifiche nell'ambito del proprio circondario, informa innanzitutto come le opere idrauliche di 2ª categoria (Adige da Tel a Salorno e tronchi rigurgitati degli affluenti), abbiano dimostrato, in occasione delle ultime eccezionali piene, di essere al limite delle loro possibilità di resistenza. Fa presente infatti l'Ufficio come il franco in molti punti sia risultato azzerato o quasi e come, occasionalmente, si siano verificate corrosioni del paramento erboso a fiume con pericolo di rottura dell'argine.

Fa rilevare inoltre la esiguità dello spessore dei coronamenti arginali, sia per un'agevole percorrenza e scambio di veicoli d'opera, sia per la resistenza a prolungati stati idrometrici; inoltre evidenzia come per la natura sabbiosa-ghiaiosa dei materiali, costituenti in gran parte i corpi arginali, questi siano spesso soggetti a travenamenti, per ovviare ai quali appare opportuna la costruzione di banche di rinforzo ovunque l'argine si elevi più di 3 m sul piano di campagna.

La stabilità di assetto del fiume e delle sue difese è essenzialmente affidata alle berme in sasso ciclopico che delimitano l'alveo di magra e che dirigono il filone principale di corrente durante le piene; tali berme sono in gran parte efficienti salvo in punti singolari richiedenti riparazioni, sostituzioni e ricostruzioni; opere queste che dovrebbero essere affidate alla manutenzione ordinaria ove per questa fossero stanziati fondi adeguati.

L'Ufficio prosegue rilevando come nel proprio circondario le opere idrauliche di 3ª categoria siano invece in gran parte inesistenti, o vetuste o disorganiche così da non poter rappresentare un efficiente ed omogeneo sistema di difesa. Ciò accade principalmente lungo i due corsi d'acqua più lunghi le cui opere sono comprese in tale categoria e cioè Isarco e Passirio.

Migliore è invece la situazione dei minori affluenti come i rii Nova, Sinigo, Eschio, Meltina, Margherita, Nero e Trodena.

Lungo i corsi d'acqua non interessati da classifiche si incontrano invece sistemazioni idrauliche risalenti generalmente alla passata Amministrazione austriaca, salvo i casi del rio Tinne e del rio Rivellone. Benchè vetuste, queste sistemazioni sono spesso imponenti, estese ed eseguite con razionalità: ciò vale per l'Adige scorrente in Val Venosta, per il Rienza in Val Pusteria e per l'Aurino, quali corsi più estesi, ma anche per i corsi d'acqua minori ove esistono in genere buone opere idrauliche o comunque le premesse per un razionale completamento delle difese.

L'Ufficio fa rilevare come, ovviamente, la vetustà, l'azione della vegetazione infestante e le erosioni del fondo alveo hanno determinato il degrado talvolta accentuato delle opere, per cui in molti casi sarebbe urgente la riparazione, la ricostruzione ed il riassetto.

Per raggiungere un conveniente assetto, l'Ufficio propone un complesso di interventi di tipo tradizionale.

In particolare per le opere di 2ª categoria propone:

*a*) di portare il franco ad almeno un metro sulla massima piena riscontrata;

*b*) di allargare le sommità arginali a m 4,00 e di dotarle di piazzole di scambio ogni 500 m;

*c*) di formare banche di rinforzo ovunque l'argine si elevi a m 3 sopra il piano di campagna;

*d*) di rivestire il petto arginale (ove già non lo sia) almeno in tutti gli estradossi di curva;

*e*) di ricostruire, dove necessario, le berme fatiscenti;

*f*) di ripristinare le sezioni golenali con dragaggio dei depositi;

*g*) di dragare il fondo alveo laddove i rilievi batimetrici indicheranno la formazione di rialzi;

*h*) di effettuare opera continua di manutenzione con particolare riguardo alla eliminazione della vegetazione infestante.

per le opere idrauliche di 3ª categoria e per i tratti non classificati:

*a*) di arginare ex novo i tratti ove necessario;

*b*) di rivestire le sponde e le difese soggette ad erosione;

*c*) di sottomurare tutte le difese scalzate;

*d*) di ripristinare traverse, soglie e briglie e costruirne di nuove;

*e*) di effettuare modesti e localizzati dragaggi di fondo;

*f*) di effettuare la manutenzione continua.

Interessante è la trattazione che fa l'Ufficio sulla possibilità della costruzione di grandi opere per la regimazione delle piene. Afferma infatti l'Ufficio che tutte le opere tradizionali suddette servono a dare una estesa sicurezza locale ma non possono evitare il pericolo di catastrofi, in eventi eccezionali, che possono colpire il fondo valle fino al mare.

La continua tendenza infatti alle sistemazioni idrauliche, mentre riesce a salvaguardare i territori più elevati e gli affluenti minori, trasferisce più a valle la concentrazione di portate sia con l'accorciamento dei tempi di corrivazione sia con la eliminazione di zone di espansione.

Occorre dunque contrastare, con provvedimenti precisi, questa tendenza, e siccome non può pensarsi di lasciare soccombere i territori montani, occorre provvedere a costituire vaste capacità di accumulo che possano immagazzinare le piene durante il loro svolgimento.

Occorre pertanto sfruttare le poche occasioni ancora veramente favorevoli che potrebbero portare ad una risolutiva regimazione dell'Adige fino al mare, come ha già dimostrato di poter parzialmente fare la diversione Adige-Garda.

L'Ufficio in primo avviso, e salvo le risultanze dei rilievi geologici, indica due soluzioni favorevoli in ordine di importanza:

— Serbatoio di Elvas, sul fiume Rienza, circa 3 Km a monte della sua foce in Isarco (e quindi 3 Km a monte di Bressanone); bacino imbrifero sotteso circa Kmq 2.100; quota di fondo m 570; invaso fino a 200 milioni di mc con altezza

di ritenuta di 190 m; invaso per uno scolmamento di punte di piene prolungate, mc 78.000.000 con una altezza di ritenuta di 120 m circa.

Ciò significa che il serbatoio potrà scolmare in questo ultimo caso mc/sec 300 per 72 ore e punte di 500 mc/sec.

Per quanto possa essere — o apparire — possibile un uso promiscuo di tale serbatoio (regimazione, irrigazione e forza motrice), secondo il detto Ufficio uno studio approfondito porrà in evidenza la opportunità e la convenienza, sia tecnica che economica, di realizzarlo solo con finalità regimatorie di piena; il costo presuntivo per questo solo uso è di 8 miliardi di lire; il beneficio — notevole — si ripercuoterà da Bressanone fino al mare.

— Serbatoio di Vanga, sul torrente Talvera, circa Km 4.500 a monte della sua foce in Isarco (e quindi 4 Km a monte della città di Bolzano): bacino imbrifero sotteso circa Kmq 420; quota di fondo m 350; capacità possibile fino a 14 milioni di mc; altezza di ritenuta di 85 m.

Il serbatoio potrà scolmare mc/sec 54 per 72 ore e punte di piena di 80÷100 mc/sec.

Il costo presunto di tale opera è di 3 miliardi circa.

L'Ufficio conclude la propria relazione indicando altre soluzioni meno favorevoli e meno determinanti che potrebbero identificarsi coi serbatoi ricavabili nella gola del torrente Valsura a monte di Lana ed in località Canopi in Val d'Ega.

Fa rilevare infine come nessuna situazione analoga è reperibile nel basso corso del torrente Passirio che resta uno dei più sregolati corsi d'acqua del bacino ed uno dei più forti apportatori di trasporto solido; lungo la sua valle da S. Leonardo a Merano sono pertanto da proporre solo traverse per la trattenuta del trasporto solido, peraltro senza che ci siano località particolarmente adatte.

Per la completa realizzazione delle opere proposte l'Ufficio del Genio Civile di Bolzano determina una spesa complessiva di lire 25.286.000.000 ivi compresi i citati 11 miliardi per i serbatoi di Elvas e di Vanga.

c) *Ufficio del Genio Civile di Trento*

Fa innanzi tutto rilevare come le tre ultime piene, succedutesi nel breve arco di 15 mesi, abbiano dimostrato l'assoluta insufficienza delle difese idrauliche e come, nonostante i numerosi interventi di ripristino, molti problemi restino ancora da affrontare.

Evidenzia inoltre, per il tronco di propria competenza, il caratteristico andamento del profilo di massima piena che è stato pressochè uguale durante le tre ultime piene lungo il tratto a monte delle confluenze in Adige dei torrenti Noce ed Avisio (scarto massimo 10-20 cm.), e notevolmente irregolare (scarto di oltre 1 m tra l'ultima piena del novembre 1966 e quelle precedenti), lungo il tratto a valle delle confluenze medesime.

Ciò sta a dimostrare, secondo il detto Ufficio, l'influenza notevole dell'Avisio sulle piene dell'Adige ed il suo elevato grado di pericolosità, dovuto alla vicinanza della confluenza alla città di Trento.

Prendendo spunto da tale osservazione l'Ufficio esamina in particolare il comportamento di questo affluente (bacino Kmq 937) facendo rilevare altresì come esso, con un bacino pressochè pari ad 1/10 di quello sotteso dall'Adige alla sua confluenza, abbia contribuito durante la piena del novembre 1966 con una portata che è stata circa la metà di quella misurata a Trento.

Fa rilevare ancora come la notevole acclività e la franosità delle pendici della valle in cui esso scorre, siano la causa durante le piene di imponenti frane che intercludono sovente l'alveo con la conseguente formazione di pericolosi accumuli e come il cedimento di tali sbarramenti sotto l'azione del carico idraulico provochi onde di piene pericolosissime.

Conclude per questo torrente rilevando la necessità di una radicale sistemazione.

L'Ufficio passando agli altri grandi affluenti dell'Adige

ricadenti nel proprio circondario idraulico, rileva come il Noce (bacino Kmq 1.375) non abbia influito in modo determinante durante le ultime piene dell'Adige ed attribuisce tale ridotta influenza allo « effetto salutare » del grande serbatoio idroelettrico di S. Giustina (bacino sotteso Kmq 1.050), particolarmente evidenziatosi durante l'ultima piena del novembre 1966.

Anche per tale corso d'acqua indica come necessarie opere di sistemazione sia nella parte alta (Val di Sole) che in prossimità della confluenza in Adige.

Per gli altri due grandi affluenti del proprio circondario idraulico l'Ufficio fa presente per il Fersina (bacino Kmq 171) la necessità di una attenta considerazione ai fini della sicurezza idraulica essendo l'alveo pensile nella parte terminale che, peraltro, attraversa la città di Trento.

Rileva inoltre come nella sua parte montana questo torrente incida valloni con imponenti frane in atto lungo le pendici e come tale precaria situazione costituisca una grave minaccia per le città di Pergine e di Trento.

A tale potenziale pericolo l'Ufficio propone di ovviare con la costruzione di grandi briglie di ritenuta dei materiali e indica in particolare la necessità di costruire una grande serra in località Doss del Gius, dove esistono le condizioni ambientali adatte.

Accennando infine alla vetustà ed alla conseguente precarietà delle opere esistenti di difesa l'Ufficio conclude per il Fersina con la proposta di una completa sistemazione idraulica.

Per quanto concerne il Leno (bacino Kmq. 120), che attraversa la città di Rovereto, l'Ufficio evidenzia soltanto l'insufficiente altezza delle sue arginature terminali causa di esondazioni durante l'ultimo evento del novembre 1966.

Notevole argomento di interesse è la possibilità di regimazione delle piene dell'Adige mediante la costruzione di grandi serbatoi di piena lungo l'asta del torrente Avisio.

Ricollegandosi infatti a quanti hanno avuto modo di inte-

ressarsi del problema dell'Adige, rileva il predetto Ufficio come non basti rafforzare le arginature di questo ultimo corso d'acqua ma come sia oltremodo necessaria la costruzione di serbatoi lungo l'Avisio nel tronco compreso tra lo sbarramento dell'impianto idroelettrico di Stramentizzo e l'abitato di Lavis per laminare le portate di piena e per contenere il trasporto solido.

In particolare l'Ufficio indica la possibilità della costruzione di alcuni grandi serbatoi nelle località Valda, Pozzolago, Lisignago e S. Giorgio e rileva come gli stessi potrebbero servire anche per altre finalità e ciò soprattutto in quanto gli altri Enti interessati alla loro costruzione potrebbero assicurare una migliore gestione delle opere, particolarmente difficoltosa per gli Uffici del Genio Civile non istituzionalmente preposti allo scopo.

Nella relazione integrativa in data 14 aprile 1969 l'Ufficio del Genio Civile di Trento riprende in esame la sistemazione del torrente Avisio con particolare riferimento al problema dello sbocco in Adige.

Fa rilevare il citato Ufficio come l'elemento che ha sempre costituito in passato argomento, oltre che di discussioni, anche di studi e di proposte di opere da eseguirsi nell'alveo, è sempre stato quello della ortogonalità della confluenza tra i due corsi d'acqua.

E' chiaro, afferma l'Ufficio, come un innesto il più possibile tangenziale, e non normale, diminuirebbe fortemente gli effetti del turbamento che l'Avisio provoca nel regime idraulico dell'Adige.

Uno spostamento della foce verso valle richiederebbe, comunque, secondo lo stesso Ufficio, anche la creazione di una vasta zona di espansione per il deposito dell'ingente quantità di trasporto solido, sicchè la nuova inalveazione dovrebbe essere realizzata evitando nel modo più assoluto una « canalizzazione » del tratto terminale del torrente.

D'altro canto, prosegue la citata relazione, uno spostamento verso valle della foce dell'Avisio, nel passato di facile

realizzazione, implicherebbe oggi, a causa degli insediamenti esistenti o previsti nei piani urbanistici vigenti, un costo proibitivo delle opere.

In alternativa a tale soluzione l'Ufficio propone pertanto la costruzione di uno scolmatore di piena onde « alleggerire » la portata in corrispondenza dell'attuale confluenza, secondo l'indicazione di massima scaturita nella riunione di servizio tenutasi a Trento il 21 aprile 1969 presso il Provveditorato alle OO.PP. di Trento.

Uno scolmatore così concepito, secondo il detto Ufficio, dovrebbe essere attuato in sponda sinistra dell'Avisio, dovrebbe sottopassare la ferrovia e l'Autostrada ed immettersi quindi in Adige tangenzialmente al suo corso; la portata massima da scolmare potrebbe fissarsi in 400 mc/sec.

Per quanto riguarda il percorso l'Ufficio indica in località Maso Folgheraiter, a circa 700 metri a valle della SS. n. 12, il punto di derivazione; il canale seguirebbe l'attuale argine sinistro dell'Avisio fino a circa 200 m a monte della ferrovia per poi allontanarsi con ampio raggio di curvatura fino alla confluenza in Adige che dovrebbe avvenire circa 1 Km a valle del punto di raccordo fra gli attuali argini sinistri dei due corsi di acqua.

La lunghezza del canale si aggirerebbe intorno ai 2 Km; la pendenza sarebbe dello 0,7% circa.

In conseguenza della notevole velocità che assumerebbe la corrente, le dimensioni del canale non risulterebbero eccessive e consentirebbero di realizzare agevolmente i sottopassi della Ferrovia e dell'Autostrada del Brennero.

La realizzazione dello scolmatore non interferirebbe con gli insediamenti previsti nei piani urbanistici vigenti.

Per la completa realizzazione del programma di opere proposte, ivi compresa la costruzione dell'accennato scolmatore, l'Ufficio del Genio Civile di Trento determina una spesa complessiva di lire 27 miliardi 910 milioni di cui lire 15 miliardi per la sola costruzione dei serbatoi per la regimazione delle piene e di trattenuta dei materiali.

d) *Ufficio del Genio Civile di Verona*

L'Ufficio del Genio Civile di Verona fa anzitutto rilevare come nel proprio circondario idraulico l'Adige può essere distinto in due grandi tronchi: il 1° a monte incassato ed il 2° a valle arginato con inizio quest'ultimo in sinistra a Ca' Buri, a valle di Verona, ed in destra alle Bocche di Sorio, in Comune di S. Giovanni Lupatoto.

Per quanto riguarda il tronco incassato l'Ufficio rileva come le quote variabili dei luoghi frontisti siano sempre superiori alle quote delle piene ordinarie per cui queste sono sempre contenute.

In caso di piene eccezionali alcune località invece soggiaciono alle inondazioni e gli allagamenti che si determinano in tali occasioni, pur non potendosi definire disastrosi e di vaste ripercussioni, essendo limitati nel tempo al permanere degli alti livelli di piena, richiedono ugualmente una serie di interventi atti ad impedire od a limitare i danni.

Per l'importanza delle zone soggiacenti l'Ufficio segnala la parte bassa del centro abitato del Comune di Pescantina e la borgata Basso Acquar in Comune di Verona per le quali propone lavori di sistemazione delle difese spondali.

Sempre relativamente al tronco incassato, l'Ufficio evidenzia gli ingentissimi depositi di materiale detritico formatisi lungo le numerose curve soprattutto con l'imponente apporto solido della piena del novembre 1966.

In particolare segnala la pericolosa situazione determinatasi sulla riva destra in corrispondenza dell'abitato di Brentino-Belluno, dove addirittura i depositi hanno raggiunto e superato in alcune zone le quote delle adiacenti difese spondali, restringendo l'area di deflusso e costringendo la corrente tutta sulla sinistra.

In totale lungo il ripetuto primo tronco l'Ufficio segnala la necessità di asportare non meno di un milione di mc. di materie alluvionali.

Unitamente a tale provvedimento, tendente ad aumentare la capacità di portata dell'alveo, l'Ufficio segnala per tale primo

tronco altre opere non meno indispensabili di cui riporta il dettaglio nella tabella allegata alla relazione.

Trattasi di opere di tipo tradizionale quali rialzi, rinforzi e rivestimenti di muri spondali, ricarico di scogliere e completamento di muri spondali questi ultimi in particolare in corrispondenza della città di Verona.

Il 2° tronco è completamente arginato e con i finanziamenti disposti in base alla legge 9 agosto 1954 n. 638 è stato possibile completare in sinistra e destra la sagoma sistematica degli argini stabilita dalla Commissione Ministeriale costituita dopo la storica piena del 1882.

L'Ufficio rileva peraltro come si è ben lontani nel tronco suddetto dall'aver raggiunto un auspicabile grado di sicurezza idraulica ed evidenzia le ragioni di tale precarietà di cui sembra opportuno porre in rilievo, oltre all'accentuarsi della pensilità dell'alveo, la qualità eminentemente sabbiosa, o comunque incoerente, della terra di cui sono costituiti tanto gli argini quanto i loro piani di posa.

Anche per questo tronco di fiume l'Ufficio di Verona rileva la necessità di eliminare alcuni depositi alluvionali (di cui segnala in particolare quelli accumulatisi in località Speron Baracca del Comune di S. Martino Buonalbergo) nonchè di eseguire notevoli opere di tipo tradizionale tra le quali comprende anche numerosi diaframmi in calcestruzzo.

Viva attenzione rivolge l'Ufficio del Genio Civile di Verona ai corsi d'acqua minori del proprio circondario idraulico ed in particolare ai torrenti delle vallate della Lessinia.

Particolare rilievo assume tra le prospettate necessità sistematorie quella riferentesi al torrente Alpone ed ai suoi affluenti Tramigna e Chiampo.

Nota infatti l'Ufficio come attualmente la corrente del Tramigna viene rigurgitata a monte durante le piene a seguito della chiusura delle porte vinciane poste in corrispondenza dello sbocco del torrente in Alpone.

Ne consegue una anormale situazione idraulica con possi-

bilità di gravi esondazioni e conseguenti ingenti danni specialmente per l'abitato di Soave.

Al fine di risolvere tale situazione l'Ufficio propone un vasto intervento di lavori idraulici tendenti ad assicurare il deflusso delle acque del Tramigna in Alpone anche in condizioni di piene concomitanti.

I proposti lavori consistono nella sistemazione dell'Alpone a partire dalla confluenza col torrente Chiampo fino allo sbocco nel fiume Adige per un percorso totale di Km 12, mediante allargamento, rettifiche ed approfondimento dell'alveo.

La realizzazione del complesso di opere succitate, di notevole impegno per la necessità di eseguire nel contempo importanti manufatti stradali e idraulici, provocherebbe un sensibile abbassamento dei peli liquidi nella tratta terminale del torrente Alpone risolvendo in tal modo sia il problema del deflusso del Tramigna che quello del miglioramento delle condizioni di sfocio del torrente Chiampo.

In definitiva per una soddisfacente sistemazione dell'asta del fiume Adige e dei torrenti del relativo bacino di propria pertinenza l'Ufficio prevede una spesa di lire 12.545.000.000.

e) *Ufficio del Genio Civile di Rovigo*

L'Ufficio del Genio Civile di Rovigo fa presente innanzitutto che il fondo medio dell'Adige, nel tronco ricadente nel proprio circondario idraulico, è generalmente più alto del piano di campagna e come i rilevati arginali, di notevoli dimensioni, siano costituiti in prevalenza da materiali sabbiosi e appoggino su profondi strati di limo, torba e sabbia.

Nonostante tale situazione, non di certo favorevole, l'Ufficio rileva come il citato tronco, anche a seguito della entrata in funzione della Galleria Adige-Garda, sia attualmente idoneo a smaltire le piene dell'entità di quelle finora verificatesi, sia ben sistemato, abbia condizioni soddisfacenti di deflusso e

non necessiti di opere di tipo particolare bensì solo di opere di carattere manutentorio.

Informa inoltre l'Ufficio come il bradisismo negativo, provocato dalle cessate estrazioni di acque metanifere, abbia ridotto i franchi assegnati alle arginature sui colmi di massima piena ma come detti franchi siano ancora sufficienti a contenere le piene notevoli, salvo il verificarsi di eventi eccezionali.

Per quanto riguarda gli eventuali lavori ancora da eseguire al ripetuto tronco, l'Ufficio propone la continuazione delle opere di diaframmatura dei rilevati arginali (circa 18 Km ancora da eseguire) nonchè modesti rialzi arginali e il rafforzamento delle difese a fiume.

In chiusura della relazione l'Ufficio accenna brevemente al problema della foce dell'Adige facendo rilevare in proposito come nell'ultimo tronco del corso d'acqua si sia verificato un sensibile interrimento dell'alveo, l'approfondimento del filone a ridosso della sponda destra e la tendenza del fiume ad aprirsi uno sbocco verso sud.

Segnala inoltre l'Ufficio come siano in atto, lungo la citata sponda destra, notevoli erosioni in prossimità della foce e lungo il litorale Adriatico a sud della foce stessa fino alla altezza dell'abitato di Rosapineta.

Propone in proposito uno studio approfondito di tale fenomeno in cui siano tenuti presenti i fattori geofisici influenti, quali la batimetria dell'Adriatico, il trasporto solido, i venti dominanti, le correnti marine e la morfologia dell'alveo nella tratta terminale.

L'Ufficio ritiene che uno dei possibili interventi per la sistemazione della foce potrebbe essere costituito dalla esecuzione di opere atte a convogliare tutta la portata del fiume (ora costretta da una serie di scanni sabbiosi a suddividersi in vari rami a corso tortuoso) in un unico filone fino a raggiungere, in mare, fondali più profondi.

Per la completa attuazione del programma proposto, l'Ufficio prevede una spesa di lire 12 miliardi di cui lire 5 miliardi per la sola sistemazione della foce.

f) *Ufficio del Genio Civile di Este*

E' interessato alla sponda sinistra del fiume Adige a partire dal Comune di Castelbaldo fino al mare per una lunghezza complessiva di 85 Km.

A detta sponda, protetta da imponenti rilevati arginali, soggiace la striscia di territorio situata a nord del fiume per una estesa complessiva di circa 70 Km e per una larghezza di circa 12 Km.

Analogamente a quanto fatto presente dagli Uffici di Verona e di Rovigo, l'Ufficio denunzia la scarsa coesione del materiale di cui sono costituite le arginature che peraltro poggiano su alternanze stratigrafiche di natura alluvionale e quindi fortemente permeabili.

Si aggiunga a ciò la presenza lungo estese tratte — in particolare lungo il basso corso del fiume — di profondi strati torbosi, il più delle volte posti al piede stesso dell'argine.

Tale stato di precarietà dei rilevati arginali comporta, anche in occasione di modeste morbide, filtrazioni, rammollimenti e risorgenze a tergo degli argini e non appena il pelo liquido si deprime, estesi franamenti delle scarpate a fiume.

A tale situazione l'Ufficio ha ovviato, per quanto è stato possibile, con opere di diaframmatura, con la costruzione di banche e sottobanche a tergo degli argini e con opere radenti a fiume (rivestimenti in sasso o in lastre di c.a.; costruzione di passaglioni ed opere di porcillamento).

Ma pur imponenti nel loro complesso, dette opere, non hanno investito l'intera estesa delle arginature e quindi non hanno consentito di raggiungere un auspicabile grado di sicurezza idraulica in tutte le località.

In particolare l'Ufficio segnala tre zone: Castelbaldo in località Tavian; Lusia stante 413; Rottanova stante 590 dove, nonostante notevoli lavori di rafforzamento e di diaframmatura dei corpi arginali, si verificano tuttora, in occasione anche di modeste morbide, fenomeni di filtrazione attraverso gli argini nonché formazione di « fontanazzi ».

La soluzione degli inconvenienti suddetti andrebbe ricer-

cata, secondo il predetto Ufficio, nell'impostazione di un completo programma di indagini e di lavori e ciò al fine di accertare le caratteristiche geotecniche dei terreni e conseguentemente la convenienza dell'impiego di metodi di impermeabilizzazione quali diaframmi sottili in terra stabilizzata e compattazione artificiale dei terreni e degli strati profondi mediante iniezioni chimiche.

Fa rilevare il predetto Ufficio come tale programma sia ostacolato dalla estrema difficoltà di ottenere i finanziamenti per eseguire gli studi preliminari di ricerca e di indagine e ciò proprio in un campo in cui la preliminare indagine geognostica e stratigrafica può considerarsi fondamentale per una buona ubicazione ed un esatto dimensionamento delle opere.

Particolare attenzione l'Ufficio rivolge all'asta di valle del fiume da Boara Pisani fino al mare, zona peraltro interessata negli ultimi anni da un notevole fenomeno di bradisismo negativo, ora cessato, che ha prodotto un abbassamento medio di 40 cm con punta massima di cm 74 a Cavanella d'Adige.

Tale abbassamento, oltre ad aver ridotto i franchi sulla massima piena, comporta come logica conseguenza un più lento esaurimento dell'onda di piena ed un accentuato rigurgito delle alte maree così da creare un grave pericolo in caso di concomitanza tra piena ed alta marea così come stava verificandosi (e in parte si è verificato) durante la piena del novembre 1966.

Ai fini della soluzione di tale particolare problema l'Ufficio sottolinea la possibilità, altra volta ventilata, di operare un rialzo generale dell'asta di valle a partire da Cavanella d'Adige sino alla foce.

Dopo aver sottolineato il benefico effetto ottenuto dal 1960 in poi con l'entrata in funzione della Galleria Adige-Garda, l'Ufficio rileva altresì come sembri scongiurato il pericolo di sormonto dell'argine (ad eccezione del tratto che risente l'influsso delle maree) anche se permane pur sempre il pericolo di sifonamenti e sfondamenti specialmente in occasione di piene prolungate.

Propone quindi, al fine di raggiungere un ragionevole grado di sicurezza, un complesso di lavori per l'importo di lire 6.500.000.000.

## SPESA TOTALE SEGNALATA DAGLI UFFICI DEL GENIO CIVILE PER LA SISTEMAZIONE IDRAULICA DELL'ADIGE

In definitiva per la completa sistemazione idraulica del bacino dell'Adige, con la eccezione delle opere idraulico-forestali, gli Uffici del Genio Civile di Bolzano, Trento, Verona, Rovigo ed Este prevedono una spesa complessiva di 84.241 milioni così ripartita:

| | |
|---|---|
| — Ufficio del Genio Civile di Bolzano | L. 25.286.000 |
| — Ufficio del Genio Civile di Trento | L. 27.910.000 |
| — Ufficio del Genio Civile di Verona | L. 12.545.000 |
| — Ufficio del Genio Civile di Rovigo | L. 12.000.000 |
| — Ufficio del Genio Civile di Este | L. 6.500.000 |
| Totale | L. 84.241.000 |

g) *Considerazioni*

L'esame delle proposte avanzate dai citati Uffici del Genio Civile conferma innanzi tutto la constatazione che il bacino dell'Adige, nonostante le imponenti opere eseguite nel corso dei secoli, trovasi tuttora in precarie condizioni di assetto idraulico e quindi è ben lontano dal raggiungere quelle auspicabili condizioni di sicurezza che valgano a sottrarre estesi territori al pericolo di disastrose inondazioni.

Anche il tratto di pianura a valle di Verona, fino al mare, nonostante l'entrata in funzione dello scolmatore Adige-Garda, appare con pressanti problemi e minacciose incognite.

Le cause di tale situazione sono state analizzate da valenti studiosi dei problemi dell'Adige e non sembra ora il caso di soffermarsi su tali argomentazioni.

Di certo però non può essere sottaciuto che le conclusioni a cui sono giunti tanti esperti non escludono un ripetersi o addirittura un accentuarsi di eventi calamitosi e da ciò scaturisce la necessità di por mano senza indugio ad una radicale sistemazione del bacino dell'Adige, con una visione però più ampia ed unitaria dei suoi problemi che tenga soprattutto conto della realtà che si è andata maturando in questi anni, che contrappone al deterioramento delle sue generali condizioni idrogeologiche l'inarrestabile fenomeno degli insediamenti umani, abitativi ed industriali, nei territori soggiacenti alle piene.

Quanto sia inderogabile la necessità di tale sistemazione lo dimostra la situazione determinatasi in Val d'Adige ed in Val Lagarina (i cui allagamenti nel passato hanno contribuito non poco ad attenuare i colmi d'onda nei tronchi inferiori del fiume) dove l'autostrada del Brennero in corso di costruzione ed una saggia politica regionale hanno generato un fervore di iniziative industriali che richiedono un migliore assetto della rete idraulica.

Ciò premesso, sembra utile aggiungere alla illustrazione dei problemi dell'Adige, svolta con tanta competenza dai rispettivi Uffici del Genio Civile, alcune osservazioni e indicazioni.

Circa la relazione svolta dall'Ufficio del Genio Civile di Bolzano non sembra inutile riprendere in esame la segnalata necessità della costruzione di serbatoi destinati essenzialmente alla attenuazione delle naturali piene ed alla trattenuta del materiale solido.

In particolare il suddetto Ufficio segnala due soluzioni favorevoli in ordine di importanza: il serbatoio di Elvas sul fiume Rienza e quello di Vanga sul torrente Talvera oltre ad altre possibilità meno determinanti che potrebbero identificarsi con i serbatoi ricavabili nella gola del torrente Valsura a monte di Lana ed in località Canopi di Val d'Ega.

Il serbatoio di Elvas come è noto fu a suo tempo proposto a scopi idroelettrici dalla Società Alpina e dalle Società Montecatini - STE - SIP con due progetti pressoché coevi che prevedevano la formazione di un invaso con capacità utile di $190 \cdot 10^6$ mc (mediante una diga in calcestruzzo alta 160 m) de-

stinato ad utilizzare a scopo idroelettrico le acque del fiume Rienza (kmq 2.007) e dell'Isarco (kmq 688) per un totale quindi di 2.695 kmq.

Il riempimento del serbatoio era previsto mediante l'invaso delle portate di supero (eccedenti 70 mc/sec.) sfioranti dagli sbarramenti di Rio di Pusteria (fiume Rienza) e di Fortezza (fiume Isarco).

L'utilizzazione a scopo idroelettrico del serbatoio non ebbe più seguito per vari motivi fra cui però non si può ignorare l'opposizione delle popolazioni a valle dello sbarramento.

L'avvenuta nazionalizzazione delle fonti di energia elettrica fece decadere le due istanze prodotte e quindi il proseguimento dei relativi studi che, a quanto risulta, solo di recente sono stati ripresi dall'ENEL.

Sin dalla presentazione dei due progetti, e forse anche da prima, si formò l'idea da parte dell'Ufficio del Genio Civile di Bolzano di utilizzare detto serbatoio, con modifiche ed ampliamenti, anche per attenuare i deflussi di piena dell'Adige.

L'idea fu ripresa poi da diversi studiosi dei problemi dell'Adige, assunse aspetti concreti nell'ultima conferenza dell'Adige (ove fu condivisa, senza voci di dissenso, da molti oratori) ed ora viene ribadita e proposta dall'Ufficio del Genio Civile di Bolzano che, per avere diretta conoscenza dei problemi locali nonché delle necessità sistematorie dell'Adige, sembra il più qualificato ad estenderla ed a concretizzarla in un futuro che si spera non lontano.

Circa gli effetti del serbatoio ai fini della regimazione delle piene dell'Adige sembrano eloquenti i dati più volte ribaditi dai proponenti.

Secondo l'Ufficio di Bolzano un invaso di $78 \times 10^6$ di mc potrà scolmare mc/sec. 300 per 72 ore e punte di 500 mc/sec.

Quali effetti benefici possa avere un invaso di tale capacità, ai fini della regimazione delle piene dell'Adige, può risultare evidente ove si ipotizzi l'esistenza del serbatoio e si confrontino le curve di deflusso, rilevate ai vari idrometri in occasione degli ultimi eventi alluvionali, con quelle teoriche costruite tenendo conto dell'invaso e adottando, ai fini del-

l'attenuazione dei colmi d'onda, i coefficienti di riduzione determinati dal Rodighiero in uno studio analogo svolto per le piene dal 1926 al 1960 e cioè del 15% all'idrometro di S. Lorenzo in Trento e del 25% a quello di Boara Pisani.

Interessante (ma tale aspetto andrebbe comunque approfondito) è la convinzione dell'Ufficio del Genio Civile di Bolzano della convenienza sia tecnica sia economica di utilizzare il citato serbatoio solo con finalità regimatorie di piena e non per usi promiscui.

Per quanto riguarda il serbatoio di Vanga sembra opportuno far presente che esso già fu compreso a suo tempo tra le opere programmate dal Magistrato alle Acque.

Con la costruzione di tale serbatoio resterebbe salvaguardata la città di Bolzano dal notevole apporto solido che, in misura notevole, la Talvera recapita al tratto terminale dell'Isarco e quindi quasi direttamente all'Adige.

Delle altre situazioni favorevoli segnalate dall'Ufficio del Genio Civile di Bolzano meritevole di considerazione è il serbatoio proposto in Val d'Ega, località Canopi, dove appare possibile la realizzazione di un invaso di $25 \times 10^6$ mc peraltro esuberante in rapporto alla prevedibile quantità d'acqua da scolmare.

Circa la relazione svolta dall'Ufficio del Genio Civile di Trento una particolare puntualizzazione merita la trattazione dei problemi dell'Avisio.

Come accennato, l'Ufficio predetto ha segnalato la possibilità della costruzione di alcuni serbatoi di piena lungo il corso di questo torrente indicando in particolare quali siti di impianto le località Valda, Pozzolago, Lisignago, S. Giorgio ed altri minori.

Dette località ricadono tutte nel tronco compreso tra Molina di Fiemme e Lavis dove il torrente percorre una valle ristretta, profonda, racchiusa tra alte pareti di roccia che le conferiscono l'aspetto in molti punti di un vero e proprio burrone.

A parte la morfologia, le pareti rocciose della valle si presentano costituite, come del resto rilevò a suo tempo il Trener, da porfido che « è compatto e punto disgregato ».

Le situazioni ambientali quindi, salvo più precisi rilevamenti per quanto riguarda le loro caratteristiche geologiche, appaiono favorevoli alla costruzione dei segnalati invasi.

Per quanto riguarda la ubicazione dei serbatoi devesi rilevare che delle situazioni prospettate solo quella di Valda, ad un primo esame, appare meritevole di considerazione.

Infatti sembrano di difficile attuazione le soluzioni in località S. Giorgio, troppo a ridosso dell'abitato di Lavis, e in località Pozzolago dove di recente la Provincia Autonoma di Trento ha costruito una strada trasversale che, percorrendo il fondo valle, collega la destra alla sinistra orografica della Val di Cembra.

Non favorevole per la morfologia della valle è l'altra soluzione di Lisignago ove sembra possibile soltanto la costruzione di una serra di trattenuta di materiali.

La località Valda, in cui dovrebbe sorgere il serbatoio di piena, presenta le condizioni ambientali per la costituzione di un invaso di 40 milioni di mc circa con una diga alta m 100 ed un bacino sotteso di 830 kmq.

Come fa rilevare l'Ufficio del Genio Civile di Trento un serbatoio di tale capacità può tagliare per 24 ore una portata media di 460 mc/sec.

Ai fini della trattenuta del trasporto solido, oltre alla citata località di Lisignago, appaiono di favorevole utilizzazione altre due località: Grumes alla coda del proposto serbatoio e Piscine 3 km più a monte. Le briglie di ritenuta in queste due zone, del possibile volume di invaso di $4{,}4 \times 10^6$ mc, potrebbero essere costruite e sovralzate nel tempo a seconda della necessità, tenuto presente che la presenza del serbatoio di Stramentizzo (bacino sotteso kmq 720) limiterà l'afflusso di materiali ancora per molti anni.

Oltre alla costruzione dei serbatoi di piena meritevole di attenzione è il problema della confluenza Avisio-Adige.

Come è noto, infatti, la conoide di deiezione dell'Avisio (che al ponte di S. Lazzaro (Lavis) è larga 43 m ed alla base 900 m) si spinge con le escrescenze solide oltre i due viadotti dei Vodi, ferroviario ed autostradale, fino nell'Adige normalmente al suo corso e costituisce quella pericolosa barra di ma-

teriale che è stata causa nel passato, e di recente, di esondazioni disastrose.

Come efficacemente ha notato il Marzolo nella propria relazione presentata alla « conferenza dell'Adige », la sistemazione di tale confluenza è condizione essenziale per la sicurezza della città di Trento.

Una soluzione radicale a tal fine è la deviazione dell'ultimo tronco dell'Avisio, in modo da consentire un suo innesto con l'Adige il più possibile tangenziale e non normale, come avviene oggi con conseguenze idrauliche di notevole pericolosità in caso di piene.

Senonché detta deviazione implicherebbe un costo eccessivo delle opere senza dire che il progetto incontrerebbe, come sempre ha incontrato, tenaci opposizioni soprattutto in conseguenza degli insediamenti esistenti o programmati sulla vasta area che dovrebbe essere interessata dalla sistemazione.

Si tenga presente peraltro che nel contempo occorrerà provvedere alla creazione di un'ampia zona per il deposito delle congerie, funzione oggi assolta in parte dal citato cono di deiezione.

Interessante appare di conseguenza la proposta scaturita dalla riunione di servizio, tenutasi a Trento il 21 aprile 1969 presso il Provveditorato alle OO. PP., riflettente la costruzione di uno scolmatore di piena, da derivarsi in sponda sinistra dell'Avisio, al fine di attenuare sensibilmente i dannosi effetti della ortogonalità della confluenza sul regime idrologico dell'Adige.

Ovviamente il problema della foce dell'Avisio va approfondito con accurati studi non omettendo la sperimentazione su modello.

Di analoga rilevanza per lo stesso torrente è il problema dell'intercettamento dei materiali solidi, la cui risoluzione dovrà costituire impegno pregiudiziale a qualsiasi sistemazione del torrente.

Ovviamente il problema otterrà una soluzione soddisfacente il giorno che saranno costruite le succitate briglie ed il serbatoio di Valda.

Per gli effetti immediati si suggerisce di esaminare la possibilità di un sovralzo della serra S. Giorgio, che da tempo ha esaurito la sua funzione.

A completamento delle indicazioni fornite nelle due relazioni dall'Ufficio del Genio Civile di Trento, si segnala infine la proposta avanzata di recente da diversi studiosi dei problemi dell'Adige di utilizzare, ai fini dell'attenuazione delle piene di questo fiume, una piccola parte della capacità di invaso del serbatoio idroelettrico di S. Giustina posto lungo il corso del torrente Noce.

Si tratterebbe cioè di precisare la destinazione in tale serbatoio di una lama superiore, riservandolo — almeno nei mesi in cui l'esperienza storica insegna che possono avvenire piene pericolose — alla laminazione dei colmi di piena; e di regolare all'uopo l'esercizio.

L'ing. Margheri, nella sua pregevole relazione svolta alla « conferenza dell'Adige », propone di lasciare libera una lama dello spessore di m 5,50 per un volume di circa 18 milioni di mc e cioè di circa 1/10 dell'intera capacità del serbatoio: capacità di scolmamento mc/sec. 210 per 24 ore; costo dell'energia annua perduta lire 180 milioni circa di cui lire 125 milioni nei due salti fino a Mezzolombardo.

Di certo l'onere per tale regimazione sarebbe notevole ma non si intravede altra possibilità per attenuare le intumescenze del torrente Noce la cui scarsa incidenza nelle ultime eccezionali piene non deve indurre ad eccessivi ottimismi, essendo essa dovuta, più che ad una sua efficiente sistemazione idraulica, a favorevoli circostanze in cui si è venuto a trovare il suo bacino durante gli eventi suddetti.

Per quanto riguarda le relazioni dei rimanenti Uffici, meritevole di considerazione è la proposta avanzata dall'Ufficio del Genio Civile di Verona di sistemazione dell'ultimo tronco del torrente Alpone in modo da consentire il deflusso del suo affluente Tramigna anche nel caso di piene concomitanti.

Trattasi di realizzare un'opera di grande impegno che risolverebbe i problemi di un nodo idraulico di particolare importanza.

## OPERE IDRAULICHE
## RIPARTIZIONE DELLE PREVISIONI DI SPESA (in milioni)

| Circondario idraulico | Corsi d'acqua opere speciali | 1° periodo: quinquennale | | | | 2° periodo: decennale | | | | 3° periodo: completamento | | | | parziali per circondario idraulico | Totali Generali |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | per lavori ex novo 1 | per progettazione 2 | per manutenzione 3 | totale 4=1+2+3 | per lavori ex novo 5 | per progettazione 6 | per manutenzione 7 | totale 8=5+6+7 | per lavori ex novo 9 | per progettazione 10 | per manutenzione 11 | totale 12=9+10+11 | | |
| *Bolzano* | Fiume Adige | 2.525 | 76 | 216 | 2.817 | — | — | 540 | 540 | — | — | 972 | 972 | 4.329 | |
| | Affluenti | — | — | 346 | 346 | 5.508 | 166 | 868 | 6.542 | 6.253 | 270 | 1.560 | 8.083 | 14.971 | |
| | Serbatoi di piena | 8.000 | 560 | — | 8.560 | — | 210 | 240 | 450 | 3.000 | — | 450 | 3.450 | 12.460 | |
| | | 10.525 | 636 | 562 | 11.723 | 5.508 | 376 | 1.648 | 7.532 | 9.253 | 270 | 2.982 | 12.505 | 31.760 | 31.760 |
| *Trento* | Fiume Adige | 2.200 | 66 | 500 | 2.766 | 3.500 | 105 | 1.000 | 4.605 | 350 | 11 | 1.500 | 1.861 | 9.232 | |
| | Affluenti | 2.800 | 84 | 750 | 3.634 | 3.650 | 110 | 1.500 | 5.260 | 410 | 13 | 2.250 | 2.673 | 11.567 | |
| | Serbatoi di piena | 8.000 | 240 | — | 8.240 | 7.000 | 210 | — | 7.210 | — | — | — | — | 15.450 | |
| | | 13.000 | 390 | 1.250 | 14.640 | 14.150 | 425 | 2.500 | 17.075 | 760 | 24 | 3.750 | 4.534 | 36.249 | 36.249 |
| *Verona* | Fiume Adige | 4.000 | 140 | 350 | 4.490 | 1.745 | 31 | 700 | 2.476 | — | — | 1.050 | 1.050 | 8.016 | |
| | Affluenti | 2.300 | 85 | 200 | 2.585 | 4.500 | 17 | 400 | 4.917 | — | — | 600 | 600 | 8.102 | |
| | Serbatoi di piena | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | | 6.300 | 225 | 550 | 7.075 | 6.245 | 48 | 1.100 | 7.393 | — | — | 1.650 | 1.650 | 16.118 | 16.118 |
| *Rovigo* | Fiume Adige | 4.500 | 135 | 500 | 5.135 | 2.500 | 75 | 1.000 | 3.575 | — | — | 1.500 | 1.500 | 10.210 | |
| | Affluenti | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | Sistemazione della foce | — | 150 | — | 150 | 5.000 | — | — | 5.000 | — | — | — | — | 5.150 | |
| | | 4.500 | 285 | 500 | 5.285 | 7.500 | 75 | 1.000 | 8.575 | — | — | 1.500 | 1.500 | 15.360 | 15.360 |
| *Este* | Fiume Adige | 2.500 | 75 | 500 | 3.075 | 2.500 | 75 | 1.000 | 3.575 | — | — | 1.500 | 1.500 | 8.150 | |
| | Affluenti | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | Sistemazione della foce | — | 45 | — | 45 | 1.500 | — | — | 1.500 | — | — | — | — | 1.545 | |
| | | 2.500 | 120 | 500 | 3.120 | 4.000 | 75 | 1.000 | 5.075 | — | — | 1.500 | 1.500 | 9.695 | 9.695 |
| | | | | | | | | | | | | | Complessivamente | | 109.182 |

Infatti, oltre ad assicurare il deflusso del Tramigna in caso di piena, una migliore e più efficiente sistemazione idraulica riceverebbero lo sfocio del Chiampo e lo stesso Alpone; senza dire che la sistemazione potrebbe efficacemente realizzarsi con alcune variazioni di tracciato, in particolare all'altezza dell'abitato di S. Bonifacio, in modo da sottrarre tale grosso centro dal pericolo di una non improbabile inondazione.

Non si può in questa sede però non porre in evidenza come la proposta sistemazione, nel mentre risolve un importante problema idraulico di carattere locale aggrava le condizioni del fiume recipiente, e cioè dell'Adige, per quanto lo sfasamento delle rispettive onde di piena attenui sensibilmente gli effetti della sistemazione.

Problema essenziale e comune degli Uffici di Verona, Rovigo ed Este appare infine quello della pensilità dell'alveo dell'Adige per buona parte del suo percorso; si aggiunga l'alta prevalenza delle sommità arginali rispetto alla quota delle campagne latistanti, la natura delle materie, costituenti i rilevati, prevalentemente sabbiosa o comunque incoerente e la presenza lungo estesi tratti — in particolare lungo il basso corso del fiume — di profondi strati torbosi il più delle volte posti al piede stesso degli argini.

Per ovviare a tali gravi inconvenienti andrebbero opportunamente incrementati i provvedimenti attualmente in corso e cioè la diaframmatura delle zone in cui maggiormente vi è pericolo di risorgenze a tergo degli argini.

Tali provvedimenti andrebbero estesi anche ai tronchi ricadenti nei circondari idraulici degli Uffici di Bolzano, Trento e Verona dove viene denunziata analogamente la scarsa coesione del materiale di cui sono costituite le arginature.

Ovviamente, anche in relazione al loro alto costo, i lavori di diaframmatura andrebbero preceduti da una profonda ed estesa indagine atta ad individuare con esattezza i dati fisico-meccanici dei terreni e le alternanze stratigrafiche delle zone interessate dai fenomeni di permeazione.

Alle pagine seguenti si riporta la tabella riassuntiva delle previsioni di spesa.

Per l'intero bacino dell'Adige i fabbisogni di spesa per serbatoi e per opere idrauliche sono così riassunti (in milioni di lire):

A - SERBATOI

| | Lavori | Manutenzione | Progettazione | Totale |
|---|---|---|---|---|
| 1° periodo (quinquennale) | 16.000 | — | 800 | 16.800 |
| 2° periodo (decennale) | 7.000 | 240 | 420 | 7.660 |
| 3° periodo (completamento) | 3.000 | 450 | — | 3.450 |
| Totali | 26.000 | 690 | 1.220 | 27.910 |

B - OPERE IDRAULICHE

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1° periodo (quinquennale) | 20.825 | 3.362 | 856 | 24.843 |
| 2° periodo (decennale) | 30.403 | 7.008 | 579 | 37.990 |
| 3° periodo (completamento) | 7.013 | 10.932 | 294 | 18.239 |
| Totali | 58.241 | 21.302 | 1.729 | 81.272 |

## VI - Opere di bonifica e opere idraulico-agrarie di pianura

Su tale argomento ha riferito l'Ispettorato Agrario Compartimentale di Venezia con relazione del giugno 1968 aggiornata al 31-3-1969.

Alle cifre esposte dal detto Ispettorato si sono aggiunte quelle segnalate dalla Regione Trentino-Alto Adige per opere da eseguire nella Val d'Adige (L. 5.300 milioni per lavori, L. 1.060 milioni per manutenzioni e L. 395 milioni per progettazioni); nonché quelle presuntivamente occorrenti per dare

ad alcuni serbatoi di piena la maggiore capacità occorrente per consentirne la utilizzazione anche a scopi irrigui.

Si riportano qui i fabbisogni di spesa, in milioni di lire:

OPERE DI BONIFICA

| | Lavori | Manutenzione | Progettazione | Totale |
|---|---|---|---|---|
| 1° periodo | 24.789 | 3.416 | 2.582 | 40.770 |
| 2° periodo | 12.098 | 1.719 | 1.065 | 5.671 |
| 3° periodo | 3.883 | 836 | 282 | 3.929 |
| Totali | 40.770 | 5.671 | 3.929 | 50.370 |

OPERE IDRAULICO-AGRARIE

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1° periodo | 160 | 32 | 24 | 760 |
| 2° periodo | 450 | 90 | 67 | 152 |
| 3° periodo | 150 | 30 | 22 | 113 |
| Totali | 760 | 152 | 113 | 1.025 |

I comprensori di bonifica interessati alle opere occupano una superficie di ettari 317.960, di cui ettari 26.860 situati nella Regione Trentino-Alto Adige ed ettari 291.100 nella pianura Veneta.

## VIII - Bacini contermini

### 1 - *Drava*

Il torrente Drava interessa col suo bacino imbrifero di kmq 160 il territorio italiano nei comuni di Sesto Pusteria e S. Candido e si immette nel territorio austriaco attraverso il

## VII - FABBISOGNO GLOBALE DI SPESA PER L'INTERO BACINO DELL'ADIGE
(importi in milioni di lire)

| Periodi | Opere idrauliche | Serbatoi attenuazione piene | Opere idraulico-forestali | Opere idraulico-agrarie | Bonifiche | Totali |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A) *Lavori* | | | | | | |
| 1° periodo (quinquennio) | 20.825 | 16.000 | 17.488 | 160 | 24.789 | 79.262 |
| 2° periodo (decennio) | 30.403 | 7.000 | 33.514 | 450 | 12.098 | 83.465 |
| 3° periodo (completamento) | 7.013 | 3.000 | 28.608 | 150 | 3.883 | 42.654 |
| Totali | 58.241 | 26.000 | 79.610 | 760 | 40.770 | 205.381 |
| B) *Manutenzioni* | | | | | | |
| 1° periodo | 3.362 | — | 7.282 | 32 | 3.116 | 13.792 |
| 2° periodo | 7.008 | 240 | 13.306 | 90 | 1.719 | 22.363 |
| 3° periodo | 10.932 | 450 | 25.535 | 30 | 836 | 37.783 |
| Totali | 21.302 | 690 | 46.123 | 152 | 5.671 | 73.938 |
| C) *Progettazioni* | | | | | | |
| 1° periodo | 856 | 800 | 664 | 24 | 2.582 | 4.926 |
| 2° periodo | 579 | 420 | 1.307 | 67 | 1.065 | 3.438 |
| 3° periodo | 294 | — | 1.096 | 22 | 282 | 1.694 |
| Totali | 1.729 | 1.220 | 3.067 | 113 | 3.929 | 10.058 |

Passo Drava per andare a far parte del sistema idrografico danubiano.

Nessuna classifica idraulica è finora intervenuta su questo torrente per il quale peraltro era stata avanzata una proposta di classifica in terza categoria per tutto il tratto che in territorio italiano è definito col nome di Drava; la proposta di classifica non è ancora arrivata a perfezionamento.

La proposta stessa doveva servire a sanare il vuoto di classifica lasciato dal R.D. 9-8-1929 n. 7206 che definiva montano il bacino del fiume Drava con esclusione dell'asta principale dalle sue origini sopra S. Candido fino all'uscita dal territorio italiano.

In effetti solo una parte del tratto escluso avrebbe caratteristiche tali da accoglierlo fra le opere di terza categoria, e cioè solo quello tra la foce del rio Sesto e il confine di Stato per km 7,300, in quanto il tratto più a monte è solo un ruscello modestissimo incassato in una prateria.

Gli ultimi 100 metri in territorio italiano costituiscono, con la mezzeria del torrente, confine di Stato, e perciò la relativa sponda è di fatto e di diritto compresa fra le opere idrauliche di prima categoria.

Tenuto conto che il tratto di sponda di prima categoria e parte del tronco classificabile in terza categoria sono in corso di sistemazione, rimane ancora da sistemare la rimanente parte del tronco classificabile in terza categoria.

In particolare occorrerà eliminare con adatte opere la divagazione del filone subito a valle dell'abitato di S. Candido anche ai fini della salvaguardia di questo centro abitato.

La spesa occorrente per questa sistemazione è prevista in L. 350.000.000.

A detta sistemazione idraulica si affianca quella idraulico-forestale che segue, nei criteri generali, la sistemazione in corso nel bacino dell'Adige.

Le previsioni di spesa risultano dalla tabella seguente (in milioni di lire):

| | Opere idrauliche | Opere idraulico-forestali | Totali |
|---|---|---|---|
| A) *Lavori* | | | |
| 1° periodo | 350 | 246 | 596 |
| 2° periodo | — | 607 | 607 |
| 3° periodo | — | 57 | 57 |
| Totali | 350 | 910 | 1.260 |
| B) *Manutenzioni* | | | |
| 1° periodo | 100 | 34 | 134 |
| 2° periodo | 200 | 93 | 293 |
| 3° periodo | 300 | 13 | 313 |
| Totali | 600 | 140 | 740 |
| C) *Progettazioni* | | | |
| 1° periodo | 50 | 8 | 58 |
| 2° periodo | — | 28 | 28 |
| 3° periodo | — | 14 | 14 |
| Totali | 50 | 50 | 100 |
| *Totale generale* | 1.000 | 1.100 | 2.100 |

## 2 - *Sarca*

Il bacino del fiume Sarca è stato classificato bacino montano con R.D. n. 7508 in data 16-9-1927 nella superficie di kmq. 1230 con esclusione dell'asta principale dalla sua foce fino alla confluenza del Sarca di Nambino con quello di Val di Genova all'altezza di Pinzolo come pure del tratto a valle

di Ceniga, il cui tronco è classificato nella terza categoria delle opere idrauliche.

La lunghezza del fiume è di circa 80 km, che portata su di un dislivello di 1700 m, dà una pendenza media del 2,1%.

La portata normale si può calcolare in circa 45 mc ed il suo rapporto con quella di massima piena può fissarsi secondo calcoli approssimativi in 1:50.

La formazione geologica della sponda sinistra del bacino è costituita dalla serie calcarea del Trias e del Giura; la sponda destra fino alla conca di Tione, da rocce primitive cristalline coperte in gran parte da alti depositi fluvio-glaciali.

Il rivestimento vegetale è ottimo nella Valle Rendena fino a Tione, è meno completo nella parte media del corso; nella parte inferiore prevale la coltura agraria intensiva.

Le condizioni generali dell'intero bacino peggiorarono di gran lunga in seguito alla catastrofe alluvionale del 1882, che causò l'inghiaiamento di centinaia di ettari di terreno fertilissimo, distrusse fabbricati e rese pericolosissimi molti affluenti, che fino allora erano stati del tutto innocui.

La situazione si ripetè nella sua gravità durante la rovinosa alluvione del novembre 1966 con aspetti drammatici per i numerosi insediamenti umani delle valli laterali.

Il programma dei lavori di sistemazione è inteso ad impedire il progressivo approfondimento dell'alveo, consolidando il materiale alluvionale, che già si trova depositato, curando il graduale risanamento delle superfici franose lungo il corso principale del bacino di raccolta e nelle parti inferiori degli affluenti più pericolosi.

Nella parte inferiore del Sarca di Campiglio si tratta soprattutto di staccare con opere opportune la corrente dal grande franamento in riva sinistra, promuovendo al tempo stesso la formazione di un alveo possibilmente nella direzione dell'asse del torrente.

I fabbisogni di spesa previsti risultano dalla tabella seguente (in milioni di lire):

| | Opere idrauliche | Opere idraulico-forestali | Totali |
|---|---|---|---|
| A) *Lavori* | | | |
| 1° periodo | 1.500 | 1.040 | 2540 |
| 2° periodo | 2.000 | 2.530 | 4.530 |
| 3° periodo | 1.500 | 2.558 | 4.058 |
| Totali | 5.000 | 6.128 | 11.128 |
| B) *Manutenzioni* | | | |
| 1° periodo | 500 | 330 | 830 |
| 2° periodo | 700 | 740 | 1.440 |
| 3° periodo | 1.000 | 768 | 1.768 |
| Totali | 2.200 | 1.838 | 4.038 |
| C) *Progettazioni* | | | |
| 1° periodo | 75 | 41 | 116 |
| 2° periodo | 100 | 83 | 183 |
| 3° periodo | 75 | 210 | 285 |
| Totali | 250 | 334 | 584 |
| *Totale generale* | 7.450 | 8.300 | 15.750 |

### 3 - *Sistemazione Garda - Mincio - Tartaro - Canal Bianco*

La sistemazione suddetta, connessa alla scolmazione delle piene dell'Adige nel lago di Garda a mezzo della galleria Mori-Torbole, è in avanzato corso ma richiede ancora un complesso di opere che riguardano essenzialmente:

a) *nel circondario idraulico di Mantova*

la costruzione della conca e del sostegno della diga Masetti in comune di Mantova; la costruzione del sostegno di Trevenzuo-

lo sul canale Fissero; la sistemazione del Fissero dalla corte Canava al sostegno di Trevenzuolo; il tutto con una spesa presunta di L. 6.000 milioni;

b) *nel circondario idraulico di Verona*

lavori di completamento del fiume Tartaro e della fossa Maestra; in particolare opere di presidio e consolidamento arginale, con una spesa presunta di L. 5.000 milioni;

c) *nel circondario idraulico di Rovigo*

lavori di completamento del Canal Bianco - Po di Levante dal sostegno di Canda a Ponte Levante, per la lunghezza di 60 km (rialzo arginale, ripristino e adeguamento difese di sponda, diaframmature, ecc.) con una spesa presunta di circa L. 5.000 milioni.

In totale quindi L. 16.000 milioni da erogare nel primo periodo (quinquennale).

Il fabbisogno per la manutenzione del complesso di opere è stimato in L. 300 milioni annui.

# UFFICIO IDROGRAFICO DEL MAGISTRATO ALLE ACQUE

VENEZIA

SCALA 1:1.000.000

Km. 0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50

**SEGNI CONVENZIONALI**

Trieste : osservatori meteorologici

S. Stefano di Cadore : stazioni pluviografiche

Lasiana : stazioni pluvionivometriche

MARE ADRIATICO

2° 1° 0° 1° 2°

47° 46° 45°

## IX - BIBLIOGRAFIA


G. ADAMI - *I principi fondamentali della sistemazione dei bacini montani e dei torrenti secondo il noto ing. Giuseppe Duile* - Trento.

E. ARMELLINI - *L'utilizzazione idroelettrica ed irrigua del sistema Adige-Garda* - Giornale del Genio Civile, novembre 1952.

A. BAGNULO - *Legislazioni sulla bonifica e sulla riforma fondiaria* - Eliograf - Roma, 1954.

C. BRESADOLA - *La sistemazione dei torrenti nella regione Trentino-Alto Adige* - Economia Trentina, n. 4-5 del 1956.

CINQUANTENARIO DEL MAGISTRATO ALLE ACQUE - *Il problema cruciale: l'Adige* - Officine Grafiche Ferrari, Venezia 1957.

CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI - *Eventi eccezionali alluvionali e mareggiate del novembre* 1966 *e relativi problemi di carattere generale e particolare* - 16 novembre 1966, voto n. 1740.

L. CONSOLO - *Generale sistemazione idraulica Adige-Tartaro-Canal Bianco-Po di Levante* - Trento conferenza dell'Adige, 1967.

G.B. DELLA VALLE - *La bonifica montana del bacino dell'Adige* - Atti III Congresso Nazionale degli Ingegneri Italiani, Trieste 1935.

JOSEF DONAT - *Perizia sulle opere compiute negli anni* 1886-1890 *per la regolazione dell'Adige fra Marlengo e Sacco, come pure sulla necessità e la possibilità di mettere in atto misure di ripristino* - Manoscritto.

GIUSEPPE EVANGELISTI ed AUGUSTO ZANOTTI - *Difese dei corsi di acqua* - La bonifica integrale, oggi, in Italia. « Bonifica Integrale », ottobre 1966.

GUIDO FERRO e GIOVANNI PADOAN - *L'Adige e la difesa dalle piene del tronco di pianura* - Giornale del Genio Civile, novembre-dicembre 1953.

A. GHETTI - *Sull'impiego di modelli nei problemi fluviali, con particolare riguardo ai problemi dell'Adige e dei suoi affluenti* - Trento, Conferenza dell'Adige, 1967.

MARIO GIANDOTTI - *Sulla correzione e regolazione dei corsi d'acqua torrentizi* - L'energia elettrica, fascicolo 7, 1956.

GRESELIN, WETTER, MASTROPIERO - *Contributo alla sistemazione dello Adige* - « Società Trentina di Elettricità », Bolzano 1952.

E. LOMBARDINI - *Guida allo studio dell'idrologia fluviale e dell'idraulica pratica* - Ristampa Edizione 1870 a cura dell'Associazione Idrotecnica Italiana.

PAOLO MALACARNE - *Alcune considerazioni in tema di riforma delle disposizioni di legge sulle opere idrauliche* - L'Acqua, luglio-agosto 1951.

E. MARCH e R. MEZZOMONTI - *Memorie varie sulla sistemazione dello Adige da Merano a S. Michele* - Anni 1920-1923 1948, Consorzio di Bonifica Atesino, Bolzano.

M. MARGHERI - *L'utilizzazione delle capacità di invaso ai fini della moderazione delle piene* - Trento, Conferenza dell'Adige, 1967.

MARTINELLI, PERWANGER e STAKUL - *Studio idrogeologico del problema delle alluvioni nel territorio della provincia di Bolzano* - Camera di Commercio di Bolzano, gennaio 1967.

FRANCESCO MARZOLO - *I serbatoi di piena* - L'Energia Elettrica, aprile 1933.

FRANCESCO MARZOLO - *Per un maggior impiego di serbatoi a scopo multiplo nelle sistemazioni fluviali* - L'Energia Elettrica.

F. MARZOLO - *Cenni intorno alle sistemazioni idrauliche del bacino dello Adige, con particolare considerazione dell'affluente Avisio* - Trento, Conferenza dell'Adige 1967.

L. MASOTTO - *Considerazioni in ordine alla utilizzazione congiunta delle acque del Sarca e dell'Adige con la regolazione del Lago di Garda* - Trento, Conferenza dell'Adige 1967.

F. MELONI e G. PADOAN - *Relazione presentata al Congresso regionale per le bonifiche e le irrigazioni di Mantova* - 1950.

F. MENNA - *La sistemazione idraulica dell'Adige* - Trento, Conferenza dell'Adige 1967.

LUIGI MILIANI - *Le piene dei fiumi veneti ed i provvedimenti di difesa* - L'Adige, Le Monnier, Firenze 1937.

G. MITTEMPERGER - *Sulla sistemazione idraulica del bacino dell'Adige nella provincia di Trento* - Stabilimento Arti Grafiche Scotoni A., Trento.

G. PADOAN - *La sistemazione del bacino dell'Adige* - Relazione Generale, Trento, Conferenza dell'Adige, 1967.

G. PASSERINI - *La difesa del suolo* - Convegno per la difesa del suolo, novembre 1953, Firenze.

P. PULGA - *Note sugli straripamenti del fiume Adige e dei suoi affluenti nel settembre* 1960 *con particolare riferimento alle conseguenze derivate per la rete ferroviaria statale* - Trento, Conferenza dello Adige, 1967.

B. QUESNEL - *Traité d'hydraulique fluviale appliqué* - Eyrolles, Paris.

GIUSEPPE RINALDI - *Considerazioni sui problemi delle alluvioni dei fiumi e delle erosioni del suolo in Italia* - X Convegno d'Idraulica e di Costruzioni Idrauliche, Cagliari 1966.

PIETRO RODIGHIERO - *Gli interrimenti ed il trasporto di materiale nello Adige e nei corsi d'acqua del suo bacino. I provvedimenti per la difesa contro l'insidia solida e per la sua sicurezza idraulica* - Giornale del Genio Civile, giugno-luglio 1953.

PIETRO RODIGHIERO - *Studi ed esperienze su modello e lavori per lo spostamento della confluenza dei fiumi Adige e Isarco* - Genio Civile, novembre 1955.

PIETRO RODIGHIERO - *Possibilità derivatorie dall'Adige per consumi potabili irrigui, di industrie e di canali navigabili e per la realizzazione di serbatoi idroelettrici* - I Convegno degli Ingegneri Idraulici del Corpo del Genio Civile, Parma 1963.

IL SERVIZIO METEOROLOGICO DELL'AERONAUTICA MILITARE - *Vita Italiana* - Presidenza del Consiglio dei Ministri, febbraio 1967.

T. STOLCIS - *Memorie varie sulla regolazione dell'Adige e sulla utilizzazione delle sue acque* - Trento, Conferenza dell'Adige, 1967.

GIULIO SUPINO - *Nuovi sistemi per la sistemazione dei fiumi* - Rivista del Catasto e servizi tecnici erariali, n. 3 del 1959.

L. SUSMEL - *Sull'azione del bosco nella difesa contro le piene* - Trento, Conferenza dell'Adige, 1967.

L. SUSMEL - *Sull'azione regimante ed antierosiva della foresta* - Roma, Accademia Nazionale dei Lincei, 1968.

G. TOMASI - *Utilizzazione delle acque e protezione del paesaggio* - Trento, Conferenza dell'Adige, 1967.

D. TONINI - *Qualche considerazione sulla previsione delle piene* - Trento, Conferenza dell'Adige 1967.

D. TONINI - *Elementi di idrografia ed idrologia* - Libreria Universitaria, Venezia, 1959-1966.

G. TORTAROLO - *Il problema dell'Adige-Garda-Tartaro-Canalbianco* - Rassegna del Polesine, marzo-giugno 1951.

G.B. TRENER - *Osservazioni geologiche sulla portata solida dell'Avisio* - Trento 1923.

G.A. VENZO - *Proposte e orientamenti per lo studio idrogeologico del bacino dell'Adige* - Trento, Conferenza dell'Adige, 1967.

A. WEBER VON EBENHOF - *Der Gebierge-Wasserbau in Alpinen Etschbecken* - Vienna, 1892.

L. ZANONI - *La bonifica e la utilizzazione delle acque a scopo irriguo* - Trento, Conferenza dell'Adige, 1967.

## GRUPPO DI LAVORO PER IL BACINO DEL PO E DELLA LIGURIA

(Presidente: Prof. Ing. MARIO ROSSETTI)

SECONDA SOTTOCOMMISSIONE
II° GRUPPO DI LAVORO

# BACINO DEL PO E BACINI DELLA LIGURIA

*Presidente: Dott. Ing. Prof. MARIO ROSSETTI*

Membri: Prof. Gian Franco Baldini, dott. ing. Samuele Cavazza,* dott. ing. Prof. Duilio Citrini, dott. Angiolino Greco, dott. ing. Prof. Enrico Marchi,* dott. ing. Alessandro Mazzetti,* dott. ing. Giuseppe Merla,* dott. Edoardo Jedlowski, dott. C. Lyabel,** dott. ing. Armando Piccoli

Segretario: dott. ing. Ugo Raffa

## PREMESSE

Il Gruppo di Lavoro, nella riunione tenuta l'8 luglio 1968, ha predisposto un programma di ricerca di notizie presso i competenti Istituti della Regione Padana dalle quali fosse stato possibile acquisire gli elementi occorrenti per definire, qualitativamente e quantitativamente, i problemi basilari riguardanti la sistemazione della rete fluviale ed il riordino dei bacini tributari in funzione della difesa del territorio che tributa al corso del Po.

Esaminate le relazioni compilate dagli Uffici del Genio Civile in risposta alla Circolare n. 41 del 27 febbraio 1967 inviata dal Consiglio Superiore del Ministero dei Lavori Pubblici, il Gruppo di Lavoro ha deciso di uniformare quelle notizie ed integrarle giusta uno schema di rapporto corredato da una conveniente documentazione cartografica in scala 1:100.000.

L'indagine supplementare riguardava dapprima le notizie relative ad un gruppo di bacini campione, quali quelli:

— dell'Adda e del Lambro per la regione lombarda;

---

* Collaboratori in qualità di esperti non compresi fra i membri nominati con decreto.
** Rappresentante della Regione Valle d'Aosta.

— del Sesia, della Dora Baltea, del Po — fino a Torino —, del Tanaro e dello Scrivia per la regione piemontese;

— del Secchia per la regione emiliana;

— del corso del Po da Torino al mare.

Conseguentemente, con circolare del 17 luglio 1968 n. 61/c, il Magistrato per il Po impartiva le opportune norme agli Uffici del Genio Civile dipendenti ed agli Ispettorati Agrari e Forestali competenti per territorio e con circolare del 29 luglio successivo n. 62/c invitava l'Ufficio Idrografico per il Po e le sue Sezioni Staccate di Milano e di Torino a rassegnare le notizie complementari relative al regime idrologico della regione ed a quello fluviale dei corsi d'acqua.

La estensione dell'indagine alle condizioni dei rimanenti bacini principali è stata poi disposta, sempre dal Magistrato per il Po, con circolare in data 23 luglio 1969 n. 232/c.

La complessa e pure esauriente documentazione sulla quale il Gruppo di Lavoro ha basato le conclusioni del proprio lavoro, le quali riguardano sia il genere degli interventi operativi da proporre per le diverse parti del bacino del Po, sia le corrispondenti previsioni di spesa, è raccolta presso l'Ufficio Idrografico per il Po ed è formata da:

— 50 relazioni, con allegati, compilate da 28 Uffici del Genio Civile;

— 4 relazioni, con allegati, compilate da quattro Uffici o Sezioni Idrografiche;

— 9 relazioni, con allegati, compilate da quattro Ispettorati Compartimentali delle Foreste.

Nella stessa raccolta sono comprese anche le documentazioni presentate dagli Ispettorati Compartimentali Agrari e delle Foreste in accordo con le circolari 7 agosto 1968, n. 34/10-B della Direzione Generale della Bonifica, 13 agosto 1968 della Direzione Generale della Economia Montana e 12 aprile 1969 della Direzione Generale della Bonifica e che sono costituite da:

— 6 elaborati, tabelle, degli Ispettorati Compartimentali per le Foreste;

— 11 elaborati, tabelle, degli Ispettorati Compartimentali Agrari;

— 33 elaborati compilati da Consorzi di Bonifica e di Bonifica Montana.

Il Gruppo di Lavoro ha rassegnato una prima Relazione sintetica sulle occorrenze di riassetto idraulico e di difesa del suolo della regione padana e sulle spese da prevedere per tale scopo che è stata riportata negli Atti della Commissione — Volume Primo — Relazione Conclusiva — anno 1970.

Quì di seguito sono descritte ed illustrate le condizioni fisico-idrologiche della regione ed idrauliche del corrispondente reticolo idrografico,

nonchè i concetti generali sui quali debbono essere basate le opere da prevedere per il razionale riassetto idraulico del territorio e per la difesa dalle alluvioni.

Il Gruppo di Lavoro esprime un doveroso ringraziamento agli Uffici, agli Enti ed al loro personale, che hanno contribuito con competenza e con diligenza alla raccolta delle notizie ed alla compilazione degli elaborati che sono stati usati per la illustrazione che segue e che costituiscono una documentazione aggiornata ed esaurientemente valida per gli studi progettuali che dovranno seguire le indicazioni della Commissione sull'argomento che le è stato proposto.

Al Segretario del Gruppo, dot. ing. Ugo Raffa, è da dedicare un particolare elogio per la esperta ed intelligente opera svolta e per il prezioso contributo di collaborazione che ha dato per la compilazione della Relazione.

Parma, 31 dicembre 1971

Il Presidente del Gruppo di Lavoro
*dott. ing. Prof. Mario Rossetti*

Dott. Ing. Prof. Mario Rossetti *

IL BACINO DEL PO

# NOTIZIE SULLE CONDIZIONI IDROLOGICHE, IDROGRAFICHE E MORFOLOGICHE DELLA REGIONE PADANA E SULLE OCCORRENZE DEL SUO RIASSETTO AI FINI DELLA DIFESA DEL SUOLO

*« Assegnare ai fiumi quell'origine,*
*quel corso, quei confini, quei termini*
*ch'erano suoi opportuni ».*

1. - Per apprendere con cognizione le occorrenze contingenti del riassetto funzionale della rete idrografica della regione padana, si reputa convenevole la premessa di notizie sui tipi di regime idrologico che dominano in questa parte del territorio nazionale.

Le note che seguono concernono le estrinsecazioni del regime in relazione con le caratteristiche geografico-morfologiche dei bacini idrografici elementari.

E' indubbia, infatti, la preminenza di queste condizioni sulla distinzione delle manifestazioni meteorologiche e dei correlativi deflussi, siano esse di natura ricorrente che di eccezione.

Il dissimigliante comportamento dei fatti idrologici in funzione dei luoghi, del tempo e delle ricorrenze, queste contenute in un ciclo annuale, è certamente dominato anche dalla diversa disposizione orografica dei bacini di raccolta e morfologica dei recipienti fluviali, ma particolarmente dalla disponibilità dei pri-

* Presidente del Magistrato per il Po. Libero Docente di idrografia ed idrologia.

mi alla geodegradazione e dei secondi alla decadenza evolutiva, più o meno progredita, della loro funzionalità idraulica.

Per un riconoscimento più completo, a queste notizie sono da aggiungere quelle che riguardano il vario assetto del territorio dal quale dipende il grado di priorità che occorre assegnare al riordino dei bacini tributari e dei torrenti e fiumi recipienti.

Per la regione padana questi sono fattori indissociabili dalla analisi e dallo studio del nuovo assetto dei vari bacini, degli influenti e del Po recipiente fino alla zona del delta.

Sono, per meglio dire, gli elementi primitivi che debbono sostenere la ricerca e la adozione delle soluzioni idrauliche da proporre nei piani di bacino da compilare allo scopo.

E la ragione di queste occorrenze si ritrova se si pone mente che quasi ovunque quelle soluzioni sono subordinate all'apparato del territorio che non può essere modificato senza generare turbamenti radicali alle esistenti infrastrutture agricole, urbanistiche ed industriali.

Nei riguardi delle opere idrauliche da progettare ed ai loro caratteri funzionali, strutturali e costruttivi, si dovranno meditare attentamente le tecniche tradizionali le quali, anche di recente, hanno dimostrato la loro rispondenza con le nuove condizioni che sono state imposte all'assetto dei tributati minori e dei recipienti principali.

Tecniche che possono essere perfezionate con una adeguata conoscenza delle moderne attrezzature operative e delle esperienze eseguite in altri luoghi che hanno attitudini idrauliche similari.

La cognizione dei lavori eseguiti sinora dal Magistrato per il Po può considerarsi altrettanto pregevole per la delineazione dei vari tipi di opere da proporre; di questi è stata raccolta dall'Istituto una documentata descrizione fornita dagli Uffici del Genio Civile dipendenti.

Sempre a questo rispetto, conviene lo studio delle informazioni che si possono trarre dagli eventi calamitosi accaduti nel tempo che va dai primi anni dell'800 ad oggi, principalmente la loro causa ed i danni che hanno prodotto, nell'intento

di schivare errori grossolani nello stabilire e risolvere i contingenti problemi idraulici in particolare.

Di quelle esemplificazioni la bibliografia disponibile è copiosa e, praticamente, comprende tutti gli argomenti, idrologici ed idraulici, che possono interessare la tecnica applicativa. Modelli generali per la progettazione dei lavori di sistemazione di un bacino, o delle opere propriamente idrauliche sulle aste fluviali, non possono essere fissati in questa sede, se si tengono presenti le differenti condizioni ed occorrenze delle varie parti della regione padana.

Anche per questo motivo dovranno essere studiate le opere compiute nel passato ed il loro comportamento rispetto al regime del corso d'acqua ed alle sollecitazioni idrodinamiche di eccezione a cui sono state sottoposte.

In ogni occasione sarà sempre buona guida la osservazione sistematica dei luoghi, la intelligente interpretazione dei fatti accaduti e l'insegnamento degli scritti dei Maestri che ci hanno preceduto.

Su queste basi è stata compilata questa Relazione tenendo pure conto sia delle condizioni generali della regione padana quanto di quelle dei bacini principali e secondari e di quelle del corso del Po nelle sue varie tratte: ci si è avvalsi anche di una documentata esperienza e delle conoscenze idrologiche ed idrografiche desunte dalle pubblicazioni dell'Ufficio Idrografico per il Po.

2. - Il bacino idrografico del Po comprende l'ampio territorio che è incluso tra le Alpi Orientali — Carniche e Giulie —, le Alpi Centrali e le Prealpi — Pennine, Lepontine, Retiche —, le Alpi Occidentali — Graie, Marittime — e il tratto della catena appenninica che va dal Colle di Cadibona all'Alpe della Luna: territorio la cui parte di pianura è limitata ad est dal tratto del mare Adriatico nel quale recapitano le acque dello intero bacino tributario.

A rigore, eminentemente idrologico ed idrografico, dal bacino geografico descritto dovrebbe essere esclusa quella parte che è limitata a sud dai rilievi delle Prealpi e che comprende il bacino dell'Adda prelacuale: per la stessa ragione sono da esclu-

dere i bacini del Ticino, del Toce e dei loro affluenti, nonchè quello della Dora Baltea fino a Pont Sant Martin i quali, per la disposizione dei rilievi che li limitano, risultano esclusi dai tributari immediati del Po in ragione del dissimile regime idrologico da cui sono dominati.

Ancora rispetto alla estensione idraulicamente efficace del bacino del Po, vi è da fare presente che sarebbero da escludere anche quelle porzioni del territorio di pianura le cui acque sono accumulate nei numerosi canali di bonifica della Lombardia, dell'Emilia e del Veneto perchè ritardate nel loro recapito nel recipiente.

A questo riguardo occorre pure ricordare la analoga azione esercitata dai laghi naturali regolati e da quelli artificiali.

Seppure la azione totale di queste riduzioni di area, particolarmente sensibile in occasione di eventi di piena, sia di incerta valutazione, è pure altrettanto vero che la reale superfice tributaria del Po alla chiusura del suo bacino è da stimare sensibilmente inferiore a quella geografica di 70.090 Km.$^2$

Storicamente il bacino del Po, in destra della ultima parte del corso del fiume, a valle della confluenza del Panaro, comprendeva anche quello del fiume Reno e dei suoi affluenti, il quale presentemente, invece, recapita direttamente al mare le sue acque a sud della foce del ramo deltizio del Po di Goro.

La distribuzione orografica della regione risulta chiaramente distinta nei suoi riflessi idraulici se si considerano i corsi d'acqua in funzione della loro provenienza, alpina od appenninica; e la ragione della distinzione deve essere ricercata nella diversa origine e conformazione geologica dei rilievi dai quali essi hanno origine (Tavola I).

I primi hanno gli alvei incisi in anguste valli, con ripide fiancate rocciose, che sfociano nella pianura senza la interposizione di un tratto con pendenze medie modulate, a cagione della loro origine propriamente glaciale; nei loro affluenti, che ugualmente provengono dalle incisioni di contrafforti alpini della stessa origine e formazione geologica, spiccano le numerose e potenti conoidi di materiale grossolano originate dal disfacimento delle parti più elevate degli stessi rilievi.

Gli affluenti appenninici sono contraddistinti da un breve percorso a quota elevata e da uno successivo, che precede le tratte di pianura, a declivio moderato dovuto alla natura delle rocce più facilmente ed estesamente degradate.

Questa particolarità geo-morfologica dei bacini di alimentazione ha anzi favorito l'intervento e l'inserimento nell'ambiente delle attività agricole che hanno contribuito alla spoliazione del terreno del rivestimento arboreo esponendolo alla azione diretta del progressivo disfacimento superficiale.

La zona propriamente di pianura occupa la maggior parte del bacino padano ad eccezione della limitata porzione rappresentata dai rilievi montuosi del Monferrato.

In genere, la pianura padana è formata dai sedimenti del gran mare pliocenico e dal terreno alluvionale, pervenuto dalle pendici delle Alpi e dell'Appennino, che ad essi si è sovrapposto nei tempi geologici successivi.

Questa pianura è attraversata da un denso reticolo idrografico ed è solcata dal corso del Po che, come arteria principale, accoglie tutte le acque della valle che attraversa, dal rilievo del Monviso fino al mare Adriatico, con direzione prevalente da ovest verso est.

Il percorso del fiume, anche nelle sue porzioni elementari, appare come la risultante di un insieme di forze e di condizioni naturali di complessa definizione.

Si può, comunque, ammettere che, con il trascorrere dei secoli, queste hanno agito in maniera differente e discontinua e che ad esse si è aggiunta quella dell'uomo sostenuata dalle sue occorrenze.

Osservando il corso del Po si nota che il suo asse non coincide con quello topografico definito dai displuvi alpini ed appenninici: il fiume scorre più prossimo a questi ultimi che non ai primi.

La ragione di questa anomalia si ritrova considerando la diversa natura geologica e la diversa elevazione dei monti da cui sono pervenuti nella pianura i prodotti del loro progressivo disfacimento.

Le Alpi, che si elevano a cospicue altezze e sono coronate

da ghiacciai e nevai è zone sterili, hanno trasferito nella pianura, e trasferiscono ancora, volumi più poderosi di materie solide che non gli Appennini.

I primi sono di pezzatura grossolana, mentre i secondi, di composizione granulometrica minuta, sono più facilmente trascinati fino al mare dalle acque recipienti.

E' in tal modo che nella formazione della pianura è prevalsa l'azione degli influenti di sinistra, alpini, su quelli appenninici di destra.

3. - Le espressioni idrologiche nel bacino del Po sono in funzione diretta della disposizione geografica e della conformazione orografica delle sue parti.

L'arco delle Alpi a nord, a sud i rilievi dell'Appennino, ad est l'ampia apertura verso l'Adriatico, la ampiezza della sua superficie e quella del settore dei paralleli che la comprendono, assegnano alla regione padana la predisposizione alla diversità delle manifestazioni idrologiche, sia ricorrenti che casuali.

Più esattamente, all'ingresso nel bacino, le meteore che provengono dall'ambiente esterno a questo territorio, subiscono mutazioni che danno luogo a tipi di precipitazioni precipuamente diverse da un luogo all'altro.

In altre occasioni sono stati descritti i tipi principali che ricorrono nelle varie parti del bacino: tipi ai quali sono subordinati, qualitativamente in modo particolare, quelli dei recipienti fluviali.

Tra quelle definizioni sono da riguardare più consone quelle che sono state desunte dalle plubblicazioni del Servizio Idrografico (1), basate su rilevazioni eseguite per molto tempo ed in numerosi posti del bacino, che consentono, per questo, una obiettiva interpretazione qualitativa e quantitativa dei vari fatti dominanti.

Da quell'insieme di dati risultano confermati i tipi di regime la cui distribuzione nella regione è sinteticamente rappresentata nella Tavola II.

Nella figurazione è da notare il distinto comportamento del bacino dell'Adda Alpino — Valtellina — dell'alto Ticino e del

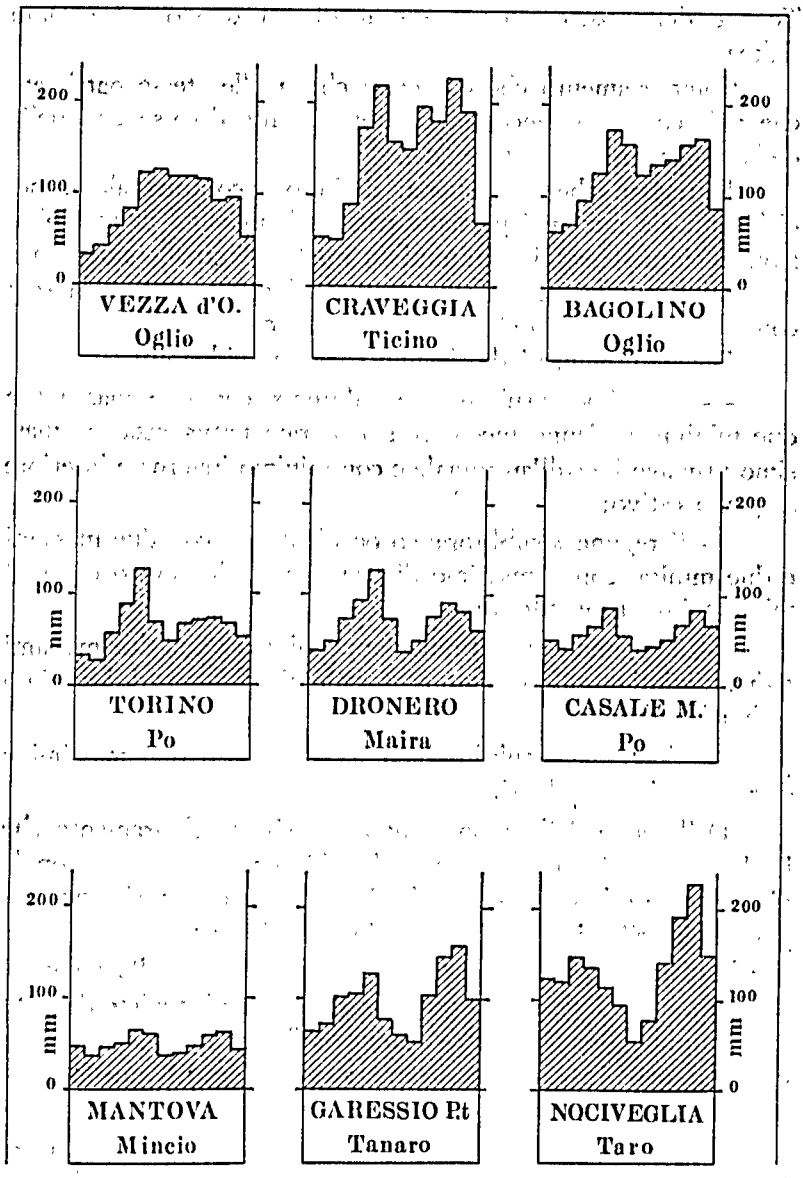

200
100
mm
0
VEZZA d'O.
Oglio
CRAVEGGIA
Ticino
BAGOLINO
Oglio
TORINO
Po
DRONERO
Maira
CASALE M.
Po
MANTOVA
Mincio
GARESSIO Pt
Tanaro
NOCIVEGLIA
Taro

Fig. 1

Toce e della parte superiore e media di quello della Dora Baltea.

Comportamento che conferma che quelle stesse parti, anche nel senso idrologico, sono propriamente diverse da quelle della rimanente regione padana.

Il regime che vi domina, definito « continentale », nel ciclo annuale medio si presenta con i soli massimi di precipitazione nei mesi estivi e minimi in quelli invernali, cioè senza massimi e minimi secondari: regime nel quale domina la sola componente annuale del fatto pluviometrico.

Per le altre parti del bacino sono individuabili:

— il regime « sublitoraneo alpino » con due massimi e due minimi nell'anno medio con moderata prevalenza del massimo primaverile sull'autunnale e con minimo invernale inferiore a quello estivo;

— il regime « sublitoraneo occidentale » con due massimi e due minimi con il massimo di primavera più elevato e con il minimo invernale inferiore;

— il regime « sublitoraneo appenninico » con due massimi e due minimi con il massimo autunnale più elevato ed il minimo estivo inferiore;

— il regime « sublitoraneo padano » con due massimi e due minimi equivalenti.

Dall'esame della rappresentazione risulta chiaramente che le differenze di regime dei vari luoghi sono in accordo con la disposizione e la elevaizone e l'orientamento e la posizione geografica dei rilievi montuosi che limitano il bacino; vale a dire che la distribuzione, qualitativa, dei valori medi delle piogge è in diretta correlazione con quei caratteri e che il regime definito « sub-litoraneo padano » che domina nella zona di pianura, deve essere riguardato come la risultante, idrologica, di quello « sublitoraneo alpino » e di quello « sublitoraneo appenninico ».

Per quanto concerne i valori assoluti delle piogge medie, mensili ed annui, vedasi la figura 1, sono da notare quelli ragguardevoli della regione alpina e prealpina ove le maggiori elevazioni del territorio favoriscono la condensazione dell'aria calda ed umida che, solitamente, proviene da sud attraverso le nu-

merose depressioni del crinale dell'Appennino Ligure e Tosco Emiliano.

Le condizioni di distribuzione nell'anno dei deflussi della rete idrografica rispecchiano quelle dei corrispondenti afflussi meteorici e dei caratteri geo-litologici e morfologici dei bacini di raccolta.

Nella figura 2 sono rappresentati i diagrammi dei valori medi mensili dei deflussi, espressi in millimetri, rilevati dallo Ufficio Idrografico per il Po in alcune stazioni caratteristiche.

Le figurazioni confortano la comprensione dei regimi delle vie d'acqua padane e della correlativa dipendenza da quelli delle precipitazioni.

Anche tra i deflussi spiccano quelli dell'Adda Alpino — Adda a Fuentes — del Toce — a Cadarese — e quello del Ticino, indi quello della Dora Baltea — a Tavagnasco —, rispetto a quelli degli altri corsi d'acqua del bacino del Po.

I diagrammi mostrano, anche, che i corrispettivi deflussi sono superiori a quelli degli altri fiumi e torrenti della regione ad eccezione di quelli che hanno la loro origine nella catena delle Prealpi lombarde, per esempio il Chiese alla stazione di Gavardo, ove le precipitazioni raggiungono valori massimi; il quale fatto può essere assegnato alla presenza, nelle parti più elevate, di ghiacciai in fase di ritiro e di estesi nevai.

La stessa figura mostra che dal comportamento sub-litoraneo alpino dei fiumi e torrenti della regione lombarda, si passa a quello eminentemente sub-litoraneo occidentale di quelli piemontesi e che questo si trasforma, con gradualità, in quello sub-litoraneo appenninico attraverso l'ampio bacino del Tanaro.

Questo, infatti, in ragione della sua origine e di quella dei suoi affluenti di sinistra, che è ai limiti della regione alpina, e di quella del Bormida, affluente di destra, eminentemente appenninica, è soggetto ai tipi di regime definiti, rispettivamente, sub-litoraneo occidentale e sub-litoraneo appenninico.

Sempre nel bacino del Tanaro è presente anche il regime sub-litoraneo padano che interessa alcuni corsi d'acqua minori della regione del Monferrato.

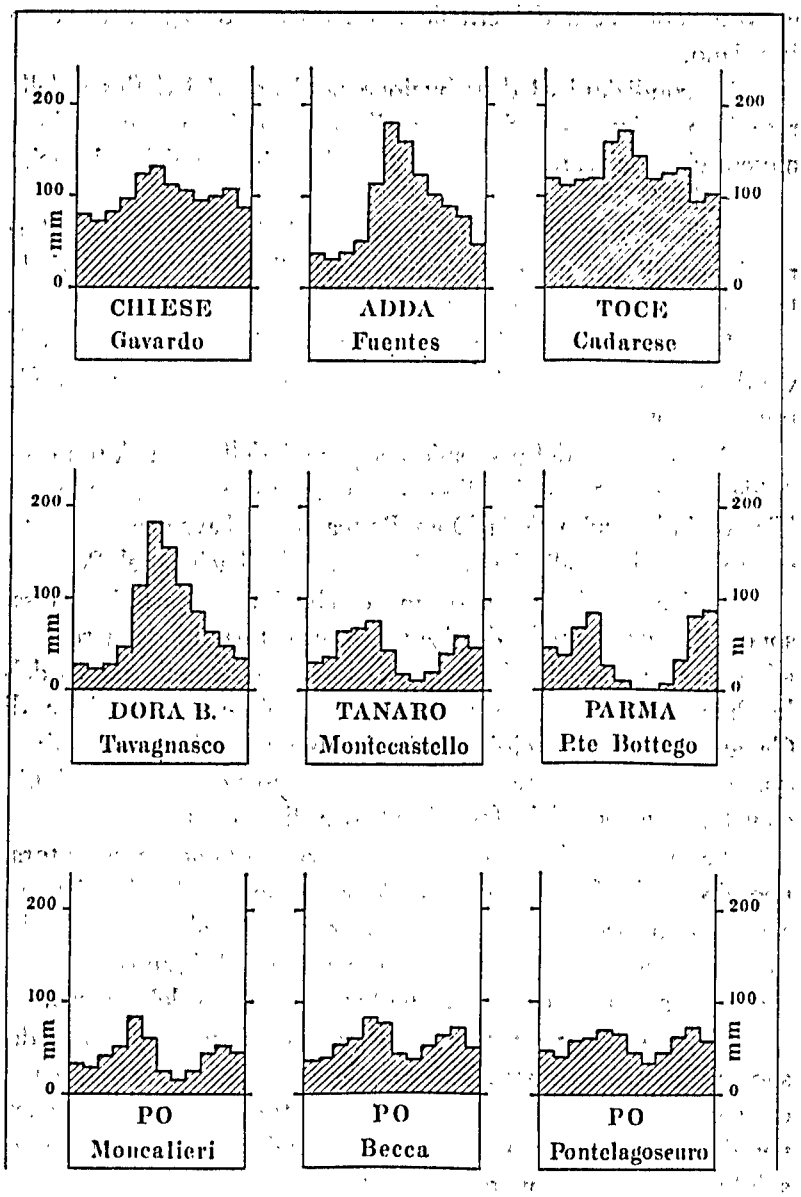

200
100
mm
0
CHIESE
Gavardo
ADDA
Fuentes
TOCE
Cadarese
DORA B.
Tavagnasco
TANARO
Montecastello
PARMA
P.te Bottego
PO
Moncalieri
PO
Becca
PO
Pontelagoscuro

Fig. 2

Allo stesso regime sub-litoraneo padano sono soggetti gli affluenti minori, in sinistra del Po, della regione lombarda.

Per il corso del Po i diagrammi delle stazioni di Moncalieri, Becca e Pontelagoscuro definiscono il corrispondente regime dei deflussi il quale, a parte la norma della progressiva diminuzione dei valori rappresentativi all'aumentare della superficie tributaria, risulta definito principalmente da quello degli affluenti della Lombardia e del Piemonte.

4. - Più intimamente e proficuamente le correlazioni tra gli afflussi ed i deflussi di un bacino idrografico possono essere rappresentate analiticamente nei modi proposti in altra occasione (2) che si basano su concetti elaborativi che provengono dal considerare il ciclo annuale di ricorrenza dei valori medi rappresentativi di un fatto idrologico, composto da due cicli armonici elementari: di questi uno, annuale, ha il periodo uguale a 12 mesi, l'altro, stagionale, lo ha uguale a 6 mesi.

La correlazione delle sintesi delle rappresentazioni analitiche, nel caso che si considera tra quelle degli afflussi meteorici e quelle dei deflussi relativi ad una data sezione fluviale, risultano, anche figuratamente, di sicuro interesse per la delineazione, grafico-analitica, del comportamento reciproco e diretto dei due fatti idrologici ed indiretto delle condizioni geomorfologiche del bacino tributario.

Di questo genere di correlazioni e sulla loro interpretazione ci si riserva di darne un più ampio resoconto in altra occasione, perchè la relativa indagine è stata estesa a numerose stazioni di rilievo disposte sui principali affluenti del Po.

Qui di seguito, a sostegno delle precedenti affermazioni, si riportano le esemplificazioni che riguardano alcuni posti di rilievo con caratteristiche differenziate rispetto alle condizioni geografiche ed a quelle di regime idrologico.

I corsi d'acqua, le stazioni e le corrispondenti equazioni di sintesi armonica sono:

1) fiume Chiese a Gavardo, fig. 3: bacino di dominio $Km^2$ 934, altitudine media m.s.m. 1230:

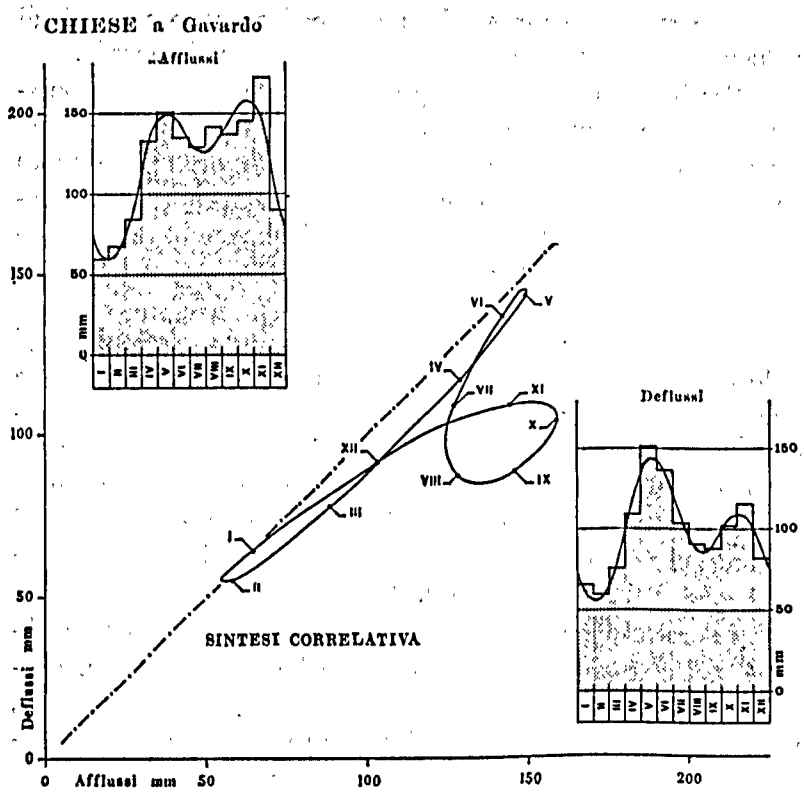



Fig. 3

afflussi: $A = 119{,}9 + 29{,}5 \text{ sen } (\frac{2\pi t}{6} + 205°) + + 34{,}9 \text{ sen } (\frac{2\pi t}{12} + 229°);$

deflussi: $D = 98{,}5 + 27{,}6 \text{ sen } (\frac{2\pi t}{6} + 176°) + + 23{,}3 \text{ sen } (\frac{2\pi t}{12} + 271°);$

2) fiume Serio a Ponte Cene, fig. 4: bacino di dominio $Km^2$ 455, altitudine media m s.m. 1335:

afflussi: $A = 149{,}7 + 33{,}0 \text{ sen } (\frac{2\pi t}{6} + 200°) + 51{,}2 \text{ sen } (\frac{2\pi t}{12} + 238°);$

deflussi: $D = 121{,}9 + 33{,}7 \text{ sen } (\frac{2\pi t}{6} + 180°) + 41{,}2 \text{ sen } (\frac{2\pi t}{12} + 264°);$

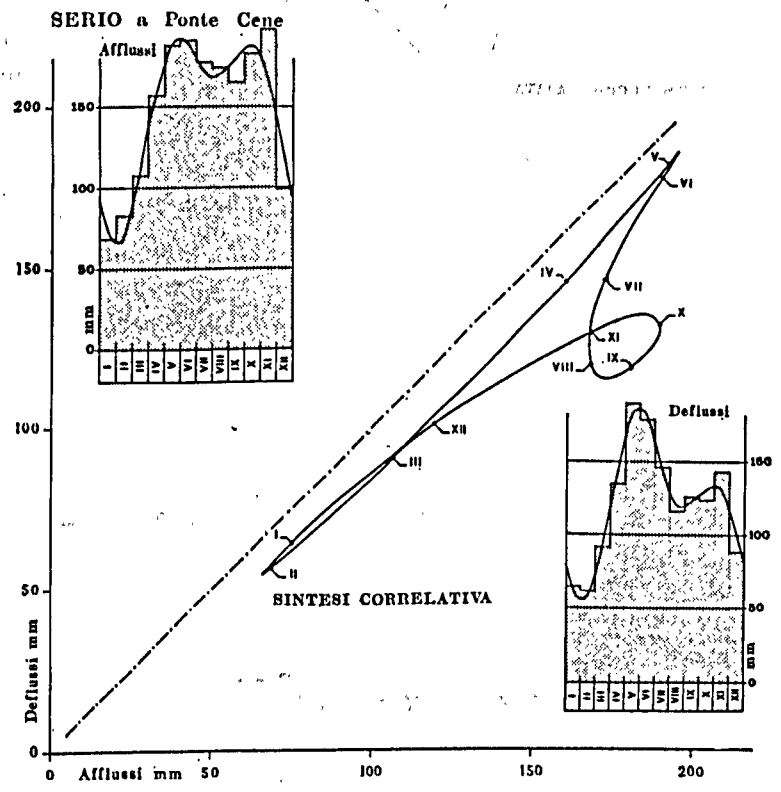



Fig. 4

3) fiume Dora Baltea a Tavagnasco, fig. 5: bacino di dominio Km² 3313; altitudine media m s.m. 2080:

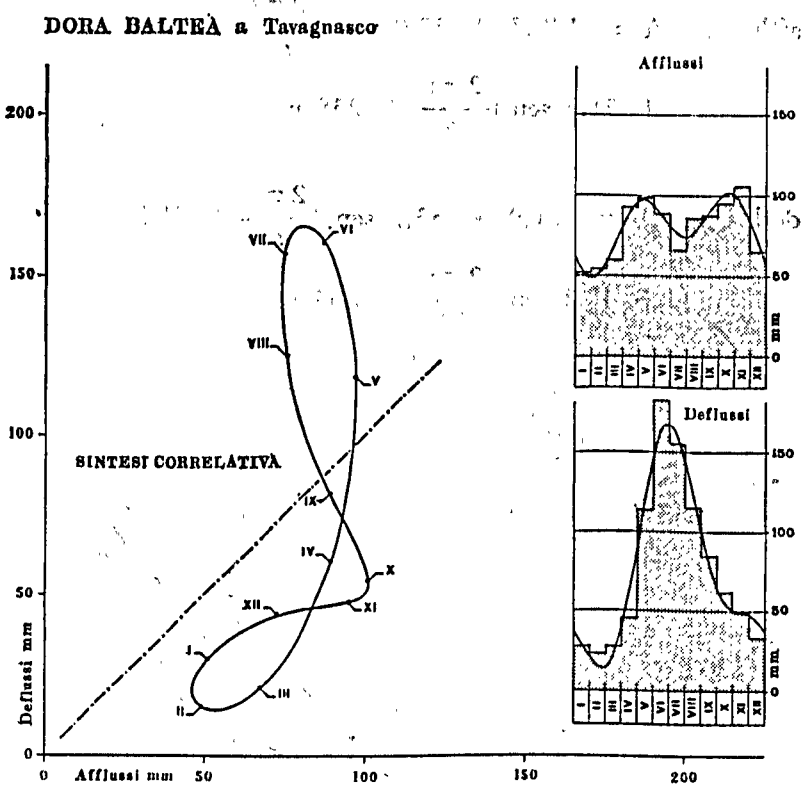



Fig. 5

afflussi: $A = 79{,}2 + 19{,}2 \operatorname{sen} \left(\frac{2\pi t}{6} + 208°\right) + 13{,}4 \operatorname{sen} \left(\frac{2\pi t}{12} + 228°\right);$

deflussi: $D = 76{,}6 + 26{,}5 \operatorname{sen} \left(\frac{2\pi t}{6} + 104°\right) + 65{,}7 \operatorname{sen} \left(\frac{2\pi t}{12} + 258°\right);$

4) fiume Stura di Lanzo a Lanzo, fig. 6: bacino di dominio Km² 582, altitudine media m.s.m. 1751:

$$\text{afflussi: } A = 108{,}8 + 48{,}8 \operatorname{sen}\left(\frac{2\pi t}{6} + 213°\right) + 29{,}3 \operatorname{sen}\left(\frac{2\pi t}{12} + 263°\right);$$

$$\text{deflussi: } D = 91{,}9 + 39{,}9 \operatorname{sen}\left(\frac{2\pi t}{6} + 167°\right) + 59{,}7 \operatorname{sen}\left(\frac{2\pi t}{12} + 272°\right);$$

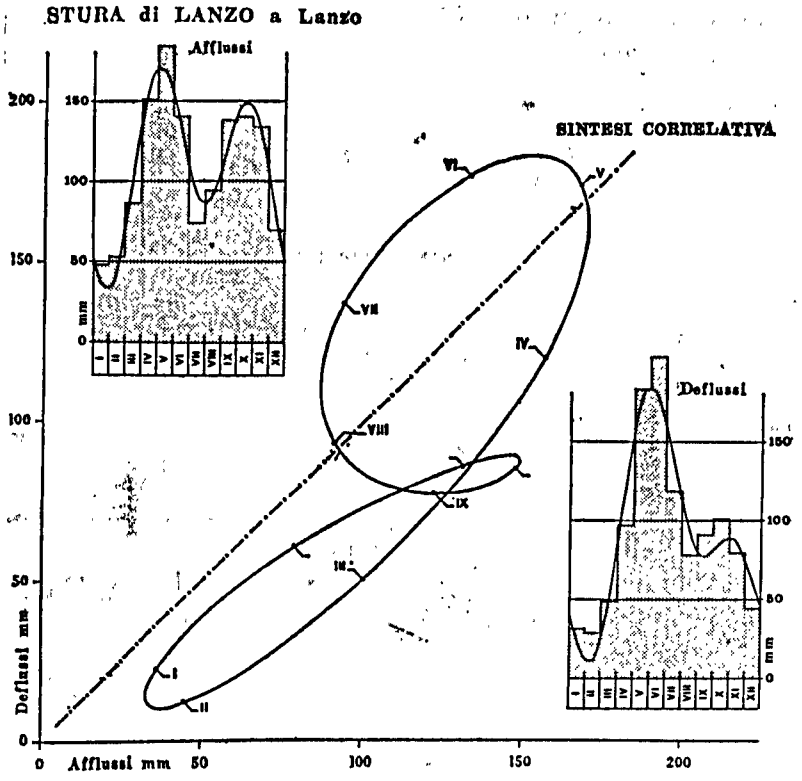



Fig. 6

5) torrente Chisone a San Martino, fig. 7: bacino di dominio Km² 581, altitudine media m s.m. 1751:

$$\text{afflussi:} \quad A = 88{,}4 + 45{,}8 \operatorname{sen}\left(\frac{2\pi t}{6} + 216°\right) + 19{,}3 \operatorname{sen}\left(\frac{2\pi t}{12} + 249°\right);$$

$$\text{deflussi:} \quad D = 57{,}8 + 36{,}4 \operatorname{sen}\left(\frac{2\pi t}{6} + 170°\right) + 35{,}6 \operatorname{sen}\left(\frac{2\pi t}{12} + 287°\right);$$

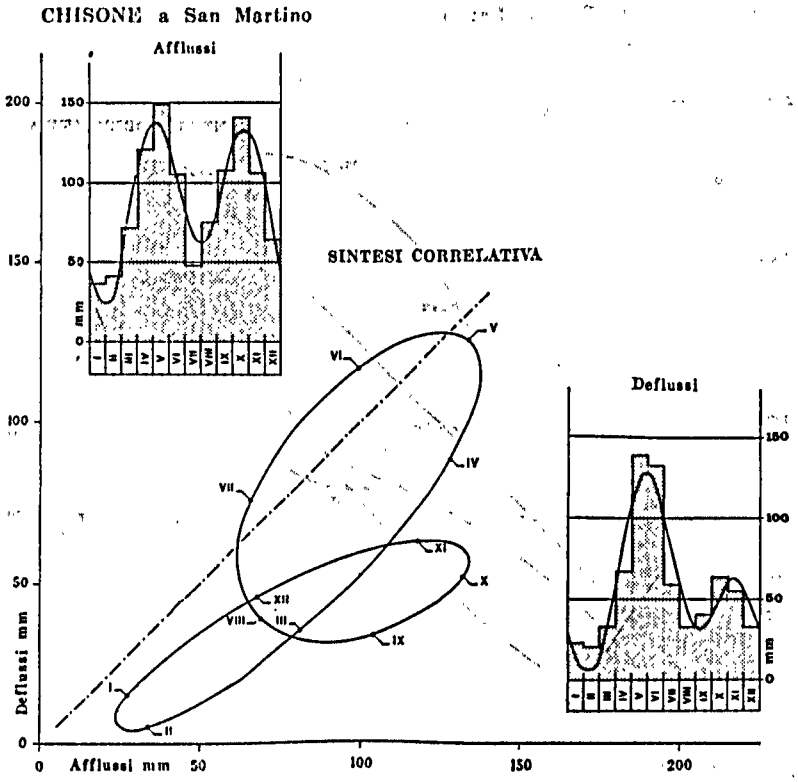



Fig. 7

6) torrente Taro a Santa Maria, fig. 8: bacino di dominio Km² 30, altitudine media m s.m. 1065:

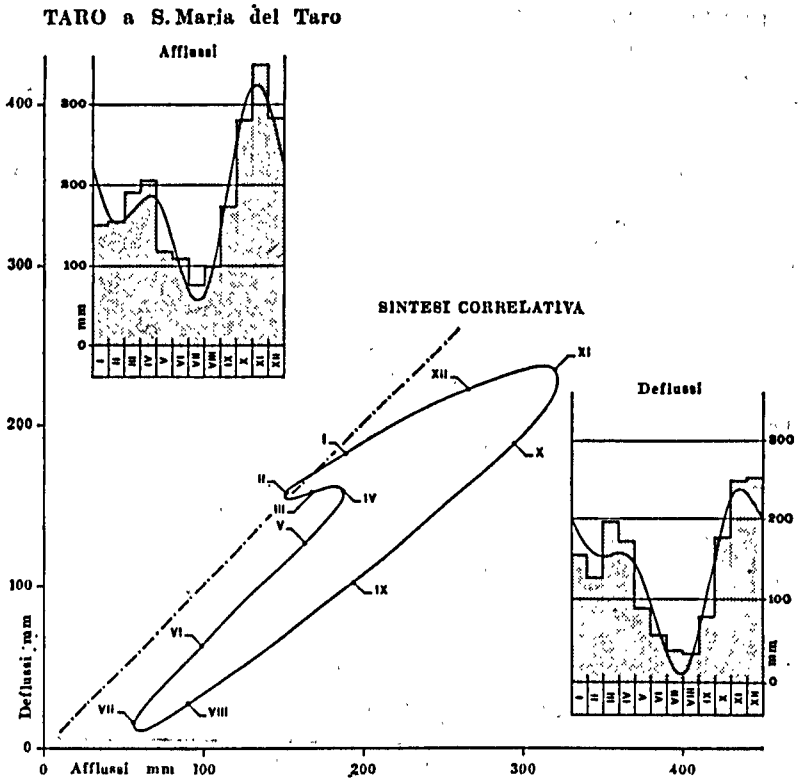



Fig. 8

afflussi: $A = 181{,}6 + 68{,}8 \text{ sen } (\frac{2\pi t}{6} + 209°) +$

$+ 84{,}9 \text{ sen } (\frac{2\pi t}{12} + 114°);$

deflussi: $D = 135{,}7 + 47{,}6 \text{ sen } (\frac{2\pi t}{6} + 201°) +$

$+ 84{,}6 \text{ sen } (\frac{2\pi t}{12} + 85°);$

7) torrente Parma a Ponte Bottego, fig. 9: bacino di dominio Km² 618, altitudine media m s.m. 650:

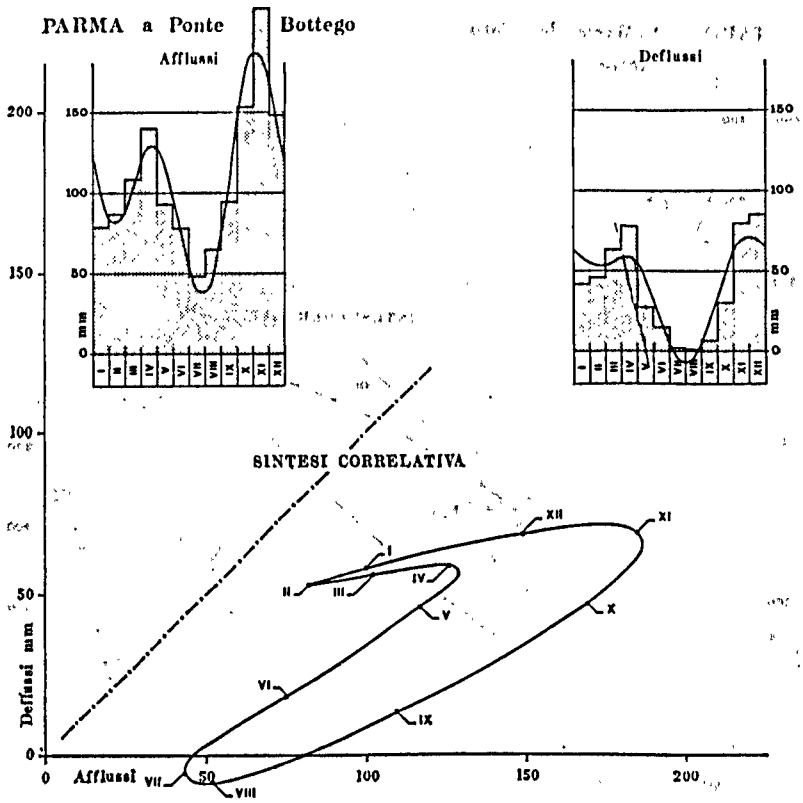



Fig. 9

afflussi: $A = 108{,}9 + 46{,}6 \operatorname{sen}\left(\frac{2\pi t}{6} + 206°\right) + 36{,}6 \operatorname{sen}\left(\frac{2\pi t}{12} + 111°\right);$

deflussi: $D = 39{,}1 + 18{,}6 \operatorname{sen}\left(\frac{2\pi t}{6} + 196°\right) + 33{,}3 \operatorname{sen}\left(\frac{2\pi t}{12} + 64°\right);$

8) fiume Po a Pontelagoscuro, fig. 10: bacino di dominio Km² 70.091:

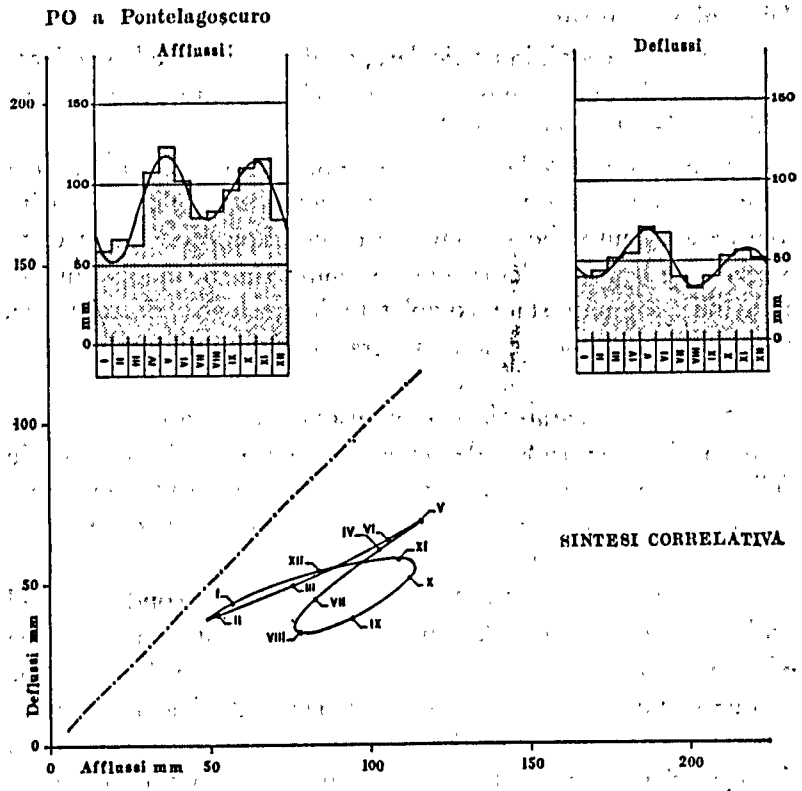



Fig. 10

afflussi: $A = 89{,}5 + 25{,}3 \text{ sen } (\frac{2\pi t}{6} + 240°) + 13{,}0 \text{ sen } (\frac{2\pi t}{12} + 201°);$

deflussi: $D = 50{,}5 + 12{,}9 \text{ sen } (\frac{2\pi t}{6} + 340°) + 6{,}2 \text{ sen } (\frac{2\pi t}{12} + 180°).$

La analisi delle figurazioni e delle equazioni di sintesi armonica, dimostra che i concetti sui quali sono state basate le elaborazioni analitiche appaiono esaurientemente confermati dai risultati ottenuti.

Dalle equazioni, in particolare, risultano distinte le ampiezze e le fasi delle due componenti armoniche assunte per la sintesi analitica dei due fatti correlativi.

Il confronto delle figurazioni porta a distinguere in una sintesi espressiva il diverso comportamento idrologico dei bacini considerati, tanto che si conviene di non approfondire la comparazione e la critica dei risultati ottenuti, rimandandola, invece, a quando saranno state completate le analoghe ricerche che, come è stato premesso, sono ancora in corso.

5. - Ad integrare la comprensione dei caratteri che concorrono alla distinzione del comportamento idrologico-fluviale delle varie parti della regione padana, assumono un ruolo considerevole le conoscenze che si ritraggono dall'esame della Tavola III e della figura 11.

Le documentazioni, infatti, riguardano le condizioni del suolo della regione in relazione con il suo rivestimento arboreo ed il loro studio conduce a considerazioni che giustificano, anche da questo punto di vista, il comportamento dei bacini tributari.

Da tempo gli Scrittori che hanno dissertato sui problemi della efficienza delle reti idrauliche naturali, hanno convenuto sulla azione positiva esercitata dalla copertura boschiva dei versanti montani nei riguardi della diminuzione delle massime escrescenze idrometriche nelle tratte inferiori dei fiumi e dei torrenti.

Seguendo, invece, le concezioni enunciate di recente da Illustri Maestri di idraulica fluviale, confermate dalle ultime conoscenze ed esperienze, si può concludere con la affermazione che la copertura boschiva del terreno con essenze appropriate rappresenta la condizione più favorevole rispetto la protezione del suolo dal degrado dovuto agli agenti atmosferici ed al mantenimento dell'ambiente ecologico.

Secondo questi termini la copertura boschiva deve essere

considerata come una caratteristica fondamentale di un bacino idrografico rispetto al suo equilibrio geomorfologico ed ai fatti idrologici ricorrenti, mentre la sua azione non risulta altrettanto favorevole nei riguardi della moderazione dei valori delle portate di massima piena, se queste sono state causate da fatti di eccezione.

Nella Tavola III citata è schematicamente riassunta la distribuzione dei tipi più significativi di rivestimento del suolo

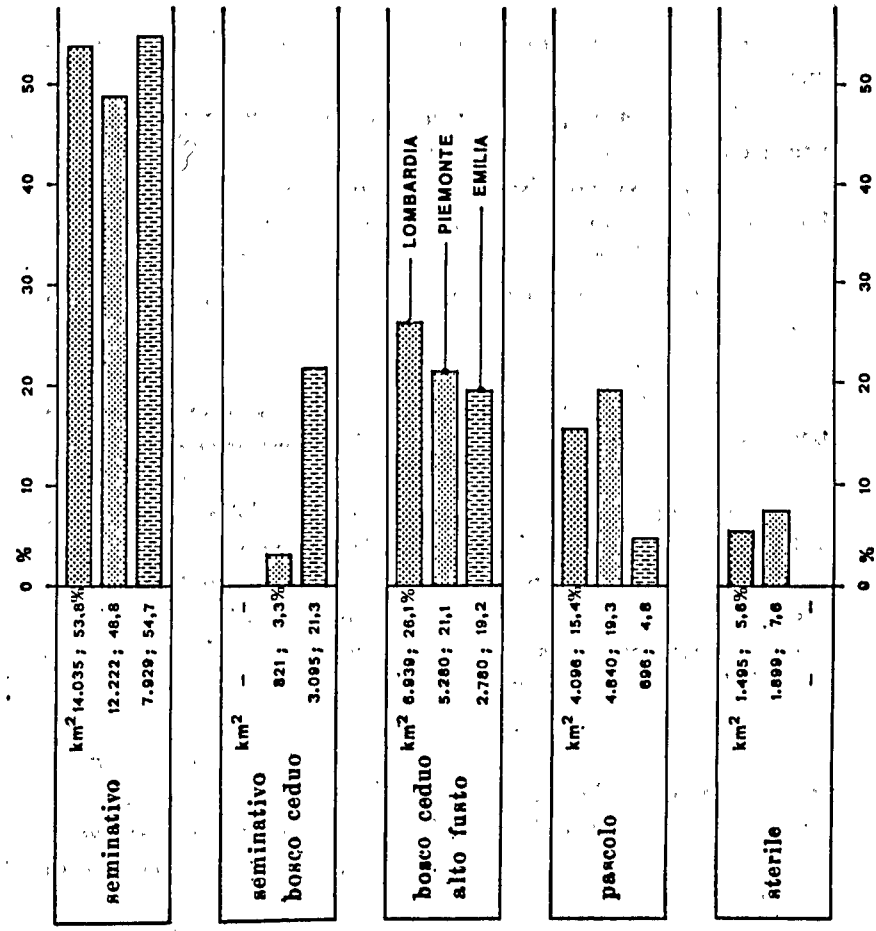



Fig. 11

della regione padana: vale a dire dei tipi che hanno una azione diretta sulla tendenza all'equilibrio, od alla degradazione, della rete idrografica.

La rappresentazione è stata definita schematica e sintetica, perchè non è stato possibile tracciare nella scala prescelta i particolari del rivestimento del suolo così come sono stati accuratamente distinti dagli Uffici che li hanno elaborati.

Nella Tavola i diversi tipi di utilizzazione del suolo risultano perciò limitati da linee che inviluppano zone tipiche e similari.

I corrispondenti contrassegni sono stati suddivisi nelle seguenti classi:

1) seminativo, cioè senza distinzione del genere di coltura a cui è destinato il terreno;

2) seminativo e boschivo — ceduo e di alto fusto —, le due sorta di coltura riguardano aree che, rispettivamente, ricoprono lo 0,50 della superficie complessiva della classe;

3) terreno destinato prevalentemente a bosco, ceduo o di alto fusto;

4) pascolo;

5) sterile, vale a dire privo di vegetazione in ragione della natura del terreno, del clima o della presenza di ghiacciai o nevai.

Come appare dalla carta, la successione delle classi segue, all'incirca, l'andamento delle quote del terreno.

Lo studio della rappresentazione, per quanto lo consente la sua sintesi, conduce agevolmente alle seguenti riflessioni che sono connesse con la attività e la funzionalità della rete fluviale delle dissimili regioni idrografiche.

Con questa distinzione si può osservare:

*a*) Regione lombarda, dal bacino del Sarca-Mincio, compreso il lago di Garda, a quello del Ticino: superficie complessiva Km$^2$ 30.400 dei quali Km$^2$ 3.836 in territorio svizzero.

Per la parte italiana, Km$^2$ 26.564, le qualità di copertura del suolo sono le seguenti.

Per la sua disposizione altimetrica la parte del territorio dedicato alle colture annuali è formata dalla striscia di pia-

nura che è limitata a sud dalla riva sinistra del Po, dalla foce del Mincio a quella del Ticino, ed a nord da una linea che partendosi da poco a monte della estremità inferiore del lago di Garda passa presso Brescia, Bergamo, Como e Varese, seguendo da vicino la curva di livello a quota 300 metri.

E' la parte propriamente di pianura della regione ove le diverse attività sociali hanno trovato le condizioni più favorevoli di sviluppo grazie, anche, alla ragguardevole disponibilità di acque per gli usi agricoli, industriali e civici.

Parti con gli stessi caratteri, ma di estesa assai limitata, si trovano sia nei fondovalle dei maggiori corsi d'acqua, quali il Sarca, l'Oglio, il Serio, l'Adda prelacuale, che lungo le sponde dei laghi di Garda, di Iseo, di Como e Maggiore.

La sua superfice è stata valutata di Km² 14.035, pari al 53,8% della parte italiana della regione.

Da questa prima classe si passa direttamente alla terza, copertura prevalentemente boschiva di alto fusto.

Questa copertura è una caratteristica dei territori posti a quota media; e così pure la consistenza e la estensione dei boschi sono funzione delle proprietà forestali del terreno di sostegno, della sua esposizione e del clima.

La estesa di questa classe è di Km² 6.939.

Tenuto conto della altitudine media di questi luoghi, la copertura forestale, anche se occorrente di lavori di risarcimento, si presenta sufficientemente estesa per portare il suo valevole contributo alla conservazione ecologica dell'ambiente e ad un regime idrologico-fluviale efficiente.

Ma, come è stato già asserito, la favorevole azione del bosco in questo territorio, come in quello analogo piemontese, deve essere riferita agli eventi meteorologici ricorrenti e di rado a quelli di eccezione.

Per questi, infatti, lo stesso bosco, di alto fusto principalmente, può essere la causa dei peggiori disastri alluvionali, come lo dimostrano gli avvenimenti accaduti nel novembre dello anno 1968 nel bacino del Sesia.

La parte del territorio destinata a pascolo, od a colture spontanee improduttive, ha una superfice di Km² 4.096 che si

può considerare sufficiente per il mantenimento dell'equilibrio idrologico della regione.

Di essa spiccano le porzioni che dominano il versante sud delle Prealpi che sono comprese tra il lago di Garda e quello di Como.

Le parti completamente spoglie di vegetazione, definite sterili, si ritrovano nelle zone più elevate delle Alpi e delle Prealpi.

La loro presenza è giustificata dalla quota e, correlativamente, dal clima che vi domina: l'una causa e l'altra, infatti, sono da qualificare come contrarie alla vita vegetativa di qualsiasi genere.

Per questo motivo queste parti sono soggette ad una esaltata azione di degrado che alimenta copiosamente il flusso di materie solide negli impluvi e negli alvei immediatamente inferiori.

Degrado ed alimentazione solida che difficilmente possono essere efficacemente contrastati.

I corsi d'acqua recipienti, dalla uscita del bacino tributario fino alla foce, nei laghi naturali o nel Po, risentono in misura ragguardevole degli apporti solidi che provengono dalle loro tratte superiori.

*b*) Regione piemontese, dal bacino dell'Agogna a quello del Tanaro: superficie complessiva $Km^2$ 25.191 di cui $Km^2$ 129 in territorio francese.

In questa parte del bacino del Po, la cui competenza italiana si estende su $Km^2$ 25.062, la distribuzione delle cinque classi di rivestimento del suolo appare diversa da quella del limitrofo territorio lombardo.

La prima, quella definitiva seminativo, risulta, percentualmente, moderatamente minore.

Questa destinazione inferiore alla coltura agraria è dovuta alla sostanziale dissimiglianza altimetrica delle due regioni: in particolare della accentuata acclività dei versanti delle vallate più ristrette e più profondamente incise.

La classe seminativo e boschivo incomincia a presentarsi, con la moderata superficie di $Km^2$ 821, nelle sezioni inferiori

della valle del Tanaro ed in quelle dello Scrivia; nel complesso la sua incidenza sul territorio piemontese è solo del 3,3%.

Quella con rivestimento prettamente boschivo, ceduo o alto fusto, è anch'essa meno estesa in Piemonte che in Lombardia: per la minore dotazione, relativa, di superfice boschiva sono da notare i bacini che traggono origine dall'arco alpino che va dalle Alpi Graie a quelle Marittime.

Le pendici, invece, delle Alpi Pennine, che comprendono le parti alte dei bacini del Sesia e della Dora Baltea, risultano maggiormente rivestite di boschi quasi tutti di alto fusto.

La classe dei pascoli, o prati montani, si ritrova anche in questa regione sui crinali, od in loro prossimità, che separano le vallate, principali e secondarie, che costituiscono i bacini tributari dei diversi corsi d'acqua.

Il motivo della maggiore estensione di terreno a pascolo, in valore assoluto e percentuale, è da ricercare nelle condizioni orografiche della regione nella quale si trovano i più estesi ed elevati rilievi montuosi i quali, insieme alle condizioni geolitologiche, hanno ostacolato l'inserimento di colture di altro genere.

La parte propriamente sterile è posta in corrispondenza dei maggiori rilievi del Monte Rosa, del Cervino, del Gruppo del Gran Paradiso, del Monte Bianco, del Monviso ed ancora all'estremo del Gruppo delle Alpi Marittime.

In questi rilievi prevalgono le aree dei ghiacciai, dei nevai e quelle propriamente sterili per la assenza della copertura di un terreno idoneo alla vegetazione: la superficie sterile raggiunge un valore certamente ragguardevole, il 7,6% di quella della regione, posta in prevalenza in corrispondenza delle intestature delle vallate maggiori e lungo gli spartiacque.

La eccedenza, relativa, di questa classe e la disposizione ed estesa delle altre poste alle quote inferiori, pascolo e bosco, danno ragione degli eccessi del degradamento superficiale che si osserva nella regione piemontese e del ragguardevole volume di congerie detritiche grossolane negli alvei dei corsi d'acqua recipienti nei quali, invece, scarseggia, o manca, quello più sottile.

può considerare sufficiente per il mantenimento dell'equilibrio idrologico della regione.

Di essa spiccano le porzioni che dominano il versante sud delle Prealpi che sono comprese tra il lago di Garda e quello di Como.

Le parti completamente spoglie di vegetazione, definite sterili, si ritrovano nelle zone più elevate delle Alpi e delle Prealpi.

La loro presenza è giustificata dalla quota e, correlativamente, dal clima che vi domina: l'una causa e l'altra, infatti, sono da qualificare come contrarie alla vita vegetativa di qualsiasi genere.

Per questo motivo queste parti sono soggette ad una esaltata azione di degrado che alimenta copiosamente il flusso di materie solide negli impluvi e negli alvei immediatamente inferiori.

Degrado ed alimentazione solida che difficilmente possono essere efficacemente contrastati.

I corsi d'acqua recipienti, dalla uscita del bacino tributario fino alla foce, nei laghi naturali o nel Po, risentono in misura ragguardevole degli apporti solidi che provengono dalle loro tratte superiori.

*b*) Regione piemontese, dal bacino dell'Agogna a quello del Tanaro: superficie complessiva $Km^2$ 25.191 di cui $Km^2$ 129 in territorio francese.

In questa parte del bacino del Po, la cui competenza italiana si estende su $Km^2$ 25.062, la distribuzione delle cinque classi di rivestimento del suolo appare diversa da quella del limitrofo territorio lombardo.

La prima, quella definitiva seminativo, risulta, percentualmente, moderatamente minore.

Questa destinazione inferiore alla coltura agraria è dovuta alla sostanziale dissimiglianza altimetrica delle due regioni: in particolare della accentuata acclività dei versanti delle vallate più ristrette e più profondamente incise.

La classe seminativo e boschivo incomincia a presentarsi, con la moderata superficie di $Km^2$ 821, nelle sezioni inferiori

della valle del Tanaro ed in quelle dello Scrivia; nel complesso la sua incidenza sul territorio piemontese è solo del 3,3%.

Quella con rivestimento prettamente boschivo, ceduo o alto fusto, è anch'essa meno estesa in Piemonte che in Lombardia: per la minore dotazione, relativa, di superfice boschiva sono da notare i bacini che traggono origine dall'arco alpino che va dalle Alpi Graie a quelle Marittime.

Le pendici, invece, delle Alpi Pennine, che comprendono le parti alte dei bacini del Sesia e della Dora Baltea, risultano maggiormente rivestite di boschi quasi tutti di alto fusto.

La classe dei pascoli, o prati montani, si ritrova anche in questa regione sui crinali, od in loro prossimità, che separano le vallate, principali e secondarie, che costituiscono i bacini tributari dei diversi corsi d'acqua.

Il motivo della maggiore estensione di terreno a pascolo, in valore assoluto e percentuale, è da ricercare nelle condizioni orografiche della regione nella quale si trovano i più estesi ed elevati rilievi montuosi i quali, insieme alle condizioni geolitologiche, hanno ostacolato l'inserimento di colture di altro genere.

La parte propriamente sterile è posta in corrispondenza dei maggiori rilievi del Monte Rosa, del Cervino, del Gruppo del Gran Paradiso, del Monte Bianco, del Monviso ed ancora all'estremo del Gruppo delle Alpi Marittime.

In questi rilievi prevalgono le aree dei ghiacciai, dei nevai e quelle propriamente sterili per la assenza della copertura di un terreno idoneo alla vegetazione: la superficie sterile raggiunge un valore certamente ragguardevole, il 7,6% di quella della regione, posta in prevalenza in corrispondenza delle intestature delle vallate maggiori e lungo gli spartiacque.

La eccedenza, relativa, di questa classe e la disposizione ed estesa delle altre poste alle quote inferiori, pascolo e bosco, danno ragione degli eccessi del degradamento superficiale che si osserva nella regione piemontese e del ragguardevole volume di congerie detritiche grossolane negli alvei dei corsi d'acqua recipienti nei quali, invece, scarseggia, o manca, quello più sottile.

La nalisi di queste circostanze, la cui validità riguarda una notevole superficie del territorio che comprende anche la classe a pascolo, e delle sue condizioni geologiche, altimetriche, di clima, conduce a comprendere la ragione degli abnormi depositi alluvionali grossolani presenti nelle tratte fluviail superiori e medie e la pratica impossibilità di provvedere ad un razionale riassetto idrogeologico della regione in argomento.

*c*) Regione emiliana, dal bacino dello Scrivia a quello del Panaro: superficie complessiva Km² 14.500.

I bacini ed i corsi d'acqua di questa regione, come sono soggetti ad un regime idrologico diverso da quello della Lombardia e del Piemonte, sono pure differenziati nei riguardi orografici e geologici e quindi dal genere e dalla consistenza del rivestimento arboreo.

La natura geologica del terreno, facilmente degradabile ad opera degli agenti atmosferici, ha generato le moderate declività dei versanti, mentre il disfacimento delle parti medie dei bacini ha originato le ampie fascie collinari e precollinari che occupano una parte ragguardevole della superficie complessiva.

Lo stesso fatto ed il genere prevalentemente sottile del materiale avviato nei recipienti e nel Po, conferma la disposizione dell'asse di questo a sud del centro della pianura e la limitata estesa della parte pianeggiante destinata a coltura seminativa.

Superiormente a questa classe è presente la larga striscia, pedecollinare e collinare, che va dal bacino dello Scrivia a quello del Panaro ed oltre.

E' una classe che non è presente nella regione lombarda ed in quella piemontese interessa solo una moderata estesa dei bacini che hanno origine nel primo tratto dell'Appennino.

E' una classe, cioè, che può essere qualificata come caratteristica della regione e che per le condizioni elencate prima ha favorito l'inserimento di numerosi centri abitati e l'insediamento di una attività agricola ancora oggi di notevole importanza per la economia della regione emiliana.

Nei riguardi idraulici questa classe, che occupa il 21,3% della superfice della regione idrografica, è quella che dà il maggior contributo al trasporto di materie solide in sospensione nelle acque che fluiscono nelle tratte inferiori dei recipienti.

La particolarità esposta è proprio quella che riflette la sua azione nella continua tendenza delle acque, e della loro esagerata torbidità, a modificare, in senso negativo, la efficienza idraulica delle aste fluviali, principalmente di quelle prive di aree di espansione, perchè limitate dai rilevati arginali.

A quote superiori si ritrova la classe dei boschi.

Si tratta di piantagioni variamente disposte, formate in parte da ceduo ed in parte di alto fusto in varia proporzione, più o meno degradate.

A cagione della natura geo-litologica del terreno di sostegno, questa classe, nella regione emiliana, esplica una azione limitata nei riguardi dell'equilibrio idraulico-morfologico delle pendici montane.

I pascoli, variamente disposti presso i crinali della catena degli Appennini, interessano una porzione ristretta del territorio: così che anche la loro azione di protezione del suolo risulta limitata.

Per la regione emiliana non è stato possibile rappresentare graficamente le superfici dell'ultima classe, terreno sterile, in quanto sono rappresentate da una aliquota minima della superfice complessiva: si può anzi affermare che l'averle trascurate non infirma le considerazioni conclusive del raffronto delle condizioni delle tre regioni esaminate.

Per facilitare il raffronto le classificazioni sono state riassunte, numericamente e graficamente, nella figura 11 come è stato detto.

Nelle figurazioni i valori, in $Km^2$ ed in percento, sono riferiti alla parte italiana della superfice complessiva del bacino del Po, $Km^2$ 66.127, allo scopo di permettere una più sintetica interpretazione di confronto delle condizioni generali della regione padana nei riguardi dell'uso forestale del territorio.

Al quale confronto è da assegnare un interesse preminente nei riguardi della conoscenza e della distinzione delle esigenze

di riassetto idraulico dei bacini tributari, dei corsi d'acqua e della difesa del suolo.

I valori numerici riportati nella figura mostrano che la classe del bosco riguarda il 22,7% della superfice totale.

Valore che, se realmente efficiente e non in parte degradato, può essere considerato ancora favorevole per l'assetto del territorio: esso, anzi, potrà essere facilmente integrato da una parte della superfice della seconda classe, 5,9%, convenientemente e gradualmente reintegrata nella sua copertura a bosco.

Non si reputa disdicevole, in questa occasione, riportare alcune note della Relazione che il Prof. Lorenzo Gori Montanelli ha illustrato il Primo Convegno per lo studio del problema della montagna nella regione emiliano-romagnola, tenuto a Bologna nell'anno 1937, le quali trovano ancora nell'intero ambiente padano un senso altrettanto valevole (3).

...In ordine fisico, in quanto la progressiva degradazione statica della prevalente disordinata superfice montana influisce dannosamente sul disordinato regime idraulico dei corsi d'acqua e sulle alluvioni ed allagamenti che essi procurano...

...La genesi della attuale degradazione del monte non è soltanto di natura geofisica, ma anche antropica. I fattori naturali (conformazione idrogeologica, configurazione orografica, anormalità delle precipitazioni) sono stati indubbiamente peggiorati dallo sfruttamento eccessivo ed irrazionale del suolo (disboscamenti, eccessivo carico di pascolo ecc.) determinati fondamentalmente dalle impellenti necessità di vita della popolazione...

...In rapporto al disordine idraulico dei corsi d'acqua in pianura, dovuto essenzialmente al deflusso solido, è evidente che le opere nel bacino montano sono tanto più efficaci quanto più è immediato e sollecito il risultato che si consegue nello evitare la formazione ed il trasporto del materiale solido...

...Quindi come immediatezza di risultato ai fini dell'assetto del regime idraulico dei corsi d'acqua in pianura deve essere data indubbiamente la precedenza alle sistemazioni collinari e premontane...

6. - Insieme alle condizioni di dissesto tradizionale della rete idrografica e del suolo a cui è sottoposta la regione, si reputa convenevole anticipare, in questo Capitolo ed in quello seguente, la descrizione di due circostanze di inefficienza ed insufficienza idraulica dei fiumi o dei torrenti che, nell'ultimo ventennio, circa, hanno originato contingenti ed imprevedibili stati generali di pericolosità per il territorio padano.

In ordine al tempo della percezione delle loro manifestazioni queste sono rispettivamente:

*a*) l'anomalo ed esteso fenomeno di abbassamento a cui è stato soggetto il territorio del delta nel periodo che si estende dal 1950 circa al 1964-1965 che ha causato numerosi e gravosi disastri alluvionali;

*b*) il dissesto della rete idrografica causato dalla estrazione di materiale lapideo dagli alvei.

La descrizione di queste inconsuete condizioni sarà svolta dando la precedenza alla seconda, perchè è la più diffusa ed interessa, in maggiore o minore misura, le condizioni di sicurezza di quasi tutte le vie d'acqua dell'ambiente padano.

A questo fatto ed alle sue varie manifestazioni, tutte negative nei riguardi di un efficace equilibrio della rete idrografica, sono da dedicare con la massima urgenza l'aggiornamento delle indagini e degli studi già eseguiti, per conformare ai risultati i progetti delle opere occorrenti per schivare clamorosi danni alle cose ed alle persone prevedibili in coincidenza con manifestazioni idrologiche anche non di eccezione.

In occasione dell'« Incontro sul trasporto solido dei corsi d'acqua della valle padana », organizzato dalla Sezione Padana della Associazione Idrotecnica Italiana, tenuto a Parma il 18 marzo 1970 (4), è stato descritto e discusso il preoccupante stato di decadenza morfologica ed idraulica degli alvei dei fiumi e dei torrenti che scorrono nella regione ed è stato dimostrato che il fatto è strettamente connesso con gli abnormi volumi di materiale lapideo che sono stati estratti dagli alvei, e lo sono ancora, per gli usi delle costruzioni edilizie e stradali.

Dalle documentazioni commentate in quella occasione è risultato che l'inizio di questo processo involutivo della funzionalità della rete idrografica padana può essere fatto risalire

agli anni 1957-1958, ma che è stato solo dopo l'anno 1960 che si sono rese più clamorose le sue manifestazioni negative nei riguardi dell'assetto dei corsi d'acqua.

Comunque si tratta di un fatto innegabile, palese in tutti i corsi d'acqua della regione in misura diversa a seconda della quantità di materiale estratto, ma pur sempre pregiudizievole nei riguardi della razionalità dei deflussi e della difesa dalle alluvioni dei territori contigui.

Che il fatto sia diffuso nella regione lo dimostrano esplicitamente le notizie fornite dagli Uffici del Genio Civile al Magistrato per il Po riassunte negli Atti dell'Incontro citato.

Lo estendersi e l'aggravarsi del dissesto è confermato dalle conoscenze acquisite dopo l'anno 1968 e dal confronto delle rilevazioni che l'Ufficio Idrografico per il Po esegue sistematicamente nelle dipendenti stazioni per la misura delle portate dei corsi d'acqua del territorio.

Di frequente si tratta di dissesti locali che provengono da cave di coltivazione recente, ma la esperienza induce a prevedere la loro rapida propagazione nelle tratte inferiori che coinvolgerà anche l'equilibrio dell'alveo del Po.

Infatti, risulta che nei casi di cave più attive, o da più tempo in esercizio, o più numerose su uno stesso corso d'acqua, le malformazioni degli alvei si sono propagate oltre il limite previsto e sono state recepite in maniera vistosa dai manufatti di derivazione e di utilizzazione delle acque e da quelle di contenimento delle massime piene nei tratti arginati.

Per alcuni di quei dissesti, ai più rovinosi di essi in particolare, si è già dovuto provvedere alla esecuzione di opere di ripristino solo parzialmente adeguate alle contingenti esigenze: esse dovranno essere perfezionate al più presto se si vorrà scongiurare l'evenienza di sciagure idrauliche clamorose.

Invero, gli effetti di un dissesto, locale, dovuto alla estrazione di materiale lapideo nella parte mediana di un corso di acqua, per l'eccesso della asportazione rispetto al ripascimento naturale proveniente dal bacino tributario, si trasferiscono alle tratte inferiori fino ad interessare anche l'alveo del Po.

Lo squilibrio di un alveo e quello del suo fondo è la causa principale della menomazione della efficienza statica ed idrau-

lica sia delle opere di difesa delle sponde che, per le parti inferiori, delle arginature di contenimento delle piene, con il conseguente aumento delle condizioni di pericolosità per i territori attigui.

Poichè quivi, in ragione della pensilità delle acque di piena, la rottura di un rilevato di protezione, che in questo caso sarebbe dovuto all'abbassamento del fondo dell'alveo, potrebbe essere la causa di disastri alluvionali che non possono essere sopportati dalle infrastrutture urbane ed industriali che densamente sono inserite nell'ambiente altimetricamente soggetto alle condizioni idrometriche di piena.

Per il corso del Po, praticamente da Torino al mare Adriatico, le condizioni di sicurezza e di stabilità delle rive risultano altrettanto compromesse; si può, anzi, affermare che sono le tratte arginate per le quali sono da temere i maggiori danni allo ambiente esterno e questo per il ragguardevole volume di acqua che in esso si riverserebbe anche in occasione di un evento di piena non di eccezione.

7. - La grande piena del novembre 1951, nel corso della quale a Pontelagoscuro è stata raggiunta la massima delle quote idrometriche rilevate da oltre centocinquantanni, ha causato lo allagamento di un vastissimo territorio della provincia di Rovigo per il sormonto ed il successivo disfacimento dell'argine sinistro nelle tre località di Occhiobello, di Malcantone e di Paviole.

Dopo quella memorabile alluvione, la regione del Polesine di Rovigo ha subito altre sciagure idrauliche, altrettanto disastrose, la cui causa è stata la diminuzione, imprevista e progressiva, delle quote di quel territorio.

Cioè di un fenomeno di abbassamento che ha interessato, nel suo complesso, il territorio che è compreso tra il fiume Adige e l'antico ramo del Po di Volano, rispettivamente a nord ed a sud, ed è limitato, nei riguardi delle manifestazioni più appariscenti, dalla Strada Statale Adriatica nella tratta compresa tra Pontelagoscuro ed il ponte sull'Adige a Boara Pisani.

Come è stato accertato da studi eseguiti in proposito, il fenomeno ha avuto inizio verso l'anno 1950 (5), ma è stato solo dall'anno 1957, dopo la rotta per sormonto dell'argine si-

nistro del ramo del Po di Goro in località Cà Vendramin, che è stato iniziato lo studio sistematico del grave fenomeno che stava trasformando la rete idraulica della regione e la efficienza delle opere di difesa.

Come base per quegli studi fu deciso di assumere la conoscenza della evoluzione del fenomeno nel tempo e nei vari luoghi.

Le rilevazioni disposte a questo fine, hanno permesso la raccolta di una ampia documentazione dalla cui analisi è risultato che dopo la crisi evolutiva degli anni 1957, 1958, 1959 il fenomeno ha dimostrato la tendenza all'esaurimento e che questo si è protratto fino ai recenti anni 1964-1965 (6).

I rilievi successivi hanno confermato che l'abbassamento si è annullato per quasi tutta la regione, con residui, in alcune plaghe limitate, imputabili ad un ulteriore assestamento di quella porzione del territorio dovuto alla sua recente formazione alluvionale.

Per consentire una visione sintetica, ma molto espressiva, della gravità del fenomeno, si sono riportate nelle Tavole IV e V le planimetrie della regione a curve di livello tracciate sulla base delle sue condizioni altimetriche, rispettivamente, negli anni 1942 e 1964.

La stabilità altimetrica del territorio permette ora di eseguire le opere che sono state studiate, ed in parte progettate, per raggiungere le condizioni più favorevoli per la sicurezza di tutto il territorio Polesano, di Rovigo e di Ferrara, dominato dalle acque del Po, da quelle dei suoi rami deltizi e da quelle del mare antistante.

Il grave fenomeno ha causato, infatti, stati di insicurezza idraulica che nella fase più acuta della sua evoluzione ha reso vani i lavori tempestivamente disposti dal Magistrato per il Po per riportare alle quote primitive le sommità delle arginature maestre maggiormente compromesse.

Per la salvaguardia dal pericolo delle acque alluvionali del vasto territorio del Polesine di Rovigo interessato dal fenomeno, che è densamente abitato e con ragguardevoli possibilità di un futuro sviluppo industriale, agricolo e turistico, il Magistrato per il Po ha predisposto il piano di riassetto gene-

rale e razionale della rete idraulica naturale con il sussidio dei risultati di appropriate esperienze eseguite sul modello idraulico della regione.

Il piano, che comprende la intera tratta del corso del Po da Ostiglia-Revere al mare e quella dei suoi rami deltizi, prevede come fondamentali le opere che riguardano sia il perfezionamento della efficienza idraulica di quelle vie d'acqua quanto il ridimensionamento dei rilevati di contenimento in funzione delle massime escrescenze prevedibili.

Le prime consistono nei lavori di protezione delle sponde del Po, in quelli di rettifica di alcune tratte di arginature allo scopo di eliminare anomali e pregiudizievoli restringimenti delle sezioni di deflusso, il rialzo dei ponti di Corbola e di Taglio di Po sul Po Grande, di Ariano Polesine sul Po di Goro, di Donzella sul Po di Donzella e di Cà Venier sul Po di Maistra, la cui struttura portante, che ha risentito dell'abbassamento del territorio, potrebbe essere travolta dalle acque di piena.

Sempre delle prime fanno parte anche le opere previste per conseguire il più facile trascorrere delle acque nel loro ultimo percorso: esse consistono principalmente nella regolazione delle anse di Ostiglia-Revere, di Melara, di Bergantino, di Occhiobello-Pontelagoscuro, di Corbola e di Volta Vaccari.

A proposito del perfezionamento delle opere arginali vi è da aggiungere che l'Ufficio del Genio Civile di Rovigo, che è dotato di un attrezzato laboratorio per lo studio delle terre, ha studiato le caratteristiche del profilo trasversale delle arginature ponendo in relazione le quote idrometriche modificate in seguito all'abbassamento dei vari luoghi con la qualità delle terre reperibili nei siti.

Come è stato affermato in diverse occasioni il piano dovrà essere tradotto nelle opere previste con i caratteri di priorità; perchè debbono sempre essere tenuti presenti i disastrosi fatti alluvionali causati dal Po e dal mare che con troppa frequenza si sono verificati in questi ultimi due decenni.

8. - Alle precedenti condizioni, generale l'una e particolare l'altra, di pericolosità idraulica conviene aggiungere la

descrizione di una terza, anch'essa per buona parte generale per i corsi d'acqua della regione, della quale si rinviano i particolari in occasione della illustrazione delle deficienze che denunciano i singoli bacini.

Si tratta, precisamente, della inefficienza delle sezioni fluviali che proviene dallo stato di disordine idrogeologico dei bacini montani e da quello delle tratte medie ed inferiori dei recipienti; e queste distinte circostanze sono dovute alla insufficienza dei finanziamenti occorrenti per gli interventi operativi ed alla mancanza di un piano organico, rispettivamente, di riordino dei bacini e di manutenzione razionale degli alvei dei recipienti massimamente delle loro tratte inferiori.

Ai fini della difesa dalle inondazioni sono questi ultimi interventi che meritano un ordine prioritario.

I lavori relativi, di facile progettazione, di costo relativamente moderato e di rapida esecuzione, consistono prevalentemente nel ridimensionamento di rilevati arginali, nella asportazione delle congerie arbustive esistenti ancora nelle parti delle sezioni che dovrebbero essere attive nei riguardi dei deflussi di piena e nella ricalibratura e difesa delle sponde deteriorate nel tempo dagli scoscedimenti causati dall'alternarsi degli eventi idrometrici.

Seppure di esecuzione non complessa i lavori citati debbono essere sostenuti da una precisa conoscenza dei caratteri idrologici del corso d'acqua interessato basata in parte sulla esperienza ed in parte, che però è da riguardare come la più importante, sulle rilevazioni dirette che esegue l'Ufficio Idrografico per il Po.

9. - Per la generale, o parziale progettazione delle opere di riordino idraulico dei corsi d'acqua naturali occorre la preliminare conoscenza topografica dei luoghi che ne sono interessati.

Gli studi per il riassetto, o il ridimensionamento, degli alvei di scorrimento delle acque maggiori provenienti da fatti idrologici di eccezione debbono essere confortati da una documentazione cartografica dei luoghi conforme alle occorrenze

della inchiesta idraulica ed alla scelta del genere delle opere che si debbono, o si possono, prevedere.

Quanto più estesa ed idrologicamente e morfologicamente indipendente è la rete fluviale per la quale è necessaria la inchiesta, tanto più proficuo si dimostra il poter disporre distintamente di carte topografiche nelle quali siano riprodotti i particolari mormofetrici delle linee d'acqua e del territorio contiguo.

Accertata la mancanza di questi documenti basilari, il Magistrato per il Po si è proposto la loro graduale acquisizione ancora dalla sua istituzione quale organo attivo della Amministrazione dei Ministero dei Lavori Pubblici (legge 18 marzo 1958 n. 240).

A quella data, infatti, l'Istituto poteva disporre solo delle carte, in scala 1:10.000 ed in scala 1:50.000, che rappresentavano il corso del Po, dalla foce del Ticino al mare Adriatico per il ramo di Pila, rilevate nell'anno 1956 dalla Sezione Autonoma per il Po ora Ufficio Speciale, e di quelle in scala 1:50.000 rilevate nell'anno 1874 per deliberazione della Commissione Tecnico Scientifica istituita con Regio Decreto del 16 febbraio 1873.

In quella occasione le rilevazioni comprendevano il corso del Po da Moncalieri al mare Adriatico e tutto il territorio del delta: la copia della cartografia relativa è stata pubblicata dal Magistrato per il Po nell'anno 1971 (6).

Di quei rilievi e degli elaborati di corredo, come le sezioni trasversali, il profilo del fondo dell'alveo e del pelo acqua contemporaneo di magra e quelli di inviluppo dei colmi di piene notevoli, lo stesso Istituto conserva gli originali la cui consultazione si dimostra proficua per il confronto con le condizioni presenti della morfologia dell'alveo e di quelle ricorrenti e di eccezione degli stati idrometrici caratteristici.

Come è stato dichiarato prima, il Magistrato per il Po, per assolvere con cognizione il compito di predisporre i piani per la sistemazione del corso di pianura del Po e di quello dei suoi principali affluenti, ha provveduto alla esecuzione delle rilevazioni e delle rappresentazioni cartografiche di questi ultimi e ad aggiornare quelle del Po, eseguite nell'anno 1956,

estendendole, a monte della foce del Ticino, fino a Moncalieri ed a Villafranca Piemontese (7).

La raccolta dei rilievi eseguiti a tutto l'anno 1971, o in corso di completamento a quella data, costituisce una collezione di documenti che si è dimostrata più volte efficace per le indagini che si sono dovute svolgere nei riguardi della adozione di provvedimenti progettuali riferiti a contingenti anomale condizioni idrauliche che si sono presentate in alcuni corsi d'acqua della regione.

Tale collezione sarà ancora più valida per le occorrenze dello studio e della progettazione delle opere necessarie per il riassetto generale della rete idrografica padana.

Nella Tavola VI allegata, sono indicati i corsi d'acqua rilevati ed il relativo schema delle carte di rappresentazione topografica.

I rilievi sono stati integrati da linee di livellazione e da sezioni trasversali ubicate nei luoghi più idonei.

Nell'ordine adottato dal Servizio Idrografico Italiano si riporta qui di seguito l'elenco dei corsi d'acqua rilevati con la indicazione delle principali particolarità cartografiche.

I) Fiume *Oglio,* da Sarnico — lago di Iseo — alla confluenza con il Po, 1961-1962: 13 tavole in scala 1:10.000;

II) Fiume *Chiese,* affluente dell'Oglio, da Idro — lago di Idro — al confine della provincia di Brescia, 1970: 21 tavole in scala 1:5000;

III) Fiume *Adda,* da Lecco — lago di Como — alla confluenza con il Po, 1966: 10+19 tavole in scala 1:5.000;

IV) Fiume *Toce,* da Domodossola allo sbocco nel lago Maggiore, 1970: 11 tavole in scala 1:5.000;

V) Fiume *Ticino,* da Sesto Calende — lago Maggiore — alla confluenza con il Po, 1967: 5+22 tavole in scala 1:5.000;

VI) Torrente *Terdoppio,* dal ponte della strada Suno-Mezzonerico alla confluenza con il Po, 1971: 29 tavole in scala 1:5.000;

VII) Torrente *Agogna,* da Borgomanero alla confluenza con il Po, 1971: 26 tavole in scala 1:5.000;

VIII) Fiume *Sesia,* da Piade alla confluenza con il Po, 1968-1969: 20 tavole in scala 1:5.000 + 5 tavole in scala 1:10.000;

IX) Torrente *Sessera,* affluente del Sesia, da Pray alla confluenza con il Sesia: 3 tavole in scala 1:5.000;

X) Torrente *Cervo,* affluente del Sesia, da Biella alla confluenza con il Sesia, 1969: 13 tavole in scala 1:5.000;

XI) Torrente *Strona,* affluente del Cervo, dalla origine alla confluenza con il Cervo, 1969: 8 tavole in scala 1:10.000;

XII) Torrente *Elvo,* affluente del Cervo, da Mongrando alla confluenza con il Cervo, 1969: 10 tavole in scala 1:5.000;

XIII) Fiume *Dora Baltea,* da Pont San Martin alla confluenza con il Po, 1961: 15 tavole in scala 1:5.000;

XIV) Torrente *Orco,* da Pont Canavese alla confluenza con il Po, 1961: 10 tavole in scala 1:5.000;

XV) Torrente *Malone,* da Rocca Canavese alla confluenza con il Po, 1961: 7 tavole in scala 1:5.000;

XVI) Fiume *Stura di Lanzo,* da Lanzo Torinese alla confluenza con il Po, 1961: 7 tavole in scala 1:5.000;

XVII) Fiume *Dora Riparia,* da Susa alla confluenza con il Po, 1961: 12 tavole in scala 1:5.000;

XVIII) Torrente *Pellice,* da Bobbio Pellice alla confluenza con il Po, 1961: 9 tavole in scala 1:5.000;

XIX) Torrente *Chisone,* affluente del Pellice, da San Germano Chisone alla confluenza con il Pellice, 1961: 4 tavole in scala 1:5.000;

XX) Fiume *Tanaro,* da Ceva alla confluenza con il Po, 1969: 30 tavole in scala 1:5.000 + 6 tavole in scala 1:10.000;

XXI) Torrente *Belbo,* affluente del Tanaro, da Montezemolo alla confluenza con il Tanaro, 1969: 21 tavole in scala 1:5.000;

XXII) Torrente *Tinella,* affluente del Belbo, dalle origini alla confluenza con il Belbo, 1969: 21 tavole in scala 1:2.000;

XXIII) Torrente *Nizza,* affluente del Belbo, da Costigliole alla confluenza con il Belbo, 1969: 8 tavole in scala 1:2.000;

XXIV) Fiume *Bormida,* affluente del Tanaro, da Strevi alla confluenza con l'Orba, 1970: 10 tavole in scala 1:5.000;

XXV) Torrente *Orba,* affluente del Bormida, da Predosa a Pratalborato, 1970: 3 tavole in scala 1:5.000;

XXVI) Torrente *Scrivia,* da Tortona alla confluenza con il Po, 1970: 7 tavole in scala 1:5.000;

XXVII) Torrente *Taro,* da Fornovo al ponte dell'Autostrada del Sole, 1972, è in corso la rappresentazione cartografica in scala 1:5.000;

XXVIII) Torrente *Parma,* dal Lago Santo alla confluenza con il Po, 1971: 17 tavole in scala 1:5.000;

XXIX) Torrente *Baganza,* affluente del Parma, da Calestano alla confluenza con il Parma, 1971: è in corso la rappresentazione cartografica in scala 1:5.000;

XXX) Torrente *Secchia,* da Lugo alla confluenza con il Po, 1968, 1969: 21 tavole in scala 1:5.000;

XXXI) Torrente *Panaro,* dalla confluenza Leo-Scoltenna alla confluenza con il Po, 1968-1969: 5+19 tavole in scala 1:5.000;

XXXII) Fiume *Po,* da Villafranca Piemontese a Crescentino, 1967: 20 tavole in scala 1:5.000;

XXXIII) Fiume *Po,* da Moncalieri allo sbocco del Ticino, 1967: 17 tavole in scala 1:10.000;

XXXIV) Fiume *Po,* dallo sbocco del Ticino all'incile del ramo di Goro, 1967: 35 tavole in scala 1:10.000;

XXXV) Fiume *Po,* zona del delta, dall'incile del Po di Goro al mare compresi i rami deltizi: Po di Goro, Po di Donzella, Po di Tolle, Po di Pila, Po di Maistra, 1967: 23 tavole in scala 1:10.000.

10. - Ancora per le occorrenze della progettazione della regolazione delle acque ai fini della difesa del suolo e per evitare, o ridurre, le cause delle alluvioni, sono basilari i dati idrologici che, da oltre un cinquantennio, sono sistematicamente raccolti nelle pubblicazioni del Servizio Idrografico Italiano ed in quelle dell'Ufficio Idrografico per il Po.

Gli Annali Idrologici di questo Ufficio (8), la cui serie ha avuto inizio nell'anno 1918, raccolgono, in particolare, i dati numerici che rappresentano i risultati dei rilievi dei fatti idro-meteorici caratteristici dell'ampio bacino padano.

Con riferimento alle occorrenze di cui si è cennato più volte tra i dati disponibili assumono un interesse dominante quelli delle precipitazioni in genere e quelli della loro massima intensità di caduta, in particolare, misurati in stazioni fisse; a questi dati sono da aggiungere quelli che riguardano i deflussi — minimi, medi e massimi — misurati nelle diverse sezioni fluviali del Compartimento del Po la cui ubicazione e caratteristiche idrologiche sono riportate, rispettivamente, nella Tavola VII e nel Prospetto I della Appendice.

Questi dati, che riguardano anche le condizioni estreme dei fatti idrologici, sono raccolti nelle pubblicazioni di sintesi periodica richiamati nelle note Bibliografiche (9), (10).

I dati di rilievo disponibili, principalmente quelli relativi ai casi estremi, pur nella loro esauriente casistica, richiedono successive elaborazioni di integrazione e di estrapolazione per essere adeguati alle occorrenze proprie delle progettazioni di cui si è parlato.

Ma prima dell'esame critico di questi dati, si vuole discorrere dei valori medi delle piogge e delle portate e del significato della loro correlazione.

Questi dati caratteristici, riferiti ad una sezione di rilievo a cui tributa un determinato bacino idrografico, hanno la particolarità di rassegnare sintesi analitiche del fatto idrologico le quali si addicono a definire il tipo ed i caratteri del rispettivo regime.

Per essere più esatti, dalla indagine e dal confronto dei parametri delle distinte rappresentazioni analitiche della distribuzione nell'anno dei valori medi delle piogge e delle portate, si possono trarre più intime conoscenze sul comportamento dei bacini elementari e quindi la obiettiva classificazione del loro reciproco grado di similitudine idrologica.

Esemplificazioni di questo genere di analisi sono state illustrate e rappresentate nel Capitolo 4 quando sono stati

chiariti i caratteri che distinguono questi due fatti e le loro sintesi correlative in funzione dei vari luoghi del bacino padano.

Come è stato detto in quel Capitolo si tratta di concezioni le cui elaborazioni conclusive sono in corso di completamento e delle quali sarà dato il resoconto in altra sede.

Esse sono state richiamate in questa occasione perchè la conoscenza degli aspetti ricorrenti di un fatto idrologico possono contribuire alla discriminazione anche degli eventi di eccezione.

Per questi, i quali, si ripete, hanno un predominante interesse di carattere progettuale pratico, il procedimento di classificazione e di elaborazione dei dati di rilievo non può essere quello tradizionale.

Questo, pur rassegnando notizie numericamente confacenti sugli avvenimenti del passato, non consente, invece, la previsione di quelli insoliti; di quelli cioè che hanno una minore probabilità di manifestarsi rispetto al tempo a cui sono riferiti gli stessi dati di rilievo.

Per la progettazione di opere dimensionate razionalmente in funzione di fatti mai accaduti, ma pure prevedibili, è necessario un genere di elaborazione probabilistica che rassegni notizie anche sul rischio che economicamente quelle stesse opere debbono, o possono, sopportare.

Per una più precisa conoscenza dei diversi procedimenti proposti si rimanda ai lavori indicati nelle note Bibliografiche ed in particolare a quelli del Gherardelli (11), del Supino (12), dell'Evangelisti (13), del Tonini (14) e del Viparelli (15).

Non si vuole, però, tralasciare di cennare, seppure in breve sintesi, ai concetti sui quali sono state basate quelle elaborazioni, probabilistiche, ed ai modi più adeguati secondo i quali si deve operare per giungere a risultati accettabili per le progettazioni idraulico-fluviali.

Ogni fatto naturale, anomalo, qualificato dai valori numerici che rappresentano la successione temporale delle sue manifestazioni, è funzione del caso.

I suoi caratteri di frequenza possono quindi essere definiti con il sussidio di elaborazioni basate su concetti di natura statistico-probabilistica.

Gli stessi fatti idrologici di eccezione, massima e minima, considerati come manifestazioni anomale di eventi naturali, sono da ammettere tra quelli suscettibili di essere indagati con processi analitici che derivano da questa ammissione.

Per questa ragione, tra i diversi procedimenti proposti è stata data la preferenza a quello che rappresenta la serie dei dati disponibili con una funzione che deriva dalla legge di Gauss-Laplace degli errori accidentali e precisamente a quella che all'esponente di quella espressione sostituisce la trasformazione di Edgewort-Kaptein, proposta precisamente dal Gibrat per lo studio dei fatti idrologici in genere:

$$z = a \log A + b$$

nella quale A è il valore numerico che rappresenta il fenomeno indagato, a e b i due parametri di una retta, definita statistico-probabilistica, e z il valore dell'esponente della espressione di Gauss-Laplace funzione della frequenza di A nella serie dei dati che si debbono rappresentare.

Il procedimento sarà da applicare a quei fatti idrologici che hanno attinenza con le occorrenze della difesa del suolo e del riordino della rete idrografica padana e precisamente alle piogge massime ed alle portate di piena, al colmo, rilevate nelle varie sezioni fluviali del Compartimento Idrografico del Po.

Per quanto concerne i valori delle altezze idrometriche massime occorre tenere presente che ogni ricerca analitica che la riguarda deve essere suffragata da una precisa analisi critica dei dati disponibili in correlazione con la stabilità, o meno, della disposizione altimetrica dell'alveo del corso d'acqua interessato, poichè la variabilità di questo può falsare il significato dei valori rilevati e di conseguenza dei risultati delle elaborazioni di previsione.

11. - La conoscenza dei valori delle precipitazioni probabili di massima intensità, critiche nella definizione corrente, è da riguardare come fondamentale per la valutazione indiretta delle portate massime dei corsi d'acqua naturali.

Essi, infatti, sono usati nelle formule empiriche, o semi

empiriche, che di norma sono impiegate per quel genere di ricerca.

In questa occasione si reputa conveniente annotare che le altezze di pioggia massima pubblicate dal Servizio Idrografico Italiano relative al trentennio 1921-1950 (9), riguardano tempi di caduta, da uno a cinque giorni consecutivi, che non si addicono ai bacini minori della regione.

In ragione della definizione idrologica, i tempi di corrivazione per quasi tutti i bacini padani sono sempre inferiori alle 24 ore.

Appare quindi logico che i valori delle piogge massime da usare per quelle formulazioni corrispondano a tempi di caduta minori.

Dalla osservazione deriva che i valori delle piogge da considerare per la ricerca statistico-probabilistica sono quelli riferiti a tempi di caduta di 1, 3, 6, 12, 24 ore pubblicati negli Annali Idrologici dell'Ufficio Idrografico per il Po.

In uno studio compiuto di recente e che sarà presto pubblicato (16), è descritta una sorta di indagine elaborativa di questi dati di cui si conviene riassumere il processo, perchè interessa il calcolo delle altezze di pioggia critica e quindi quello probabilistico, indiretto, delle portate di piena.

Premesso che in un bacino idrografico le piogge di massima intensità seguono una legge di caduta, in dipendenza del tempo, simile nella struttura analitica, ma con parametri distintivi in funzione dei luoghi, cioè della dissimile ubicazione ed esposizione dell'apparato ricevitore, della forma del bacino ecc., deriva che la espressione usualmente adottata a questo fine:

$$h = h_1 \cdot t^n$$

con h = altezza di pioggia caduta nel tempo t, non può essere generalizzata con la adozione di valori medi di $h_1$ ed n valevoli per una porzione di bacino superiore a quella di dominio ietografico del posto di rilievo.

Per una località, per la quale siano disponibili almeno 15 anni di rilevazioni, risulta che le serie formate dai valori massimi annuali delle piogge, con tempi di caduta di 1, 3, 6,

12; 24 ore, possono essere regolarizzate statisticamente secondo il procedimento proposto dal Gibrat e che le rispettive Mediane, valori delle altezze di pioggia con « durata » uguale a 0,50, si dispongono in dipendenza del tempo di caduta giusta la espressione ricordata:

$$M = M_1 \cdot t^n$$

Risulta pure che le cinque serie dei rapporti dei valori rilevati alle rispettive Mediane si dispongono secondo rette probabilistiche ridotte alla forma:

$$z = a \log \frac{h}{M}, \quad \text{con} \quad \log M = -\frac{b}{a}$$

che hanno la proprietà di passare per il punto di coordinate $M = 1$; $z = 0$ con coefficienti angolari, parametro a, così poco diversi da poter adottare la loro media per rappresentare la distribuzione statistica degli stessi rapporti con una unica equazione del tipo ridotto riportato.

Questa equazione combinata con la precedente che lega le Mediane al tempo di caduta fornisce la espressione generale:

$$z = a \cdot \log h - \log M_1 - n \cdot \log t$$

con la quale, per ogni località di rilievo, si possono risolvere i due problemi fondamentali:

*a*) dato il tempo di caduta, inferiore od uguale a 24 ore, e la altezza della pioggia si può calcolare la z e quindi la frequenza dell'evento pluviometrico;

*b*) dato il tempo di caduta, sempre inferiore od uguale a 24 ore, e la frequenza dell'evento, e quindi il valore di z, si deduce la corrispondente altezza di pioggia critica.

12. - Anzichè indirettamente, tramite formule empiriche, o semi-empiriche, pur con l'uso delle altezze di pioggia valutate come è stato descritto nel Capitolo precedente, i valori delle portate massime di un corso d'acqua naturale possono

essere ricavati direttamente dai dati riportati nelle pubblicazioni del Servizio Idrografico.

Anche per questo processo di ricerca è conveniente sottoporre quei valori ad appropriate elaborazioni di natura statistico-probabilistica poichè, come le precipitazioni massime, anche le portate massime rappresentano estrinsecazioni di fatti soggetti alla legge del caso.

Le elaborazioni che si propongono sono ancora quelle che derivano dalla formula di Gauss-Laplace il cui esponente z è rappresentato dalla relazione statistico-probabilistica proposta dal Gibrat.

Per molte sezioni fluviali della regione le rette logaritmico-probabilistiche sono già state definite nei valori dei corrispondenti parametri e per esse è così possibile il calcolo della portata massima in funzione della frequenza dell'evento (17), (18).

E' però da precisare che quei parametri hanno valore solo per la sezione per la quale sono stati calcolati e che non è stata ancora indagata in maniera razionale e convincente la loro variazione in relazione alla trasposizione ad altri bacini con superficie, caratteri morfometrici, idrologici ed idrografici diversi.

Per attuare il calcolo diretto più sollecito, se pure di larga approssimazione, dei contributi di massima piena in funzione della sola superfice tributaria, senza alcuna altra distinzione, una formulazione di connessione è stata desunta dalle rilevazioni eseguite dal Servizio Idrografico Italiano in molte sezioni di rilievo poste sui corsi d'acqua italiani (19), (20).

La espressione proposta è la seguente:

$$q = q_{100} \left(\frac{S}{100}\right)^{-n}$$

nella quale q è il contributo di piena massimo relativo ad un bacino di superficie S; $q_{100}$ è il contributo relativo ad un bacino

di 100 $Km^2$ di superficie; n è il coefficiente angolare della retta logaritmica:

$$\log q = \log q_{100} - n \log \frac{S}{100}$$

La espressione, che ha trovato un certo favore nelle applicazioni, suscita le maggiori perplessità dei progettisti nei riguardi della scelta del valore appropriato da adottare per i vari casi, funzione di $q_{100}$, e per i diversi bacini, in ragione della ampiezza della fascia in cui ricadono i valori di rilievo i quali sono dissimili perchè relativi a sezioni fluviali con caratteri fisico-idrologici molto diversi tra di loro.

La difficoltà dell'uso di quella espressione riguarda anche la valutazione della portata in funzione della sua frequenza probabile, come, invece, è modernamente richiesto dalla pratica progettuale.

Pure con le dovute riserve circa la sua struttura analitica, la quale mostra delle incongruenze in corrispondenza dei valori ai limiti, la formulazione proposta deve essere giudicata molto approssimata e valida solo per bacini tributari di media estensione.

Un perfezionamento applicativo, di carattere probabilistico, pur sempre condizionato dalla struttura analitica della formulazione, potrebbe essere quello della sua combinazione con le equazioni statistico-porbabilistiche disponibili, come è stato detto, per molte sezioni fluviali del bacino del Po, alla condizione che la trasposizione riguardi sempre bacini idrologicamente simili.

Allo scopo si possono fare le seguenti ammissioni:

— che per bacini simili e di superfice non molto diversa possa essere ammessa la rappresentazione analitica proposta per la correlazione dei contributi unitari di piena con l'area del bacino;

— che, dalla conoscenza del contributo probabilistico, cioè di data frequenza probabile, riferito ad una sezione per la quale è nota la distribuzione gibrattiana delle portate di

piena, con la espressione ammessa, si possa valutare la portata massima, avente la stessa frequenza, per il bacino al quale è rivolta la ricerca: il che è operativamente possibile con il calcolo preliminare del valore di $q_{100}$ corrispondente alla frequenza voluta.

Secondo le concezioni enunciate, le corrispondenti deduzioni numeriche risultano più correttamente definite per le esigenze delle applicazioni le quali richiedono anche il valore della frequenza probabile della portata massima alla quale debbono essere dimensionate le opere idrauliche.

Per alcune sezioni degli affluenti del Po il procedimento indicato è stato applicato ed i risultati si sono palesati soddisfacenti.

Dopo la struttura analitica della funzione che lega i contributi massimi alle superfici dei bacini, che dovrà essere riformata per i motivi precedentemente elencati, sarà da tenere presente la appropriata interpretazione del significato di similitudine dei bacini che sono da porre a confronto: questo, infatti, dovrà dipendere anche dagli elementi morfometrici del bacino, oltre a quelli prettamente idrologici, in conformità delle definizioni che ne saranno date in seguito.

Di altre formulazioni proposte sull'argomento non si ritiene doversi soffermare perchè o sono sorpassate dalla acquisizione di nuove conoscenze idrologiche, oppure riguardano bacini i cui caratteri non si ritrovano in quelli della regione padana.

13. - E' stato affermato nel Capitolo precedente che il concetto di similitudine dei bacini idrografici deve essere integrato da altri caratteri definibili in maniera più obiettiva.

Tra questi è da considerare preminente quello che riguarda la loro forma, poichè è esplicito che essa esplica una azione determinante sui deflussi corrispondenti agli stati di piena ai quali imprime, in funzione del tempo, la espressione diagrammatica caratteristica.

A questo riguardo, una prima distinzione può essere fatta tramite l'« indice di compattezza » definito dal Gravelius (21),

secondo il quale un bacino tributario è contrassegnato dal suo contorno e dalla sua area.

Numericamente l'indice di compattezza è uguale al rapporto tra il perimetro del bacino e quello di un cerchio che ha la stessa area.

Esso è quindi definito da:

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

ove P è il perimetro ed A l'area del bacino espressi, rispettivamente, in Km e $Km^2$.

Per esemplificazione, per alcuni bacini della regione sono stati calcolati i valori dell'indice di compattezza che sono riportati nel Prospetto II.

La analisi dei dati si palesa di ragguardevole interesse nei riguardi del raffronto dei bacini considerati: i risultati stessi saranno commentati più avanti.

Se pure meno intuitivo del precedente « indice » è stato proposto di classificare i bacini idrografici anche in funzione del rapporto dei lati del rettangolo equivalente (21).

Le proposte concettuali relative si basano sulla supposizione che i deflussi di piena di un bacino sono gli stessi e con la stessa forma diagrammatica di un bacino rettangolare avente uguale superfice e uguale perimetro.

Per queste proprietà il rettangolo è stato definito « rettangolo equivalente ».

Il calcolo dei suoi lati, rappresentato con l la larghezza, con L la lunghezza, con P il perimetro, con A l'area del bacino, rispettivamente il Km e $Km^2$, si esegue tenendo conto che:

$$2(l + L) = P \qquad e \qquad l \cdot L = A$$

Pur trattandosi di una concezione nuova i cui risultati possono lasciare dubbiosi sulla loro interpretazione applicativa, gli elementi che rappresentano il rettangolo equivalente dei bacini già considerati sono riportati nello stesso Prospetto 1 per

il loro confronto con i corrispondenti indici di compattezza di Gravelius.

La similitudine che resta definita dai due tipi di rappresentazione numerica deve essere comunque subordinata anche alla analogia delle condizioni idrologiche, del tipo di suolo e della sua copertura vegetale.

Altro fattore distintivo della similitudine idrografica è la conformazione altimetrica dei bacini, la quale pure contribuisce a determinare la forma dei diagrammi dei deflussi sia nei recipienti secondari che in quello principale e nelle successive tratte di pianura.

La rappresentazione più semplice di questo carattere è quella ipsografica, cioè di quella curva che congiunge i punti che hanno come ordinate le quote delle linee di livello desumibili dalle carte topografiche, e come ascisse le aree progressive del bacino limitate da quelle linee.

I valori numerici relativi alle curve ipsografiche sono stati calcolati dall'Ufficio Idrografico per il Po per quasi tutti i bacini, principali e secondari, della regione e sono pubblicati nei fascicoli « Statistica delle aree dei bacini idrografici » (22).

Per l'immediato confronto di questo carattere è risultata conveniente la rappresentazione delle quote e delle aree in valori percentuali, rispettivamente, della differenza tra la quota massima dl bacino e quella minima della sezione fluviale corrispondente e della superfice complessiva.

Di questa particolare rappresentazione assume un distinto significato la derivata delle aree rispetto alle quote i cui valori, dimensionalmente, possono essere interpretati come quelli di una pendenza areale.

La sua figurazione, infatti, contribuisce alla delineazione più intima dei caratteri morfometrici dei vari bacini ai fini della definizione, per confronto, della loro similitudine.

La derivata della curva ipsografica $(\frac{\Delta A}{\Delta h})$, infatti, rappresenta propriamente la distribuzione delle aree elementari rispetto agli intervalli delle quote.

La disposizione diagrammatica per intervalli finiti di questa derivata, così come può essere desunta graficamente dalla curva ipsografica tracciata per valori percentuali delle h e delle A, rappresenta uno dei caratteri morfometrici principali del bacino ed integra le conoscenze offerte dalla stessa curva ipsografica.

La sua figurazione consente di individuare la disposizione altimetrica delle maggiori porzioni dell'area totale e, in correlazione con la distribuzione ietografica degli eventi pluviometrici, le superfici che maggiormente contribuiscono alla formazione diagrammatica.

I valori numerici della stessa derivata definiscono le aree che hanno una maggiore declività alle quali corrispondono tempi di corrivazione minori.

I caratteri di un bacino, sotto questo aspetto, sono quindi tanto più omogenei e equivalenti nelle varie porzioni quanto minori sono le anomalie di andamento del diagramma derivato dalla curva ipsografica.

Un altro elemento fisico dei bacini, il quale è spesso citato nella analisi morfometrica e che agevola obiettivamente il loro confronto, è la pendenza dei versanti intesa come media ponderata delle pendenze delle aree elementati limitate dalle curve di livello (21).

E di maggiore interesse deve essere considerato il diagramma delle pendenze in funzione delle aree elementari, poichè esso è tale da consentire la individuazione di condizioni anomale localizzate del bacino e quindi lo studio della convenienza, o meno, di rimuoverle con opere adeguate al fine di migliorare la disposizione diagrammatica dei deflussi di piena.

I caratteri di forma dei bacini che, per esemplificazione, sono stati calcolati, o rappresentati graficamente, sono riferiti alla chiusura della parte montana dei bacini stessi.

Vale a dire che essi riguardano quelle sezioni che limitano i tributari inferiori della parte montana.

La scelta è sorretta dalla considerazione che l'area di questa parte del bacino complessivo è quella che contribuisce in maniera prevalente alla espressione diagrammatica delle onde di

piena, e precisamente che essa è quella che impone i caratteri che distinguono i deflussi nei tratti inferiori del recipiente.

E vi è pure da soggiungere che per l'apporto delle parti precollinari e di pianura, la forma delle onde di piena in queste tratte subisce solo modificazioni di poco interesse o comunque tali da trovare la ragione, idraulica, nelle particolarità dell'alveo: indipendentemente quindi dal fatto propriamente idrologico.

In merito ai caratteri morfometrici dei vari bacini, principali e secondari, ci si riserva di esporre nell'Appendice le annotazioni che li definiscono qualitativamente e quantitativamente, nonchè le relative interpretazioni, le quali hanno attinenza con il tipo di opere di riordino da progettare ed eseguire nella parte montana e con la scelta della loro ubicazione (23), (24).

14. - Dalla molteplice esperienza acquisita dal Magistrato per il Po e dalla consultazione della copiosa bibliografia che tratta dei risultati ottenuti con la costruzione di opere per la sistemazione di un bacino idrografico e della tratta di pianura dei corsi d'acqua (25), (26), (27), sono state derivate le norme, di carattere generale, che si espongono in questo Capitolo.

Il fine della rassegna è quello di riassumere le esperienze e le concezioni che debbono essere ricordate nel predisporre le indagini per la progettazione delle opere più adatte per il sistematico riassetto dei bacini montani ed il riordino del reticolo idrografico della regione padana.

Prima di passare in rassegna le peculiarità di tali opere, si conviene di esporre cognizioni generali sulla ragione dei disordini idraulici che si incontrano più di frequente.

Un corso d'acqua è comunemente diviso in due parti: quella superiore, posta nella parte montuosa e che raccoglie gli apporti, liquidi e solidi, dei tributari elementari, e quella che si sviluppa nella piana alluvionale.

Nella parte montana i torrenti sono contraddistinti da una notevole declività, e quindi da una corrente veloce, ed il loro alveo è ostacolato dalla presenza di soglie rocciose e dai depositi di alluvioni grossolane.

Per questa parte di tutti i tributari del Po le opere di

riassetto ed i mezzi di regolazione, che in alcuni luoghi possono ancora essere quelli tradizionali, debbono essere concepiti in ragione delle occorrenze del riordino globale del bacino, del tratto di pianura del corso d'acqua e della difesa del suolo.

Comunque, la parte propriamente montana dovrà essere studiata sulla base dei più moderni procedimenti di indagine geomorfica che, come è stato annunciato, saranno illustrati in un Capitolo di Appendice.

Per il tratto medio ed inferiore le opere di sistemazione dell'alveo e di regolazione generale dei deflussi debbono concorrere a risolvere due problemi fondamentali.

Il primo riguarda i contrasti che debbono essere opposti alle attitudini degenerative della corrente principale ed a contenere la sua disposizione alla divagazione entro limiti di sponde prefissate per la salvaguardia delle infrastrutture agricole, urbane ed industriali disposte, o da prevedere, nell'ambiente prossimo.

Il secondo concerne i provvedimenti che debbono essere adottati per il riassetto funzionale dell'alveo e del vaso di contenimento dei deflussi in funzione degli eventi massimi prevedibili, giusta i concetti precedentemente esposti.

La esperienza ha provato che la mancanza di opere efficienti di regolazione di una corrente fluviale induce questa alla esaltazione del suo tracciato naturale, che è quello sinuoso.

Il fatto si rivela anche negli ampi alvei a regime torrentizio nei quali i vari rami, principali e secondari, divagano con sinuosità più o meno manifesta.

In generale si può affermare che, allorchè un alveo ha il fondo, e le sponde, formato da materiale sensibile alla modellazione delle acque correnti e la capacità di trasferire a valle solo parte di quello che proviene da monte il suo tracciato è del tipo sinuoso con la tendenza ad aggravare il processo erosivo delle sponde e quindi ad esaltare la stessa sinuosità.

Per questa tendenza, infatti, si osserva facilmente che il fondo del fiume o del torrente si presenta modellato con le maggiori depressioni, gorghi, sistematicamente disposte lungo le sponde concave.

Si osserva pure che i gorghi, che si succedono in ragione

della sinuosità del tracciato, sono separati da brevi tratti, rettilinei, con il fondo saliente, soglie, la cui quota della cresta, l'orientamento e la ubicazione rispetto all'asse fluviale, dipendono dalla successione e dal genere degli stati idrometrici.

Le sinuosità degli alvei si notano più di frequente nelle tratte poste subito a monte ed a valle dei luoghi ove è presente un ostacolo al libero deflusso delle acque, quale può essere una sezione ristretta, una traversa, un ponte a grosse pile o con rilevati di accesso che occupano parte dell'alveo stesso ecc., cioè nei luoghi ove si ha un rallentamento anomalo della velocità della corrente.

In queste tratte si hanno anse con ampiezza crescente con l'avvicinarsi dell'ostacolo, da monte verso valle, mentre si rileva il contrario a valle.

Il carattere naturale della forma sinuosa dei corsi d'acqua a fondo mobile e di quella concomitante del profilo del fondo, si rivela principalmente in occasione di stati di piena e di morbida durante i quali parte della forza erosiva delle acque si dissipa sulle sponde e sul fondo tendendo ad una maggiore penetrazione, sia orizzontale che verticale, nel materasso alluvionale nel quale è inciso l'alveo attivo.

Un fatto, quindi, quello della sinuosità di un corso d'acqua, da non contrastare ma da contenere, invece, nei limiti imposti dalle condizioni generali del suo equilibrio idraulico e morfologico.

Le opere di regolazione da prevedere dovranno dunque avere lo scopo di ottenere, o mantenere, l'equilibrio morfometrico dell'alveo con il consolidamento razionale del suo tracciato planimetrico ed altimetrico nella forma sinuosa che gli è dovuta in relazione con le sue condizioni idrologiche e con la natura del materiale che ne costituisce il fondo.

15. - Un ragguardevole contributo alla conoscenza dei caratteri morfometrici dei corsi d'acqua naturali a fondo mobile ed a sponde erodibili ai fini della progettazione delle opere di regolazione, è quello dato dal Fargue.

Egli ha dedotto le sue concezioni dalle osservazioni e dai rilievi eseguiti su un tratto di circa 22 chilometri della Garonna,

compreso tra le località di Flondé e Barsac, e le ha compendiate nelle « leggi » che portano il suo nome (28).

Per la comprensione di queste « leggi » e trasferirle con cognizione ai corsi d'acqua della regione padana, si conviene di illustrare prima alcune delle definizioni date dal Fargue stesso.

— Asse dell'alveo di un fiume o torrente, limitato da rive stabili, è il luogo dei punti posti a uguale distanza da ognuna delle due rive secondo una sezione trasversale normale alle rive medesime;

— Asse del canale è il luogo dei punti più depressi rilevati in sezioni trasversali successive;

— Gorghi si chiamano le fosse di erosione del fondo dell'alveo: essi sono disposti, di norma, presso la riva concava;

— Secche si intendono quelle tratte dell'alveo che comprendono i minori fondali: esse separano due gorghi che si susseguono.

Per un tratto sufficientemente esteso di un corso d'acqua, assunto per asse delle ascisse lo sviluppo dell'asse dell'alveo, si costruiscano i due diagrammi le cui ordinate sono rispettivamente:

*a*) le curvature dell'asse dell'alveo, ricavate dalla rappresentazione topografica del tratto;

*b*) le profondità, misurate sull'asse del canale, riferite ad un profilo contemporaneo delle acque di magra o di morbida.

Dalla comparazione dei due diagrammi si traggono, in genere, le seguenti notizie:

— il gorgo si trova in prossimità del vertice della curva, o dell'ansa, cioè del punto di questa ove la curvatura è massima; esso è, relativamente, tanto più profondo quanto maggiore è la curvatura ed il suo punto più depresso è spostato, verso valle, rispetto al predetto vertice;

— la soglia, o cresta, corrisponde al punto di raccordo di due curve, o anse, successive; vale a dire che coincide con il punto di inflessione, o di curvatura minima, dell'asse dello

alveo; la sua presenza è spostata verso valle rispetto a tale punto.

Di proposito si è voluto richiamare queste nozioni, perchè è dall'esame critico di quelle figurazioni che possono essere attinte notizie appropriate sui modi con i quali conviene operare per la efficace sistemazione di un corso d'acqua nelle tratte poste fuori del bacino tributario diretto.

Il Fargue, come è stato detto, ha riassunto le sue osservazioni, basate anche sulle rappresentazioni descritte, nelle seguenti norme alle quali, comunque, è da assegnare un significato solo qualitativo.

I - Legge dello scarto: Le soglie ed i gorghi sono spostati, rispettivamente, a valle del punto di flessione e del vertice;

II - Legge del gorgo: Il gorgo è tanto più profondo quanto è maggiore la curvatura presso il vertice;

III - Legge dello sviluppo: Nei riguardi della profondità, sia massima che media, lo sviluppo di una curva non deve essere troppo corto ne troppo lungo;

IV - Legge dell'angolo: Ad uguale lunghezza della curva la profondità media di un gorgo è tanto maggiore quanto le sue tangenti agli estremi formano un angolo esterno maggiore;

V - Legge di continuità: Il profilo longitudinale del canale si presenta regolare se la curvatura varia in maniera graduale; ad ogni anormale cambiamento della curvatura corrisponde una altrettanto anormale variazione della profondità;

VI - Legge della pendenza del fondo: Se la curvatura varia in maniera continua, l'inclinazione della tangente alla curva della curvature determina la pendenza del fondo del canale.

Per una idonea applicazione ai corsi d'acqua padani le precedenti « leggi » necessitano di un commento complementare.

Per gli alvei ad acque perenni le « leggi » del Fargue trovano una idonea rispondenza ad eccezione degli stati idrometrici di piena.

Non altrettanto accade se esse si vogliono trasferire a quei corsi d'acqua, torrenti, il cui letto delle acque basse e medie vaga in maniera alterna in un ampio ambiente fluivale.

In questi la osservazione denuncia delle discordanze dalle leggi enunciate, le quali, invece, sono solo apparenti, perchè è indubbio che le stesse debbono essere applicate per gli stati di piena del torrente medesimo.

Per questo occorre che siano le opere di regolazione delle sponde riferite a quegli stati d'acqua a cui debbono essere applicati quei concetti; saranno quindi i deflussi di piena a dover seguire un percorso previsto e limitato da sponde protette dalle corrosioni le quali sono sempre pregiudizievoli per le infrastrutture poste lungo le rive.

Vale a dire che per i corsi d'acqua a regime torrentizio è il tracciato delle rive di contatto delle acque alte che assume un significato valido per esercitare, rispettivamente, una azione direttrice dei deflussi e conservatrice delle sponde.

16. - Delineati i caratteri del tracciato da assegnare ad una corrente fluviale che scorre in un alveo a fondo mobile ed a sponde erodibili, si ravvisano pertinenti alcune considerazioni in merito alla classificazione dei lavori necessari per la sua regolazione a carattere permanente e conservativo dei terreni adiacenti.

Secondo lo scopo che si prefiggono, i lavori possono essere divisi in tre categorie che sono funzioni delle attitudini fisico-idrauliche della tratta del fiume o del torrente.

Precisamente:

*a*) lavori di regolazione dell'alveo delle acque maggiori;

*b*) lavori di regolazione dell'alveo delle acque minime;

*c*) lavori di regolazione dell'alveo delle acque ordinarie.

Quelli di regolazione dell'alveo maggiore hanno il fine di stabilire una sezione trasversale di area tale da contenere le acque della piena massima prevista dal progettista senza pregiudizio per la sicurezza dei territori contigui: essenzialmente essi consistono nell'assegnare una idonea traccia alle sponde fisse, od alle arginature se sono necessarie.

Quelli di regolazione dell'alveo minore debbono contenere le acque perenni in un alveo atto ad assicurare l'equilibrio morfometrico del fondo: nel caso di un fiume navigabile lo scopo è

quello di ottenere profondità adeguate al pescaggio dei mezzi natanti.

I lavori relativi alla terza categoria possono essere qualificati come i più validi per il riordino di un corso d'acqua.

Il tracciato delle opere che dovranno correggere la disposizione planimetrica, quella longitudinale e quella trasversale di un alveo, deve essere concepito in funzione della tendenza naturale della corrente a modellare il fondo e le rive e la cui conoscenza può essere acquisita solo tramite lo studio attento dei luoghi.

E questo studio porta subito a confermare che la tendenza preferenziale della corrente si manifesta in corrispondenza delle portate ordinarie.

Dalla osservazione precedente deriva che alle opere di regolazione delle portate ordinarie debbono essere subordinate quelle delle portate sia minori che maggiori.

17. - Da quanto è stato detto in merito al tracciato sinuoso da assegnare ad un corso d'acqua nelle sue varie porzioni, a partire dalla chiusura del bacino tributario fino alla foce, appare chiaro che le opere da predisporre a questo fine debbono essere risolte con un tracciato pure sinuoso; ed il concetto deve trovare la più ampia applicazione per gli stati di acque ordinarie, perchè sono questi che, come è stato visto, tendono a modificare la conformazione del fondo e delle sponde.

Sostanzialmente si vuole affermare che le opere debbono essere del tipo radente ed adattate con continuità alle pretese dell'equilibrio del fondo e delle sponde ed a quelle della stabilità rispetto alle sollecitazioni della corrente fluviale nelle sue varie condizioni idrometriche.

La esperienza acquisita dal Magistrato per il Po nella applicazione di questi concetti alle numerose opere eseguite in varie tratte dei corsi d'acqua della rete idrografica della regione, ha confermato la loro validità.

I risultati ottenuti, per essere più obiettivi, hanno confermato quanto era stato affermato dal Prof. Mario Giandotti (25) a conclusione di una indagine sull'argomento svolta tramite gli Uffici del Genio Civile della regione, cioè: « ...Allorquando

non si tratta di acquistare o riconquistare terreni o di corregere un andamento fluviale, le difese radenti si dimostrano più opportune, di più sicuro effetto e spesso più economiche; in tal caso occorre intervenire tempestivamente acciochè la corrosione non generi una viziatura tale, nell'andamento spondale, da rendere poi la difesa come occasionatrice di altri inconvenienti nell'opposta sponda ».

« Se si deve eseguire un tracciato in curva occorre che il raggio minimo di curvatura sia determinato in relazione al fondale che si può tecnicamente ed economicamente ammettere. La curva è bene che non sia circolare, ma a raggi crescenti dal vertice ai punti di tangenza. Tale curva può praticamente ed efficacemente essere una parabola ».

« Se la curva è troppo pronunciata essa può essere corretta con moli seguenti razionalmente il tracciato prefisso, lasciando alla deposizione delle torbide di colmare la lunata ».

« Quando si voglia creare curve regolari con difese radenti secondo un prestabilito piano è quasi sempre necessario operare in cassero nelle sponde golenali ».

« Se si deve regolare un tracciato fluviale risulta opportuno e spesso necessario ricorrere ad opere sporgenti in correlazione con altre di difesa radente ».

« Nel tracciamento correttivo di un corso d'acqua è da escludere in generale il rettifilo. L'andamento a meandri quando siano rispettate le note regole di correlazione fra andamento planimetrico ed altimetrico, è preferibile per ottenere il razionale dislocamento e deposito dei materiali ».

« Ogni sistemazione deve conseguire lo scopo di selezionare e convogliare a valle i materiali che possono essere o immagazzinati nei depositi laterali delle convessità o accolti e convogliati dal fiume recipiente ».

Le stesse concezioni sono state adottate per la progettazione e la esecuzione delle opere di regolazione delle acque di magra del Po allo scopo di migliorare, nei modi più razionali, le sue condizioni di navigabilità.

18. - Quanto è stato detto riguarda le opere di regolazione delle rive di un corso d'acqua della regione, cioè di opere dirette nei riguardi della difesa del territorio contiguo.

Tuttavia per la difesa dalle inondazioni, oltre alle arginature di contenimento, che si possono pure definire dirette, conviene nominare anche quelle che esplicano una azione indiretta sugli stati d'acqua calamitosi.

Precisamente quelle che consentono di utilizzare alcune condizioni che offrono ancora i bacini tributari e gli alvei recipienti per la moderazione dei massimi valori delle portate di piena, nelle parti inferiori delle aste fluviali.

Vale a dire di opere le quali, in occasione di eventi di piena rari, possono validamente contribuire a trattenere nelle parti superiori di un bacino, o di un corso d'acqua, volumi tali da modulare le massime quote idrometriche e le massime portate nelle tratte ad esse inferiori e principalmente in quelle limitate da arginature.

Invero, si tratta di opere il cui discernimento e dimensionamento si palesa di difficile trattazione globale; valevole cioè per tutti i fiumi ed i torrenti della regione.

E questo per la dissimiglianza dei regimi, della altimetria, estensione, forma e costituzione geolitologica del bacino tributario, della efficienza della parte inferiore del corso d'acqua e del maggiore o minore grado di sicurezza contro il pericolo delle inondazioni che esigono i territori dominati.

Il genere di queste opere può essere qualificato con il termine « cassa », o zona, di espansione delle acque di piena, sia che esse siano disposte nel bacino tributario quanto lungo la parte fluviale che precede il tratto arginato.

Le « casse di espansione » possono quindi essere previste nell'ambiente idraulico propriamente montano ed in quello subito successivo con la esclusione dei luoghi di pianura.

Nel primo esse sono formate da serbatoi artificiali, nel secondo da opere di sbarramento con capacità di invaso ridotta, ma di più facile studio, di costo contenuto e di sollecita esecuzione.

Le prime, si soggiunge, trattengono e governano le acque superiori del bacino, le seconde possono agire anche poco a

monte del tratto del corso d'acqua nel quale debbono affluire le portate modulate.

La azione, quindi, dei due tipi di opere possibili a questo fine è da stimare diversa e di diversa efficacia.

I serbatoi, di accumulo anche temporaneo, per ragioni geologiche e morfometriche del luogo di impostazione sono costruiti, in genere, nella parte più elevata del bacino: dalla quale circostanza deriva che la loro azione modulatrice è esercitata su una aliquota moderata della estensione complessiva del bacino e quindi con un effetto contenuto sulla forma della onda di piena nella tratta di pianura.

A questo fatto vi è da aggiungere che la parte residua del bacino può anche annullare l'effetto dell'invaso superiore; e questa affermazione trova il conforto nella esperienza idrologica la quale indica che il luogo di formazione di una escresenza massima si ritrova quasi sempre nella parte media del bacino come conseguenza della sua forma e della disposizione in questa parte dei centri di precipitazione massima.

Nel bacino del Po, come si può rilevare dalla Tavola VIII e dal Prospetto III di Appendice, sono numerosi gli invasi artificiali costruiti per la produzione di energia elettrica.

Il loro uso anche per le esigenze di sicurezza delle zone di pianura, come è stato proposto in diverse occasioni, si è sempre dimostrato inadeguato, in senso relativo ed in senso globale, per le ragioni esposte prima e per la difficoltà pratica di un razionale e tempestivo governo delle acque di accumulo (29).

Un esempio positivo della efficacia degli invasi inferiori è dato dalla modulazione delle portate di piena operata dai laghi naturali regolati.

Da questi, infatti, tramite una conscia manovra dei manufatti di controllo, possono essere avviate nelle tratte inferiori degli emissari, di pianura o prossime a questa, portate regolate nei modi più efficaci rispetto alle condizioni degli alvei recipienti ed a quelle del Po.

E' stato da queste considerazioni e da altre derivate dalla osservazione delle condizioni dei diversi ambienti fluviali che si è giunti alla convinzione che opere di trattenuta, temporanea, costruite nella parte che è compresa tra il termine del bacino

montano e l'inizio della tratta arginata, sono le più efficaci per esercitare una azione vantaggiosa nei riguardi della attenuazione dei colmi di piene anche poco frequenti.

Questo genere di regolazione può trovare una proficua applicazione nei corsi d'acqua prealpini ed in quelli appenninici le cui tratte arginate, per le ragioni che sono state descritte, non garantiscono la sicurezza delle zone di pianura adiacenti.

Sulla struttura e sui modi con i quali quelle opere possono agire sulla modulazione delle piene sono state eseguite esperienze su modello le quali hanno confermato la concezione con la dimostrazione di poter ottenere riduzioni delle portate al colmo dell'ordine del 10-15% circa per un bacino appenninico della superfice di 600 $Km^2$.

Con la costruzione in serie di più di una traversa sullo stesso corso d'acqua e con l'aumento del volume trattenuto tramite invasi nei terreni laterali, convenientemente recintati da arginature, la portata massima di una escrescenza, anche di eccezione, potrà essere ridotta a valori compatibili con la efficienza delle tratte inferiori del fiume o del torrente.

Costruttivamente si tratta di traverse, di limitata elevazione sul fondo, munite di un numero conveniente di bocche di scarico dimensionate per il deflusso della portata massima che il progettista dovrà prevedere in ragione delle condizioni imposte dall'equilibrio idraulico dell'intero corso d'acqua e dal grado di sicurezza che esso vuole assegnare alla difesa dei terreni e delle infrastrutture esistenti, o prevedibili, lungo lo stesso corso d'acqua.

Le bocche di scarico avranno anche la funzione di lasciare liberamente defluire il materiale solido proveniente dal bacino montano contribuendo così alla conservazione anche dell'equilibrio morfologico dell'alveo (30).

Di questo particolare tipo di opera sono ancora in corso studi ed esperienze per verificare le diverse possibilità di adozione in funzione delle condizioni imposte dai dissimili corsi di acqua della regione: i risultati sinora ottenuti lasciano travedere la efficacia dell'opera stessa in relazione con il suo costo limitato e con la semplicità della sua costruzione.

Queste opere, infine, se sapientemente disposte sulle aste

degli affluenti del Po, ed in alcuni casi favorevoli anche su quelle dei subaffluenti, potranno proficuamente contribuire a ridurre i valori delle massime portate del Po e quindi a migliorare le condizioni di sicurezza idraulica di tutta la parte della regione padana che è dominata dalle acque del nostro massimo fiume.

19. - La frequenza delle sciagure alluvionali a cui è soggetta la regione padana (31) anche nel passato ha proposto il tema della tempestiva previsione degli stati idrometrici di piena degli affluenti e del Po recipiente.

Le conoscenze acquisite sull'argomento tramite la analisi delle rilevazioni che sistematicamente sono state eseguite dallo Ufficio Idrografico per il Po e le considerazioni che si ritraggono dallo studio delle manifestazioni idrometeorologiche che hanno originato le maggiori escrescenze negli affluenti e nel recipiente, provano che difficilmente possono essere previste sui tributari apparecchiature adeguate ad una efficace trasmissione di segnali di pericolosità di un evento, per la inadeguatezza della loro tempestività rispetto al tempo della evoluzione del fatto ed a quello occorrente per disporre le opere contingenti di difesa.

Il ristretto tempo di propagazione dei fatti idrometrici lungo le aste fluviali del reticolo idrografico della regione, il cui valore è dominato dalle condizioni idrologiche, dalla altimetria e dalla forma dei bacini, induce a ricercare segnalazioni e previsioni efficaci, nella tecnica strumentale, solo per quelle vie d'acqua che hanno una superfice tributaria non inferiore ai 2-3.000 $Km^2$.

Si può affermare, quindi, che per tutti i tributari la segnazione di avvenimenti idrometeorologici anormali deve essere riguardata solo come il complemento delle notizie che concernono le condizioni del recipiente principale, cioè del Po.

E' questo, dunque, a cui debbono essere riservate le previsioni degli stati idrometrici più sfavorevoli nei riguardi della sicurezza dei territori dominati; e la affermazione trova una precisa conferma nella circostanza della lunghezza del suo per-

corso e del tempo di propagazione delle escrescenze che è sufficiente a quei fini.

A questo proposito, nel 1903 è stata compiuta una ricerca dall'ing. Carlo Valentini nella quale (32) l'Autore ha fondato le sue deduzioni sulle rivelazioni e sui modi della segnalazione dei fatti possibili a quel tempo.

Non si reputa conveniente commentare quei fondamenti e le conclusioni a cui è pervenuto l'Autore, poichè le cognizioni acquisite successivamente, dopo la costituzione dell'Ufficio Idrografico per il Po, hanno permesso una analisi più completa di quel problema, la cui risoluzione è dipendente dal riconoscimento sperimentale della evoluzione dell'evento idrologico, nel tempo e nella forma diagrammatica, e dal tempestivo invio delle notizie relative ai centri operativi preposti al loro coordinamento.

Che la conoscenza preventiva degli stati idrometrici nelle tratte media ed inferiore del corso del Po, anche se non ricavata con procedimenti di sicura attendibilità, sia indispensabile per la opportuna disposizione di contingenti opere di protezione, lo conferma la rappresentazione della Tavola IX.

In questa, infatti, è schematicamente delineato il territorio della regione che può essere soggetto ad alluvioni provenienti o dal sormonto o dalla rottura delle arginature del Po o da quelle tratte infime dei suoi tributari.

Si tratta, precisamente, di una superfice totale, compresa la zona del delta, di circa 8.500 $Km^2$.

Pure con la ammissione di una figurazione e di una valutazione di massima, resta comunque confermato che le acque di piena del Po e quelle dei suoi affluenti, se non sono governate, costituiscono un grave pericolo per la incolumità delle cose e delle popolazioni.

A complemento, è doveroso soggiungere che la delineazione di questa parte del territorio padano assume un significato totale, o quasi, per le porzioni che sono disposte inferiormente le foci del Mincio e del Panaro, rispettivamente in sinistra ed in destra del corso del Po: quelle, invece, che sono comprese tra gli affluenti arginati debbono intendersi soggette ad alluvionamenti parziali, cioè contenuti entro gli argini di due affluenti attigui.

Per quanto concerne la rilevazione degli stati idrometrici è da notare che sia sui principali affluenti quanto lungo il corso del Po i posti disponibili per tale operazione, idrometri regolatori ed idrometri di piena, sono sufficienti per una valevole visione globale delle condizioni idrauliche nelle varie parti della regione e che le stesse rilevazioni sono tali da permettere la previsione, seppure stimata, delle altezze massime nelle tratte del corso del Po poste inferiormente la confluenza del Ticino (Ponte Becca).

Sulla base preliminare delle segnalazioni di piogge massime — che sono rilevate, nell'ambito della competenza dello Ufficio Idrografico per il Po, in numerosi posti di osservazione convenientemente ubicati nel bacino — giudicate tali da originare condizioni idrometriche anomale nel recipiente principale, il Magistrato per il Po provvede tempestivamente a rappresentare, in forma diagrammatica, i corrispondenti livelli idrometrici letti progressivamente dal personale degli Uffici del Genio Civile preposto a questo servizio.

Insieme a questi diagrammi, relativi a numerosi idrometri di piena, in tempi prescelti vengono rappresentati i profili contemporanei del pelo acqua allo scopo di seguire la evoluzione dell'onda di piena lungo la parte arginata.

I due schemi di rappresentazione permettono la stima della massima altezza idrometrica possibile nei luoghi inferiori e del franco di sicurezza che, di volta in volta e di tratto in tratto, offrono le opere di contenimento.

Gli accertamenti sopradetti e le corrispondenti previsioni sono aggiornati in maniera appropriata in relazione con i dati dei rilievi che pervengono al centro operativo dell'Istituto ed a quelli degli Uffici interessati.

Questo procedere, che è stato adottato dal Magistrato per il Po, si è dimostrato efficace in varie occasioni: le previsioni dedotte con il suo ausilio, infatti, sono state sempre confermate con un margine di approssimazione più che sufficiente ai fini pratici.

L'ufficio Idrografico per il Po ha collocato di recente in

sei stazioni idrometriche disposte sul corso del Po — Ponte Valenza, Becca, Cremona, Boretto, Pontelagoscuro, Pila — e in sei suoi principali affluenti — Oglio a Marcaria, Adda a Boccaserio, Tanaro a Montecastello, Trebbia a Fiorano, Taro a Fornovo, Secchia a Sassuolo — apparecchiature radiotrasmittenti degli stati fluviali i cui segnali sono registrati in dispositivi centralizzati di ricezione (33).

Gli apparati si sono confermati idonei a rassegnare con la tempestività necessaria le notizie più significative sulle condizioni idrauliche generali del bacino e del corso del Po ed in anticipo rispetto alle usitate segnalazioni telefoniche o telegrafiche.

In accordo con il Magistrato per il Po lo stesso Ufficio Idrografico ha programmato la collocazione nel territorio di altre stazioni radiotrasmittenti, sia delle quote idrometriche che delle piogge, allo scopo di perfezionare la previsione di manifestazioni idrologiche pregiudizievoli nei riguardi della sicurezza idraulica.

Ancora a proposito della previsione delle quote di piena lungo il corso del Po si rammenta un precedente studio (34), riferito alla tratta Ostiglia-Pontelagoscuro, fondato su concezioni statico-probabilistiche; il procedimento, se convenientemente aggiornato, potrebbe essere esteso con profitto anche alle parti superiori del Po e permettere previsioni attendibili in correlazione con il loro anticipo.

20. - Nei Capitoli precedenti sono stati descritti i caratteri fisico-geografici ed idrologici dei bacini minori che tributano le loro acque al Po.

Sono stati anche esemplificati i dissesti, più diffusi e comuni, a cui presentemente è soggetto il reticolo idrografico padano, le loro cause ed i modi tecnici, di stima e di esecuzione, con i quali conviene procedere per giungere ad un ripristino soddisfacente della efficienza idraulica delle diverse vie d'acqua rispetto agli eventi idrometeorologici meno frequenti.

Come i dissesti descritti sono distribuiti nel territorio con

prevedibili azioni di danno diverse a seconda della loro maggiore o minore intensità, così le opere da progettare debbono avere caratteristiche distinte solo in funzione dei caratteri idro-morfologici dei corsi d'acqua interessati e del valore da attribuire ai massimi eventi, da scegliere in ragione delle altrettanto diverse esigenze di difesa dei territori dominati.

Vale a dire che il dimensionamento di queste opere deve essere scelto in connessione anche con il valore economico dei beni che debbono essere salvaguardati.

I caratteri fisico-morfologici e geografici dei corsi d'acqua della regione sono esaurientemente descritti nella pubblicazione « Fiumi italiani » « Cenni monografici » edita dal Ministero dei Lavori Pubblici nel 1876 (35): per questo motivo si rimanda a quel lavoro per le notizie complementari che riguardano i bacini ed i corsi d'acqua che sono stati considerati quì di seguito nei riguardi delle occorrenze del riassetto idraulico.

Per quanto concerne la parte eminentemente montana di quei bacini, si richiama ancora quanto è stato esposto nei capitoli precedenti.

Infatti, il genere degli interventi operativi è molto diverso tra l'uno e l'altro ed anche nelle varie parti elementari di uno stesso bacino.

La definizione degli interventi, quindi, deve essere individuata con la analisi geomorfica del territorio nei modi descritti nella Appendice e con il conforto di una perfetta conoscenza dei luoghi da parte del progettista.

Nella Tavola X sono rappresentate le parti del bacino del Po che sono classificate bacino montano: nella stessa sono schematicamente indicate le tratte fluviali le cui opere sono classificate di terza e di seconda categoria giusta i concetti definiti nel Testo Unico sulle Opere Idrauliche.

E' a queste, in particolare, che saranno dedicati i commenti che seguono, perchè esse sono appunto quelle che hanno per fine precipuo il razionale governo delle acque di piena e la difesa dalle inondazioni dei territori limitrofi.

Considerata come preminente la occorrenza di una esposi-

zione sintetica delle condizioni e degli interventi operativi necessari ed urgenti per le principali vie d'acqua tributarie e per lo stesso corso del Po si sono distinti i primi in gruppi similari, il secondo in tratte, ciascuna differenziata idrologicamente e morfologicamente.

I gruppi, i corsi d'acqua e le tratte del corso del Po sono:

I) Sarca-Mincio, Oglio ed affluenti Chiese e Mella;

II) Adda ed affluenti sublacuali Brembo e Serio;

III) Lambro, Olona;

IV) Ticino ed affluente Toce, Ticino sublacuale, Terdoppio, Agogna;

V) Sesia ed affluenti Mastallone, Sessera e Cervo;

VI) Dora Baltea, Orco, Stura di Lanzo, Dora Riparia;

VII) Pellice, alto corso del Po — dalle origini al ponte di Salluzzo —, Varaita, Maira;

VIII) Tanaro ed affluenti Pesio, Stura di Demonte, Gesso, fino alla confluenza con il Bormida;

IX) Bormida fino alla confluenza con il Tanaro ed affluenti Bormida di Millesimo, Bormida di Spigno, Orba, Tanaro inferiore fino alla foce nel Po;

X) Srivia, Trebbia;

XI) Taro, Parma ed affluente Baganza, Enza;

XII) Secchia, Panaro;

XIII) Po, dal ponte di Saluzzo alla confluenza del Ticino;

XIV) Po, dalla confluenza del Ticino alla confluenza dell'Adda;

XV) Po, dalla confluenza dell'Adda a quella del Mincio;

XVI) Po, dalla confluenza del Mincio all'incile del ramo deltizio di Goro;

XVII) Po, dall'incile del ramo di Goro alla foce e rami del delta.

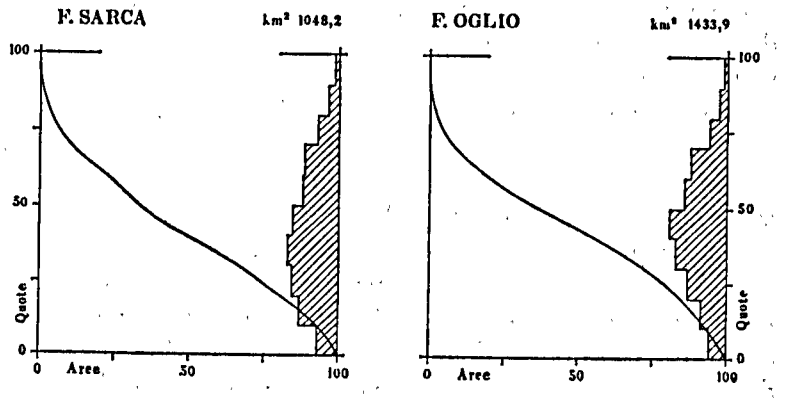



Fig. 12

La curva ipsometrica del Sarca alla immissione nel lago di Garda — altitudine massima m.s.m. 3556, minima 60; superficie tributaria Km² 1048,2 — mostra che il bacino, quale unità idrografica e quindi nell'insieme, è in fase di equilibrio morfologico per una area che è uguale a circa il 75% di quella totale.

La parte rimanente, che riguarda le aree poste alle quote inferiori, risulta essere ancora in evoluzione morfometrica: vale a dire che in essa si manifestano trasformazioni dei caratteri del bacino le quali trasferiscono all'alveo recipiente qualità di instabilità rispetto alla sua funzione idraulico-fluviale.

Per questa ragione è a questa parte del bacino, ed al suo reticolo idrografico secondario, alla quale dovranno essere rivolte le indagini morfometriche intese a precisare i luoghi ed i modi degli interventi atti a diminuire il degrado ed a regolare le acque superficiali.

Il diagramma derivato dalla curva ipsometrica indica che, percentualmente, le maggiori aree di ricezione meteorica si trovano anch'esse nelle parti inferiori del bacino, propriamente quelle nelle quali si manifestano con maggiore frequenza le piogge generatrici delle maggiori piene del Sarca.

Il corso del Mincio, che non riceve affluenti da Peschiera alla foce nel Po, è stato oggetto di studi e di progetti, le cui opere sono state in parte eseguite, rivolti a regolare le acque del lago di Garda e quelle dei suoi scarichi in relazione con il piano generale di sistemazione del complesso idraulico Adige-Garda-Mincio-Tartaro-Canal Bianco-Po di Levante.

A parte le opere previste in quel piano, è il tratto che va dal lago Inferiore di Mantova alla foce che si dimostra occorrente di un radicale riordino del tracciato e della sezione trasversale delle sue arginature di contenimento.

A questo riguardo si dovranno tenere in conto anche le richieste della navigazione fluviale la quale offre, nel volume del traffico del porto di Mantova, la dimostrazione della validità del corso del Po quale via navigabile e di quello del Mincio quale linea di accesso a quella zona portuale (36).

L'Oglio prelacuale, alla immissione nel lago di Iseo, è rappresentato da una curva ipsometrica definita dalle caratteristiche: altitudine massima m s.m. 3554, minima 185; superfice del bacino tributario $Km^2$ 1433,9.

La parte del bacino alla quale debbono essere dedicati studi ai fini del suo assetto morfometrico è rappresentata dal 40% dell'area totale.

In questa, che è posta alle quote minime del bacino, le conoidi di materiale solido proveniente dal degrado degli affluenti secondari, sono numerose e confermano le attive condizioni evolutive dei versanti.

Il fatto assume una particolare importanza principalmente nei riguardi dell'eccesso dell'apporto, nell'alveo recipiente, di materie solide di pezzatura grossolana.

E' la parte inferiore del corso dell'Oglio prelacuale ove, per questa ragione, sono evidenti le occorrenze di un razionale riassetto sia del bacino tributario che del reticolo idrografico (37).

Come mostra il diagramma derivato dalla curva ipsometrica, la porzione del bacino che ricetta le precipitazioni meteoriche di maggiore interesse nei riguardi della formazione delle piene è quella che è compresa tra il 20 ed il 60% del dislivello dell'asta fluviale.

Anche per l'Oglio è da considerare inefficace l'azione regolatrice delle piene dei laghi artificiali, perchè sottendono aree ridotte che sono poste alle quote più elevate.

La parte sub-lacuale, che ha origine dallo sbarramento regolatore delle acque del lago di Iseo a Capriolo, richiede opere di riassetto in dipendenza delle sue anormali condizioni di tracciato, di insufficienza delle difese e di inefficienza idraulica rispetto agli eventi di piena.

In particolare questa è connessa con i ragguardevoli apporti, liquidi e solidi, degli affluenti Mella e Chiese.

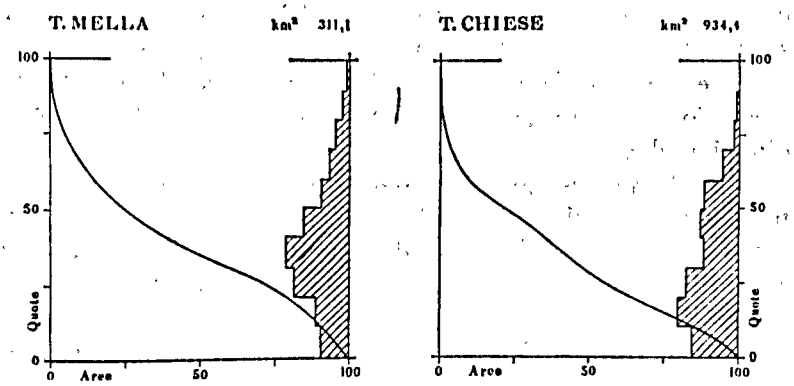



Fig. 13

Il Mella ed il Chiese, affluenti dell'Oglio, si presentano con curve ipsometriche che denunciano i dissimili caratteri morfometrici dei rispettivi bacini — Mella a Stocchetta: altitudine massima m.s.m. 2214, minima 185; superfice tributaria Km² 311,1 — Chiese a Gavardo: altitudine massima m.s.m. 3462, minima 195; superfice tributaria Km² 934,4.

Del primo, che è soggetto a condizioni idrologiche eminentemente torrentizie, la curva ipsometrica segnala la instabilità dell'ultima parte dell'area del bacino, circa il 25% di quella totale, del secondo la curva rivela la stabilità, generale dell'equilibrio morfometrico dell'area tributaria.

Anche i diagrammi derivati denotano quella dissimiglianza: per il Mella la parte di maggiore ricezione delle precipita-

zioni è concentrata nelle aree che sono comprese tra il 20 ed il 50% del dislivello della asta fluviale; per il Chiese il diagramma si presenta con due massimi dei quali uno, secondario, riguarda le aree a monte del lago di Idro e l'altro, principale, comprende quelle prossime alla chiusura del bacino.

La porzione del bacino del Chiese che è più attiva nei riguardi della ricettività pluviometrica è compresa tra la chiusura considerata — Gavardo — ed il 60% del dislivello tra la chiusura stessa e l'origine.

Le opere di difesa di sponda sui due corsi d'acqua sono state eseguite nel passato, ma in luoghi e con caratteristiche di contingenti occorrenze di protezione dalle erosioni e di opposizione alla tendenza alla divagazione della corrente.

Per le aste fluviali, dopo la chiusura dei bacini di alimentazione, occorrono studi organici per un loro efficace riordino idraulico.

Distintamente questi dovranno avere per preciso scopo la progettazione della continuità delle difese delle rive ed il ridimensionamento delle opere di contenimento: l'insieme degli studi dovrà essere fondato sui dati idrologici relativi ad eventi anche di eccezione, giacchè in troppe occasioni le opere attuali si sono dimostrate, rispettivamente, inadeguate ed insufficienti.

Particolare cura dovrà essere dedicata allo studio del tracciato in corrispondenza della loro immissione nel recipiente Oglio onde schivare, a causa del ragguardevole volume di materie solide trasferite per trascinamento, condizioni morfometriche anomale dell'alveo recipiente.

## II) *Adda ed affluenti sub-lacuali Brembo e Serio*

L'Adda prelacuale ha caratteri geo-morfologici ed idrologici distinti da quelli degli altri corsi d'acqua esaminati.

L'eccesso della acclività dei versanti del bacino, la loro costituzione geologica, il loro orientamento ed il conseguente regime climatologico, chiariscono la disposizione della curva ipsometrica riferita alla chiusura della parte montana — altitudine massima m s.m. 4050, minima 198; superfice tributaria Km²

2598,0: essa, infatti, denuncia che più del 50% dell'area tributaria non è in equilibrio.

E' questa parte del bacino, quindi, che deve essere oggetto di indagini rivolte allo studio di provvedimenti atti a diminuire il degrado del bacino e l'apporto al recipiente fluviale di materie solide prevalentemente di pezzatura grossolana: materie la cui presenza nell'alveo stesso recipiente costituisce un turbamento ragguardevole e pregiudizievole al regolare deflusso delle acque di piena.

Il diagramma derivato mostra che la parte del bacino di maggiore capacità ricettiva degli afflussi meteorici è disposta attorno al valore altimetrico medio, quindi a quote inferiori a quelle delle aree che sono sottese dagli esistenti serbatoi artificiali costruiti per la produzione di energia elettrica.

Dalla constatazione deriva che anche per l'Adda Alpino l'azione modulatrice delle piene ottenibile da quegli invasi si compendia in valori insufficienti a perfezionare la difesa dalle inondazioni dei territori e dei centri abitati adiacenti le tratte inferiori del suo corso.

Per queste sarà necessario provvedere alla difesa delle sponde dalla corrosione ed al contenimento delle acque massime.

L'Adda sub-lacuale ha origine allo sbarramento di Miorina che regola, per uso irriguo, le acque del lago di Como.

Fino alla foce nel Po, compresa tra Piacenza e Cremona, il corso dell'Adda è stato soggetto, nel passato, a divagazioni ragguardevoli, nelle tratte poste inferiormente alla confluenza del Serio, le cui tracce sono evidenti nella cartografia dello Istituto Geografico Militare.

La ragione di queste manifestazioni della tendenza evolutiva del corso d'acqua si ritrova se si tiene presente che l'alveo, ed il terreno in cui è inciso, è formato di materiale detritico di granulometria relativamente minuta, prevalentemente incoerente e facilmente eroso e trascinato dalle acque di piena che provengono dagli affluenti Brembo e Serio.

Con la recente esecuzione di opere di regolazione delle rive di piena ordinaria è stato fissato l'ambiente fluviale delle acque per un tratto discretamente esteso.

Ma queste opere, che sono ancora incomplete, dovranno

essere perfezionate ed estese a tutta la tratta onde conseguire l'assetto idraulico più confacente alle necessità di difesa dei territori limitrofi.

Si è detto perfezionate perchè, con questa operazione complementare, esse dovranno contrastare con efficacia anche il vistoso fenomeno di abbassamento dell'alveo che in questo corso d'acqua si è palesato con manifestazioni che hanno ingiunto la sollecita costruzione di opere trasversali atte a salvaguardare la stabilità di manufatti di attraversamento e di difesa che hanno particolarmente risentito dell'azione di quel fenomeno (traversa a valle del ponte di Bisnate ed a valle dell'abitato di Pizzighettone).

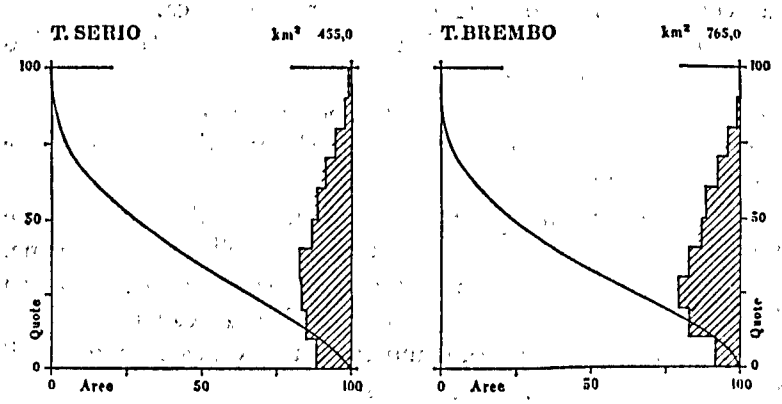



Fig. 14

Gli affluenti Brembo — a ponte Briolo: altitudine massima m.s.m. 2914, minima 230; superficie tributaria Km² 765,0 — e Serio — a ponte Cene: altitudine massima m.s.m. 3053, minima 353; superfice tributaria Km² 455 — hanno curve ipsometriche il cui tracciato rivela la stabilità dell'equilibrio morfologico dei versanti: equilibrio che, come è stato già chiarito, deve essere inteso riferito all'intera area tributaria.

Eventuali occorrenze di riordino delle pendici e del reticolo idrografico secondario dovranno essere ricercate con lo ausilio della analisi morfometrica.

Nel complesso i due affluenti tributano al recipiente Adda ragguardevoli deflussi, liquidi e solidi, principalmente in occasione di eventi meteorologici di eccezione che i diagrammi derivati dalla curva ipsometrica assegnano a quelle parti delle aree totali ove le precipitazioni raggiungono valori di intensità che sono da qualificare tra i più elevati della regione padana.

Le opere da prevedere sono quelle di difesa dalla tendenza alla erosione delle sponde, di riordino del tracciato e di ridimensionamento di quello di contenimento.

L'alveo del Serio, per la sua lunghezza, per la qualità e dimensione del materiale nel quale è inciso e per le condizioni anomale create dai numerosi sbarramenti per derivazioni per uso irriguo, merita una distinta analisi delle sue condizioni la quale dovrà tenere conto, in particolare, della necessità del riordino del suo profilo altimetrico.

III) *Lambro, Olona*

La disposizione naturale del territorio di pianura in cui sono incisi gli alvei di questi due affluenti del Po è stata sostanzialmente modificata per soddisfare, di volta in volta, le occorrenze dei numerosi centri abitati che attraversano ed in particolare della città di Milano.

Nei riguardi della salvaguardia del territorio dalle frequenti esondazioni delle loro acque di piena, non più contenute negli alvei artificiosamente menomati della loro efficienza, tempo addietro sono state progettate le opere giudicate indispensabili per il riordino idraulico della zona dominata.

I lavori previsti sono stati eseguiti solo in parte: se sarà possibile portarli a compimento entro breve tempo la sicurezza del territorio sarà garantita perchè le valutazioni idrologiche di base sono state concepite con un sufficiente margine di sicurezza.

Per le tratte poste inferiormente la città di Milano occorrono lavori di sgombero e di ridimensionamento dell'alveo di contenimento, di regolazione del tracciato e di difesa delle sponde.

Per ambedue dovrà essere studiato il tracciato della parte terminale del loro corso, presso la foce nel Po, e l'adeguamento ai rigurgiti causati dalle acque di piena del recipiente.

IV) *Ticino ed affluente Toce, Terdoppio ed Agogna*

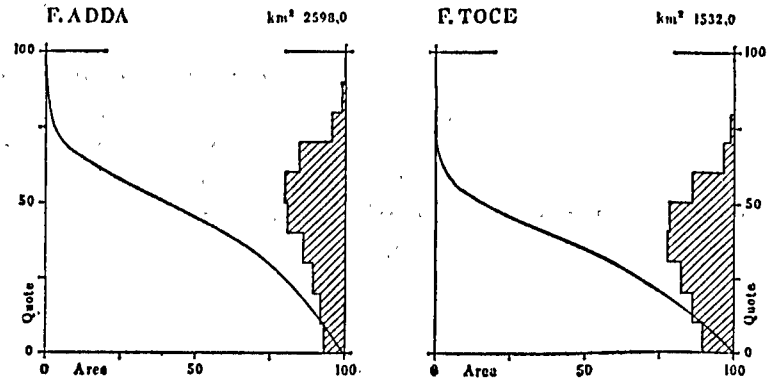



Fig. 15

La parte del territorio italiano che con i suoi tributi alimenta il lago Maggiore è formata, principalmente, dal bacino del Toce.

La curva ipsometrica di questo — a Candoglia: altitudine massima m.s.m. 4633, minima 198; superfice tributaria Km² 1532,0 — assegna al bacino uno stato avanzato di equilibrio morfologico medio.

Tuttavia le conoscenze dirette dei caratteri geografici e fisici di quel territorio rievocano occorrenze di riassetto degli alvei e delle conoidi dei tributari secondari per il ragguardevole volume dei loro apporti di materie solide al recipiente Toce.

Lo studio geomorfologico relativo, con maggiore proprietà potrà rassegnare notizie di sicuro interesse nei riguardi delle opere che dovranno essere progettate ai fini di conseguire un assetto del territorio idraulicamente efficiente.

Anche per questo corso d'acqua la presenza di serbatoi artificiali non può contribuire che in misura limitata alla atte-

nuazione dei colmi di piena nelle tratte inferiori, perchè la porzione maggiore di ricetto delle precipitazioni, come lo dimostra il diagramma derivato dalla curva ipsometrica, è disposta a quote che sono inferiori.

Altro tributario del lago Maggiore che richiede interventi operativi di riassetto del suo bacino e del suo alveo è il Canobino.

Le opere da prevedere saranno da definire sulla base di una accurata analisi geomorfica.

Il Ticino, dalla uscita del lago Maggiore — Sesto Calende — alla confluenza con il Po — ponte Becca — ha un corso solitario, cioè privo di tributari naturali.

La parte attiva del suo alveo è funzionalmente instabile perchè è disposta in un ambiente fluviale ampio e vario per la presenza di rami secondari, di volta in volta più o meno efficienti idraulicamente in relazione con le mutazioni morfometriche impresse dalle acque al loro fondo ed alle rive.

Per questa tendenza alla instabilità, che è dovuta ai caratteri fisici del materiale alluvionale in cui è inciso l'alveo, le opere che debbono essere progettate per la sistemazione di questa parte del corso del Ticino si riducono, nei tipi, ad opere atte a regolare e fissare il tracciato delle rive dell'alveo maggiore, principalmente in corrispondenza dei ponti di attraversamento, ed a proteggere efficacemente le tratte di sponde soggette alla erosione.

Per la parte infima, a valle della città di Pavia, le arginature maestre di contenimento dovranno essere convenientemente ridimensionate in funzione dei rigurgiti che provengono dagli stati di piena del Po.

La rassegna dei disordini dell'alveo del Ticino sub-lacuale non è completa se non si citano quelli che provengono dalle abnormi ed irrazionali estrazioni di materiale alluvionale.

Di questo fatto e delle sue conseguenze generali sull'assetto dei corsi d'acqua della regione padana, è stato parlato ampiamente in precedenza: l'alveo del Ticino, però, merita alcune precisazioni.

Le estrazioni di materiale lapideo dall'alveo di questo

corso d'acqua hanno raggiunto, invero, un volume che, insieme al modo idraulicamente irrazionale secondo il quale sono coltivate le numerose cave, è stato tale da compromettere gravemente il suo equilibrio morfologico ed idraulico nei riguardi dei deflussi di piena, la sicurezza delle sue rive e la stabilità delle opere di attraversamento, di derivazione di acqua e di difesa costruite nel passato.

Se per ragioni tecniche ed economiche contingenti le estrazioni dovranno proseguire, esse dovranno pure essere assoggettate ad una più rigorosa disciplina che ne coordini i luoghi, i modi e le quantità in relazione con le pretese della idraulica fluviale, della sicurezza dei territori adiacenti e dell'ambiente naturale.

Il Terdoppio e l'Agogna sono due affluenti del Po molto simili tra di loro per origine, regime idrologico e condizioni di pericolosità.

Nascono dal gruppo delle Prealpi compreso tra il lago Maggiore ed il lago di Orta e scorrono per lungo tratto, fino alla foce, nella pianura compresa tra il Ticino ed il Sesia.

I loro bacini tributari possono essere considerati morfometricamente in equilibrio: per essi sono da prevedere solo opere di riassetto locale.

Il percorso di pianura, invece, esige lavori più completi: essi riguardano, principalmente, l'adattamento dei loro alvei a contenere le acque delle massime piene, caso critico centennale, onde limitare quelle esondazioni i cui danni non possono essere sopportati dai centri abitati e dalle infrastrutture agricole dei territori adiacenti.

Gli alvei di contenimento, inconsultamente manomessi da insediamenti idraulicamente illogici ed ammalorati da una lunga carenza di operazioni di manutenzione, richiedono, appunto, il genere di lavori descritti i quali, se progettati ed eseguiti con razionalità sono certamente sufficienti ad assicurare la efficienza delle due vie d'acqua senza il ricorso a diversivi, o scolmatori, di efficacia sempre relativa in funzione del costo delle opere occorrenti.

Una analisi accurata delle condizioni topografiche dei bacini tributari e delle prime tratte del loro percorso potrebbe

servire di indirizzo per lo studio di particolari opere atte a laminare vantaggiosamente le espressioni diagrammatiche di eventi di piena di eccezione ed integrare l'azione dei lavori di ridimensionamento degli alvei di cui è stata fatta prima la proposta.

## V) *Sesia ed affluenti*

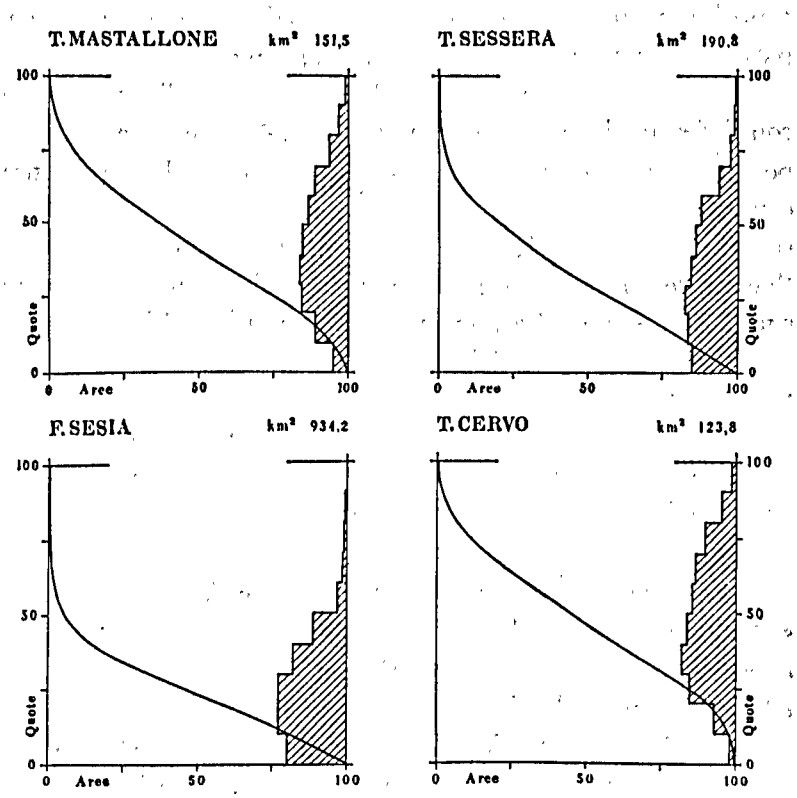



Fig. 16

Il Sesia ed i suoi affluenti Mastallone, Sessera, Cervo ed il suo tributario Elvo, hanno origine dal gruppo orografico del monte Rosa delle Alpi Pennine.

I rispettivi bacini ricettano le massime precipitazioni annuali che si rilevano nella regione padana come pure quelle di massima intensità (1), (9), (45).

Questo comportamento idrologico è la ragione di un regime fluviale che si distingue per la frequenza della manifestazione di stati di piena con elevati valori delle portate al colmo.

Il clima e la formazione geologica dominante del territorio contribuiscono al degrado dei versanti ed alla conseguente copiosa alimentazione solida degli alvei recipienti.

Le curve ipsometriche del Mastallone — alla confluenza con il Sesia: altitudine massima m s.m. 2458, minima 445; superfice tributaria $Km^2$ 151,5 — del Sessera — alla confluenza con il Sesia: altitudine massima m s.m. 2556, minima 320; superfice tributaria $Km^2$ 190,8 — e del Cervo — alla confluenza del tributario Oropa compreso: altitudine massima m s.m. 2556, minima 390; superfice tributaria $Km^2$ 123,8 — confermano che i rispettivi bacini sono ancora in fase di assestamento morfologico per una aliquota della superfice globale pari, rispettivamente, al 35% ed al 45% circa per il Mastallone ed il Cervo, mentre quelle del Sessera e del Sesia, questo a monte della confluenza di quello, denunciano una fase di maggiore stabilità.

Le curve, come è stato detto in precedenza, rassegnano sull'equilibrio medio del bacino, ma non vi è dubbio che opere di riassetto locale sono necessarie nei bacini dei sub-affluenti; ed a questo riguardo vi è da soggiungere che queste non possono risolvere il problema del degrado delle parti più elevate dei versanti, perchè in esse prevalgono i terreni sterili che sono tali per costituzione geologica e per le condizioni del clima.

I diagrammi derivati mostrano che le aree di maggiore ricezione degli afflussi meteorici sono poste alle quote inferiori dei bacini considerati: aree le quali proprio per questa ragione, ricettano le precipitazioni più intense che sono, come è stato

preannunciato, la causa della ricorrenza degli stati di piena dei rispettivi recipienti.

L'ultimo tratto del Sessera, prima della confluenza con il Sesia, abbisogna di opere coordinatamente rivolte ad evitare la tendenza alla divagazione della corrente di piena e quindi la erosione incontrollata delle rive al fine di impedire la avulsione di terreni sui quali sono sorti centri abitati ed infrastrutture industriali.

Lo stesso genere di opere è richiesto dalla parte superiore del Sesia, da quella inferiore del Cervo e da quella del suo tributario Elvo.

Dopo la confluenza del Cervo, le acque del Sesia fluiscono in un ampio letto formato da materiale alluvionale grossolano ma pure sensibile alle sollecitazioni dinamiche della corrente che per questo è indotta a modificare con frequenza il suo corso.

Queste condizioni coinvolgono anche le rive, e le difese ove esistono, menomandone la stabilità e la efficienza.

Per il riordino del corso d'acqua, anche in dipendenza dei frequenti eventi idrometeorologici e fluviali che lo riguardano, occorre lo studio accurato di un piano di opere con le quali si dovrà perfezionare il tracciato delle opere di massimo contenimento, seguendo le concezioni esposte al riguardo, ed insieme potenziare le difese delle sponde in corrosione onde impedire anormali e pregiudizievoli divagazioni delle acque di piena.

Pure le arginature di contenimento dovranno essere ridimensionate in relazione con i massimi stati idrometrici prevedibili.

La tratta inferiore, cioè quella prossima alla foce, sarà da ordinare planimetricamente nella maniera più acconcia onde evitare che il ragguardevole apporto di materie solide induca nell'alveo del Po condizioni morfometriche in contrasto con il razionale flusso delle sue acque medie e di piena.

VI) *Dora Baltea, Orco, Stura di Lanzo, Dora Riparia.*

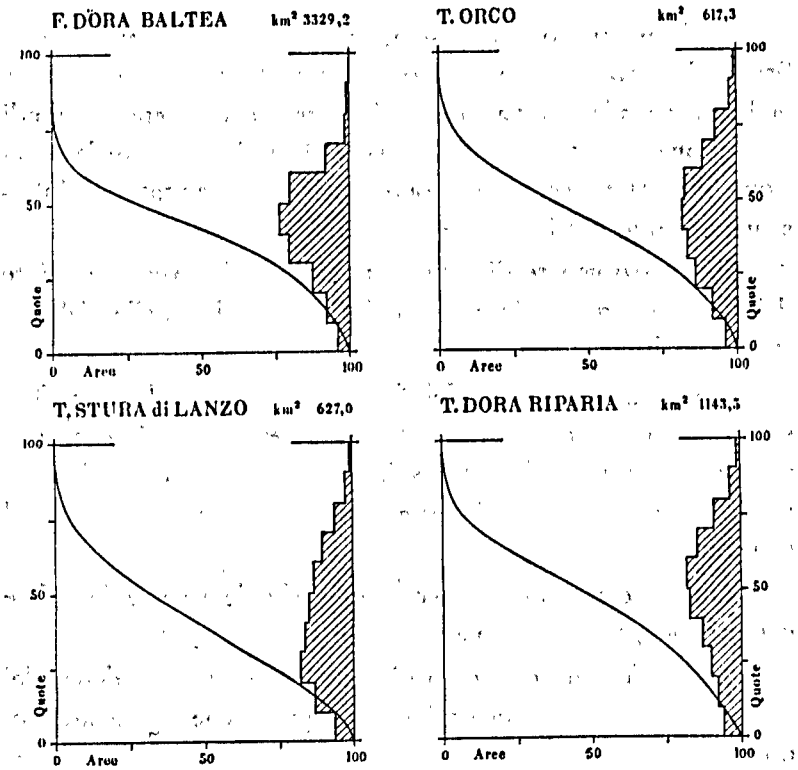



Fig. 17

Dora Baltea a Borgofranco: altitudine massima m.s.m. 4807, minima 250; superfice tributaria Km² 3329,2; Orco, alla confluenza con il Soana, compreso: altitudine massima m. s.m. 3865, minima 430; superfice tributaria Km² 617,3; Stura di Lanzo, alla confluenza con il Gesso: altitudine massima m. s.m. 3632, minima 450; superfice tributaria Km² 627,0; Dora Riparia, alla confluenza con il Sessi: altitudine massima m.s.m. 3627, minima 360; superfice tributaria Km² 1143,5.

Questi bacini e quelli successivi, in ordine idrografico, fino agli affluenti di sinistra del Tanaro, hanno una forma particolarmente distinta da quella degli altri tributari del Po; è tale, cioè, da tendere a quella circolare.

La circostanza, confermata dai valori dei corrispondenti coefficienti riportati nel Prospetto I di Appendice, sta a significare che le porzioni elementari della superfice totale contribuiscono alla alimentazione del corso d'acqua recipiente con tempi di corrivazione quasi uguali tra di loro.

Da cui deriva che al termine dell'impluvio le escrescenze raggiungono, in genere, i massimi valori dei contributi di piena in relazione con l'area del bacino.

Le curve ipsografiche di cui prima sono state riportate le caratteristiche geometriche, confermano quanto è possibile osservare anche direttamente: vale a dire che una cospicua porzione dell'area tributaria non ha ancora raggiunto il suo equilibrio morfometrico.

Consegue da questa condizione che le aste fluviali sono il ricetto dei cospicui apporti di congerie che provengono dal degrado generale del bacino pur non sottacendo che il volume di essi è incrementato dalla mancanza di copertura vegetale delle parti più elevate del bacino stesso.

Il diagramma derivato dalla curva ipsografica segnala che, in accordo con la forma, le parti più attive del bacino nei riguardi dei tributi fluviali sono poste, all'incirca, intorno alla quota media.

Dalle particolarità descritte emerge chiaramente la occorrenza di una diligente valutazione delle opere che dovranno essere progettate per la sistemazione delle pendici montane e del reticolo idrografico secondario.

Le tratte di pianura, che risentono della azione negativa degli eccessi dell'apposto solido, sono indotte da questo ad assumere una disposizione morfologica che favorisce le divagazioni della corrente di piena, la corrosione delle rive ed i disalveamenti con grave pregiudizio per i territori adiacenti.

Le opere da prevedere per ottenere l'efficienza idraulica più favorevole delle tratte inferiori di questi corsi d'acqua saranno quindi di regolazione delle rive e del loro tracciato e di protezione delle sponde in corrosione confortate da lavori di riassetto dell'alveo consistenti nella rimozione, ordinata e razionalmente controllata, dei depositi delle alluvioni che più sono in contrasto con il buon regime fluviale.

Altre opere, di ubicazione e struttura particolare, dovranno essere previste negli alvei per porre un efficace rimedio a quei dissesti che sono stati causati dalle eccessive ed irrazionali estrazioni di materiale lapideo di cui sono stati e sono ancora oggetto.

VII) *Pellice, alto corso del Po, Varaita, Maira.*

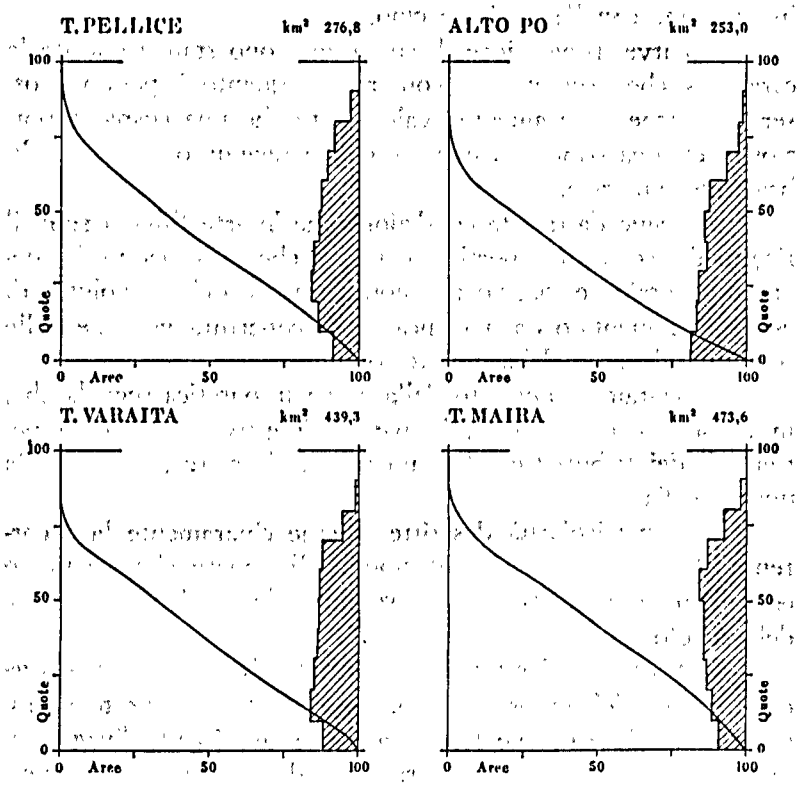



Fig. 18

Pellice, al ponte di Bibiana: altitudine massima m.s.m. 3171, minima 415; superfice tributaria Km² 276,8; alto corso del Po, al ponte di Saluzzo: altitudine massima m.s.m. 3841, minima 310; superfice tributaria Km² 253,0; Varaita, a Costigliole: altitudine massima m.s.m. 3841, minima 450; superfice tributaria Km² 439,3; Maira, alla sezione di Busca:

altitudine massima m.s.m. 3379; minima 495; superfice tributaria Km² 573,6.

Si tratta degli ultimi affluenti piemontesi del Po prima del Tanaro.

Come gli altri già descritti, la forma del loro bacino mantiene gli stessi caratteri di quelli.

Essi hanno origine dal gruppo delle Alpi Cozie nelle quali, per la minore elevazione della linea di crinale rispetto a quello delle Graie e quindi per le condizioni di clima più favorevoli, le aree prive di copertura vegetale — sterili — sono contenute in valori minori.

Questa circostanza legittima l'andamento delle curve ipsometriche che qualifica i rispettivi bacini tributari in condizioni morfometriche più favorevoli dei precedenti.

Dall'esame della curva risulta che solo aliquote moderate delle aree complessive del Pellice e del Maira sono morfometricamente instabili; i diagrammi derivati segnalano una minore acclività generale dei versanti e di conseguenza che le aree di ricetto delle precipitazioni sono distribuite con maggiore uniformità in funzione delle rispettive quote sulla sezione infima.

Nelle parti eminentemente montane le opere di sistemazione e quelle di regolazione dei deflussi trovano un ambiente più favorevole che non in quelli precedenti, perchè i loro effetti risultino rapidamente vantaggiosi ai fini della difesa del suolo e del buon regime dei deflussi.

Le opere da eseguire nelle tratte inferiori, idraulicamente più sollecitate, saranno quelle di regolazione del tracciato e della capacità di invaso dell'alveo di piena e di consolidamento e di protezione delle rive in corrosione.

Insieme a queste, ricorrenti, dovranno essere eseguite quelle contingenti la cui occorrenza deriva dal disordine degli alvei causato, in alcuni luoghi, da un eccesso di depositi di materie alluvionali ed in altri dalle estrazioni di materiale lapideo.

Per il Sangone, che è un corso d'acqua minore che scorre nel territorio di quelli ora esaminati, occorre una distinta ed oculata indagine per l'adeguamento delle sue esigenze idrauliche a quelle delle infrastrutture edilizie dell'abitato di Torino

le quali richiedono una adeguata protezione contro possibili danni causati da fatti fluviali anche ricorrenti.

VIII) *Tanaro, fino alla confluenza con il Bormida, ed affluenti di sinistra, Pesio, Stura di Demonte ed affluenti Grana, Gesso e Belbo.*

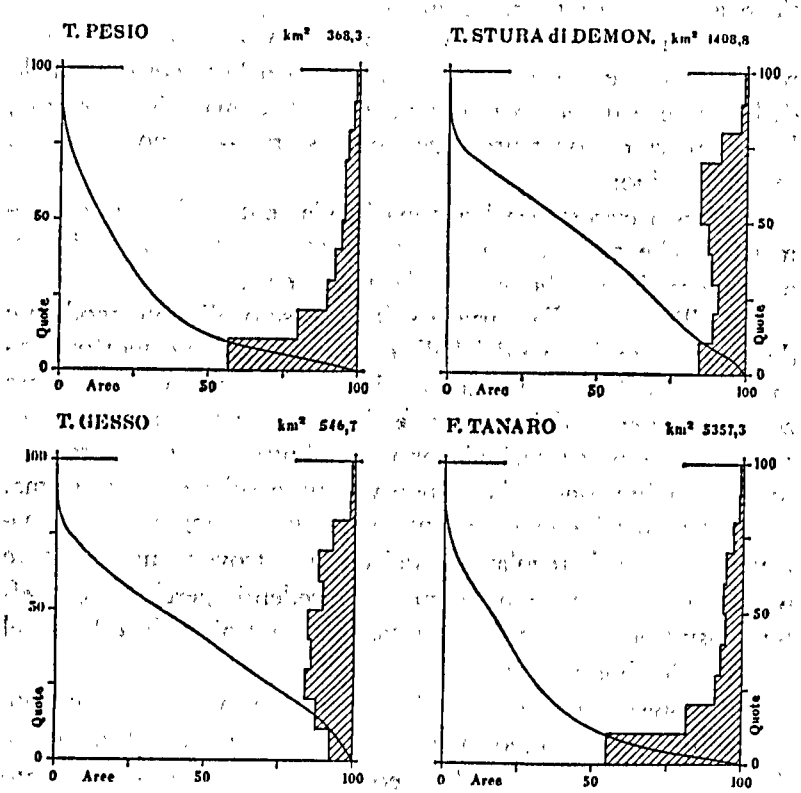



Fig. 19

I corsi d'acqua in oggetto provengono dalla ultima tratta della catena delle Alpi, Alpi Marittime, il cui crinale diminuisce progressivamente di quota fino a raggiungere i valori minimi all'inizio degli Appennini.

Nelle aree più elevate dei rispettivi bacini sono presenti ancora modeste porzioni sterili, le pendici dei versanti sono meno acclivi e la loro forma tende nuovamente a quella caratteristica della maggior parte dei tributari del Po.

Le curve ipsometriche del Pesio — alla confluenza con il Tanaro: altitudine massima m s.m. 2651, minima 270; superfice tributaria Km² 368,3 — dello Stura di Demonte — alla confluenza con il Tanaro: altitudine massima m s.m. 3297, minima 200; superfice tributaria Km² 1408,8 — e del suo affluente Gesso — alla confluenza con lo Stura di Demonte: altitudine massima m s.m. 3297, minima 475; superfice tributaria Km² 546,7 — e del Tanaro — alla confluenza con il Bormida: altitudine massima m s.m. 3297, minima 80; superfice tributaria Km² 5357,3 — mostrano che i loro bacini hanno superato la fase evolutiva di adattamento morfometrico.

Le opere di sistemazione montana, in questi bacini, e quelle di regolazione del reticolo minore potranno essere quelle tradizionali, sempre però da definire nei riguardi dei luoghi, con l'ausilio di una analisi geomorfica appropriata e dello studio delle condizioni idrologiche riferite ai casi estremi.

I diagrammi derivati indicano la notevole estensione, in senso altimetrico, delle aree di maggiore ricezione delle precipitazioni e la loro minore declività giustificando, insieme al coefficiente di forma ed alla disposizione geografica ed orografica della origine di questi corsi d'acqua, i frequenti eventi di piena ed i loro valori massimi.

Le tratte inferiori, particolarmente quelle dello Stura di Demonte e del Tanaro, richiedono opere di regolazione e di consolidamento del tracciato e di dimensionamento delle aree di contenimento delle massime piene con la rimozione del materiale alluvionale disposto nell'alveo in maniera idraulicamente illogica.

Se per la sicurezza dei territori e degli abitati adiacenti contro la esondazione delle acque di piene di eccezione dovesse essere necessario prevedere la costruzione di arginature, queste dovranno essere disposte in maniera da mantenere ampie aree di espansione di quelle acque, acconciamente disposte e dimensionate, al fine di non pregiudicare le condizioni delle tratte inferiori.

Per il Belbo si conviene di dedicare note più diffuse sulle sue condizioni e sulle occorrenze di riassetto geo-idrologico del bacino tributario e del suo percorso di pianura a cagione della

frequenza con la quale si manifestano gli stati di piena e dei danni rilevanti che arrecano le conseguenti esondazioni.

Il bacino tributario totale ha una superfice di Km² 479,4. La sua forma allungata, unica nella regione — coefficiente di forma uguale a 2,18 nella parte montana prima della confluenza del Tinella, area tributaria Km² 184 — con il concorso della notevole pendenza dei versanti, è tale da ridurre al minimo i tempi di formazione delle piene e da esaltare, invece, i valori massimi delle portate.

A queste condizioni si deve aggiungere che, dalla analisi della curva ipsometrica dell'area tributaria a monte della confluenza del Tinella — altitudine massima m s.m. 896, minima 165; superfice tributaria Km² 184,0 — si percepisce che circa il 75% di questa parte non è ancora morfometricamente in equilibrio.

E' a quelle circostanze, insieme a quelle geologiche, che deve essere attribuita la instabilità dell'assetto ed il conseguente degrado sia dei versanti che dei recipienti minori e quindi lo eccesso di materie solide che sono trascinate nelle tratte inferiori, le quali concorrono in maniera sistematica a pregiudicarne la sufficienza idraulica.

In questo singolare bacino le aree più estese di ricetto delle precipitazioni sono poste nella sua parte più elevata: in quella parte, cioè, ove le stesse precipitazioni sono favorite dal diverso ambiente climatico da cui provengono — mare Ligure — ed ove pervengono — regione padana — le manifestazioni cicloniche che attraversano il crinale in corrispondenza della depressione che separa il gruppo orografico delle Alpi Marittime da quello dell'Appennino.

Le curve ipsometriche degli affluenti Tinella e Nizza indicano che i corrispondenti bacini, nell'insieme, possono essere definiti in equilibrio; e la considerazione è confermata anche dal diagramma derivato secondo il quale le aree di maggiore ricetto risultano disposte alle quote inferiori.

Da quanto è stato descritto proviene che le opere di riordino delle pendici e del reticolo idrografico montano del Belbo sono da varia natura tecnica e di scelta malagevole se questa non è basata su una particolareggiata conoscenza dei

caratteri idrologici ricorrenti ed anomali e delle condizioni geomorfiche dell'intero bacino e delle sue porzioni elementari.

Su queste considerazioni si è basato il Magistrato per il Po nell'affidare le ricerche e gli studi occorrenti all'Istituto di Geologia della Università degli Studi di Parma.

Per il corso inferiore del Belbo, che praticamente ha inizio poco a valle dell'abitato di Nizza Monferrato, occorrono lavori di rimozione dei depositi alluvionali dal suo alveo e di dimensionamento delle sezioni di deflusso rispetto ai massimi eventi prevedibili — caso critico centennale — nonchè opere di contenimento nella parte prossima alla foce nel Tanaro.

IX) *Bormida di Millesimo, Bormida di Spigno, Bormida ed Orba, Tanaro inferiore alla foce nel Po.*

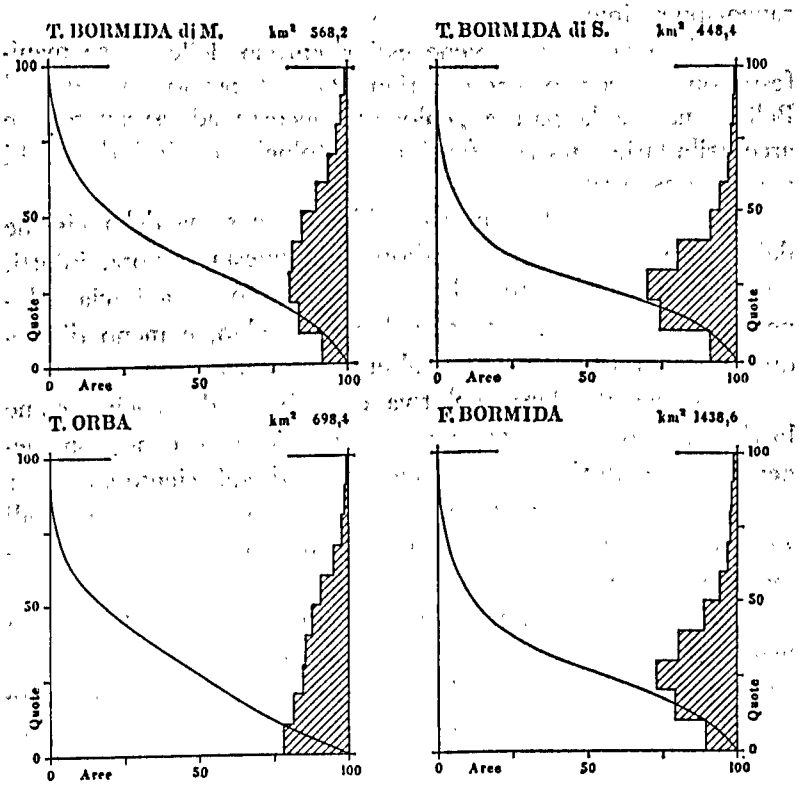



Fig. 20

Il Bormida — alla confluenza del Cramagno: altitudine massima m.s.m. 1389, minima 150; superfice tributaria Km² 1438,6 — è formato dal Bormida di Millesimo — alla confluenza con il Bormida di Spigno: altitudine massima m.s.m. 1389, minima 180; superfice tributaria Km² 568,2 — e dal Bormida di Spigno — alla confluenza con il Bormida di Millesimo: altitudine massima m.s.m. 1241, minima 180; superfice tributaria Km² 448,4 — ed ha come tributario principale l'Orba — alla confluenza con il Lemme, incluso, altitudine massima m.s.m. 1287, minima 120; superfice tributaria Km² 698,4.

I corsi d'acqua menzionati hanno le fonti nel primo tratto del rilievo appenninico — Appennino Ligure-Piemontese — e sono soggetti al regime idrologico che è stato definito sub-litoraneo-appenninico.

Nei riguardi delle piene essi risentono delle stesse manifestazioni meteorologiche che riguardano il bacino contiguo del Belbo, mentre la natura geologica concorre ad assegnare alle aree tributarie caratteri fisici e morfologici distinti da quelli sinora considerati.

La conferma di questa considerazione si ha dalla visione della carta della copertura arborea: in questa si nota, infatti, nel territorio dominato dal Bormida, l'inizio della fascia collinare a moderata acclività ove il bosco ceduo, e meno di frequente quello di alto fusto, si alterna con il seminativo.

Insieme alla fase evolutiva di stabilità dei bacini, come lo dimostrano le relative curve ipsometriche, le condizioni generali del territorio si presentano dotate di sufficiente stabilità: fanno eccezione solo le parti infime di quei bacini, le quali sono anche le più estese, nelle quali avviene la ricezione della maggiore parte degli afflussi meteorici.

La analisi geomorfica del territorio potrà indicare con maggiori particolari i luoghi ed il genere degli interventi di sistemazione montana da adottare che tuttavia possono essere qualificati fin d'ora di non eccessivo impegno tecnico ed economico.

Gli alvei recipienti, sia lungo il corso superiore che quello

inferiore, richiedono opere di riassetto generale, di difesa delle sponde, di limitate correzioni di tracciato.

Le opere di contenimento esistenti dovranno essere ridimensionate in relazione con le portate massime compatibili con le occorrenze della difesa di quel territorio.

Le stesse concezioni, progettuali ed operative, debbono essere estese alla tratta solitaria del Tanaro fino alla confluenza con il Po.

In particolare saranno da preferire quelli concernenti il tracciato planimetrico delle rive difese applicate di recente con esito vantaggioso sia nei riguardi idraulici che economici.

X) *Scrivia, Trebbia.*

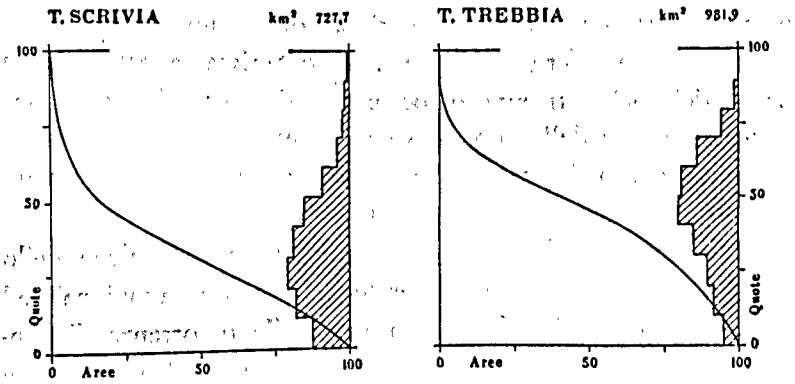



Fig. 21

Si tratta di due corsi d'acqua le cui caratteristiche idrologiche medie generali sono simili, così come lo sono quelle delle manifestazioni di eccezione.

Non altrettanto simili, invece, risultano quelle morfometriche dei rispettivi bacini tributari.

La curva ipsometrica dello Scrivia — al ponte di Tortona: altitudine massima m.s.m. 1699, minima 110; superfice tributaria Km² 727,7 — corrisponde a quella di un bacino che ha raggiunto la stabilità, mentre quella del Trebbia — al ponte di Sant'Antonino a Trebbia: altitudine massima m.s.m. 1803,

minima 60; superfice tributaria $Km^2$ 981,9 — mostra che il bacino è ancora in fase di assestamento per una aliquota pari a circa il 45% dell'area totale.

Per questo motivo, pure i diagrammi derivati risultano diversi: per il bacino dello Scrivia, che deve essere considerato di transizione tra quelli piemontesi e quelli emiliani, le aree maggiori sono presenti nella parte inferiore, mentre per il Trebbia queste sono disposte a quota più elevata di quella media.

Le due condizioni rassegnano sul diverso genere ed intensità delle opere di sistemazione della parte montana.

Nel primo bacino queste possono essere limitate a poche aree elementari; per il secondo esse dovranno essere estese alla maggior parte delle aree minori ed ai loro recipienti.

Le tratte inferiori del corso dello Scrivia, a partire dalla uscita del bacino tributario, occorrono di opere di regolazione e di protezione delle sponde secondo un tracciato che assicuri il contenimento dei valori massimi delle portate e tale da contrastare la tendenza alle divagazioni della corrente.

Nei pressi della foce nel Po, le sezioni dell'alveo dello Scrivia debbono essere sgomberate degli eccessi alluvionali ed arborei onde riordinarle in funzione delle occorrenze di contenimento avvalendosi, se necessario, anche del rialzo delle arginature presenti le quali, anche di recente, hanno dimostrato la loro insufficienza a regolare i deflussi di un evento che non è da classificare tra i meno frequenti.

Per il corso del Trebbia, da poco a monte dell'abitato di Bobbio fino alla foce in Po, le opere da prevedere saranno dello stesso genere di quelle elencate per lo Scrivia; in particolare esse dovranno essere concepite in funzione della occorrenza di lasciare il più ampio spazio per la espansione delle acque di piena nell'ampio alveo naturale il quale si palesa idoneo ad attenuare i massimi deflussi che questo corso d'acqua tributa al Po (38).

XI) *Taro, Parma ed affluente Baganza, Enza.*

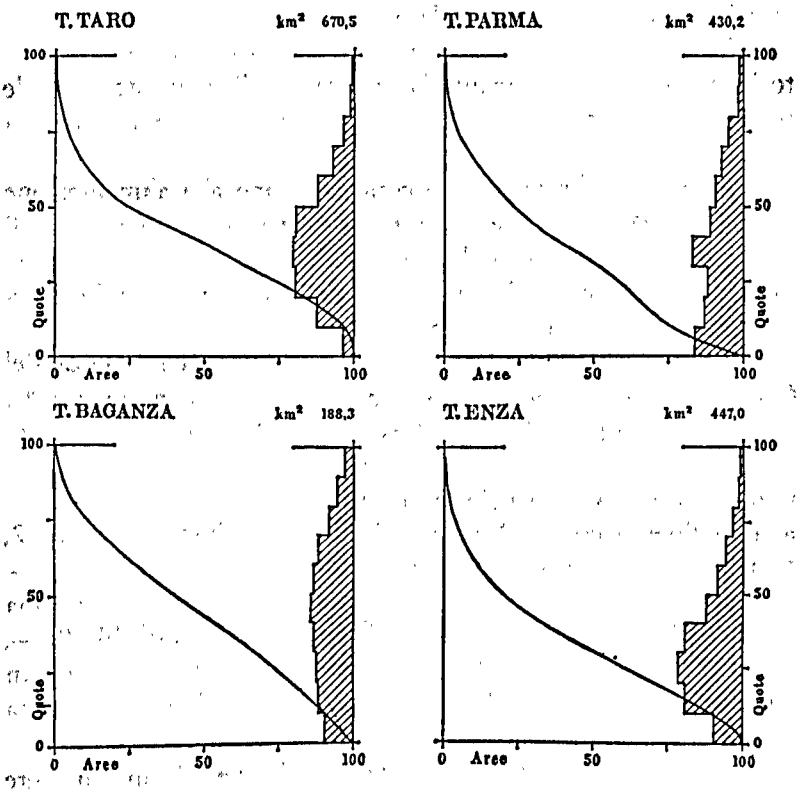



Fig. 22

I principali affluenti del Po che scorrono nel territorio compreso tra il Trebbia ed il Secchia, sono il Taro, il Parma e l'Enza.

Il regime idrologico di questa parte del territorio padano è quello sub-litoraneo-appenninico che presenta, nel corso dell'anno, due massimi, rispettivamente in primavera ed in autunno, in corrispondenza dei quali si manifestano, in genere, anche i massimi eventi fluviali.

Le quote del crinale appenninico da cui hanno origine, non sono molto elevate, il quale fatto, insieme alla latitudine dei luoghi ed alle condizioni climatiche, giustifica il moderato va-

lore delle precipitazioni nevose e la totale scomparsa del loro manto all'inizio della stagione primaverile in concomitanza con le prime piogge dell'anno solare.

Le stesse circostanze, unite alla natura geologica del territorio montano, legittimano la mancanza di aree sterili nelle parti più elevate nelle quali, invece, sono presenti zone a pascolo.

Si tratta di bacini i quali contribuiscono alla alimentazione solida dei recipienti con i detriti dei versanti superiori e di quelli che provengono dalle numerose zone franose e dal degrado del territorio collinare nel quale le colture agricole provvedono ad esaltarne la intensità.

Le curve ipsometriche, del Taro — alla confluenza del Ceno, escluso: altitudine massima m s.m. 1803, minima 120; superfice tributaria Km² 670,5 — del Parma — alla confluenza del Baganza, escluso: altitudine massima m s.m. 1830, minima 60; superfice tributaria Km² 430,2 — del Baganza — alla confluenza con il Parma: altitudine massima m.s.m. 1492, minima 60; superfice tributaria Km² 188,3 — dell'Enza — alla confluenza con il Ceresola, escluso: altitudine massima m.s.m. 1904, minima 225; superfice tributaria Km² 447,0 —, rassegnano che i bacini, nel complesso, sono da considerare in equilibrio morfometrico fatta eccezione per una limitata aliquota dell'area complessiva del Taro.

I diagrammi derivati offrono la visione di un carattere comune dei tributari emiliani, cioè di avere le maggiori aree ricettive degli eventi pluviometrici disposte nella parte media-inferiore del bacino, o distribuite in maniera abbastanza omogenea, percentualmente, su quasi tutto lo sviluppo altimetrico.

Nelle aree montane le opere da prevedere debbono riguardare l'assetto idrogeologico del suolo e del reticolo idrografico minore.

Debbono essere rivolte, cioè, con la cognizione delle condizioni geo-morfometriche delle parti elementari, al riordino idraulico dei versanti e dei territori ed al consolidamento delle zone franose che, come è stato detto, sono numerose nelle parti medie dei bacini in ragione della particolare conformazione geologica.

Nella tratta inferiore del corso del Taro, che ha inizio poco a valle della confluenza del Ceno, occorre predisporre opere di riassetto generale delle rive e di ripristino dell'equilibrio morfologico dell'alveo che è stato, ed è ancora, soggetto ad eccessive estrazioni di materiale alluvionale.

Questo fatto, anzi, induce a considerare indispensabile il ridimensionamento delle arginature dell'ultimo tratto, che è rigurgitato dalle acque di piena del Po, le quali hanno manifestato una spiccata tendenza al dissesto statico a causa dell'abbassamento del fondo dell'alveo.

Per il suo affluente Stirone, $Km^2$ 147,1 alla confluenza con il Ghiara compreso, che pure accusa notevoli malformazioni del suo alveo pedemontano, dovuta sempre alle soverchie estrazioni di materiale lapideo, e le sezioni ingombre di vegetazione nel suo lungo percorso di pianura, lavori di manutenzione e di ridimensionamento sia delle sezioni stesse che delle arginature, sono da considerare indispensabili per la sicurezza contro l'allagamento dei territori adiacenti.

Il Parma ed il suo affluente Baganza richiedono pure opere di sistemazione dell'alveo e di difesa delle rive nelle rispettive tratte tra la parte montana ed il luogo della loro confluenza.

Da questa fino alla foce in Po le sezioni di deflusso, che sono limitate da rilevati arginali, sono palesemente insufficienti a contenere i massimi delle portate di piena per la presenza di una abbondante vegetazione, anche arborea, e delle congerie provenienti dai diffusi scoscendimenti delle sponde golenali.

Ma i soli lavori di svaso e di riordino delle sezioni non si dimostrano sufficienti ad assegnare condizioni di sicurezza soddisfacenti.

Occorre prevedere, nelle tratte superiori, come complementi indispensabili a questo fine, opere idonee ad attenuare le massime escrescenze prevedibili e precisamente casse di espansione naturalmente regolate (30).

Queste conseguiranno anche lo scopo di escludere per il centro abitato di Parma i pericoli ed i danni che possono

derivare dalla esondazione di acque provenienti da eventi di eccezione.

Il tratto del Parma che scorre attraverso l'abitato dovrà essere oggetto di una distinta ed oculata progettazione di sistemazione.

A questo scopo, a cura del Magistrato per il Po e tramite l'Ufficio Speciale per il Po, il tratto è stato riprodotto in un modello idraulico dalle cui esperienze si confida di dedurre dati appropriati per determinare i limiti sia della sua ricettività idraulica che del dimensionamento delle opere di laminazione che dovranno essere eseguite nelle tratte superiori del Parma e del Baganza.

Il bacino montano dell'Enza occorre di opere analoghe a quelle che sono state elencate per gli altri bacini emiliani.

Il suo riordino dovrà essere basato, come per quelli, sulla analisi geomorfica delle aree elementari integrata da una ricerca sul numero e sui tipi di frana esistenti e sulla convenienza, economica principalmente, del loro risanamento idraulico e statico.

Il suo alveo, dalla chiusura del bacino tributario fino alla foce nel Po, è inciso in un materasso alluvionale eminentemente mobile che facilita la divagazione della corrente ed è di ampiezza tale da consentire la favorevole espansione dei suoi deflussi di piena massima.

In questa parte le rive dovranno essere protette dalle possibili erosioni secondo un piano di opere atte a contenere la tendenza alle divagazioni della corrente entro limiti di sicurezza per i territori adiacenti.

L'ultima parte del percorso di pianura, ove le acque massime sono contenute da arginature, occorre di un più idoneo dimensionamento, sia delle sezioni di deflusso che delle arginature stesse.

L'alveo dell'Enza è ancora oggetto di cospicui prelievi di materiale lapideo.

Questi interventi, così come in altri casi menzionati, hanno obbligato la costruzione di opere trasversali allo scopo di ripristinare l'assetto morfologico dell'alveo a salvaguardia della stabilità di importanti manufatti stradali.

Atteso le condizioni di degrado dell'alveo queste opere dovranno essere integrate da altre alle quali, se disposte e dimensionate in accordo con i concetti esposti nella memoria già segnalata (30), potrà essere affidato anche il compito di laminare le piene di eccezione dell'Enza a beneficio non solo del suo percorso infimo, ma pure dei concomitanti stati idrometrici di piena del Po.

Una speciale citazione conviene riservare al Crostolo per l'interesse che suscita il suo percorso nel tratto che fiancheggia la città di Reggio Emilia ed in quello inferiore ove le sue acque sono contenute da rilevati che di frequente richiedono lavori contingenti di riassetto onde schivare la loro possibile rottura.

A questo scopo il Magistrato per il Po ha ravvisato la convenienza di costruire, nel tratto medio-inferiore del suo corso, in corrispondenza di una sezione scelta in relazione alla sua capacità di creare un invaso utile sufficiente, uno sbarramento a bocche tassate atto a ridurre le probabili portate massime di eccezione a valori compatibili con la sicurezza dell'abitato di Reggio Emilia e con la capacità di contenimento delle sezioni inferiori.

L'opera è stata progettata dall'Ufficio del Genio Civile di Reggio Emilia ed è stata approvata e finanziata dal Magistrato per il Po: i lavori saranno iniziati entro l'anno 1972.

XII) *Secchia, Panaro.*

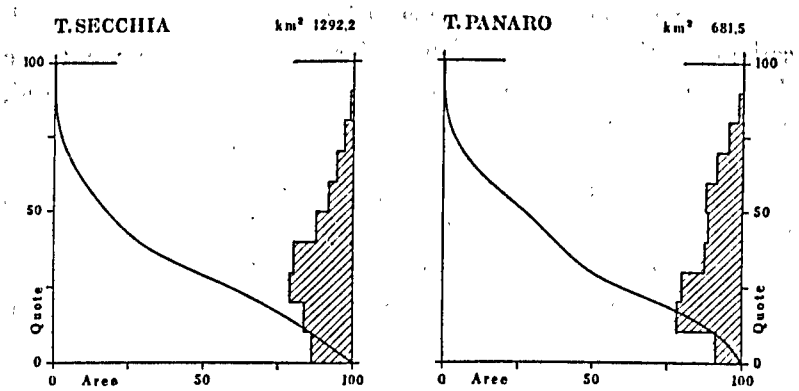



Fig. 23

I due corsi d'acqua hanno bacini tributari e tratti di pianura similari per condizioni orografiche, geologiche, morfologiche, idrologiche, di percorso arginato, di dissesto e quindi di interventi di riordino e di difesa del territorio dominato.

Le curve ipsometriche, Secchia alla confluenza con il Tresinaro, compreso — altitudine massima m s.m. 2120, minima 60; superfice tributaria Km² 1292,2 — Panaro alla confluenza con il Rio Torto, escluso — altitudine massima m s.m. 2165, minima 175; superfice tributaria Km² 681,5 — dimostrano la similitudine e la stabilità morfometrica dei due bacini.

Non altrettanto stabili debbono, invece, intendersi le loro aree elementari delle quali alcune mostrano palesemente una ragguardevole tendenza al degrado in ragione dei tipi geologici che vi dominano.

Le opere da eseguire sono quelle tradizionali di assetto montano e di bonifica delle zone di frana che potranno essere vantaggiosamente integrate da traverse di tipo selettivo (39) le quali hanno dimostrato particolare attitudine, a questi fini, in alcune sperimentazioni fatte in altre parti del bacino del Po.

Per ambedue i bacini i diagrammi derivati delle curve ipsometriche si presentano simili: essi mostrano che le aree di maggiore ricettività pluviometrica si trovano alle altitudini minori: in quei luoghi, cioè, ove sono più cospicui i valori delle precipitazioni che generano gli stati di piena nelle tratte inferiori dei recipienti fluviali.

La constatazione conferma la inutilità della costruzione di serbatoi artificiali per la laminazione delle piene nelle tratte di pianura e che più idonee allo scopo sono le opere trasversali, a volume di invaso limitato, munite di bocche regolatrici dei deflussi.

L'alveo dei due corsi d'acqua, dalla chiusura del bacino tributario fino all'inizio della parte arginata, come è stato detto in altra parte, è stato soggetto ad abnormi estrazioni di materiale lapideo le quali hanno sconvolto la configurazione idraulica dell'ambiente e favorito il crollo delle esistenti opere di difesa delle rive.

Lo sconvolgimento è stato tale da compromettere anche

la stabilità dei manufatti stradali di attraversamento ed ha obbligato la costruzione di opere per la loro salvaguardia.

Con carattere di priorità, in queste tratte dovranno essere ripristinate le opere di difesa delle sponde ed eseguiti i lavori occorrenti per il riordino morfologico degli alvei, come per il Crostolo e con le stesse caratteristiche progettuali, dovranno essere costruiti sbarramenti modulatori delle portate massime per tutelare le tratte arginate dai deflussi eccedenti le loro capacità di contenimento.

Le tratte del percorso di pianura hanno sezioni insufficienti per la presenza eccessiva di vegetazione spontanea e di ostacoli al deflusso provenienti dallo scoscendimento delle rive golenali.

Insieme al dimensionamento delle sezioni nella misura più appropriata in relazione con le massime portate prevedibili, si dovrà provvedere a riequilibrare il fondo dell'alveo che, per le cause già descritte, ha subito abbassamenti tali da compromettere la stabilità delle arginature.

Per la gravità contingente del fatto, a questo genere di interventi, ai quali debbono essere aggiunti quelli che riguardano la sagoma trasversale degli argini, dovrà essere data la precedenza per la difesa dei ricchi territori adiacenti e della stessa città di Modena.

XIII) *Po, dal ponte di Saluzzo alla confluenza del Ticino (Ponte Becca).*

In questa parte del corso del Po le acque, anche di massima piena, sono contenute nell'alveo naturale — inciso nei depositi alluvionali che formano la parte superiore della pianura padana — ad eccezione di alcune brevi tratte, munite di argini, che hanno inizio poco a monte della confluenza con il Tanaro (7).

Quivi l'alveo è molto ampio e la corrente, anche di piena, si suddivide in rami secondari la cui efficacia idraulica è subordinata alla disposizione delle alluvioni solide, anche di pezzatura grossolana, che provengono dagli influenti alpini.

Anche la corrente di piena di questi concorre a modificare, di volta in volta, la disposizione e la attività di quei rami.

Queste cause, variamente distribuite, inducono di frequente le acque ad assumere un tracciato irrazionale nei riguardi dell'equilibrio morfologico locale; tale, cioè, da favorire la corrosione delle rive.

La parte che si considera deve quindi essere oggetto di uno studio generale avente per fine la progettazione di opere attive nei riguardi della regolazione delle acque del Po e di quelle dei tributari nei pressi della loro foce e della difesa delle rive.

Anche lo squilibrio del fondo dell'alveo, che in questi luoghi risente già degli effetti del diminuito apporto solido da parte dei tributari, dovrà essere considerato e contrastato con convenienti opere trasversali.

Di queste una è stata costruita dall'Ufficio del Genio Civile di Cuneo a valle del ponte di Casalgrasso, una seconda, integrata da opere radenti, è stata progettata dall'Ufficio del Genio Civile di Alessandria per il riordino dell'alveo e per la tutela della stabilità dei ponti, stradale e ferroviario, che attraversano il Po in corrispondenza dell'abitato di Casale Monferrato.

XIV) *Po, dalla confluenza del Ticino a quella dell'Adda.*

Il tratto è arginato in maniera continua, in destra ed in sinistra, ed i rilevati sono posti ad una distanza sufficiente a contenere le acque delle maggiori escrescenze.

L'alveo attivo degli stati idrometrici più frequenti ha un percorso che in alcune parti, per la sua tortuosità, corre in froldo, mentre in altre tende viziosamente a corrodere le rive golenali in maniera anomala e svantaggiosa rispetto alla razionalità dei deflussi.

In questa parte dovranno essere progettate opere di regolazione dell'alveo di piena ordinaria e di difesa delle rive golenali nei modi e secondo i concetti proposti dal Magistrato per il Po per i lavori in corso di esecuzione a monte del ponte della Spessa da parte dell'Ufficio Speciale per il Po e per quelli consigliati, ed eseguiti dall'E.N.E.L., per regolare le acque a

valle dei ponti di Castelsangiovanni-Pieve Porto Morone in conformità alle esigenze di derivazione della Centrale Termoelettrica di Casella.

Il materiale di cui è formato l'alveo nella tratta si è dimostrato favorevole alla adozione degli stessi tipi di opere continue eseguite per la regolazione delle acque di magra nella tratta inferiore, da foce Adda a foce Mincio, e docile alle condizioni morfometriche che gli sono state imposte dai nuovi tracciati.

Questo genere di lavori potrà essere adottato anche in altre parti le quali appunto richiedono una valida protezione delle rive o delle arginature, od un razionale tracciato planimetrico.

Tra queste sono da annoverare quella che comprende la foce del Lambro e quella successiva che va dalla foce del Trebbia a Mortizza, poco a valle di Piacenza.

La seconda occorre di uno studio di tracciato e di lavori in accordo con le pretese della confluenza del Trebbia e con quelle di difesa dell'argine destro, a monte ed a valle del ponte della ferrovia Bologna-Milano, perchè quivi la corrente ha assunto un andamento che non può essere riguardato come il più favorevole per la sicurezza della città di Piacenza.

XV) *Po, dalla confluenza dell'Adda a quella del Mincio.*

Nel passato il tratto è stato oggetto di studi ed indagini approfondite sul suo regime idrologico ed idraulico e sulla possibilità dell'alveo di modellarsi in accordo con le opere da prevedere per la regolazione del corso delle acque minori e con le pretese della navigazione fluviale.

I lavori previsti nel progetto generale che ne è stato tratto sono stati eseguiti e quasi ultimati alla fine del 1971.

Essi hanno confermato la loro corrispondenza non solo per la regolazione delle acque basse, ma pure di quelle medie, contribuendo a dirigere la corrente di piena nei modi più efficaci rispetto alla stabilità delle rive e la protezione dei rilevati arginali.

In questa parte del corso del Po i lavori occorrenti possono essere decisi in ordine alle seguenti occorrenze:

— perfezionare i tracciati di alcune curve già eseguite allo scopo di rimuovere anomalie del fondo che intralciano la navigazione nei periodi dei minori deflussi;

— dedicare uno studio appropriato sulle condizioni morfometriche del fondo le quali sono state considerevolmente modificate dal diminuito apporto solido da parte degli affluenti e dalle cospicue estrazioni di materiale dall'alveo: infatti è questa la parte del corso del Po ove le manifestazioni negative di questa azione sono state più vistose e tali da compromettere la stabilità delle opere già eseguite;

— in considerazione della presenza in questa parte di ampie zone golenali, è da riconoscere la basilare importanza dell'aggiornamento dello studio dell'ing. Ugo Brighenti (40) nei riguardi del vantaggioso uso di quei territori per la attenuazione dei colmi di piena del Po nelle tratte inferiori: tale aggiornamento dovrà avere caratteri prioritari allo scopo di disporre al più presto la progettazione delle opere occorrenti per quel fine che si appalesa di essenziale importanza per la difesa dei territori inferiori ed in particolare di quelli della regione deltizia.

XVI) *Po, dalla foce del Mincio all'incile del Po di Goro.*

In questa parte il Po riceve solo le acque dei due ultimi affluenti di destra, il Secchia ed il Panaro.

Quivi le arginature di contenimento assumono il compito più importante nei riguardi della difesa dei territori adiacenti in ragione della ragguardevole prevalenza dei livelli delle acque di piena sulla campagna esterna.

Le escrescenze vi raggiungono valori, idrometrici e di portata massima, i quali risentono dei dissimili tributi degli affluenti, nel tempo e nello spazio, i quali, a loro volta, sono già gravati dell'insieme delle anomalie che provengono dai bacini di raccolta e dalle condizioni delle aste fluviali e da quelle che sono da assegnare, invece, alla irrazionalità delle infrastrutture e delle opere eseguite per le occorrenze degli insediamenti industriali, agricoli ed urbani, non sempre ubicate ed ordinate con la visione anche delle esigenze idrauliche.

Le opere che debbono essere previste in un piano organico di riordino della efficienza e della sufficienza idraulica di questa parte del corso del Po debbono avere anche la priorità esecutiva rispetto a quelle indicate per le altre parti ed essere adeguate alle seguenti occorrenze:

— assegnare ai rilevati arginali nuove e più efficaci dimensioni trasversali in relazione alle quote di piena massima prevedibile ed alla permanenza dei massimi livelli;

— contenere e guidare la corrente delle acque di piena ordinaria con opere radenti del tipo adottato per il tratto foce Adda foce Mincio; le opere consentiranno una valida protezione delle sponde, principalmente in corrispondenza dei numerosi froldi che troppo spesso pretendono interventi contingenti per prevenire il franamento e la rovina dell'argine sovrastante;

— regolare le storture del tracciato idraulico delle quali le più irrazionali sono quelle disposte: a monte ed a valle del ponte stradale e ferroviario di Ostiglia-Revere; nella tratta Melara-Bergantino-Castelmassa; in quella di Ficarolo-foce Panaro-Palantone ed in quella di Occhiobello-Pontelagoscuro-Garofolo-Polesella.

Lo studio relativo dovrà essere basato su rilevazioni aggiornate delle condizioni idrologiche, idrometriche e morfologiche dell'alveo del Po e, se sarà possibile, sui risultati di esperienze eseguite su modello idraulico.

XVII) *Po di Venezia-Po di Pila e Po di Goro, Po di Donzella, Po di Maistra, Po di Tolle.*

Le opere da prevedere nella ultima parte del percorso delle acque del Po hanno lo scopo precipuo di difendere un territorio che troppo di frequente ha dovuto subire le conseguenze della insufficienza di quelle esistenti a contrastare manifestazioni idrometriche di eccezione per i valori delle quote massime raggiunte e per al loro permanenza (35), (41), (42), (43), (44).

A questo fine, in ragione degli sconvolgimenti idraulici derivati dal fenomeno di abbassamento che ha patito quel terri-

torio, vedansi le Tavole IV e V, il Magistrato per il Po, come è stato premesso, ha fatto eseguire esperimenti su modello idraulico le quali hanno rassegnato preziose informazioni sulle opere più vantaggiose da realizzare per giungere razionalmente ad una risoluzione dei diversi e complessi problemi connessi con la sicurezza del territorio stesso.

Si tratta, in genere, di lavori di riassetto delle sezioni di deflusso e del tracciato planimetrico, del Po e dei suoi rami deltizi, che migliorano considerevolmente le condizioni dinamiche ed idrometriche delle acque di piena massima dall'inizio del ramo di Goro fino alle varie foci in mare.

Come complementari, ma indispensabili per la sicurezza della zona, sono da considerare i lavori che hanno per fine il dimensionamento dei rilevati arginali onde porli nelle condizioni più vantaggiose per contrastare staticamente le quote idrometriche di piena, perchè l'abbassamento del territorio ha fatto giungere queste a valori che, rispetto alle condizioni precedenti, non sono compatibili con la sagoma trasversale tradizionalmente prescritta per quei luoghi.

XVIII) *Arginature di difesa dal mare.*

Gli sconvolgimenti che le difese dal mare del territorio deltizio hanno subito in questi ultimi tempi a causa del fenomeno di abbassamento sono stati esaltati da un contemporaneo difetto della protezione delle scarpate esterne contro l'azione demolitrice del moto ondoso.

Dopo la grave alluvione del novembre 1966, causata dalla mareggiata che ha investito la città di Venezia, il Ministero della Agricoltura e delle Foreste ha provveduto ad approvare e finanziare le opere considerate idonee a rafforzare in maniera efficace le difese dal mare del tratto del litorale adriatico che è compreso tra la foce dell'Adige, a nord, e quella del Po di Volano, a sud.

A quelle opere sono stati assegnati un tracciato, una sezione trasversale ed un rivestimento di protezione che sinora, a lavori completati, hanno dimostrato la loro sufficienza.

Si considera tuttavia doveroso segnalare, in questa occa-

sione, che la efficienza di quelle opere potrà essere notevolmente minorata dalla evoluzione della erosione del litorale che è stata accertata di recente e che è prevalentemente dovuta al diminuito apporto di materie solide da parte delle acque del Po e ad una conseguente esaltazione del moto ondoso del mare antistante.

21. - Le notizie precedenti riguardano le occorrenze del riassetto dei bacini e degli alvei dei maggiori tributari del Po e di alcuni affluenti secondari.

In questa descrizione conviene nominare, seppure in generale, anche quelle dei corsi d'acqua minori.

Infatti, queste sono da riguardare come altrettanto necessarie nei riguardi dell'equilibrio idraulico della regione e della difesa del territorio, anche se i danni che può causare la loro disordinata efficienza sono da valutare, singolarmente, di minore gravità.

In genere, questi sono soggetti alle stesse manchevolezze di quelli maggiori le quali provengono, massimamente, dalla insufficienza delle loro sezioni di deflusso anche nei confronti degli eventi idrometrici ricorrenti; ed il fatto, più volte citato, proviene tanto dalla carenza, ed in alcuni casi dalla mancanza, dei lavori di periodica manutenzione a cui avrebbero dovuto essere sottoposti, quanto dalla inadeguatezza delle opere di difesa disposte nel passato rispetto ai massimi eventi prevedibili in quei luoghi e che solo la esperienza acquisita di recente è in grado di valutare con sufficiente approssimazione con una giusta discriminazione dei fatti che debbono essere schivati.

Per questi corsi d'acqua che riguardano bacini di origine non molto elevata con area tributaria che di rado supera i 250 $Km^2$, non è il caso di parlare di opere di sistemazione montana nel senso che a questa locuzione è attribuito solitamente, ma di lavori di assetto idraulico-agrario dei versanti influenti.

Opere particolari e particolareggiate nelle varie e dissimili porzioni elementari dei bacini, le quali debbono essere scelte con oculata accortezza in relazione con i vari fattori che contribuiscono al loro dissesto idrogeologico.

In particolare saranno da tenere nel debito conto le diverse

composizioni geologiche della coltre superficiale, del tipo di copertura vegetale esistente e di quella, invece, che la dovrà gradualmente sostituire e conseguentemente delle attività agricole che sono insediate sul territorio, sulla loro origine e sulle loro esigenze presenti e future.

Il corso di pianura, come è stato detto, occorre, di solito, di radicali lavori di dimensionamento delle sezioni di deflusso in relazione con le massime portate da prevedere in funzione del valore dei beni da difendere.

Si tratta di opere di facile studio, sulla base delle conoscenze idrologiche disponibili, e di pure facile e sollecita esecuzione.

Un primo intervento operativo in questo senso consiste nello sgombero delle sezioni dagli eccessi di vegetazione e dai depositi alluvionali.

A questo riguardo è da raccomandare la protezione delle nuove rive con materiale idoneo ad impedire la facile erosione da parte della corrente fluviale, che è da evitare onde scongiurare il pericolo di un disalveo o del crollo delle arginature.

Le parti prossime alla foce nel Po richiedono lavori di ridimensionamento, altimetrico e di sezione trasversale, degli argini i quali debbono essere posti in condizione di contrastare in carico idrometrico dei rigurgiti causati dalle massime piene del recipiente.

22. - La pianura padana, e particolarmente quella parte che si trova alla sinistra del corso del Po, quella della regione piemontese e quella del territorio deltizio, nei riguardi idraulici è soggetta anche a vie d'acqua costruite per i fabbisogni di bonifica, di navigazione ed irrigui, le quali formano un reticolo che, se pure secondario, in occasione di particolari condizioni idrometeorologiche può dar luogo ad allagamenti dei territori adiacenti sia per esondazione dagli alvei che per la rotta delle arginature.

Rispetto alla difesa di questi territori, anche la efficienza di questa rete secondaria merita una revisione del suo funzionamento idraulico.

A questo fine saranno da rivedere e le basi idrologiche e

le dimensioni dei vasi contenitori con l'ausilio dei dati raccolti dall'Ufficio Idrografico per il Po, convenientemente elaborati allo scopo, i quali consentono un profittevole aggiornamento di quelli usati per la originaria progettazione.

Anche i manufatti di derivazione e di restituzione o di immissione delle acque di bonifica per prosciugamento, dai e nei corsi d'acqua naturali, debbono essere riveduti, nella struttura e nella efficienza, ed adeguati alle nuove occorrenze di uso di quelle acque e delle condizioni dei recipienti principalmente.

A questi fini si conviene proporre una adeguata unificazione dei vari comprensori minori in altri di maggiore competenza territoriale.

Con la unificazione la rete idraulica relativa potrà essere resa più efficiente e funzionale nelle opere connesse rispetto agli usi delle acque ed alla difesa del territorio.

Vale a dire che con questa operazione si potrà conseguire un più saggio governo delle acque del reticolo idrografico minore della regione.

23. - Le considerazioni svolte nei riguardi delle presenti condizioni di sicurezza idraulica della regione padana e della loro origine, nonchè delle occorrenze per migliorare le opere di difesa e di riassetto del territorio, sono state contenute nei limiti che sono da reputare sostanziali a questo fine.

Si deve, però, giudicare l'assunto della sicurezza in ragione dell'alea a cui le opere da progettare dovranno ancora lasciare soggetto il territorio; alea che è funzione del tempo esecutivo, dei finanziamenti disponibili e del valore dei beni da proteggere, come è stato più volte ricordato.

La difesa del suolo e quella dalle alluvioni, insieme al profittevole governo delle acque in generale, è sempre stato uno stimolo, oltre che una esigenza vitale, per l'ordinato sviluppo economico e sociale della regione.

Ed è per queste ragioni che la scienza delle acque, di quelle fluviali in particolare, ha avuto i più acuti cultori in questa parte del territorio nazionale.

Perchè, in verità, è stata la dissimiglianza delle manifestazioni idrologiche, delle condizioni geografiche, delle orografiche

e geologiche e delle pretese dei vari luoghi che ha sollecitato, di volta in volta, la decisione di opere di essenziale importanza per la vita delle popolazioni che vi si sono insediate nel corso dei secoli e per stimolare le loro attitudini.

Ma se il tema della difesa idraulica è di proposizione antica, le condizioni dei corsi d'acqua che sono state descritte sono da considerare tali che i provvedimenti suggeriti non possono essere giudicati sufficienti per risolverlo interamente, principalmente a causa delle continue mutazioni a cui sono soggetti gli eventi naturali conosciuti e di quelle che derivano dalla sconsideratezza con la quale sono di continuo manomesse quelle condizioni che le vie d'acqua naturali pretendono per il loro percorso verso il recipiente mare.

Pretese che troppo di frequente sono state ignorate per soddisfare istanze ed esigenze le quali, invece, richiedevano ponderate considerazioni per metterle in accordo con l'equilibrio della rete idraulica sottoposta.

Con questo si vuole affermare che, se è dimostrata la insufficienza della rete idraulica della regione rispetto alle congiunture della difesa, buona parte del difetto proviene da una errata valutazione degli eventi critici prevedibili e dal soddisfacimento di occorrenze le cui conseguenze non sempre sono state considerate in una visione globale dei problemi idraulici che ad esse erano connessi.

Comunque, le condizioni illustrate, che sono confermate dal succedersi dei fatti alluvionali, esortano a disporre al più presto opere convenienti con lo scopo di diminuire tanto la frequenza di quei disastri quanto la gravità delle loro conseguenze, poichè sono da escludere quelle alle quali si volesse presuntuosamente affidare il compito di una difesa contingente ed assoluta.

Infatti, ed è già stato affermato, le opere idrauliche sono sempre soggette al rischio di eventi straordinari ed imprevedibili che la tecnica, anche per ragioni di convenienza economica, non può nè prevenire nè contenere: la tecnica progettuale può solo contenerne i danni entro limiti i quali solo con il tempo potranno essere ristretti a valori sempre più accettabili.

Vale a dire che il tempo e gli adeguati finanziamenti — graduati in funzione dei luoghi e dei beni che debbono essere protetti — potranno progressivamente concorrere a diminuire il grado delle presenti insufficienze.

La affermazione, che proviene dalla diretta conoscenza dei fatti idrologici accaduti e di quelli prevedibili e dalla esperienza dei fatti alluvionali accaduti nella regione, è confortata dal pensiero del Prof. Giulio De Marchi, il quale, nella Sua Relazione su « Difesa dalle acque » riportata nel Volume « I problemi delle acque in Italia », Conferenza Nazionale delle Acque, afferma (46):

« Con questo voglio confermare che gli ulteriori lavori previsti e praticamente attuabili per il miglioramento e per il perfezionamento del sistema difensivo esistente non arriveranno certo ad escludere in modo assoluto e definitivo la possibilità di disastri provocati da eventi meteorici di eccezionale violenza ed estensione ».

Parma, dicembre 1971

*Mario Rossetti*

Prospetto I

## ELENCO DELLE STAZIONI DI MISURA

| N. | corso d'acqua e stazione | area tributaria Km² | altitudine media m s.m. | periodo di rilievo | anni |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *Sarca*<br>P. Plaza | 72,2 | 2029 | 1926-40 | 15 |
| 2 | *Sarca N.*<br>Pian di Nambron | 21,2 | 2329 | 1956-70 | 15 |
| 3 | *Sarca*<br>Preore | 502,4 | 1593 | 1926-32 | 7 |
| 4 | *Sarca*<br>Saone | 541,0 | 1593 | 1933-40 | 8 |
| 5 | *Sarca*<br>Nago | 1046,0 | 1479 | 1954-60 | 7 |
| 6 | *S. Michele*<br>S. Michele | 24,7 | 1135 | 1955-60 | 6 |
| 7 | *Mincio*<br>Peschiera | 2260,0 | 966 | 1921-41 | 21 |
| 8 | *Mincio*<br>Monzambano | 2350,0 | 966 | 1951-70 | 20 |
| 9 | *Oglio*<br>Temù | 119,0 | 2240 | 1925-40 | 16 |
| 10 | *Oglio*<br>Capo di Ponte | 777,0 | 1857 | 1923-32 | 10 |
| 11 | *Oglio*<br>Capriolo | 1842,0 | 1429 | 1936-70 | 35 |
| 12 | *Cherio*<br>Casazza | 38,0 | 780 | 1959-70 | 11 |
| 13 | *Oglio*<br>Castelvisconti | 2316,0 | 1180 | 1927-40 | 14 |
| 14 | *Chiese*<br>P. Cimego | 235,0 | 1854 | 1928-42 | 15 |
| 15 | *Chiese*<br>Gavardo | 934,0 | 1230 | 1934-70 | 37 |
| 16 | *Oglio*<br>Marcaria | 5681,6 | 690 | 1921-31 | 11 |

(*segue* Prospetto I)

| N. | corso d'acqua e stazione | area tributaria Km² | altitudine media m s.m. | periodo di rilievo | anni |
|---|---|---|---|---|---|
| 17 | *Adda* Tirano | 906,2 | 2136 | 1925-35 | 11 |
| 18 | *Adda* Fuentes | 2598,0 | 1844 | 1921-70 | 50 |
| 19 | *Adda* P. Lecco | 4508,0 | 1560 | 1921-50 | 28 a) |
| 20 | *Adda* Lavello | 4572,0 | 1569 | 1946-70 | 25 |
| 21 | *Brembo* P. Briolo | 765,0 | 1140 | 1940-70 | 31 |
| 22 | *Serio* P. Cene | 455,0 | 1335 | 1940-70 | 31 |
| 23 | *Adda* Pizzighettone | 7775,0 | 1157 | 1921-40 | 20 |
| 24 | *Bevera* Colombaio | 40,2 | 144 | 1938-70 | 33 |
| 25 | *Lambro* Lambrugo | 170,0 | 545 | 1955-70 | 16 |
| 26 | *Olona* P. Gurone | 97,0 | 472 | 1939-56 | 18 |
| 27 | *Ticino* Bellinzona | 1515,0 | 1615 | 1921-51 | 31 |
| 28 | *Tresa* P. Tresa | 615,0 | 786 | 1921-53 | 33 |
| 29 | *S. Bernardino* Santino | 125,0 | 1230 | 1955-70 | 21 |
| 30 | *Toce* Cadarese | 183,0 | 2146 | 1956-70 | 15 |
| 31 | *Toce* Candoglia | 1532,0 | 1641 | 1933-64 | 32 |
| 32 | *Nigoglia* Omegna | 116,0 | 650 | 1941-60 | 20 |

manca: a) 1944, 1945

(*segue* Prospetto I)

| N.° | corso d'acqua e stazione | area tributaria Km² | altitudine media m s.m. | periodo di rilievo | anni |
|---|---|---|---|---|---|
| 33 | *Bardello* P. Bardello | 112,0 | 370 | 1939-56 | 18 |
| 34 | *Ticino* Miorina | 6539,0 | 1283 | 1921-70 | 50 |
| 35 | *Sesia* Campertogno | 170,3 | 2120 | 1925-51 | 27 |
| 36 | *Mastellone* P. Folle | 149,0 | 1350 | 1935-65 | 31 |
| 37 | *Sesia* P. Aranco | 695,0 | 1480 | 1927-50 | 24 |
| 38 | *Cervo* Passobreve | 74,0 | 1495 | 1937-55 | 19 |
| 39 | *Sesia* Vercelli | 2274,0 | 844 | 1930-35 | 6 |
| 40 | *Dora C.* Pré St. Didier | 219,3 | 2450 | 1938-50 | 11 b) |
| 41 | *Rutor* Promise | 49,8 | 2616 | 1931-70 | 37 c) |
| 42 | *Dora Baltea* P. Mombardone | 372,0 | 2419 | 1929-43 | 15 |
| 43 | *Dora R.* Pelaud | 54,0 | 2770 | 1949-56 | 8 |
| 44 | *Savara* Eau Rousse | 82,0 | 2710 | 1944-62 | 15 d) |
| 45 | *Grad'Eyvia* Cretaz | 179,3 | 2608 | 1944-54 | 11 |
| 46 | *Artanavaz* St. Oyen | 69,3 | 2206 | 1952-70 | 19 |
| 47 | *Dora Baltea* Aosta | 1840,0 | 2270 | 1935-55 | 19 e) |
| 48 | *Evencon* Champoluc | 101,8 | 2648 | 1949-70 | 22 |

manca: b) 1945, 1946; c) 1944, 1945, 1946 d) 4 anni; e) 1957, 1958;

(*segue* Prospetto I)

| N. | corso d'acqua e stazione | area tributaria Km² | altitudine media m s.m. | periodo di rilievo | anni |
|---|---|---|---|---|---|
| 49 | *Evancon* Brusson | 145,3 | 2461 | 1932-46 | 12f) |
| 50 | *Ayasse* Champorcher | 42,2 | 2392 | 1950-70 | 21 |
| 51 | *Lys* D'Ejola | 30,4 | 3113 | 1932-50 | 13g) |
| 52 | *Lys* Gressoney St. J. | 90,6 | 2615 | 1926-53 | 27 |
| 53 | *Dora Baltea* Tavagnasco | 3313,0 | 2080 | 1925-70 | 46 |
| 54 | *Orco* Pont Canavese | 617,0 | 1930 | 1928-70 | 39h) |
| 55 | *Stura V.* Usseglio | 75,0 | 2402 | 1937-47 | 11 |
| 56 | *Stura di Lanzo* Lanzo | 582,0 | 1751 | 1930-70 | 41 |
| 57 | *Bardonecchia* Beaulard | 203,0 | 2150 | 1931-44 | 14 |
| 58 | *Dora Riparia* Oulx | 262,1 | 2169 | 1927-56 | 30 |
| 59 | *Dora Riparia* S. Antonino | 1048,0 | 1623 | 1927-53 | 27 |
| 60 | *Chisone* Soucheres Basses | 93,7 | 2233 | 1959-70 | 11 |
| 61 | *Chisone* Fenestrelle | 154,7 | 2169 | 1927-51 | 25 |
| 62 | *Chisone* S. Martino | 580,8 | 1751 | 1937-70 | 34 |
| 63 | *Po* Crissolo | 36,7 | 2235 | 1935-70 | 36 |
| 64 | *Varaita* Rore | 262,7 | 2242 | 1927-40 | 14 |

manca: f) 1943, 1944, 1945; g) dal 1943 al 1948; h) dal 1944 al 1947

(*segue* Prospetto I)

| N. | corso d'acqua e stazione | area tributaria Km² | altitudine media m s.m. | periodo di rilievo | anni |
|---|---|---|---|---|---|
| 65 | *Grana* Monterosso | 102,0 | 1540 | 1934-70 | 37 |
| 66 | *Tanaro* P. Nava | 148,0 | 1623 | 1931-70 | 37 l) |
| 67 | *Tanaro* Ormea | 194,0 | 1537 | 1931-42 | 12 |
| 68 | *Tanaro* Nucetto | 375,0 | 1227 | 1933-65 | 31 l) |
| 69 | *Corsaglia* P. C.le Molline | 88,5 | 1530 | 1931-59 | 29 |
| 70 | *Tanaro* Clavesana | 1946,0 | 950 | 1929-41 | 13 |
| 71 | *Tanaro* Farigliano | 1522,0 | 938 | 1942-70 | 28 m) |
| 72 | *R. Piz* Pietraporzio | 21,0 | 2172 | 1934-56 | 23 |
| 73 | *Stura di Dem.* Pianche | 181,0 | 2070 | 1933-55 | 23 |
| 74 | *R. Bagni* Bagni Vinadio | 62,6 | 2124 | 1934-56 | 23 |
| 75 | *Stura di Dem.* Gaiola | 562,0 | 1817 | 1935-65 | 31 |
| 76 | *Gesso V.* S. Lorenzo | 110,0 | 2082 | 1952-58 | 7 |
| 77 | *Gesso E.* Entraque | 157,0 | 1883 | 1952-59 | 8 |
| 78 | *Vermenagna* Limone | 57,2 | 1679 | 1941-56 | 16 |
| 79 | *Stura di Dem.* Fossano | 1309,0 | 1526 | 1934-35 | 2 |
| 80 | *Tanaro* S. Martino A. | 3539,0 | 1041 | 1931-42 | 12 |

manca: l) 1944, 1945, 1961; l) 1945, 1946 m) 1943

(*segue* Prospetto I)

| N. | corso d'acqua e stazione | area tributaria Km² | altitudine media m s.m. | periodo di rilievo | anni |
|---|---|---|---|---|---|
| 81 | *Tanaro* Alessandria | 5258,0 | 769 | 1923-44 | 22 |
| 82 | *Bormida* Ferrania | 49,5 | 697 | 1935-56 | 22 |
| 83 | *Erro* Sassello | 96,0 | 591 | 1945-60 | 16 |
| 84 | *Bormida* Cassine | 1483,0 | 493 | 1947-58 | 12 |
| 85 | *Bormida* Alessandria | 2550,0 | 456 | 1931-34 | 4 |
| 86 | *Tanaro* Montecastello | 7985,0 | 663 | 1923-70 | 48 |
| 87 | *Vobbia* Vobbietta | 51,8 | 733 | 1956-70 | 15 |
| 88 | *Scrivia* Isola del Cant. | 214,0 | 675 | 1931-40 | 10 |
| 89 | *Borbera* Pertuso | 193,0 | 885 | 1934-37 | 4 |
| 90 | *Borbera* Baracche | 202,0 | 880 | 1938-61 | 24 |
| 91 | *Scrivia* Serravalle | 605,0 | 695 | 1931-63 | 33 |
| 92 | *Tidone* Molato | 83,0 | 688 | 1933-53 | 21 |
| 93 | *Trebbia* Due Ponti | 77,0 | 958 | 1933-60 | 22n) |
| 94 | *Trebbia* Valsigiara | 226,0 | 593 | 1930-60 | 30o) |
| 95 | *Aveto* Cabanne | 43,3 | 1008 | 1944-70 | 25p) |
| 96 | *Aveto* Boschi | 180,0 | 1073 | 1937-43 | 6q) |

manca: n) 1953; o) 1953; p) 1948, 1953; q) 1941

(*segue* Prospetto I)

| N. | corso d'acqua e stazione | area tributaria Km² | altitudine media m s.m. | periodo di rilievo | anni |
|---|---|---|---|---|---|
| 97 | *Trebbia* S. Salvatore | 631,0 | 945 | 1923-43 | 21 |
| 98 | *Arda* Mignano | 87,2 | 749 | 1937-53 | 17 |
| 99 | *Taro* S. Maria | 30,0 | 1065 | 1953-70 | 18 |
| 100 | *Sissola* P. Strambo | 16,7 | 1072 | 1954-60 | 7 |
| 101 | *Taro* Piane di Carnig. | 90,5 | 970 | 1934-63 | 30 |
| 102 | *Taro* Pradella | 298,0 | 834 | 1939-60 | 22 |
| 103 | *Taro* Ostia | 408,0 | 824 | 1930-43 | 13 r) |
| 104 | *Ceno* Pione | 115,0 | 1081 | 1936-42 | 7 |
| 105 | *Scodogna* Casa Nuova | 10,8 | 270 | 1965-70 | 6 |
| 106 | *Taro* S. Quirico | 1476,0 | 660 | 1923-43 | 21 |
| 107 | *Parma* P. Bottego | 618,0 | 650 | 1956-70 | 15 |
| 108 | *Parma* Baganzola | 618,0 | 650 | 1923-50 | 25 s) |
| 109 | *Enza* Sorbolo | 670,0 | 620 | 1935-58 | 20 t) |
| 110 | *Crostolo* S. Claudio | 96,0 | 372 | 1933-40 | 8 |
| 111 | *Secchia* Cerreto Alpi | 12,0 | 1299 | 1955-61 | 7 |
| 112 | *Secchia* P. Cavola | 341,0 | 965 | 1936-55 | 20 |

manca: r) 1936; s) 1944, 1946, 1947; t) 1944, 1945, 1946, 1947

(*segue* Prospetto I)

| N. | corso d'acqua e stazione | area tributaria Km² | altitudine media m s.m. | periodo di rilievo | anni |
|---|---|---|---|---|---|
| 113 | *Secchia* Castellarano | 941,0 | 831 | 1935-43 | 8u) |
| 114 | *Secchia* P. Bacchello | 1292,0 | 606 | 1923-70 | 48 |
| 115 | *Scoltenna* P. Brugneto | 241,0 | 1133 | 1936-40 | 4v) |
| 116 | *Panaro* P. Samone | 589,0 | 824 | 1935-40 | 6 |
| 117 | *Panaro* Bomporto | 1036,0 | 662 | 1923-59 | 33 |
| 118 | *Po* Moncalieri | 4885,0 | 950 | 1927-70 | 44 |
| 119 | *Po* S. Mauro | 7408,0 | 1097 | 1933-46 | 11z) |
| 120 | *Po* Casale Monferrato | 13940,0 | — | 1931-41 | 11 |
| 121 | *Po* Becca | 36770,0 | — | 1948-70 | 23 |
| 122 | *Po* Piacenza | 42030,0 | — | 1924-70 | 47 |
| 123 | *Po* Casalmaggiore | 53460,0 | — | 1924-42 | 19 |
| 124 | *Po* Boretto | 55183,0 | — | 1942-70 | 29 |
| 125 | *Po* Borgoforte | 62450,0 | — | 1924-70 | 47 |
| 126 | *Po* Revere | 67900,0 | — | 1924-55 | 32 |
| 127 | *Po* Pontelagoscuro | 70091,0 | — | 1918-70 | 53 |

manca: u) 1937; v) 1937; z) 1943, 1944, 1945

CARATTERI DI FORMA DI ALCUNI BACINI PADANI

Prospetto II

| Corso d'acqua e sezione di chiusura del bacino | altezza media m s.m. | area tributaria Km² | perimetro Km | Cf | l Km | L Km | $\frac{l}{L}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Sarca* alla foce nel lago di Garda | 1476 | 1048,2 | 143,5 | 1,25 | 20,4 | 51,4 | 2,5 |
| *Oglio* alla foce nel lago di Iseo | 1606 | 1433,9 | 206,3 | 1,54 | 16,6 | 86,6 | 5,2 |
| *Mella* al ponte di Stocchetta | 928 | 311,1 | 92,5 | 1,48 | 8,2 | 38,0 | 4,6 |
| *Chiese* a Gavardo | 1230 | 934,4 | 187,3 | 1,73 | 11,4 | 82,3 | 7,2 |
| *Adda* a Fuentes | 1841 | 2598,0 | 274,8 | 1,52 | 22,6 | 114,7 | 5,1 |
| *Serio* a Ponte Cene | 1335 | 455,0 | 103,0 | 1.36 | 11,3 | 40,2 | 3,6 |
| *Brembo* a Ponte Briolo | 1140 | 765,0 | 132,3 | 1,35 | 14,9 | 52,2 | 3,5 |
| *Toce* a Candoglia | 1641 | 1532,0 | 212,0 | 1,53 | 17,3 | 88,7 | 5,1 |
| *Sesia* conf. col Sessera, comp. | 1350 | 934,2 | 128,8 | 1,19 | 22,1 | 42,3 | 1,9 |
| *Mastallone* conf. col Sesia | 1351 | 151,5 | 57,8 | 1,32 | 6,9 | 22,0 | 3,2 |
| *Sessera* conf. col Sesia | 1030 | 190,8 | 62,5 | 2,16 | 8,3 | 22,9 | 2,8 |
| *Cervo* conf. coll'Oropa comp. | 1400 | 123,8 | 47,7 | 1,21 | 7,6 | 16,2 | 2,1 |
| *Dora Baltea* a Borgofranco | 2088 | 3329,2 | 272,5 | 1,33 | 31,9 | 104,4 | 3,3 |

(*segue* Prospetto II)

| Corso d'acqua e sezione di chiusura del bacino | altezza media m s.m. | area tributaria Km² | perimetro Km | Cf | l Km | L Km | $\frac{l}{L}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Orco* conf. Soana, comp. | 1930 | 617,3 | 123,4 | 1,40 | 12,6 | 49,1 | 3,9 |
| *Stura di Lanzo* conf. Tesso Coassolo, comp. | 1707 | 627,0 | 104,1 | 1,17 | 18,9 | 33,1 | 1,8 |
| *Dora Riparia* ad Oulx | 2169 | 262,1 | 80,3 | 1,40 | 8,2 | 32,0 | 3,9 |
| *Dora Riparia* conf. col Sessi, comp. | 1836 | 1143,5 | 238,5 | 1,99 | 10,5 | 108,7 | 10,4 |
| *Cenischia* conf. Dora Riparia | 2029 | 146,8 | 52,0 | 1,21 | 8,3 | 17,7 | 2,1 |
| *Pellice* a Ponte di Bibiana | 1508 | 276,8 | 67,4 | 1,48 | 14,2 | 19,5 | 1,4 |
| *Chisone* conf. Risagliardo, comp. | 1775 | 559,6 | 104,5 | 1,25 | 15,0 | 37,2 | 2,5 |
| *Alto Po* al ponte strada Revello-Saluzzo | 1400 | 253,0 | 76,6 | 1,36 | 8,5 | 29,8 | 3,5 |
| *Grana* a Caraglio | 1334 | 152,6 | 61,9 | 1,41 | 6,2 | 24,8 | 4,0 |
| *Maira* a Busca | 1686 | 573,6 | 128,6 | 1,52 | 10,7 | 53,6 | 5,0 |
| *Varaita* a Castigliole Saluzzo | 1707 | 439,3 | 123,1 | 1,66 | 8,2 | 53,3 | 6,5 |
| *Tanaro* conf. Bormida | 769 | 5357,3 | 483,6 | 1,86 | 24,7 | 217,1 | 8,8 |
| *Stura di Demonte* conf. Tanaro | 1452 | 1408,8 | 267,1 | 2,01 | 46,2 | 122,0 | 2,6 |

(*segue* Prospetto II)

| Corso d'acqua e sezione di chiusura del bacino | altezza media m s.m. | area tributaria Km² | perimetro Km | Cf | l Km | L Km | $\frac{l}{L}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Gesso* conf. Stura di Demonte | 1609 | 546,7 | 118,1 | 1,43 | 10,3 | 46,3 | 4,5 |
| *Pesio* conf. Tanaro | 797 | 368,3 | 104,0 | 1,53 | 8,5 | 43,5 | 5,2 |
| *Belbo* conf. Tinella, escluso | 547 | 184,4 | 104,7 | 2,18 | 3,8 | 48,5 | 12,8 |
| *Bormida* di Milles. conf. Bormida di Spigno | 615 | 568,2 | 159,1 | 1,88 | 7,9 | 71,6 | 9,1 |
| *Bormida di Spigno* conf. Bormida Millesimo | 489 | 448,4 | 121,1 | 1,61 | 8,6 | 51,9 | 6,0 |
| *Bormida* conf. Caramagno compr. | 520 | 1438,6 | 191,4 | 1,42 | 18,7 | 77,0 | 4,1 |
| *Orba* conf. Lemme, compreso | 472 | 698,4 | 117,4 | 1,25 | 16,6 | 42,1 | 2,5 |
| *Scrivia* conf. Borbera, comp. | 632 | 359,0 | 92,0 | 1,37 | 10,0 | 36,0 | 3,6 |
| *Scrivia* al ponte di Tortona | 621 | 727,7 | 139,1 | 1,46 | 12,8 | 56,7 | 4,4 |
| *Borbera* conf. Scrivia | 671 | 246,3 | 81,0 | 1,46 | 7,5 | 33,1 | 4,4 |
| *Staffora* conf. Ardivestra, comp. | 653 | 266,9 | 87,0 | 1,50 | 7,4 | 36,1 | 4,9 |
| *Tidone* conf. Lauretta, comp. | 464 | 345,3 | 89,0 | 1,35 | 10,0 | 34,5 | 3,5 |

(*segue* Prospetto II)

| Corso d'acqua e sezione di chiusura del bacino | altezza media m s.m. | area tributaria $Km^2$ | perimetro Km | Cf | l Km | L Km | $\frac{l}{L}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Trebbia* a ponte Scrivellaro | 855 | 931,4 | 161,0 | 1,49 | 14,0 | 66,5 | 4,8 |
| *Nure* a ponte dell'Olio | 809 | 333,3 | 92,0 | 1,42 | 9,0 | 37,0 | 4,1 |
| *Arda* a Lugagnano | 701 | 102,3 | 50,0 | 1,40 | 5,1 | 19,9 | 3,9 |
| *Taro* conf. Ceno, escluso | 722 | 670,5 | 155,0 | 1,69 | 9,9 | 67,6 | 6,8 |
| *Taro* dopo la conf. Ceno | 730 | 1207,5 | 164,0 | 1,44 | 19,2 | 62,8 | 3,3 |
| *Ceno* conf. Taro | 741 | 537,0 | 133,0 | 1,62 | 9,4 | 57,1 | 6,1 |
| *Stirone* conf. Ghiaia | 425 | 147,1 | 54,0 | 1,26 | 7,6 | 19,4 | 2,6 |
| *Parma* conf. Baganza, escluso | 641 | 430,2 | 122,8 | 1,67 | 8,0 | 53,5 | 6,7 |
| *Baganza* conf. Parma | 673 | 188,3 | 104,8 | 2,16 | 3,9 | 48,6 | 12,5 |
| *Enza* conf. Ceresola, escluso | 787 | 447,0 | 109,0 | 1,45 | 10,1 | 44,4 | 4,4 |
| *Secchia* conf. Tresinaro, comp. | 606 | 1292,2 | 181,0 | 1,42 | 17,8 | 72,7 | 4,1 |
| *Panaro* conf. Rio Torto, comp. | 865 | 681,5 | 144,0 | 1,55 | 11,2 | 60,8 | 5,4 |

## ELENCO SERBATOI STAGIONALI ALTA ITALIA

| N. | Serbatoio | Corso d'acqua | Superficie bacino diretto $Km^2$ | Capacità utile $10^3$ $m^3$ |
|---|---|---|---|---|
| | *Sarca-Garda* | | | |
| 1 | Molveno (1) | r. Lambin | 64,6 | 178.000 |
| 2 | Ledro | t. Ponale | 105,0 | 44.600 |
| 3 | Valvestino | t. Toscolano | 97,1 | 47.500 |
| | *Oglio* | | | |
| 4 | Pantano d'Avio | t. Avio | 4,0 | 12.300 |
| 5 | Venerocolo | t. Avio | 3,0 | 2.470 |
| 6 | Benedetto | t. Avio | 15,9 | 7.700 |
| 7 | Avio | t. Avio | 1,7 | 17.350 |
| 8 | Aviolo | t. Avio | — | 690 |
| 9 | Baitone | t. Baitone | 7,9 | 15.040 |
| 10 | Salarno | t. Salarno | 14,9 | 17.200 |
| 11 | Dosazzo | t. Salarno | — | 1.580 |
| 12 | Arno | r. Piz | 14,0 | 30.430 |
| | *Chiese* | | | |
| 13 | Malga Bissina | f. Chiese | 51,2 | 60.000 |
| 14 | Nero | | 2,1 | 1.350 |
| 15 | L. della Vacca | t. Laione | 1,6 | 2.500 |
| 16 | Malga Boazzo | f. Chiese | 50,0 | 11.800 |
| 17 | Idro | f. Chiese | 515,1 | 75.000 |

(1) Previsto rialzo fino a 218 x $10^6$ $m^3$

(*segue* Prospetto III)

| N. | Serbatoio | Corso d'acqua | Superficie bacino diretto $Km^2$ | Capacità utile $10^3$ $m^3$ |
|---|---|---|---|---|
| | *Adda Superiore* | | | |
| 18 | S. Giacomo | f. Adda | 18,7 | 64.000 |
| 19 | Cancano (2) | f. Adda | 17,3 | 124.000 |
| 20 | Lago Bianco (3) | t. Poschiavino | 11,1 | 18.000 |
| 21 | Poschiavo (3) | t. Poschiavino | 184,8 | 15.800 |
| 22 | Frera | t. Belviso | 27,3 | 50.000 |
| 23 | Mezzo | t. S. Stefano | 1,9 | 490 |
| 24 | S. Stefano | t. S. Stefano | | 630 |
| 25 | Venina | t. Venina | 8,3 | 11.220 |
| 26 | Scais | t. Caronno | 17,8 | 9.040 |
| 27 | Publino | t. Livrio | 1,9 | 5.140 |
| 28 | Pirola | — | 1,2 | 1.900 |
| 29 | Palù | r. Baracciasco | 3,2 | 2.000 |
| 30 | Alpe Gera | t. Cormor | 38,4 | 62.100 |
| 31 | Campo Moro | t. Cormor | 1,0 | 10.600 |
| 32 | Tartano (4) | t. Tartano | 56,0 | 1.200 |
| 33 | Inferno | t. Inferno | 1,1 | 4.020 |
| 34 | Trona | t. Bitto di G. | 2,6 | 5.200 |
| 35 | Pescegallo | t. Bitto di G. | 0,9 | 1.110 |
| | *Liro-Mera* | | | |
| 36 | Albigna | t. Albigna | 20,5 | 67.000 |
| 37 | Spluga | t. Liro | 24,0 | 32.080 |
| 38 | Truzzo (5) | t. Truzzo | 10,0 | 18.400 |

(2) Sostit. L. Fraele 24.000 x $10^6$ $m^3$
(3) Ricadenti in territorio svizzero
(4) Sostituisce Colombera
(5) 21,3 con svaso supplem.

(*segue* Prospetto III)

| N. | Serbatoio | Corso d'acqua | Superficie bacino diretto Km² | Capacità utile $10^3$ m³ |
|---|---|---|---|---|
| | *Brembo-Serio* | | | |
| 39 | Diavolo | — | 1,0 | 2.560 |
| 40 | Fregabolgia | — | 2,4 | 4.660 |
| 41 | Val di Frati | — | 1,5 | 250 |
| 42 | Sardegnana | — | 1,9 | 2.300 |
| 43 | Pian del Becco | — | 0,4 | 230 |
| 44 | Marcio | — | 0,2 | 850 |
| 45 | Colombo | r. Corno | 2,5 | 2.550 |
| 46 | Gemelli | r. Borleggia | 1,0 | 7.500 |
| 47 | Casere | r. Borleggia | 6,3 | 2.480 |
| 48 | Barbellino | f. Serio | 22,3 | 18.650 |
| 49 | Cornello | — | 1,5 | 200 |
| 50 | Sucotto | — | 0,5 | 590 |
| 51 | Campelli | — | 1,1 | 905 |
| 52 | Aviasco | — | 2,3 | 550 |
| 53 | Nero | t. Goglio | 0,8 | 3.400 |
| | *Ticino* | | | |
| 54 | Sella * | r. Sella | 5,8 | 9.100 |
| 55 | Ritom * | t. Murinascia | 22,2 | 47.000 |
| 56 | Tremorgio * | em. L. Tremorgio | 5,2 | 9.200 |
| 57 | Chironico | t. Ticinello | 2,0 | 1.500 |
| 58 | Luzzone * | t. Luzzone | 32,6 | 86.300 |
| 59 | Malvaglia * | t. Orino | 59,0 | 4.100 |
| 60 | Isola * | t. Moesa | 45,2 | 6.000 |
| 61 | Vogorno * | t. Verzasca | 231,8 | 105.000 |

* Ricadenti in territorio svizzero

(*segue* Prospetto III)

| N. | Serbatoio | Corso d'acqua | Superficie bacino diretto Km² | Capacità utile $10^3$ m³ |
|---|---|---|---|---|
| 62 | Sambuco * | f. Maggia | 31,0 | 63.000 |
| 63 | Palagnedra * | t. Melezza | 20,0 | 4.800 |
| 64 | Delio | t. Casmara | 0,9 | 4.050 |
| 65 | Ghirla | t. Malgorabbia | 7,1 | 840 |
| 66 | Sabbione | r. Sabbione | 15,2 | 28.240 |
| 67 | Morasco | t. Gries | 17,4 | 18.400 |
| | Toggia | r. Toni | 6,1 | 15.650 |
| 69 | Kastel | r. Kastel | 2,8 | 9.350 |
| 70 | Obersèe | — | 2,2 | 1.220 |
| 71 | Vannino | r. Vannino | 7,6 | 9.760 |
| 72 | Busin Inf. | — | 2,5 | 3.470 |
| 73 | Codelago | r. d'Arbola | 25,0 | 16.010 |
| 74 | Agaro | r. Agaro | 10,6 | 19.860 |
| 75 | Avino | r. Ciampère | 5,5 | 6.370 |
| 76 | Larecchio | r. Tomello | 2,9 | 2.840 |
| 77 | Alpe Cavalli | r. Loranco | 23,0 | 8.350 |
| 78 | Camposecco | r. Banella | 5,0 | 5.880 |
| 79 | Cingino | r. Sangoria | 3,3 | 4.670 |
| 80 | Camplicciolì | r. Troncone | 25,7 | 8.940 |
| 81 | Antrona | r. Troncone | 7,5 | 5.470 |
| | *Piemonte* | | | |
| 82 | Beauregard (6) | t. Dora di V. | 93,6 | 70.000 |
| 83 | Place Moulin | t. Buthier | 74,2 | 105.000 |
| 84 | Goillet | — | 6,3 | 13.000 |
| 85 | Cignana | | 13,5 | 16.000 |

* Ricadenti in territorio svizzero
(6) Invaso parziale 20 x $10^6$ m³ dal 1964

(*segue* Prospetto III)

| N. | Serbatoio | Corso d'acqua | Superficie bacino diretto Km² | Capacità utile $10^3$ m³ |
|---|---|---|---|---|
| 86 | Gabiet | | 3,0 | 4.700 |
| 87 | Gole di Curzia | t. Chiusella | 140,0 | 1.600 |
| 88 | Agnel | r. Agnel | 10,9 | 2.100 |
| 89 | L. Serrù | t. Orco | 5,5 | 14.230 |
| 90 | Ceresole Reale | t. Orco | 71,6 | 35.900 |
| 91 | Telessio | t. Piantonetto | 15,7 | 23.300 |
| 92 | Valsoera | r. Valsoera | 8,4 | 8.010 |
| 93 | Eugio | | 9,9 | 4.900 |
| 94 | Malciaussia | r. Solà | 27,0 | 850 |
| 95 | L. della Rossa | r. Gurie | 3,5 | 9.670 |
| 96 | Rochemolles | t. Rochemolles | 26,0 | 3.800 |
| 97 | Moncenisio * | t. Cenischia | 51,4 | 320.700 |
| 98 | Castello | t. Varaita | 67,5 | 13.000 |
| 99 | Piastra | t. Gesso di E. | 95,6 | 12.000 |
| 100 | Osiglietta | t. Osiglietta | 20,5 | 13.000 |
| 101 | Valla | t. Valla | 68,0 | 2.240 |
| | *Affluenti Destra Po* | | | |
| 102 | Val Noci | t. Noci | 7,5 | 3.500 |
| 103 | Molato | t. Tidone | 83,0 | (7) 12.000 |
| 104 | Brugneto | t. Brugneto | 25,9 | 25.000 |
| 105 | Mignano | t. Arda | 87,2 | 15.500 |
| 106 | Paduli | t. Enza | 36,0 | 3.380 |
| 107 | Ballano | t. Cedra | 0,9 | 1.270 |
| 108 | Fontanaluccia | t. Dolo | 44,0 | 2.500 |

* Ricadente in territorio francese
(7) Capacità utile iniziale: 12.500 x $10^3$ m³

## BIBLIOGRAFIA


(1) Ministero dei Lavori Pubblici, Consiglio Superiore, Servizio Idrografico, Ufficio Idrografico per il Po, Parma: Pubblicazione n. 24, fascicoli XIIa, XIIb, XIIc: Precipitazioni medie mensili ed annue e numero dei giorni piovosi per il trentennio 1921-1950.

(2) M. Rossetti: Correlations interperiodiques entre precipitations et debits. Association Internationale d'Hydrologie Scientifique. Assemblée Generale de Rome, 1954.

(3) L. Gori Montanelli: La sistemazione dei bacini montani ed il rimboschimento delle province emiliane-romagnole. Atti del Primo Convegno per lo studio del problema della montagna nella regione emiliano-romagnola. Bologna, 1941.

(4) M. Rossetti: Atti dell'incontro sul trasporto solido dei corsi di acqua della valle padana. Associazione Idrotecnica Italiana. Sezione Padana. Il Frantoio, 1970.

(5) M. Rossetti: L'abbassamento della regione del delta del Po. Elementi di studio ritraibili dalle rilevazioni idrometriche. I Convegno degli Ingegneri Idraulici del Corpo del Genio Civile, Parma, 1963.

(6) M. Rossetti: Esame dell'abbassamento del territorio del delta in correlazione con le modificazioni delle condizioni idrauliche del Po e dei rami di sfocio a mare. I Convegno degli Ingegneri Idraulici del Corpo del Genio Civile, Parma, 1963.

(7) Magistrato per il Po: Carta topografica del corso del fiume Po da Moncalieri al mare Adriatico incisa in scala 1:50.000 nell'anno 1874.

(8) Magistrato per il Po: Ufficio Speciale del Genio Civile per il Po: Carta del corso del fiume Po da Moncalieri al mare Adriatico. Rilievo aereofotogrammetrico eseguito nell'anno 1966.

(9) Ufficio Idrografico per il Po, Parma: Annali Idrologici.

(10) Ministero dei Lavori Pubblici. Consiglio Superiore. Servizio Idrografico. Ufficio Idrografico per il Po, Parma: Pubblicazione n. 25, fascicoli XIa, XIb, XIc: Precipitazioni massime da uno a cinque giorni consecutivi, 1921-1950.

(11) Ministero dei Lavori Pubblici. Consiglio Superiore. Servizio Idrografico. Pubblicazione n. 17: Dati Caratteristici dei corsi d'acqua italiani: Prima edizione, 1934, Seconda edizione 1939, Terza edizione, 1963.

(12) L. GHERARDELLI: Su alcune recenti formulazioni statistiche inerenti a determinazioni idrologiche. Pubblicazione n. 2, vol. VIII del Servizio Idrografico Italiano, 1934.

(13) G. SUPINO: Le reti idrauliche. Edizione 1937 e 1964.

(14) G. EVANGELISTI: A proposito di metodi statistici per la valutazione delle piene dei corsi d'acqua naturali. L'Energia Elettrica, 1938.

(15) D. TONINI: Elementi per l'elaborazione dei dati caratteristici dei corsi d'acqua con particolare riferimento agli eventi rari. L'Energia Elettrica, 1939.

(16) C. VIPARELLI: Idrologia applicata all'ingegneria. Fondazione Politecnica per il Mezzogiorno d'Italia. Quaderno n. 1, 1964.

(17) M. ROSSETTI: Della valutazione probabilistica delle piogge critiche, 1971.

(18) M. ROSSETTI: Le portate di piena degli affluenti del Po. Ufficio Idrografico per il Po, Parma, Annali Idrologici, Parte Seconda, 1954 e 1955.

(19) U. RAFFA: Le portate di piena probabili degli affluenti del Po. Ufficio Idrografico per il Po, Parma, Annali Idrologici, Parte Seconda, 1960.

(20) L. GHERARDELLI: Portate di piena osservate nei corsi d'acqua italiani. Pubblicazione n. 20 del Servizio Idrografico Italiano, 1939.

(21) G. MARCHETTI: Sulle massime portate di piena osservate nei corsi d'acqua italiani a tutto il 1953. Giornale del Genio Civile, 1955.

(22) M. ROCHE: Hydrologie de surface — Gautier Villars — Paris, 1963.

(23) Ufficio Idrografico per il Po, Parma: Statistica delle aree dei bacini idrografici.

(24) B. ACCORDI ed altri: Idrogeologia dell'alto bacino del Liri — Geologia Romana — Vol. VIII, 1969.

(25) G. ROSSETTI: Idrogeologia della Val Baganza. Tesi di Laurea, 1971.

(26) M. GIANDOTTI: Alcune considerazioni sulle difese di sponda nelle inalveazioni dei fiumi e torrenti, 1933.

(27) M. Giandotti: Sulla progettazione della sistemazione generale dei corsi d'acqua nel tronco di pianura. Annali dei Lavori Pubblici, 1935.

(28) Compartimento del Po: I lavori sul Po.

(29) Fargue: La forme du lit des rivieres a fond mobile. Paris, 1908.

(30) M. Rossetti: Della possibile azione modulatrice esercitabile dai serbatoi artificiali sulle piene del Po. Rassegna dei Lavori Pubblici, 1963.

(31) E. Monti, L. Moratti, P. Ferretti: Studio su modelli per la moderazione delle piene nei corsi d'acqua naturali. Reggio Emilia, 1971.

(32) A. Baccarini: Relazione generale sulle piene dei fiumi nell'autunno dell'anno 1872. Ministero dei Lavori Pubblici. Direzione Generale delle opere idrauliche.

(33) C. Valentini: La previsione delle piene del Po. Tipolitografia del Genio Civile, Roma, 1903.

(34) U. Raffa: Il sistema di controllo dei livelli del Po a mezzo di teleidrometri. Giornale del Genio Civile, 1967.

(35) M. Rossetti: Caratteristiche idrometriche del tratto inferiore del Po. La previsione delle altezze di piena, Rovigo, 1960.

(36) Ministero dei Lavori Pubblici: Cenni monografici sui singoli Servizi. Fiumi, Roma, 1878.

(37) Magistrato per il Po, Parma: Bollettino Annuale della Statistica della Navigazione Interna in Italia, anni 1967 e 1968.

(38) E. Zanini, L. Susmel, D. Agostini, A. Cervato, M. Fregoni, E. Roveri, V. Gioia: Piano generale di bonifica montana dell'alto bacino del fiume Oglio. Amministrazione Provinciale di Brescia, Comitato di intesa Brescia-Bergamo, 1967.

(39) M. Rossetti: Il nubifragio accaduto nel bacino del Trebbia il 19 settembre 1953. Ufficio Idrografico per il Po, Parma. Annali Idrologici, Parte Seconda, 1953.

(40) G. Dragogna: Briglie selettive. Annali Accademia Italiana di Scienze Forestali, 1970.

(41) U. Brighenti: La difesa dalle massime piene nel corso medio-inferiore del fiume Po e l'utilizzazione di bacini di scolmo golenali. X Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Cagliari, 1967.

(42) M. Rossetti: La piena del Po del novembre 1951. Ufficio Idrografico per il Po, Parma. Annali Idrologici, Parte Seconda, 1951.

(43) L. CANALI: La piena del giugno 1957 del Po. Ufficio Idrografico per il Po, Parma. Annali Idrologici, Parte Seconda, 1957.

(44) M. ROSSETTI: Notizie intorno alle piene del Po del giugno 1957, dicembre 1958, dicembre 1959, Rovigo, 1961.

(45) M. ROSSETTI: La piena del Po del settembre, ottobre, novembre 1960, evento straordinario, Rovigo, 1961.

(47) G. GIUFFRIDA: L'evento alluvionale del 2-3 novembre 1968 in Piemonte. Ufficio Idrografico per il Po, Parma. Annali Idrologici, Parte Seconda, 1968.

(47) Conferenza Nazionale delle Acque (1971). I problemi delle acque in Italia, a cura del Senato della Repubblica.

# APPENDICE

Dott. Giorgio Rossetti *

## NOTE DI IDROGEOMORFOLOGIA QUANTITATIVA

Nella definizione, l'Idrogeomorfologia può essere considerata come quella scienza che studia, sulla base di concezioni statistico-analitiche, la forma e l'evoluzione dei bacini idrografici in relazione con la loro costituzione geolitologica e con il regime idrologico dominante.

Nei riguardi delle applicazioni alla soluzione dei problemi riguardanti l'assetto idrogeologico di un territorio, debbono essere rilevate le cognizioni concernenti l'equilibrio morfometrico dei versanti dei bacini e quello idraulico del reticolo di compluvio.

Le più moderne trattazioni di questa materia, hanno dimostrato che le concezioni di base tendono ad affinare quelle che ancora sono giudicate fondamentali per la definizione progettuale delle opere richieste per contrastare l'evoluzione disordinata di un territorio.

Le interpretazioni che da esse derivano, sono quindi da riconoscere più convenienti, perchè le esigenze della difesa del suolo sono definite tramite schemi più generali; cioè con una visione complessiva delle necessità operative che con il loro mezzo sono inquadrate in maniera appropriata. Nella loro generalità quelle stesse concezioni lasciano intravedere gli indirizzi da assegnare a studi di corredo, poichè esse dipendono anche da altre scienze naturalistiche che hanno il compito di

* Dott. Giorgio Rossetti, Istituto di Geologia dell'Università di Parma.

approfondrie la conoscenza dell'origine dei dissesti idrogeologici e quella dei rimedi più efficaci ed economici che possono essere previsti.

Per l'applicazione dei principi della idrogeomorfologia allo studio dei territori montani, giovano principalmente le nozioni fondamentali dell'idrologia e dell'idrografia.

Con un richiamo alle esposizioni della Relazione Generale, si indicano le notizie che possono concorrere a perfezionare gli studi sui quali è basata la definizione geomorfologica di un bacino idrografico.

Quale primo termine conviene citare l'indagine sul regime della temperatura dell'aria che domina nelle aree elementari di un bacino. E' certo infatti che i valori che definiscono l'evoluzione della temperatura nell'anno medio comprendono fattori la cui azione sull'ambiente litologico non può essere trascurata. In accordo con questa espressione, conviene esaminare i valori estremi del fenomeno riferiti ad un periodo abbastanza esteso perchè si possano cogliere i suoi caratteri determinanti.

Ordinaria deve essere la ricerca del numero dei giorni in cui le temperature passano dai valori positivi a quelli negativi e viceversa; più precisamente della frequenza dei giorni in cui si verifica il fenomeno del gelo e disgelo. Questo fatto, insieme alla costituzion litologica ed alla copertura vegetale del territorio, è da considerare determinante rispetto all'assetto del bacino ed alla sua tendenza alla degradazione idrometeorologica.

Se si rappresentano gli istogrammi del numero medio mensile dei giorni di gelo e di disgelo, si ottengono delle distribuzioni di tipo a *campana,* più o meno simmetriche, con l'asse disposto tra il mese di dicembre e quello di gennaio. In alcuni territori la distribuzione si presenta con due massimi separati da un intervallo di tempo, in inverno, in cui le temperature sono sempre inferiori allo zero. Questa situazione è da giudicare come la più sfavorevole nei riguardi della degradazione di particolari formazioni litologiche. Infatti, durante il tempo di gelo permanente, l'acqua presente nelle diaclasi esercita a lungo la sua azione di sollecitazione, cosicchè i successivi periodi di gelo-disgelo accelerano il distacco dei frammenti fratturati che sono poi asportati dalle seguenti piogge primaverili.

La meccanica della degradazione dello strato litologico superficiale giustifica la presenza di estese superfici sterili alle quote più elevate dei rilievi orografici della regione padana.

Il secondo genere di indagine preventiva, riguarda le precipitazioni considerate rispetto ai valori ricorrenti ed a quelli di eccezione. I primi definiscono il regime pluviometrico dominante che è da considerare di interesse generale rispetto alla delineazione delle sollecitazioni di un bacino e della conseguente modellazione dei versanti. I secondi definiscono, in senso probabilistico, la ricorrenza degli eventi massimi che qualificano il conseguente comportamento del bacino e quello del reticolo recipiente.

Le massime precipitazioni agiscono prevalentemente sulla copertura litologica e possono causare vistose azioni di dissesto.

Tenuto conto dei moderati valori delle aree dei bacini montani, le piogge critiche che debbono essere considerate sono quelle relative a tempi di caduta inferiori alle ventiquattro ore, definite in ragione probabilistica secondo il procedimento proposto nella Relazione Generale. Ovviamente il grado di rischio, morfometrico ed idraulico, che può essere tollerato dall'ambiente, dovrà essere scelto in funzione dell'insieme dei danni che il fatto può arrecare non solo al bacino, ma anche nei segmenti fluviali sottostanti.

Come complemento conviene indagare anche sulla provenienza delle relative perturbazioni meteoriche. Questa indagine, insieme a quella che quantifica le piogge massime, è connessa con la priorità che deve essere assegnata agli interventi operativi. Per questi si deve tenere conto anche dell'esposizione dei versanti alle meteore più frequenti, fattore che individua le sollecitazioni che debbono essere contrastate dalle opere. Per questa ricerca è da proporre lo studio delle carte meteorologiche e di eventuali registrazioni anemologiche che, in particolare, permettono la determinazione di provenienza delle meteore.

Tra le azioni idrologiche che debbono essere considerate per il riordino del reticolo idrografico di un territorio, un ruolo di priorità deve essere riservato ai valori dei deflussi di massima piena, giacchè è alla loro conoscenza, preferibilmente pro-

babilistica, che deve essere subordinata la scelta ed il dimensionamento delle opere da prevedere.

In mancanza di rilevazioni dirette, come è frequente per i bacini minori, è necessario ricorrere a formulazioni empiriche, o semi empiriche, già note nella loro struttura analitica, per la cui applicazione si dovranno tenere presenti le considerazioni svolte nella Relazione Generale, affinchè i risultati possano essere in accordo con le moderne concezioni, tecniche ed economiche, relative alla progettazione delle opere di difesa idraulica.

Non è il caso di soffermarsi ancora su questo argomento già illustrato; si vuole solo richiamare la necessità della ricerca, perchè è da ritenere fondamentale rispetto al riordino globale di una rete idrografica minore. Non si vuole tuttavia mancare di augurare una verifica sperimentale di quelle concezioni per conoscere il grado di fiducia che può essere loro accordato. A questo scopo potrà essere di valido contributo lo studio di bacini campione le cui dissimili condizioni geografiche, geolitologiche, climatiche, vegetazionali, idrologiche ed idrauliche, potranno rassegnare informazioni circa l'azione di questi elementi sulla modellazione diagrammatica delle piene massime.

Le cognizioni relative alla copertura vegetale, debbono essere considerate in funzione del grado e del tipo delle forme vegetali, cioè del dinamismo della struttura inteso come riconoscimento e descrizione degli strati erbacei, arbustivi ed arborei che coprono le diverse formazioni litologiche.

Il grado di copertura, inteso come rapporto tra l'area coperta da vegetazione e quella totale di una data area, è funzione della struttura della vegetazione che, quasi ovunque, è stata deteriorata dall'uomo che l'ha resa insufficiente a proteggere efficacemente il substrato dall'azione erosiva delle acque superficiali.

Con l'uso di una simbologia appropriata per la rappresentazione delle diverse forme di vegetazione, in rapporto con il grado di copertura, è possibile evidenziare cartograficamente la situazione relativa ad un dato territorio. Da questa si potrà descrivere e riconoscere sia l'insieme delle formazioni vegetali presenti nel territorio stesso, quanto la loro maggiore o minore capacità di difesa del suolo.

La compilazione di una carta della vegetazione può essere eseguita con l'uso di fotografie aeree a colori, o con tipi sensibili ai raggi infrarossi; più validi sono da considerare i rilievi aerofotogrammetrici ortofotopiani a curve di livello, perchè possono essere usati anche per ricerche geomorfologiche del bacino.

Le condizioni litologiche rappresentano il fattore che concorre in maggior misura alla conoscenza della tendenza al dissesto idrogeologico di un territorio. E' su queste che conviene quindi approfondire le indagini se si vogliono studiare opere più efficaci per ridurre le probabilità di conseguenze dannose per i recipienti fluviali.

Le indagini dovranno essere basate sull'appropriata conoscenza dei litotipi presenti nel bacino, della loro maggiore o minore attitudine al degrado — superficiale e profondo — in relazione con le sollecitazioni idrometeorologiche a cui possono essere sottoposti.

La carta litologica particolareggiata dell'ambiente, corredata dalla simbologia delle attitudini al degrado delle varie parti, è il termine di studio base delle attività da organizzare per il razionale riordino dei bacini montani.

Le ricognizioni eseguite per la compilazione di questa carta dovranno essere particolarmente diligenti, perchè è l'accorta esperienza dell'operatore che, nel quadro generale delle conoscienze morfometriche, deve contribuire alla stima delle occorrenze. Con l'affermazione, si vuole fare riferimento alla disposizione potenziale al dissesto di un dato ambiente litologico.

Per analizzare i caratteri di stabilità delle classi litologiche presenti in un bacino, soccorrono quelli delle acclività dei versanti per la cui conoscenza è da giudicare sufficiente l'uso delle tavolette in scala 1:25.000 dell'Istituto Geografico Militare.

La rappresentazione delle acclività è eseguita per classi di pendenza che conviene siano espresse mediante il valore della tangente dell'angolo di pendio.

Con una discreta serie di classi è possibile limitare sulle tavolette le aree che corrispondono ai valori della tangente definiti dalle classi corrispondenti. La successiva correlazione cartografica delle aree di acclività con le classi litologiche, porterà

a definire i luoghi di pendio instabile, o potenzialmente tale, e quindi le occorrenze di interventi operativi.

La cartografia della copertura vegetale, litologica e delle acclività, che sintetizza in maniera descrittiva le condizioni di equilibrio di un bacino idrografico, deve essere integrata dall'analisi dell'assetto morfologico di questo, eseguita tramite la sua *Curva ipsometrica.*

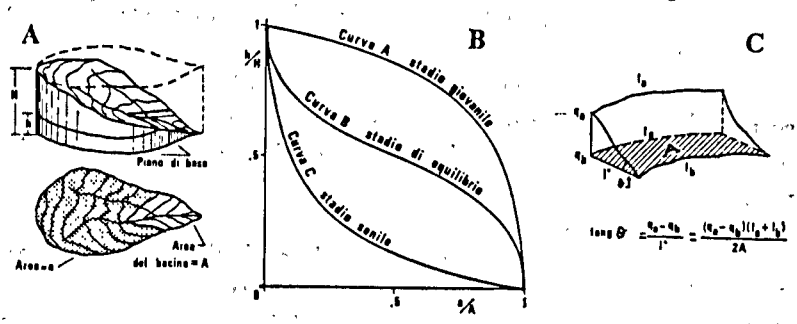



Fig. 1 - A: *individuazione degli elementi di base per il calcolo della curva ipsometrica.*

B: *esempi di curve ipsometriche.*

C: *individuazione degli elementi di base per il calcolo delle acclività dei versanti e per il tracciamento della curva clinometrica.*

Con *Curva ipsometrica* o *ipsografica percentuale* si intende quella curva che è possibile tracciare su un sistema di assi cartesiani, in base alle altezze ed alle rispettive aree cumulate. Si esegue perciò il rapporto tra le aree delle singole sezioni (vedere fig. 1 A) $a$ e l'area totale $A$, ed i rapporti tra i dislivelli delle sezioni rispetto al piano di base $h$ ed il dislivello totale del bacino esaminato $H$. La funzione della curva che così si ottiene, è del tipo:

$$y = f(x)$$

ove: $y = h/H$

e $x = a/A$

L'analisi ipsometrica consente di determinare la distribuzione del volume del bacino riferito al piano considerato livello zero.

Tale volume è calcolabile tramite:

$$V = \int_{\text{quota base}}^{\text{quota sommità}} a \, dh$$

essendo $a$ l'area precedentemente definita e $dh$ l'incremento di dislivello.

Nella Relazione Generale sono state commentate le curve ipsometriche dei bacini principali affluenti del Po.

Per una più intima conoscenza di quei bacini, conviene l'analisi delle curve delle loro porzioni elementari che, in mancanza di una cartografia più particolareggiata, possono essere tracciate ricavando gli elementi numerici che le definiscono dalle carte in scala 1:25.000. Con questa limitazione l'analisi potrà fornire notizie significative per aree non inferiori ai 5-10 chilometri quadrati.

Poichè in una curva ipsometrica la distribuzione relativa delle aree e delle quote è subordinata alla forma della proiezione orizzontale di quella del bacino, la curva stessa assume un significato positivo solo se la forma è regolare e di tipo subrettangolare; il che è raro in natura. In quest'ultimo caso conviene limitare l'analisi alla parte centrale della curva rappresentatrice, cioè di quella che è compresa tra il 15 e l'85% dell'area totale, in quanto, secondo le proposte degli studiosi di geomorfologia, è quella che permette l'indagine appropriata del grado di evoluzione raggiunto dal bacino.

Se si considerano i limiti del ciclo evolutivo di un bacino, come primo di questi può essere considerato lo stadio successivo al penepiano, cioè uno sviluppo areale con dislivello prossimo allo zero. Con la premessa della validità significativa della parte centrale della curva ipsometrica, quella di un tale bacino sarebbe rappresentata dal tipo A della Figura 1/B. L'altro limite, cioè quello dato da un bacino in fase di estinzione, è definito dalla concentrazione massima delle aree in prossimità

del livello di base, con una piccola percentuale riservata alle quote più elevate; la curva è del tipo C della Figura 1/B. Tutti gli stadi intermedi di evoluzione, sono rappresentati da una distribuzione delle aree in funzione delle altezze che è pure intermedia rispetto ai limiti precedenti. Con riferimento ancora alla Figura 1/B, questa sarà del tipo B che ha la caratteristica di presentare una concavità nella parte più elevata del bacino ed una convessità nella parte infima e con un punto di flesso nella parte centrale disposto nell'intorno del 50% delle aree e delle quote.

Da quanto è stato descritto, si deducono le seguenti considerazioni in merito allo stato evolutivo di un bacino idrografico:

— si intende che un bacino è in fase giovanile se la curva ipsometrica presenta una prevalente convessità verso l'alto con un valore medio dell'integrale superiore al 60%;

— un bacino è da considerare in fase matura di evoluzione se la curva ha una forma dominata dalla concavità verso l'alto con un integrale inferiore al 30%;

— lo stadio di equilibrio delle masse del bacino si ha allorquando la curva è del tipo a flesso con un integrale prossimo al 50%.

Nell'analisi morfometrica di grandi bacini, come lo dimostrano le esemplificazioni, la curva ipsometrica rappresenta la sintesi di un insieme di condizioni diverse e complesse tra le quali sono comprese quelle che definiscono i dissesti, od il minor grado di stabilità anche latente, propriamente fisico-geologici delle aree minori. E' appunto per questo motivo che l'indagine basata sulle curve ipsometriche deve essere estesa alle aree elementari che sono appunto quelle le cui condizioni evolutive non sono palesate dalla curva del bacino maggiore.

Per l'analisi clinometrica di un bacino, cioè della distribuzione delle pendenze delle sue aree elementari, si ricorre alla cartografia corrente. I valori numerici che la definiscono derivano dalla valutazione delle aree che sono comprese tra due

curve di livello successive di cui sono note le quote e da considerazioni geometriche elementari.

Per pendenza media di un'area elementare $A$ di un bacino (Figura 1/C) presa tra le isoipse di quota $q_a$ e $q_b$, si intende l'inclinazione sul piano orizzontale del trapezio che ha per basi le lunghezze $l_a$ ed $l_b$ di quelle ipsoipse: essa è uguale a:

$$tang\ \vartheta = (q_a - q_b) : \frac{2A}{l_a + l_b} = \frac{(q_a - q_b) \cdot (l_a + l_b)}{2A}$$

I valori delle pendenze medie delle aree di un dato bacino possono essere rappresentati graficamente in vari modi:

— in un piano cartesiano si riportano nelle ascisse i valori delle pendenze, espressi in percento o in gradi, in corrispondenza del valore medio delle quote delle isoipse — ordinate — che limitano l'area relativa (Figura 2/C). Con la curva che raccorda in maniera continua quei punti, è possibile l'analisi delle variazioni della pendenza in funzione delle quote del bacino.

Questo tipo di raffigurazione, che pure è assai espressivo, non permette correlazioni estensive tra i caratteri di bacini con altimetria diversa. Per questo appare più conveniente la rappresentazione delle pendenze in forma percentuale; si disporrà così di una *curva clinometrica* che, come quella ipsometrica favorirà il confronto tra le parti elementari di uno stesso bacino o tra bacini diversi;

— per la costruzione della *curva clinografica* non possono essere utilizzati i valori di pendenza, bensì il valore della distanza media tra due isoipse successive ($l$ della figura 1/C).

Rappresentando in un diagramma cartesiano in ordinata i valori percentuali di quota $h/H$ ed in ascissa i valori $l$ corrispondenti ai vari intervalli di quota $dh$, la spezzata congiungente i vari punti rivela la pendenza dei versanti per intervalli elementari di quota.

Per poter confrontare la acclività di bacini dissimili, è opportuno porre uguale a cento la $\Sigma l$. La correlazione tra i va-

lori di $h/H$ (ordinate) e $l/L$ (ascisse), consente di determinare la *variazione di pendenza* in un dato bacino (Figura 2/B) *curva clinometrica;*

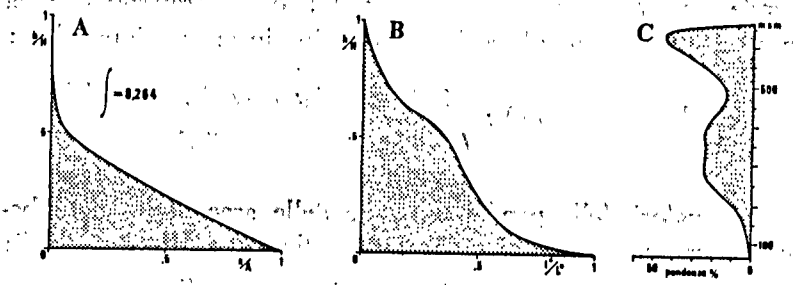



Fig. 2 - A: *curva ipsometrica.*
B: *curva clinometrica.*
C: *curva delle pendenze reali di un bacino (esempi tratti da uno studio geomorfologico sul T. Cinghio - prov. Parma).*

— i valori delle pendenze medie delle aree comprese tra isoipse successive possono essere rappresentate graficamente anche in funzione della lunghezza del tratto del corso d'acqua che è compreso nel bacino. Da tale rappresentazione si potranno dedurre considerazioni di notevole interesse massimamente nei riguardi dei caratteri dei deflussi di piena e della forma diagrammatica in funzione del tempo.

Lo studio delle pendenze può condurre a risultati più raffinati se queste sono calcolate e figurate distintamente per i due versanti del bacino.

Il comportamento dei bacini idrografici, come è stato cennato, deve essere anche considerato in relazione con la forma della proiezione orizzontale della loro area.

Sull'argomento alcune note sono state riportate nella Relazione Generale; esse riguardano il commento delle formule che sono state usate per la valutazione delle portate di massima piena nelle quali compaiono elementi geometrici delle aree tributarie.

Si tratta di elementi di nuova concezione la cui funzione è bene che sia sostenuta da un numero sufficiente di sperimentazioni di confronto prima di poterne dedurre considerazioni qualitative e quantitative di carattere estensivo. Giova quindi procedere inizialmente, principalmente per bacini secondari, alla determinazione sistematica dei loro indici di forma ai quali sono da assegnare quelli di altitudine e di funzionalità del reticolo idrografico.

Di questi caratteri, o indici, si riportano le definizioni fisico-analitiche.

1 - L'*indice di compattezza di Gravelius o coefficiente di uniformità,* è definito uguale al rapporto tra il perimetro $P$ del bacino e quello di un cerchio che ha uguale area $A$:

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

con $P$ espresso in chilometri ed $A$ in chilometri quadrati; i suoi valori hanno il limite inferiore uguale all'unità che corrisponde ad un bacino di forma circolare.

2 - Il *rettangolo equivalente* ha lo stesso perimetro $P$ e la stessa area $A$ del bacino: l'indice relativo è il rapporto dei suoi due lati. Anche questo indice ha il limite inferiore uguale all'unità per un bacino di forma quadrata.

Il calcolo del valore di $a$ = lunghezza del lato maggiore e $b$ = lunghezza del lato minore, deriva dalla stessa definizione di rettangolo equivalente, cioè:

$$P = 2\,(a + b) \qquad A = a \,.\, b$$

Le dimensioni del rettangolo equivalente possono essere usate per indagare, anche se in maniera schematica e convenzionale, le pendenze dei versanti. Infatti, tenuto conto del significato dei lati maggiore e minore, la distribuzione delle linee di uguale quota si ottiene dividendo il lato maggiore in parti che sono in rapporto delle aree elementari separate dalle curve di livello a quella totale del bacino.

Il successivo quoziente delle differenze di quota tra due linee di livello successive alla distanza tra le due linee quale è stata calcolata per il rettangolo equivalente, fornisce il valore della pendenza media dell'area elementare. Rispetto al lato maggiore si può rappresentare il diagramma della distribuzione delle pendenze. Il diagramma così ottenuto può essere considerato lo schema di quello dell'inclinazione media delle pendici ricavato con l'analisi clinometrica.

La collezione sistematica dei risultati di questa ricerca, se posta a confronto con quella dei dati elaborati secondo l'analisi clinometrica, può condurre a considerare vantaggioso il loro uso nelle ricerche idrologiche che riguardano le condizioni fisiche e dinamiche di un bacino.

3 - Il *rapporto di circolarità* è definito come rapporto tra l'area $A$ del bacino e quella $A'$ del cerchio che ha il perimetro $P$ uguale:

$$R_c = \frac{A}{A'} = \frac{4\pi A}{P^2} = \frac{A}{0{,}0796\,P^2}$$

4 - Il *rapporto di allungamento* è il rapporto tra il diametro $D$ del cerchio che ha la stessa area $A$ del bacino e la massima dimensione di questo $L^*$ misurata parallelamente alla linea di drenaggio principale:

$$R_a = \frac{D}{L^*} = \frac{2}{L^*}\sqrt{\frac{A}{\pi}} = 1{,}128\,\frac{\sqrt{A}}{L}$$

5 - Un contributo alla conoscenza del grado di evoluzione di un bacino è dato dal *rapporto di rilievo* che è il rapporto tra la differenza tra la sua quota massima e quella minima della sezione che si considera, in genere quella di chiusura, e la massima dimensione $L^*$ misurata parallelamente alla linea di drenaggio principale:

$$R_h = \frac{h_{max} - h_{min}}{L^*}$$

Per questo rapporto vi è da considerare che con il progredire della evoluzione morfologica del bacino i fatti erosivi che si svolgono nel territorio propendono a livellare le aree drenate ed a secondare lo sviluppo lineare dei canali. Sussiste quindi una connessione diretta tra il rapporto di rilievo e lo stadio evolutivo, nel senso che nei bacini in stadio maturo o senile, il rapporto tende a zero, mentre tende a valori superiori per bacini in fase giovanile.

6 - Il *rapporto di tessitura* è uguale al rapporto tra il numero di dentellature o lobi dell'isoipsa più irregolare presente nel bacino ed il perimetro $P$ di questo:

$$R_t = \frac{numero\ di\ lobi}{P}$$

Questo indice è valido solo per aree di moderata estensione, perchè per quelle di bacini complessi sussiste la difficoltà della ricerca dell'isoipsa più irregolare. Per tali bacini può essere usata la media ponderale, rispetto alle aree elementari $A'$ dei corrispondenti rapporti di tessitura:

$$T_m = \frac{\Sigma\,(A' \,.\, R'_t)}{\Sigma\, A'}$$

A valori elevati del rapporto di tessitura corrisponde un drenaggio che è definito denso, mentre a quelli minori fa riscontro un drenaggio rado, cioè un numero limitato di linee di compluvio.

7 - Nei riguardi dello sviluppo di un reticolo idrografico conviene prendere in esame anche la *Densità di drenaggio (D)* e la *Costante di permanenza del canale (C)*.

La prima è definita dal rapporto tra la somma delle lunghezze di tutte le linee di drenaggio organizzato presenti nel bacino e l'area di questo:

$$D = \frac{\Sigma\, l}{A}$$

La seconda, è un parametro che rappresenta l'area media che tributa all'unità di lunghezza del reticolo; essa ha quindi un valore che è l'inverso della densità di drenaggio:

$$C = \frac{A}{\Sigma l} = \frac{1}{D}$$

Con l'analisi dei valori della densità di drenaggio dei bacini minori che sono compresi in uno maggiore, si può evidenziare lo sviluppo relativo del reticolo idrografico ed individualizzare le aree poco drenate od a bassa dissezione.

Le costanti di permanenza del canale relative a bacini secondari, consentono di individuare le aree nelle quali vi è una maggiore o minore tendenza all'evoluzione delle linee di deflusso, poichè i loro valori rappresentano l'area minima necessaria all'impostazione dell'unità di lunghezza di un canale di drenaggio.

Entrambi i parametri $D$ e $C$ se calcolati per bacini con caratteristiche fisico-idrologiche diverse, consentono la delineazione della maggiore o minore efficienza dei rispettivi reticoli idrografici.

Altre alla possibilità di figurare con i rapporti di forma descritti lo sviluppo plano-altimetrico di un bacino e la sua tendenza evolutiva, è da considerare conveniente anche la rappresentazione dello sviluppo del drenaggio in correlazione con le varie aree, giuste le definizioni che al riguardo sono state enunciate da Autori americani e che in Italia hanno avuto già alcune applicazioni.

E' d'uopo premettere che allo stato attuale delle conoscenze, il tipo di indagine morfometrica che si propone, non permette di accertare con immediatezza le ragioni che hanno fatto assumere ad un dato reticolo idrografico la sua presente disposizione. Per questo sarebbe necessario disporre di numerose esemplificazioni tratte da bacini italiani, poichè è solo da un insieme di informazioni locali che potrà essere definita la rispondenza di quelle proposte alle nostre occorrenze.

Presentemente, dall'indagine eseguita su quelle basi è possibile stabilire solo in senso generico se esistono delle anomalie nella disposizione delle linee di drenaggio di un bacino.

La ricerca si considera ancora valida, salvo futuri perfezionamenti, perchè uno sviluppo disorganizzato della rete idrografica di un bacino nella maggior parte dei casi è causa di instabilità. L'analisi morfometrica può contribuire ad individualizzare le aree parziali nelle quali sono presenti condizioni di assetto anomalo.

Si descrivono i concetti sui quali sono basati quegli studi, poichè si ravvede in essi una buona fonte di insegnamenti. Se essi saranno infatti usati per ricerche estensive sui caratteri evolutivi di un bacino, unitamente a quelli geolitologici, potranno contribuire anche alla scelta delle opere necessarie per il riassetto del territorio.

Un reticolo idrografico è formato dall'insieme delle linee di compluvio naturali che ricettano le acque provenienti dallo scorrimento superficiale.

Per le analisi morfologiche il reticolo di un bacino è classificato in funzione dei suoi segmenti che sono compresi tra le varie confluenze, ed è stato stabilito di assegnare ad ognuno di questi un valore numerico che dipende dalla sua posizione nell'ambito del reticolo stesso. Seguendo questo concetto sono definiti segmenti di I° ordine quelli che hanno origine dai crinali dei bacini parziali o da sorgenti. La confluenza di due segmenti di I° ordine origina un segmento di II° ordine. Due tratte di II° ordine assegnano il valore III° al segmento che si diparte da queste. Tale schema di classificazione è rappresentato nella Figura 3/A.

Il valore del segmento che esce dalla sezione di chiusura del bacino fissa l'ordine di drenaggio del bacino stesso.

La classificazione è quella correntemente accettata; da essa si deduce che perchè si formi un segmento di II° ordine sono necessari, come minimo, due del I° ordine; per un segmento di III° ordine occorrono due segmenti del II° ordine, e quindi, sempre come minimo, quattro del I°.

I segmenti di ordine superiore seguono la legge, che può essere espressa da:

$$U = 2^1 N_{(u-1)} + 2^2 N_{(u-2)} + 2^3 N_{(u-3)} + \ldots\ldots 2^{u-1} N_1$$

nella quale $U$ è uguale all'ordine del tratto che si considera;

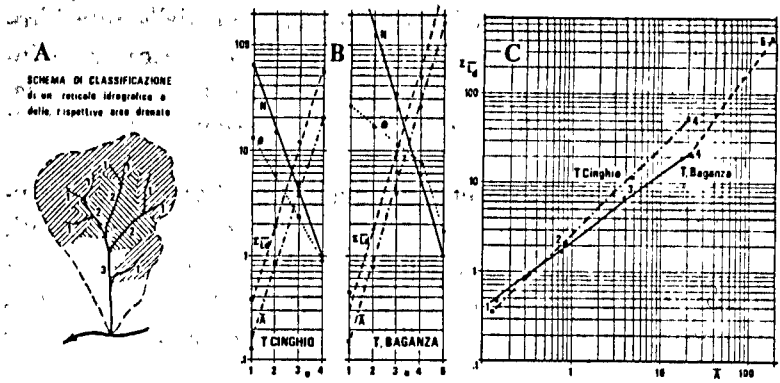



Fig. 3 - *Esemplificazioni sulle rappresentazioni diagrammatiche degli elementi morfometrici dei Bacini dei Torrenti Cinghio e Baganza - prov. di Parma.*

A: *Schema di classificazione di un reticolo idrografico di III° ordine.*

B: *Rappresentazione delle correlazioni tra gli ordini dei segmenti fluviali e le frequenze* N, *aree medie* A, *lunghezze medie dirette cumulate* $\Sigma L_d$ *e gradienti medi di pendio* $\Theta$.

C: *Correlazioni tra le aree medie* A *e le lunghezze medie dirette cumulate* $\Sigma L_d$.

$N(u-1)$, $N(u-2)$, ecc. il numero di segmenti rispettivamente di ordine $(u-1)$, $(u-2)$, ecc. Il numero dei segmenti di ordine inferiore al massimo è sovente superiore al minimo richiesto dall'espressione riportata. La circostanza equivale ad ammettere la presenza di anomalie morfometriche le quali si possono poi individuare o con successive elaborazioni, che saranno descritte in seguito, o tramite la conoscenza diretta delle condizioni geolitologiche del bacino.

In un bacino la somma del numero dei segmenti di ciascun ordine, che può essere chiamata *Frequenza* relativa a quell'ordine, forma una serie geometrica inversa il cui primo termine è l'unità e la ragione il rapporto di confluenza $R_b$ che è uguale al rapporto tra il numero complessivo dei segmenti di un dato ordine $N_u$ a quello dei segmenti dell'ordine successivo $N(u+1)$. Pertanto la relazione tra le due variabili, numero

dei segmenti di ordine $u$ e rapporto di biforcazione, può essere scritta:

$$N = 1 + R_b + R^2_b + \ldots\ldots + R_b^{(k-2)} + R_b^{(k-1)}$$

con: $R_b = \dfrac{N_u}{N(u+1)}$

e nella quale $N$ è il numero totale dei segmenti del bacino e $k$ è l'ordine del collettore principale.

Dalla proprietà delle somme dei termini delle serie geometriche:

$$N_u = R_b^{k-u}$$

dove $N_u$ è la frequenza dei segmenti di ordine $u$, $k$ l'ordine del collettore terminale, o ordine del bacino, ed $R_b$ il rapporto di biforcazione.

Dallo sviluppo logaritmico dell'ultima relazione, si ottiene:

$$\log N_u = k \log R_b - u \log R_b$$

che è l'equazione di una retta semilogaritmica la cui ordinata all'origine, per $u = 0$, è uguale a $k \log R_b$ (se la distribuzione è regolare si tratta di una costante); le ascisse sono rappresentate dall'ordine dei segmenti ed il coefficiente angolare è uguale a $\log R_b$.

In un bacino con un reticolo idrografico organizzato, i punti rappresentativi del numero dei segmenti fluviali e del loro ordine si debbono trovare sulla retta. Se per qualche punto questo non accade, il fatto sta a significare che in quel reticolo sono presenti delle distribuzioni anomale dei segmenti, le quali debbono essere ricercate nelle condizioni generali del bacino, nella sua costituzione geolitologica e nel grado della sua evoluzione morfometrica.

Comunque la figurazione relativa consente di individuare il segmento anomalo o i segmenti per i quali sarà necessario provvedere ad una indagine distinta.

E' stato provato che nei riguardi del reticolo idrografico di un bacino, sussiste una seconda legge che riguarda la distribuzione delle lunghezze medie dei segmenti del reticolo

medesimo, e che si enuncia come segue: in un bacino idrografico le lunghezze medie dei segmenti fluviali di ogni ordine si dispongono secondo una serie geometrica diretta, di cui il primo termine è la lunghezza media delle linee elementari di compluvio del bacino $\overline{l_1}$, e la ragione il rapporto di lunghezza $R_l$, che è il rapporto della lunghezza media dei segmenti di ordine $u$, $\overline{l_u}$, a quella dei segmenti dell'ordine inferiore, $\overline{l_{(u-1)}}$.

$$R_l = \frac{\overline{l_u}}{\overline{l_{(u-1)}}} \quad \text{e} \quad \overline{l_u} = \overline{l_1} R_l^{(u-1)}$$

da cui: $\log \overline{l_u} = \log \overline{l_1} + (u - 1) \log R_l$

La relazione tra il coefficiente angolare della retta ed il rapporto di lunghezza è dato da: $K = \log R_l$.

Riportando su carta semi-logaritmica (esempio di figura 3/B) sulle ordinate i valori di $N_u$ e i valori di $\overline{l_u}$ in funzione di $u$, si ottengono delle rette le cui equazioni sono:

$$\log \overline{N_u} = a\,u + b \quad e \quad \log \overline{l_u} = a'\,u + b'$$

con inclinazione rispettivamente uguale a $\log R_b$ e $\log R_l$.

L'interesse di queste due equazioni nello studio geomorfologico di un bacino è evidente. Con il sussidio dei punti rappresentativi che si ricavano dalle rilevazioni cartografiche, esse possono essere tracciate ed estrapolate fino a valori che interessano un dato problema di ricerca. Le equazioni consentono inoltre la valutazione dei parametri $R_b$, $R_l$ e $\overline{l}$ che sono le caratteristiche essenziali di un reticolo idrografico e fattori che si usano per il calcolo della densità di drenaggio riferita ai vari ordini. Questa, $D_u$, è il rapporto della lunghezza dei segmenti di un dato ordine alla sua superfice $A$.

$$D_u = \frac{\Sigma \overline{l_u}}{\Sigma \overline{A_u}}$$

ove $\overline{l_u}$ e $\overline{A_u}$ rappresentano rispettivamente le lunghezze e le aree medie riferite ai segmenti di ordine $u$.

Nello sviluppo naturale di una rete di drenaggio si può osservare che non sempre i segmenti di un dato ordine si immettono in segmenti di ordine immediatamente successivo. In questa situazione si registra un certo scostamento o anomalia del reticolo idrografico rispetto alla sua evoluzione statistica.

Onde poter analizzare le caratteristiche del drenaggio di un bacino, indipendentemente dalla presenza di tali segmenti anomali, è utile poter utilizzare i dati forniti dai soli segmenti normali.

Dalla legge che ne consegue, si può calcolare:

$$\sum_{1}^{k}\sum_{1}^{N} L_u = \overline{L_1}\, R_b^{k-1}\, \frac{R_{Lb}^{k} - 1}{R_{Lb} - 1}$$

ove: $R_{Lb} = \dfrac{R_L}{R_b}$

Nelle espressioni, si indica con $k$ l'ordine del bacino, $\overline{L_1}$ la lunghezza media dei segmenti del I° ordine, $R_b$ il rapporto di biforcazione e con $R_L$ il rapporto di lunghezza.

Anche tale legge può essere rappresentata in un grafico in scala semilogaritmica, ottenendo così una retta qualora i dati rilevati seguano la legge statistica (Fig. 3/B).

Analogamente alle precedenti leggi che regolano le frequenze delle lunghezze dei segmenti del reticolo dei vari bacini, è stata esposta anche quella che riguarda le aree medie di drenaggio. Per questa: la media delle aree di drenaggio dei bacini di ciascuno ordine tende a formare una serie geometrica diretta il cui primo termine è l'area media drenata dai segmenti di primo ordine, ed è rappresentata dalla relazione:

$$\overline{A_u} = \overline{A_1}\, R_a^{u-1}$$

in cui con $\overline{A_u}$ si indica l'area media dei corsi d'acqua di ordine $u$, con $\overline{A_1}$ l'area media dei segmenti di primo ordine e con $R_a$ il rapporto di area, definito il quoziente tra la media delle aree dei bacini di ordine $u$ e quella dei bacini di ordine $(u-1)$.

Per la presentazione grafica di tale parametro, in funzio-

ne dell'ordine dei segmenti fluviali, si utilizza ancora la scala semilogaritmica.

Ancora più che per le lunghezze, le frequenze e le aree medie di drenaggio, lo stretto legame tra le condizioni geolitologiche e di struttura del reticolo idrografico risulta dall'analisi del *gradiente di pendio* dei segmenti fluviali. Per gradiente di pendio si intende l'inclinazione media di ogni segmento, ottenuta dividendo il dislivello tra i suoi punti estremi per la lunghezza della sua proiezione orizzontale.

La legge che esprime la connessione tra l'ordine dei segmenti fluviali ed il rispettivo gradiente di pendio medio, può essere espressa dalla relazione:

$$\Theta_u = \Theta_1 R\delta^{k-u}$$

ove con $\Theta_u$ si esprime il gradiente medio di pendio del segmento di ordine $u$, con $\Theta_1$ il gradiente medio dei segmenti di I° ordine, con $k$ l'ordine del bacino e con $R\,\delta$ il rapporto di gradiente, inteso come l'inclinazione media, in percentuale, di ogni segmento.

In base all'enunciato, risulta che i gradienti medi di pendio formano una serie geometrica inversa il cui primo termine è dato dal gradiente medio di pendio dei segmenti di primo ordine e la ragione è uguale al rapporto di gradiente.

E' da tener presente che questa legge statistica risulta valida solo se si considerano bacini uniformi, mentre allorchè si presentano differenziazioni litologiche, tettoniche o di giacitura degli strati, questi elementi incidono sensibilmente sull'applicabilità della legge, o inversamente, una non corrispondenza alla legge segnala la presenza di fattori influenzanti il regolare sviluppo del drenaggio.

Da quanto è stato sin qui esposto circa i vari elementi morfometrici che agiscono sullo sviluppo del drenaggio di un bacino idrografico, risulta che questi hanno un legame con l'ordine dei vari segmenti, che si rappresenta con relazioni analitiche dello stesso tipo. Deve perciò esistere anche una relazione tra i vari fattori.

Questa dipendenza, data la natura delle relazioni predette, è esprimibile con una funzione di potenza. In particolar modo

un diagramma relativo al confronto tra le lunghezze medie dei segmenti fluviali diretti, $\Sigma\overline{L_d}$ con le aree medie $\overline{A}$, risulta oltremodo significativo al fine di una interpretazione della struttura dei drenaggi (Fig. 3/C).

Dall'esame comparato tra le diverse rappresentazioni dei parametri morfometrici, è possibile rilevare quali siano le anomalie, in quali ordini queste si presentino e di quale tipo esse siano. In funzione della geolitologia del bacino o dell'acclività dei versanti o tipo di vegetazione o fenomeni di degradazione in atto, è possibile localizzare e spiegare tali anomalie. Viceversa dal rilievo di possibili anomalie emerse dalle analisi, è possibile individuare zone nelle quali presumibilmente è presente un fattore che influisce negativamente sullo sviluppo regolare del drenaggio.

Per l'esame dei bacini localizzati in aree diverse, è invece utile conoscere e confrontare non le anomalie di un dato parametro morfometrico rispetto alla rispettiva legge, bensì il diverso coefficiente angolare delle rette di regressione. Se infatti tali rette hanno la stessa pendenza, i fattori che possono esercitare un'influenza diretta sullo sviluppo del drenaggio hanno un influsso simile nei bacini confrontati.

Conviene tenere presente che le notizie che si possono trarre dalle figurazioni precedenti richiedono una spiccata sensibilità di interpretazione la quale, come si è detto, deve essere sorretta da una precisa conoscenza della geolitologia del bacino e della sua naturale tendenza evolutiva.

I risultati che si ottengono attraverso le indagini statistico-probabilistiche non sfuggono a criteri e valutazioni non del tutto oggettivi.

E' quindi opportuno poter disporre di mezzi che consentano di determinare, indipendente dai criteri di calcolo, il grado di accettabilità dei risultati stessi comunque conseguiti.

Si espongono brevemente alcuni concetti matematici che consentono di esaminare correttamente le rette di regressione morfometriche (nel caso di confronti tra bacini diversi), valutare il grado di affidabilità delle serie considerate e precisare le deviazioni dei singoli elementi dalla rispettiva legge statistica.

Il coefficiente di correlazione è usato per definire come cambia il valore di una variabile in funzione di un'altra variabile.

Per esemplificazione si considerano come variabili le aree medie $\overline{A}$ in funzione della lunghezza dei corsi d'acqua diretti $\Sigma\overline{L}_d$ per i vari ordini (Figura 4).

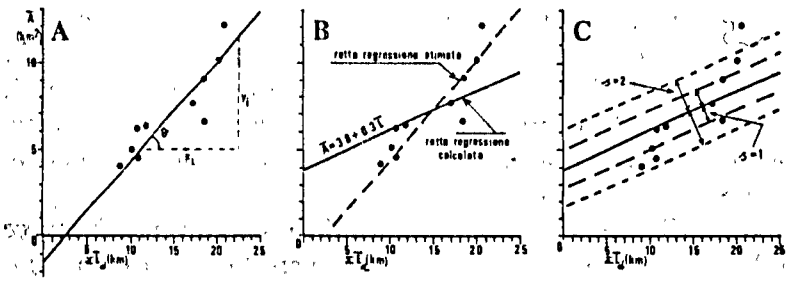



Fig. 4 - *Esempi di calcolo per determinare la correlazione tra due elementi morfometrici.*

A: *individuazione grafica del coefficiente angolare della retta di regressione.*

B: *identificazione delle differenze possibili tra il tracciamento della retta di regressione a stima e con calcolo.*

C: *rappresentazione dello standard di errore.*

Se tutti i punti dei valori sono disposti lungo una linea retta, allora si ha una perfetta correlazione tra $\overline{A}$ e $\Sigma\overline{L}_d$. Le due variabili debbono cambiare costantementae insieme. In questo caso il coefficiente di correlazione $r = +1$.

Se in un altro caso $\overline{A}$ aumenta nello stesso modo in cui diminuisce $\Sigma\overline{L}_d$, allora $r = -1$. Entrambi questi due estremi valori di $r$ indicano il grado di correlazione esistente tra le due variabili considerate. La situazione intermedia di $r = 0$, si registra quando non esiste alcuna correlazione tra le variabili.

In generale il coefficiente di correlazione $r$ deve essere calcolato con:

$$r = \frac{\Sigma (X - \overline{X})(Y - \overline{Y})}{\sqrt{\Sigma (X - \overline{X})^2 (Y - \overline{Y})^2}} = \frac{\Sigma xy}{\sqrt{\Sigma x^2 \Sigma y^2}}$$

ove $\overline{X}$ e $\overline{Y}$ sono il valore medio della variabile indipendente e dipendente rispettivamente, e $x = X - \overline{X}$ e $y = Y - \overline{Y}$.

Dati due elementi morfometrici dei quali si vuole stabilire se esiste una correlazione, può essere composto un grafico ad assi cartesiani, esemplificato in figura 3 per valori di $\overline{A}$ e $\Sigma \overline{La}$.

La relazione tra i due parametri è riassunta da una retta di regressione costruita in modo che questa passi il più vicino possibile a tutti i punti rappresentati. Per la definizione dei parametri caratteristici della retta, è necessario rilevare sull'asse $y$ il valore del suo punto di intersezione e la pendenza.

La pendenza, o gradiente della retta di regressione, è data dalla tangente dell'angolo $\vartheta$ tra la retta e l'orizzontale.

Dalla figura:

$$Tang\, \vartheta = \frac{a\, y_i}{b\, x_i}$$

Il gradiente assume valore positivo o negativo a seconda che la retta sia rispettivamente diretta da sinistra a destra o da destra a sinistra. Il punto di intersezione della retta con l'asse $Y$, *per* $X = 0$, si denomina $a$ ed il gradiente è indicato con $b$ (coefficiente di regressione) in base all'equazione:

$$Y = a + b\, X$$

Il valore $b$ è positivo quanto entrambe le variabili $X$ e $Y$ aumentano insieme, ed è negativo quando ad un incremento di una variabile è associato un decremento dell'altra. Poichè $a$ è un valore costante uguale a $Y$ quando $X = 0$, la retta può solo passare dall'origine $(X = 0, Y = 0)$ quando $a = 0$.

I valori di $a$ e $b$ possono essere ricavati graficamente secondo lo schema illustrato nella figura 4/A, ma per un'esatta

valutazione degli stessi è preferibile ricavarli con calcolo per evitare incertezze operative.

I coefficienti $a$ e $b$ nell'equazione della regressione lineare (ad esempio $\overline{A} = a + b \Sigma \overline{L_d}$) deve essere derivata dalla seguente espressione:

$$b = \frac{\Sigma (X Y) - n \overline{X}\,\overline{Y}}{\Sigma X^2 - n \overline{X}^2}$$

$$a = \overline{Y} - b \overline{X}$$

dove (per l'esempio) $n$ è il numero dei punti, $\overline{X}$ è il valore medio dell'area drenata dai vari segmenti di diverso ordine, e $\overline{Y}$ è il valore medio delle lunghezze dei corsi d'acqua con influenza diretta.

Per sostituzione di $a$ e $b$ nell'equazione della retta di regressione, si ottiene:

$$\overline{A} = a + b \Sigma \overline{L_d}$$

La posizione di questa linea attraverso la dispersione dei punti deve essere trovata assegnando a $\Sigma \overline{L_d}$ due soli valori, detti zero e $n$, e trovando l'associato valore di $\overline{A}$.

Questa linea dei minimi quadrati è indicata in figura 4/B insieme a quella originariamente tracciata a vista. Si rileva chiaramente il grossolano errore che appare anche dal confronto dei coefficienti delle due equazioni (calcolata e stimata).

Negli studi geomorfologici raramente i punti cadono esattamente su una linea di regressione. La previsione di un valore di $\overline{A}$ da $\Sigma L_d$ con la formula:

$$\overline{A'} = a + b \Sigma L_d$$

deve fornire il valore che $\overline{A}$ deve avere se esso è posizionato realmente sulla linea di regressione. In realtà questo avviene raramente, ed il vero valore di $\overline{A_i}$ (valore di $\overline{A}$ nel punto $i$) è dato da:

$$\overline{A_i} = a + b \Sigma L_d + \varepsilon_i$$

ove $\varepsilon_i$, valore residuale, è la distanza tra il punto attuale nel grafico ed il valore di $\bar{A}_i$ derivato dall'equazione di regressione. Se il punto cade sulla linea, allora $\varepsilon_i = 0$. Nel calcolo della retta di regressione con il metodo dei minimi quadrati, la somma dei valori di $\varepsilon^2$ deve essere minimo.

Per speditezza di calcolo è opportuno tabulare i valori di $\varepsilon^2$ per ogni punto. Questi valori debbono essere usati per calcolare lo standard di errore della stima; tale concetto di una regressione lineare è simile allo standard di deviazione, ed è calcolabile con:

$$s = \sqrt{\frac{\Sigma (\varepsilon_i - \bar{\varepsilon})^2}{n}}$$

dove $\bar{\varepsilon}$ è la media dei valori dei residui, e $\varepsilon_i$ è il valore del residuo per ognuno dei bacini di drenaggio elementari.

Questo valore deve essere indicato accanto alla linea di regressione (Fig. 4/C) con due linee da una parte e dall'altra della retta, e uguali ad uno standard di deviazione per uno. Questa misura deve essere eseguita parallelamente all'asse Y.

I caratteri descrittivi e numerici che sono stati illustrati in queste brevi annotazioni, definiscono i particolari caratteristici dei bacini elementari, poichè essi sono in diretta relazione con le variabilità che presiedono i deflussi fluviali nei recipienti minori ed in quelli maggiori sino alle tratte propriamente di pianura.

Essi possono essere studiati e sottoposti ad un'analisi comparativa con particolare riguardo ad un reticolo idrografico ed alla sua tessitura di drenaggio elementare con quella di un bacino adiacente similare, come pure nel quadro di un'unità geomorfologica più complessa, in funzione dei caratteri litologici, tettonici ed evolutivi.

Si indagano, con il loro contributo, delle porzioni elementari di bacino del quale occorre il confronto delle sue caratteristiche peculiari.

Per ogni unità geomorfologica si possono così fissare dei valori medi e, allorquando i dati stessi saranno sostenuti da

un numero sufficiente di sperimentazioni e rilevazioni, si potrà disporre di elementi di giudizio generale sulle occorrenze di sistemazione, relative ed assolute, e sulle opere necessarie nonchè sull'ordine di priorità da assegnare ad esse.

E' stato però detto che, presentemente, al riguardo si dispone solo di una documentazione saltuaria e non omogenea e sistematica. E' quindi da auspicare un'estensione di queste ricerche geomorfologiche, ed una adeguata interpretazione dei risultati ai fini propri del riassetto idrogeologico di un territorio montano il quale esercita un'azione predominante sull'equilibrio idraulico dei recipienti maggiori e sulle condizioni di sicurezza delle tratte di pianura dominate dalle acque delle massime esprescenze.

L'indagine estensiva e la raccolta sistematica con unità di indirizzo qualitativo e quantitativo, servirà pure a definire i tipi di opere che più razionalmente ed economicamente e tempestivamente potranno consentire appunto la conservazione del suolo e la difesa dalle inondazioni.

0 10 20 30 40 50 km

M. CERVINO 4478

M. BIANCO 4810

M. TABOR 3177

Dora Baltea

Orco

Sesia

T. Agogna

BIELLA

T. Elvo

Cervo

CAVOUR

Dora

Baltea

CANALE

VERCELLI

F. Sesia

F. PO

CASALE MONFERRATO

Stura di Lanzo

F. Dora Riparia

TORINO

PINEROLO

T. Pellice

SALUZZO

Stura di Demonte

CUNEO

MONDOVI

ASTI

F. Tanaro

ALBA

F. Bormida

T. Orba

SAVONA

ALBENGA

IMPERIA

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI

MAGISTRATO PER IL PO
PARMA

REGIONE PIEMONTESE

SCHEMA
DELLA COPERTURA VEGETALE

- seminativo
- seminativo e bosco ceduo
- bosco ceduo e alto fusto
- pascolo
- sterile

TAV. IIIb

**TAV. VI**

# COPERTURA TOPOGRAFICA DELLA RETE IDROGRAFICA PADANA

al 31 dicembre 1971

Scala 1: 5.000

Scala 1: 10.000

P.so GOTTARDO
P.so dello STELVIO
P.so del TONALE
M. BERNINA 4050
M. ADAMELLO 3554
M. CERVINO 4478
M. BIANCO 4810
M. ROSA 4633
M TABOR 3177
3841 M. VISO
M. ALTO 956
F. Ticino
F. Mera
F. Maggia
F. Mesco
F. Toce
F. Adda
F. Adige
F. Dora Baltea
F. Marmore
F. Lys
F. Sesia
F. Dora Riparia
F. Chisone
F. PO
F. Orco
F. Stura di Lanzo
F. Elvo
F. Cervo
F. Sesia
F. Agogna
F. Terdoppio
F. Ticino
F. Tanaro
F. Stura di Demonte
F. Belbo
F. Bormida
F. Orba
F. Scrivia
F. Curone
F. Staffora
F. Tidone
F. Trebbia
F. Nure
F. Arda
F. Stirone
F. Taro
F. Ceno
F. Parma
F. Enza
F. Crostolo
F. Secchia
F. Panaro
F. Reno
F. Po di Volano
F. Oglio
F. Serio
F. Brembo
F. Lambro
F. Molla
F. Chiese
F. Mincio
F. Sarca
Scolmatore
T. Orba
T. Belbo
T. Chisola
T. Pellice
T. Varaita
T. Maira
T. Gesso
T. Chiusella
T. Sovera
T. Olona
T. Lura
T. Seveso
T. Terdoppio
T. Agogna
T. Sesia
T. Stura di Lanzo
CANALE Bollina
CANALE CAVOUR
CANALE Naviglio Grande
CANALE Villoresi
CANALE Naviglio della Martesana
L. MAGGIORE
L. LUGANO
L. DI COMO
L. D'ISEO
L. D'IDRO
L. DI GARDA
L. ORTA
P.so dei GIOVI
P.so della CISA
P.so del CERRETO
P.so dell'ABETONE
TORINO
PINEROLO
SALUZZO
CUNEO
MONDOVI
CORTEMILIA
ALBA
ACQUI
ASTI
SASSELLO
MILLESIMO
ALESSANDRIA
NOVI LIGURE
BOBBIO
VERCELLI
NOVARA
MORTARA
VIGEVANO
PAVIA
GALLARATE
VARESE
COMO
LECCO
SONDRIO
AOSTA
IVREA
BIELLA
MILANO
MONZA
TREVIGLIO
LODI
BERGAMO
BRESCIA
CREMONA
PIACENZA
RIVERGARO
FIDENZA
PARMA
FORNOVO DI TARO
BORGO VAL DI TARO
PONTREMOLI
REGGIO E.
MODENA
MIRANDOLA
MANTOVA
VERONA
FERRARA
ROVIGO
TRENTO
PADOVA
VENEZIA
BOLOGNA
GENOVA
SAVONA
CHIAVARI
LA SPEZIA
ALBENGA
IMPERIA
SAN REMO
MARE LIGURE
MARE ADRIATICO

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI
MAGISTRATO PER IL PO
PARMA

SCALA 1: 500.000
0 10 20 30 40 50 Km.

**TAV. I**

# IPSOMETRIA DEL BACINO DEL PO

0 200 500 1000 2000 3000

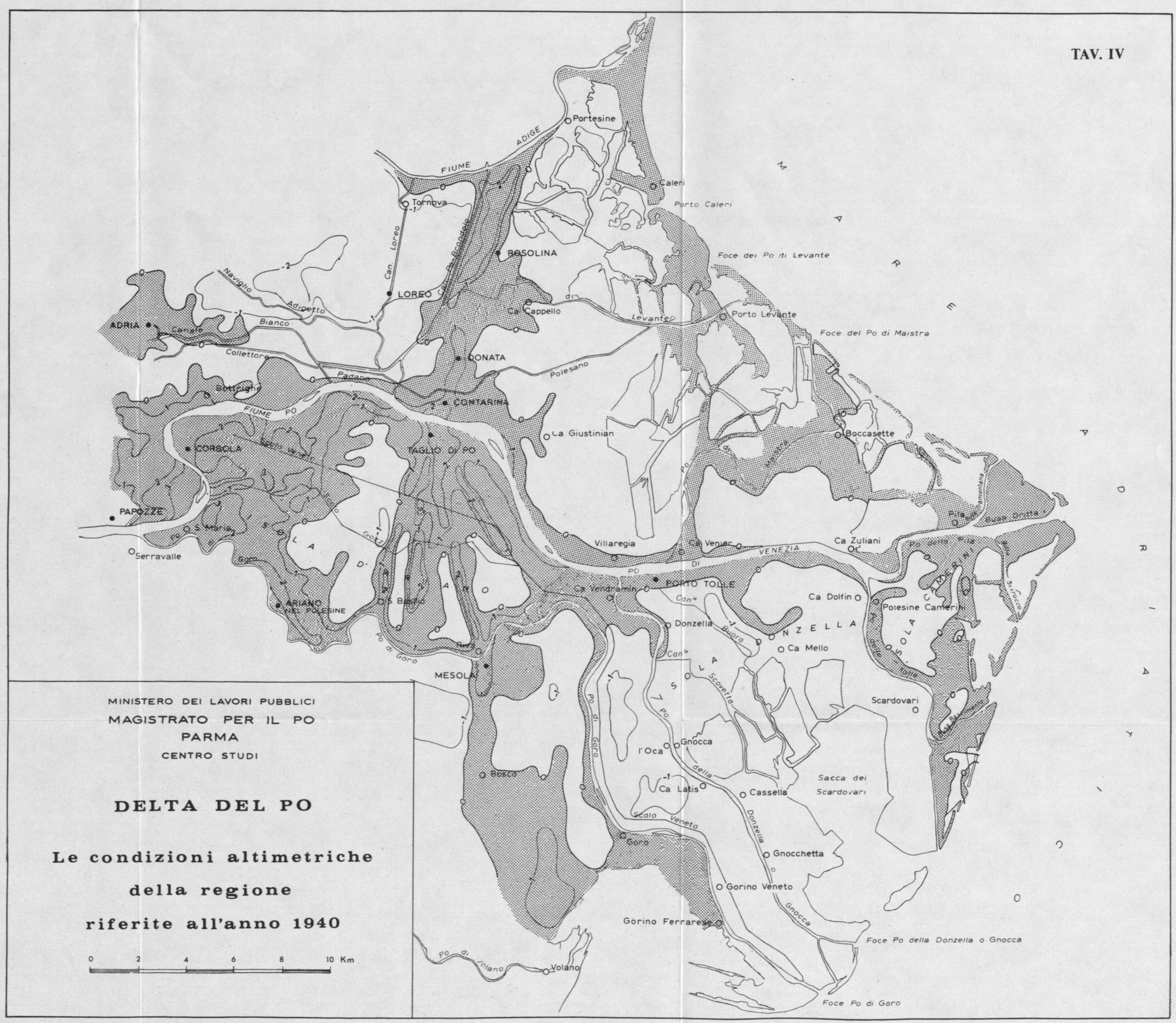
MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI

MAGISTRATO PER IL PO

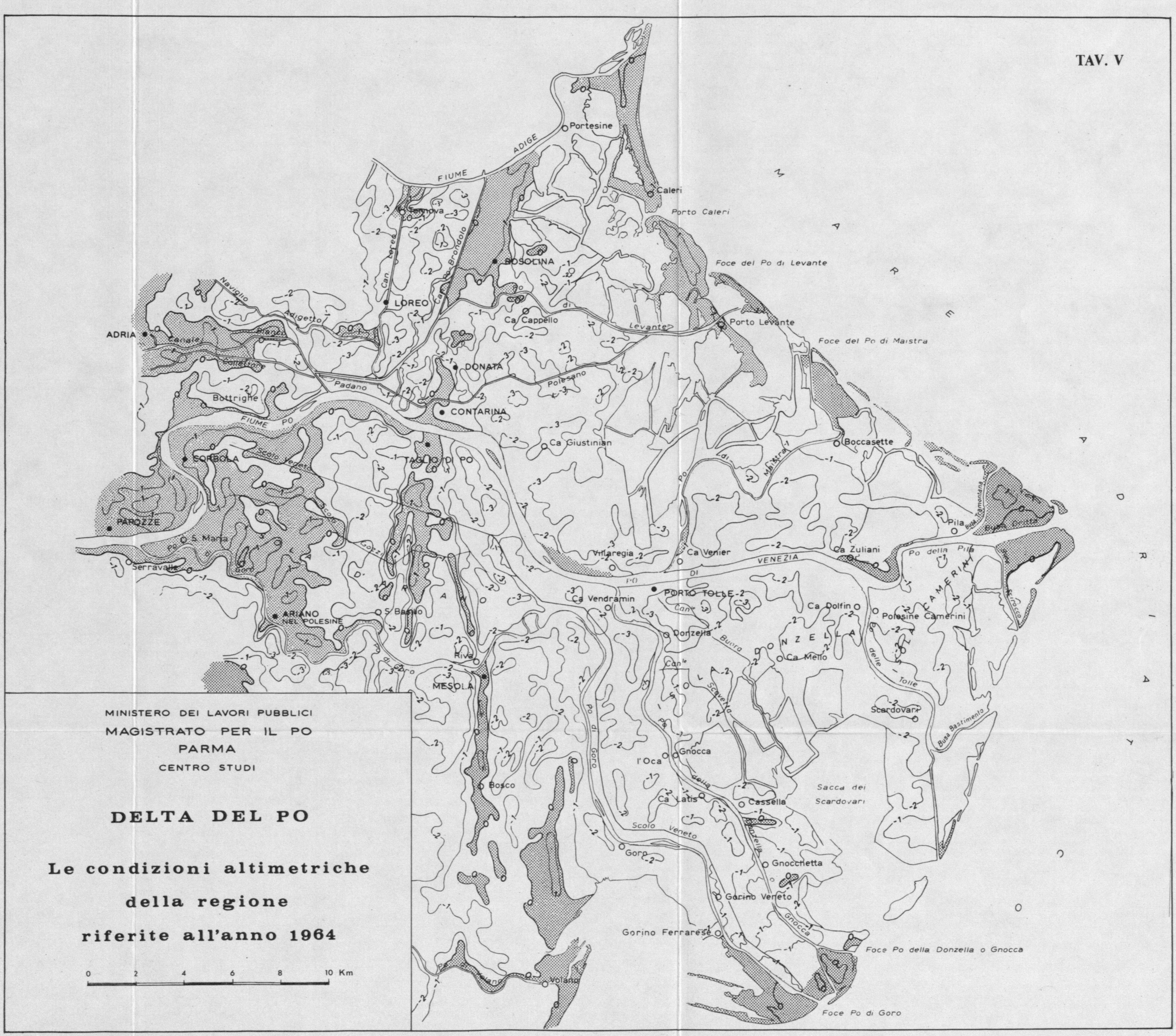
PARMA

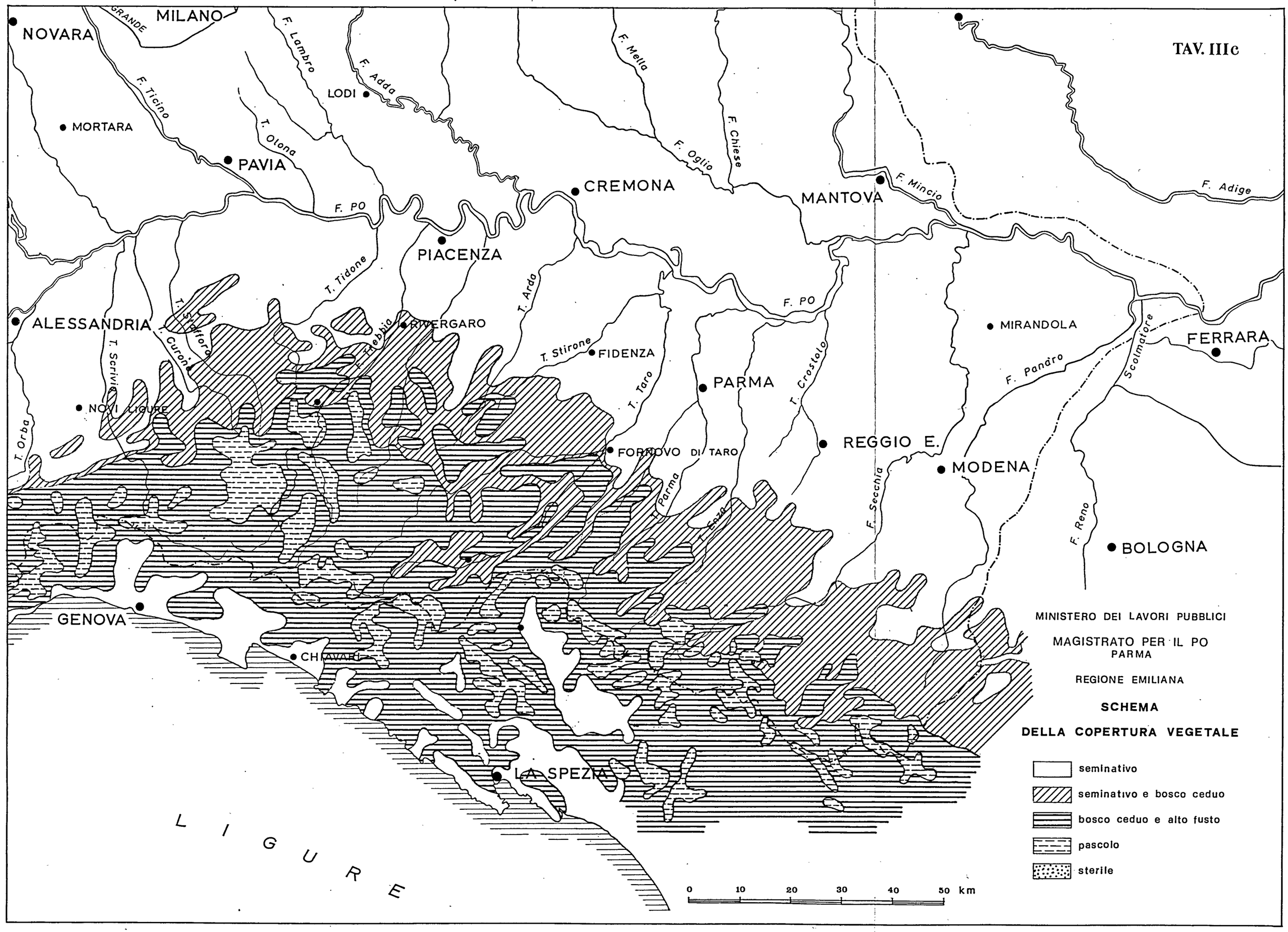
0 10 20 30 40 50 Km.

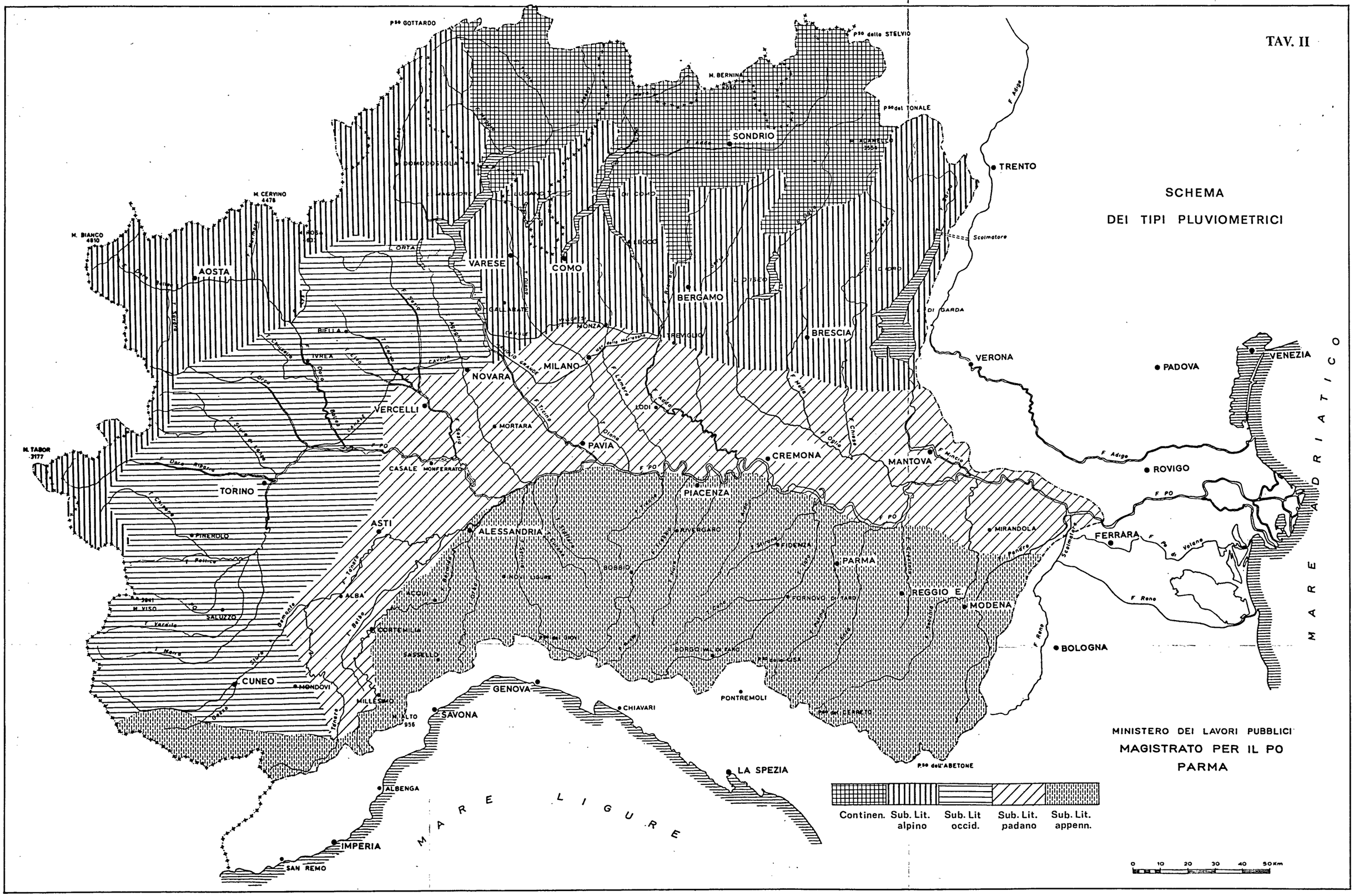
TAV. IV


MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI
MAGISTRATO PER IL PO
PARMA
CENTRO STUDI
DELTA DEL PO
Le condizioni altimetriche
della regione
riferite all'anno 1940
0 2 4 6 8 10 Km
MARE ADRIATICO
Portesine
FIUME ADIGE
Caleri
Porto Caleri
Tornova
Can. Loreo
Can. Po Brondolo
ROSOLINA
Foce del Po di Levante
LOREO
Naviglio Adigetto
Ca Cappello
Po di Levante
Porto Levante
Foce del Po di Maistra
ADRIA
Canale Bianco
Collettore Padano
DONATA
Polesano
Bottrighe
FIUME PO
CONTARINA
La Giustinian
Boccasette
CORBOLA
Scolo Veneto
TAGLIO DI PO
Po di Maistra
PAPOZZE
Po di S. Maria
Serravalle
Goro
ISOLA D'ARIANO
Villaregia
Ca Venier
Ca Zuliani
Pila
Busa Dritta
Po della Pila
PO DI VENEZIA
PORTO TOLLE
Ca Vendramin
Canale
Ca Dolfin
Polesine Camerini
ARIANO NEL POLESINE
S. Basilio
Donzella
Buora
DONZELLA
Ca Mello
Po di Goro
MESOLA
Canale
ISOLA
Scovetta
Scardovari
Po di Goro
Po della Donzella
Gnocca
l'Oca
Bosco
Ca Latis
Cassella
Sacca dei Scardovari
Scolo Veneto
Goro
Gnocchetta
Gorino Veneto
Gnocca
Gorino Ferrarese
Foce Po della Donzella o Gnocca
Po di Volano
Volano
Foce Po di Goro

TAV. V


MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI
MAGISTRATO PER IL PO
PARMA
CENTRO STUDI
DELTA DEL PO
Le condizioni altimetriche
della regione
riferite all'anno 1964
0 2 4 6 8 10 Km
Portesine
FIUME ADIGE
Caleri
Porto Caleri
Foce del Po di Levante
Porto Levante
Foce del Po di Maistra
Boccasette
Pila
Po della Pila
Busa Tramontana
Busa Dritta
Polesine Camerini
Scardovari
Busa Bastimento
Sacca dei Scardovari
Foce Po della Donzella o Gnocca
Foce Po di Goro
Gorino Veneto
Gorino Ferrarese
Gnocchetta
Goro
Volano
Cassella
Ca Latis
Gnocca
l'Oca
Bosco
Riva
MESOLA
S. Basilio
ARIANO NEL POLESINE
PAROZZE
S. Maria
Serravalle
CORBOLA
Bottrighe
ADRIA
Canale Bianco
Naviglio Adigetto
Collettore
Padano
FIUME PO
Scolo Veneto
Scolo Gozzi
Po di Goro
LOREO
Can. Loreo
Can. Po Brondolo
BOSOLINA
Ca Cappello
DONATA
CONTARINA
Polesano
Ca Giustinian
TAGLIO DI PO
Villaregia
Ca Venier
Ca Zuliani
Ca Vendramin
PORTO TOLLE
Ca Dolfin
Ca Mello
Donzella
Buora
Scavetta
Po delle Tolle
Scirocco
Po di Maistra
Po di Levante
PO DI VENEZIA
ISOLA DONZELLA
ISOLA CAMERINI
MARE ADRIATICO


TAV. IIIc
NOVARA
MILANO
GRANDE
F. Lambro
F. Adda
F. Mella
F. Ticino
LODI
MORTARA
T. Olona
PAVIA
F. Oglio
F. Chiese
CREMONA
MANTOVA
F. Mincio
F. Adige
F. PO
PIACENZA
T. Tidone
T. Arda
ALESSANDRIA
T. Staffora
T. Curone
T. Scrivia
RIVERGARO
F. Trebbia
T. Stirone
FIDENZA
T. Taro
PARMA
T. Crostolo
MIRANDOLA
FERRARA
Scolmatore
F. Panaro
NOVI LIGURE
T. Orba
FORNOVO DI TARO
REGGIO E.
MODENA
T. Parma
T. Enza
F. Secchia
F. Reno
BOLOGNA
GENOVA
CHIAVARI
LA SPEZIA
L I G U R E
MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI
MAGISTRATO PER IL PO
PARMA
REGIONE EMILIANA
SCHEMA
DELLA COPERTURA VEGETALE
seminativo
seminativo e bosco ceduo
bosco ceduo e alto fusto
pascolo
sterile
0 10 20 30 40 50 km


TAV. II
SCHEMA
DEI TIPI PLUVIOMETRICI
MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI
MAGISTRATO PER IL PO
PARMA
Continen.
Sub. Lit. alpino
Sub. Lit occid.
Sub. Lit. padano
Sub. Lit. appenn.
0 10 20 30 40 50 Km
MARE LIGURE
MARE ADRIATICO
P.so GOTTARDO
P.so dello STELVIO
M. BERNINA
P.so del TONALE
M. ADAMELLO
M. CERVINO 4478
M. BIANCO 4810
M. ROSA
M. TABOR 3177
M. VISO
M. ALTO 956
P.so dell'ABETONE
SONDRIO
TRENTO
AOSTA
VARESE
COMO
LECCO
BERGAMO
BRESCIA
VERONA
PADOVA
VENEZIA
ROVIGO
FERRARA
BOLOGNA
MODENA
REGGIO E.
PARMA
MIRANDOLA
MANTOVA
CREMONA
PIACENZA
FIDENZA
FORNOVO di TARO
BORGO VAL di TARO
PONTREMOLI
LA SPEZIA
CHIAVARI
GENOVA
SAVONA
ALBENGA
IMPERIA
SAN REMO
ALESSANDRIA
ASTI
ALBA
ACQUI
CORTEMILIA
SASSELLO
MILLESIMO
CUNEO
MONDOVI
SALUZZO
PINEROLO
TORINO
CASALE MONFERRATO
VERCELLI
NOVARA
BIELLA
IVREA
GALLARATE
MONZA
MILANO
TREVIGLIO
LODI
MORTARA
PAVIA
BOBBIO
NOVI LIGURE
RIVERGARO
L. MAGGIORE
L. LUGANO
L. DI COMO
L. ORTA
L. D'ISEO
L. DI GARDA
F. Adige
F. PO
F. Ticino
F. Sesia
F. Dora Baltea
F. Dora Riparia
F. Tanaro
F. Bormida
F. Scrivia
F. Lambro
F. Adda
F. Oglio
F. Mella
F. Mincio
F. Chiese
F. Secchia
F. Panaro
F. Reno
F. Po di Volano
F. Taro
F. Enza
F. Parma
F. Baganza
F. Stura
F. Maira
F. Varaita
F. Pellice
F. Chisone
F. Orco
F. Sesia
F. Cervo
F. Elvo
F. Olona
F. Brembo
F. Serio
F. Oglio
F. Chiese
F. Mella
F. Mincio
F. Adige
F. Scolmatore
NAVIGLIO GRANDE
CAVALLO
CAVOUR
Nav. della Mariesana
Villoresi
Scolmatore

**TAV. VII**

## SEZIONI DI MISURA DEI DEFLUSSI

△ IN FUNZIONE ▲ SOPPRESSE

P.so GOTTARDO
P.so dello STELVIO
M. BERNINA 4050
M. CERVINO 4478
M. BIANCO 4810
M. ROSA 4633
M. TABOR 3177
M VISO 3841
F. Ticino
F. Maggia
F. Toce
F. Mera
F. Adda
F. Oglio
F. Serio
F. Brembo
F. Lambro
F. Sesia
F. Dora Baltea
F. Dora Riparia
F. Stura di Lanzo
F. Stura di Demonte
F. Orco
F. Chiusella
F. Elvo
F. Cervo
F. Agogna
F. Terdoppio
F. Tanaro
F. Bormida
F. Scrivia
F. Curone
F. Staffora
F. Trebbia
F. Nure
F. Arda
F. Taro
F. Parma
F. Enza
F. Crostolo
F. Secchia
F. Panaro
F. Reno
F. Po di Volano
F. Po
F. Lys
F. Sarca
F. Chiese
F. Mincio
F. Adige
F. Piave
F. Livenza
F. Tagliamento
F. Isonzo
F. Meduna
F. Varmo
F. Corno
F. Ledra
F. Cellina
F. Arzino
F. Torre
F. Natisone
F. Judrio
F. Vipacco
F. Idria
F. Soca
F. Tolmino
F. Vipacco
F. Isonzo

# TAV. VIII

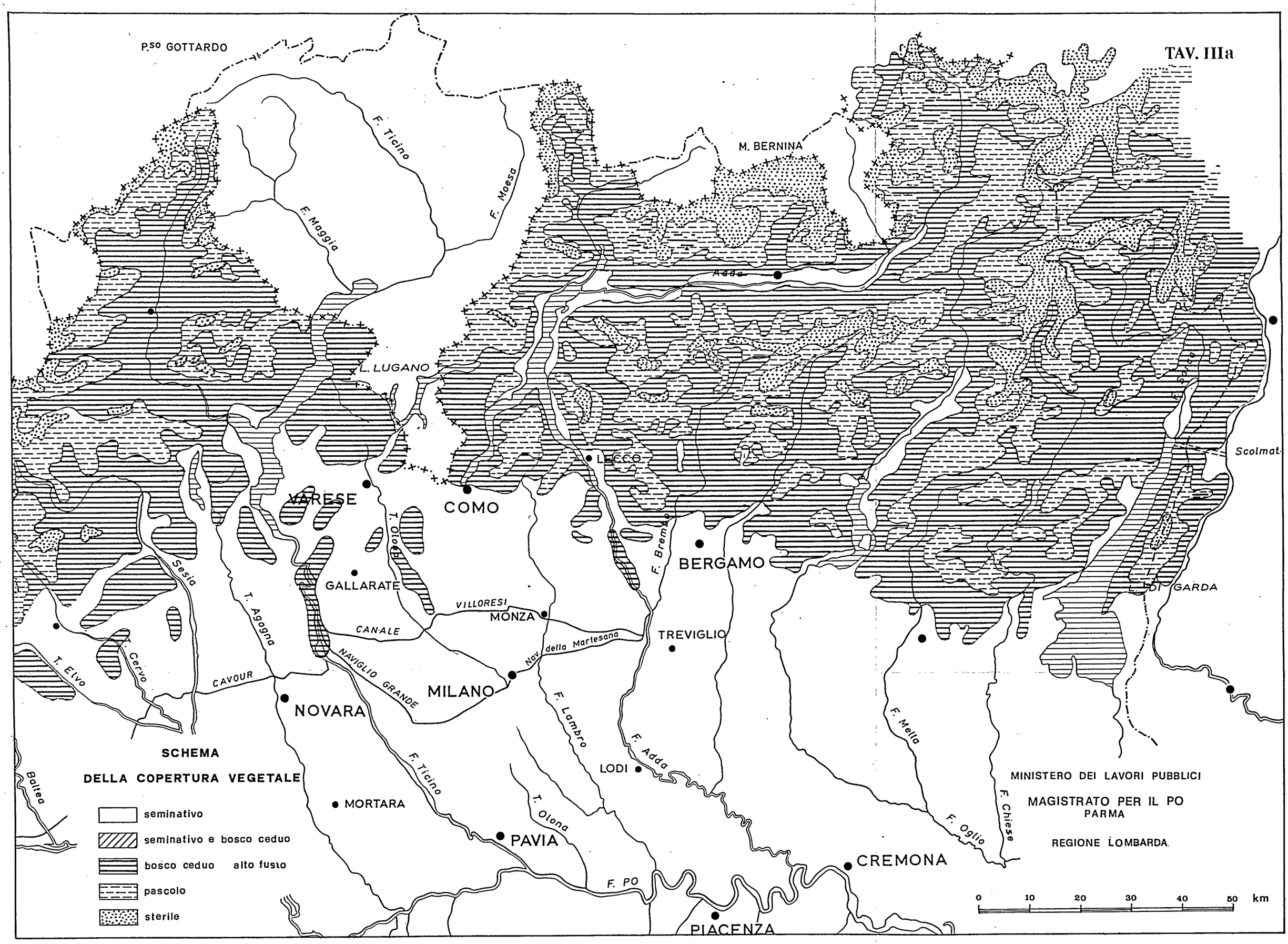
## DISTRIBUZIONE DEI SERBATOI ARTIFICIALI

P.so GOTTARDO
P.so dello STELVIO
P.so del TONALE
M. BERNINA 4050
M. ADAMELLO 3554
M. CERVINO 4478
M. BIANCO 4810
M. ROSA 4633
M. TABOR 3177
3841 M. VISO
F. Adige
F. Ticino
F. Toce
F. Maggia
F. Mera
F. Adda
F. Oglio
F. Chiese
F. Sarca
F. Dora Baltea
F. Dora Riparia
F. Sesia
F. Po
F. Brembo
F. Serio
F. Lambro
F. Olona
F. Lura
F. Malone
F. Orco
F. Chisone
F. Tanaro
F. Belbo
F. Bormida
F. Orba
F. Scrivia
F. Curone
F. Stura di Lanzo
F. Stura di Demonte
F. Gesso
F. Varaita
F. Maira
F. Elvo
F. Cervo
F. Mincio
F. Secchia
F. Panaro
F. Reno
F. Po di Volano
T. Ticino
T. Toce
T. Maggia
T. Orba
T. Olona
T. Agogna
T. Stura di Lanzo
T. Chisone
T. Pellice
T. Varaita
T. Maira
T. Gesso
T. Belbo
T. Tanaro
T. Stafora
T. Curone
T. Scrivia
T. Tidone
T. Trebbia
T. Nure
T. Arda
T. Stirone
T. Taro
T. Cena
T. Parma
T. Enza
T. Nirone
T. Orba
T. Chiusella
T. Elvo
T. Cervo
T. Oropa
T. Sovera
L. Maggiore
L. Lugano
L. di Como
L. d'Iseo
L. d'Idro
L. di Garda
Scolmatore
Naviglio Grande
Roggia della Martesana
Canale Cavour
Canale Biella
Canale Rotta Mortara
Canale Rotta Pavia
Canale Rotta Cisa
Canale Rotta Cerreto
Canale Rotta Abetone
Canale Rotta Pontremoli
Canale Rotta Borgo Val di Taro
Canale Rotta Fidenza
Canale Rotta Rivergaro
Canale Rotta Bobbio
Canale Rotta Novi Ligure
Canale Rotta Sassello
Canale Rotta Acqui
Canale Rotta Alba
Canale Rotta Mondovì
Canale Rotta Millesimo
Canale Rotta Savona
Canale Rotta Genova
Canale Rotta Chiavari
Canale Rotta La Spezia
Canale Rotta Albenga
Canale Rotta Imperia
Canale Rotta San Remo
Canale Villoresi
Canale Rotta Monza
Canale Rotta Milano
Canale Rotta Gallarate
Canale Rotta Varese
Canale Rotta Como
Canale Rotta Lecco
Canale Rotta Bergamo
Canale Rotta Treviglio
Canale Rotta Brescia
Canale Rotta Verona
Canale Rotta Trento
Canale Rotta Sondrio
Canale Rotta Domodossola
Canale Rotta Aosta
Canale Rotta Torino
Canale Rotta Casale Monferrato
Canale Rotta Vercelli
Canale Rotta Biella
Canale Rotta Ivrea
Canale Rotta Asti
Canale Rotta Alessandria
Canale Rotta Piacenza
Canale Rotta Cremona
Canale Rotta Mantova
Canale Rotta Rovigo
Canale Rotta Ferrara
Canale Rotta Reggio E.
Canale Rotta Modena
Canale Rotta Bologna
Canale Rotta Padova
Canale Rotta Venezia
Canale Rotta Lodi
Canale Rotta Mirandola
Canale Rotta Salluzzo
Canale Rotta Pinerolo
Canale Rotta Ostiglia
Canale Rotta Sabbioneta
Canale Rotta Colorno
Canale Rotta Fornovo di Taro
Canale Rotta Borgo Val di Taro
Canale Rotta Pontremoli
Canale Rotta Sarzana
Canale Rotta Carrara
Canale Rotta Massa
Canale Rotta Viareggio
Canale Rotta Lucca
Canale Rotta Pisa
Canale Rotta Livorno
Canale Rotta Grosseto
Canale Rotta Siena
Canale Rotta Arezzo
Canale Rotta Firenze
Canale Rotta Prato
Canale Rotta Pistoia
Canale Rotta Empoli
Canale Rotta Volterra
Canale Rotta Pisa
Canale Rotta Livorno
Canale Rotta Grosseto
Canale Rotta Siena
Canale Rotta Arezzo
Canale Rotta Firenze
Canale Rotta Prato
Canale Rotta Pistoia
Canale Rotta Empoli
Canale Rotta Volterra

MARE LIGURE
MARE ADRIATICO

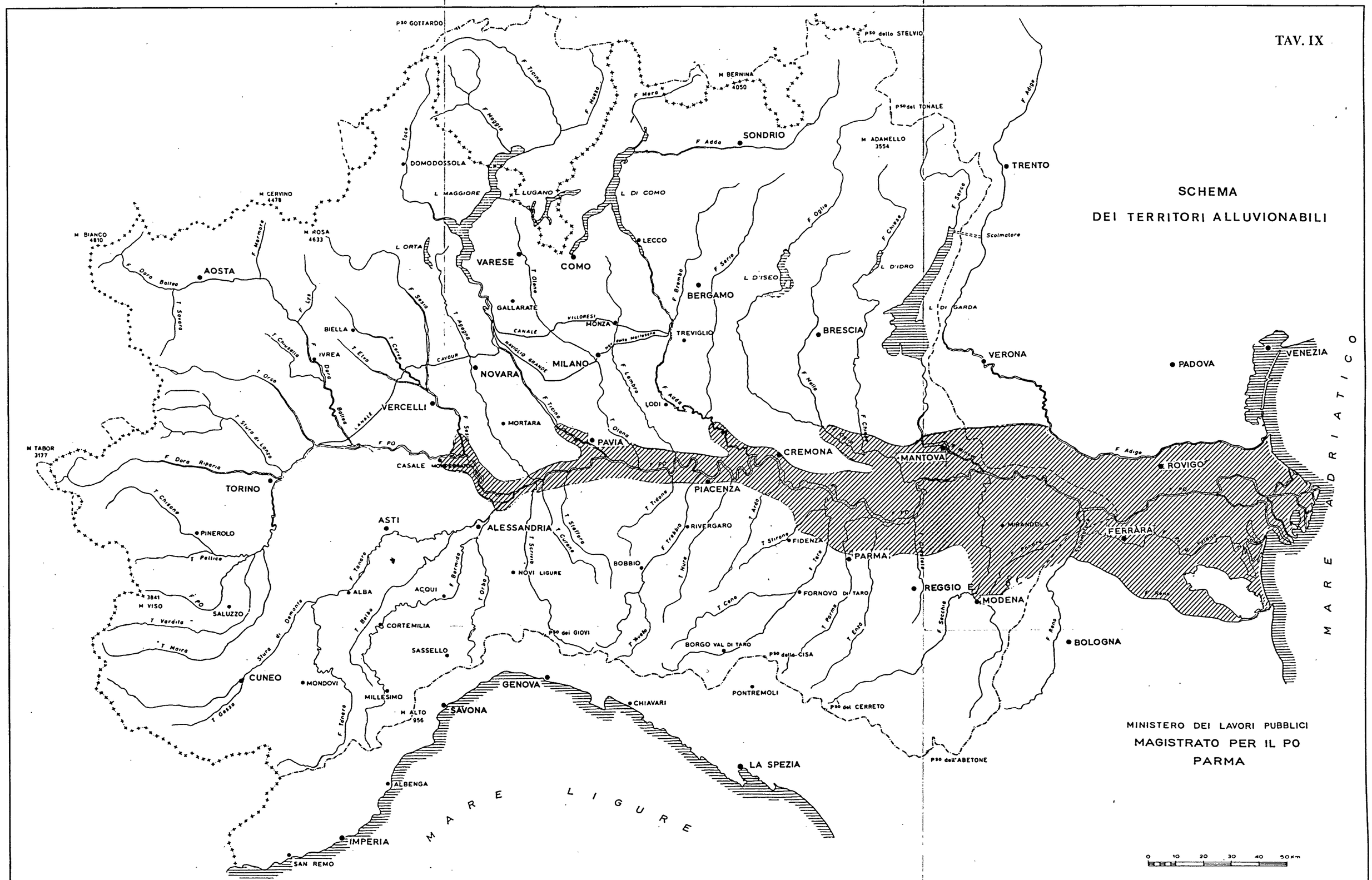
MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI
MAGISTRATO PER IL PO
PARMA

0 10 20 30 40 50 Km.


TAV. IIIa
P.so GOTTARDO
M. BERNINA
F. Ticino
F. Maggia
F. Moesa
Adda
L. LUGANO
LECCO
VARESE
COMO
T. Olona
F. Brembo
BERGAMO
GALLARATE
VILLORESI
MONZA
CANALE
TREVIGLIO
Nav. della Martesana
NAVIGLIO GRANDE
MILANO
NOVARA
CAVOUR
Sesia
T. Agogna
T. Cervo
T. Elvo
Baltea
F. Lambro
F. Adda
LODI
F. Ticino
MORTARA
T. Olona
PAVIA
F. PO
CREMONA
PIACENZA
F. Mella
F. Oglio
F. Chiese
L. DI GARDA
Scolmat.
SCHEMA
DELLA COPERTURA VEGETALE
seminativo
seminativo e bosco ceduo
bosco ceduo alto fusto
pascolo
sterile
MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI
MAGISTRATO PER IL PO
PARMA
REGIONE LOMBARDA
0 10 20 30 40 50 km

TAV. IX

# SCHEMA
## DEI TERRITORI ALLUVIONABILI




MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI
MAGISTRATO PER IL PO
PARMA

TAV. X

# CLASSIFICA DEI BACINI MONTANI E DELLE OPERE IDRAULICHE

BACINO MONTANO

OPERE DI 3ª CAT.

OPERE DI 2ª CAT.

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI

MAGISTRATO PER IL PO

PARMA

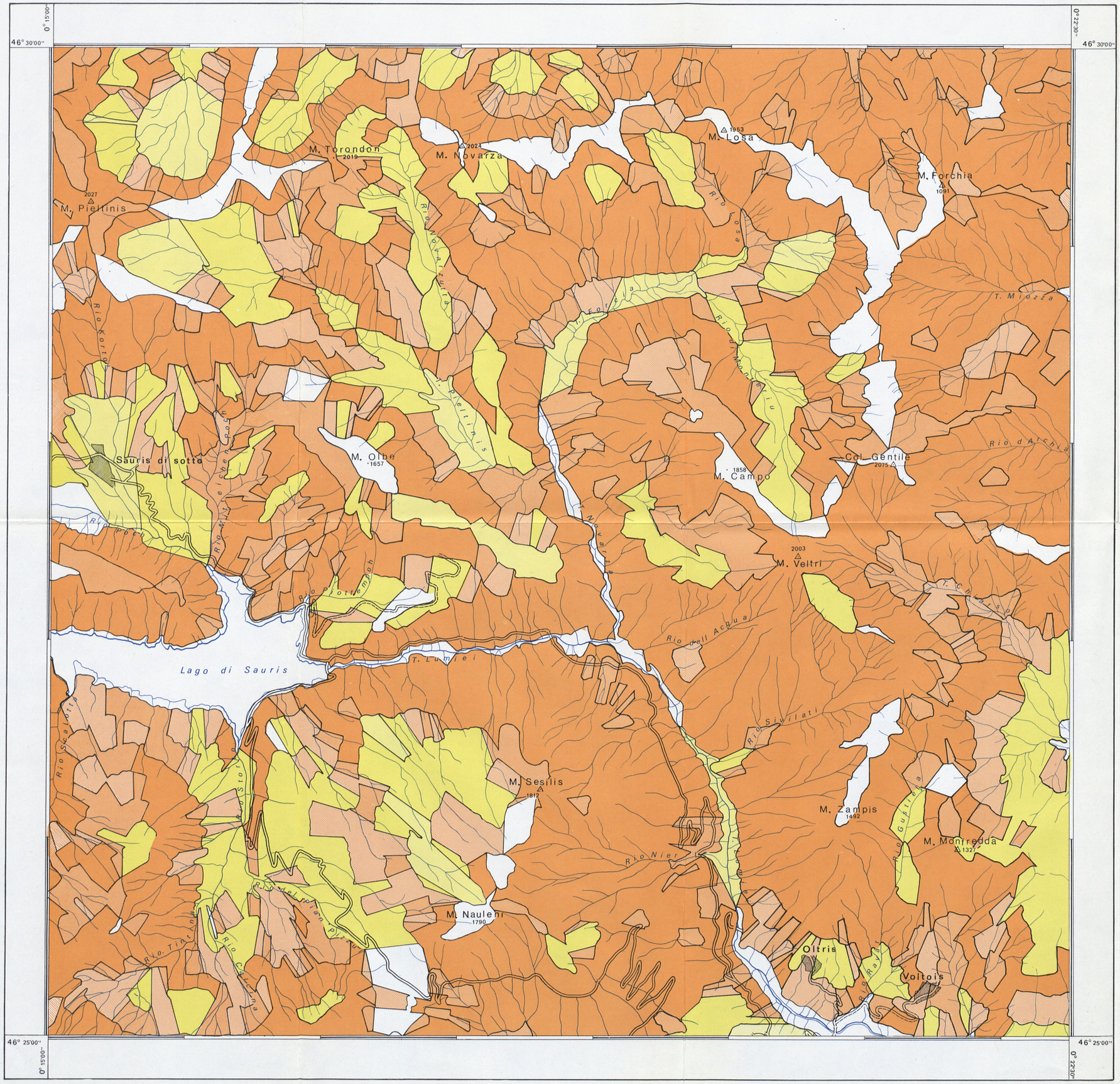
0 10 20 30 40 50 Km

# SÀURIS

F.° 13 II N.O.

# FOTOINTERPRETAZIONE DEL BACINO DELL'ALTO TAGLIAMENTO

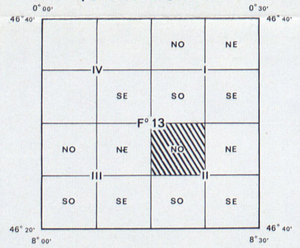
## CARTA DELLE PENDENZE




### LEGENDA

- Pendenza > 50 %
- " da 40 % a 50 %
- " " 30 % " 40 %
- " " 20 % " 30 %
- " " 10 % " 20 %
- NIL " " 5 % " 10 %
- " < 5 %

### QUADRO D'UNIONE




Strada a corsia da 3 a 6 m

Strada a corsia > 3 m

Ferrovia

Centri abitati

Drenaggio

△2287 2253 Punto geodetico quota topografica (s.l.m.)

+++++++ Confine di stato

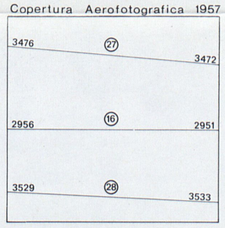
—·—·—·— Limite del bacino del Tagliamento

Scala 1:25.000

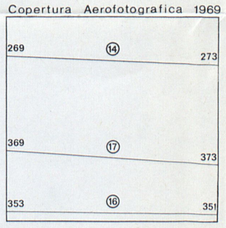
1000 m 500 m 0 1km 2km

Carta base ricavata dalla Carta d'Italia a scala 1:25.000 edita dall' I.G.M.

Copertura Aerofotografica 1957




Copertura Aerofotografica 1969




ITALCONSULT

# SÀURIS

F.° 13 II N.O.

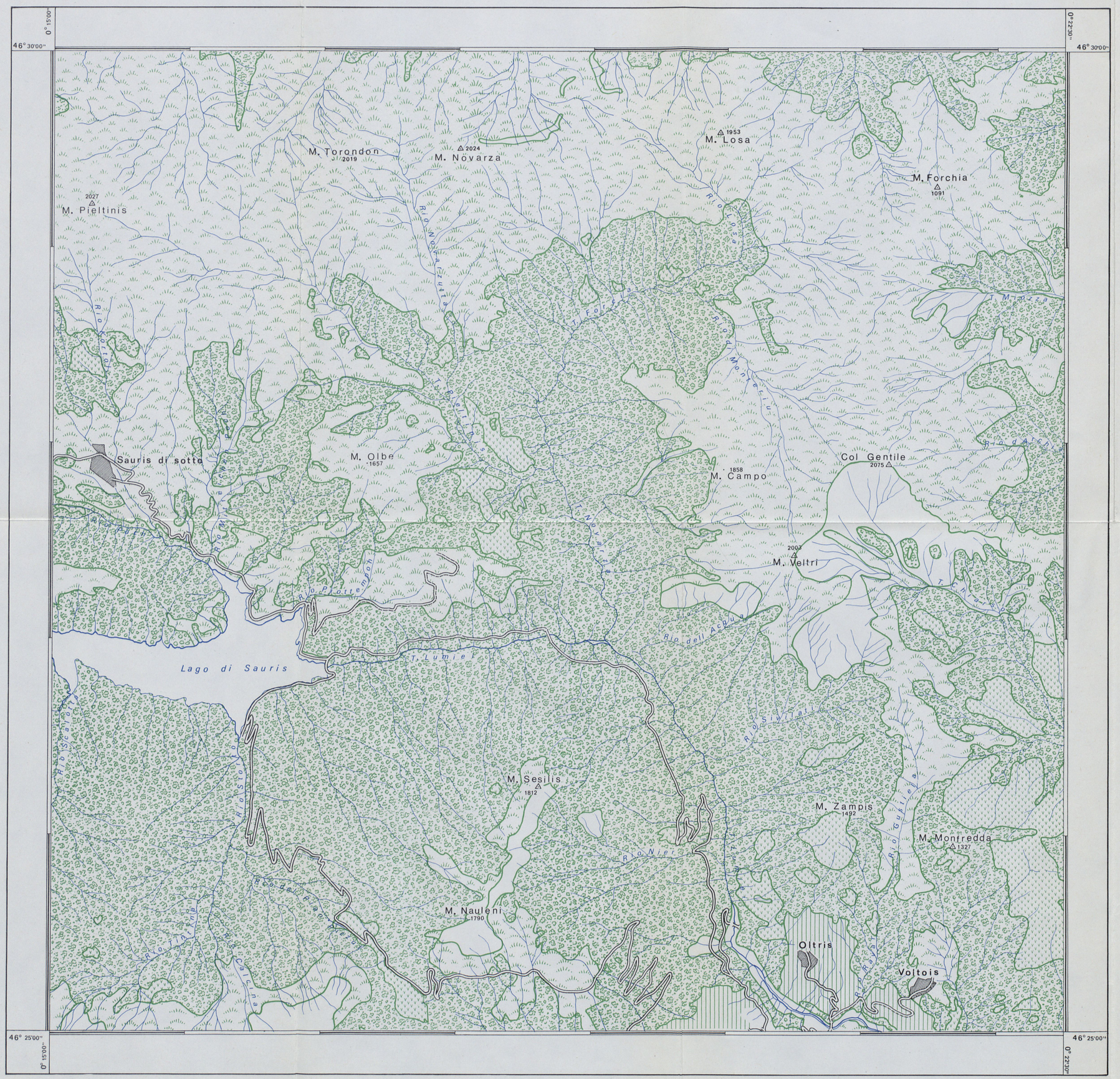
## FOTOINTERPRETAZIONE DEL BACINO DELL'ALTO TAGLIAMENTO

## CARTA DELLE COLTURE

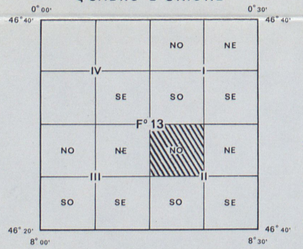
LEGENDA

- Boschi
- Prati perenni – Prati pascoli
- Seminativi semplici – Seminativi arborati
- Colture arboree e specializzate

NOTA : Le zone in bianco sono prive di vegetazione.




QUADRO D'UNIONE



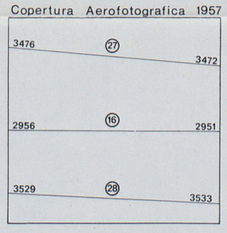

Scala 1:25.000

1000 m 500 m 0 1 km 2 km

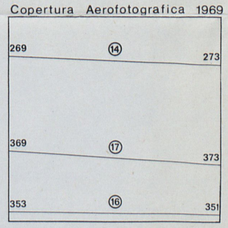
Carta base ricavata dalla Carta d'Italia a scala 1:25.000 edita dall'I.G.M.

- Strada a corsia da 3 a 6 m
- Strada a corsia > 3 m
- Ferrovia
- Centri abitati
- Drenaggio
- △2287 2253 Punto geodetico quota topografica (s.l.m.)
- +++++++ Confine di stato
- —·—·—·— Limite del bacino del Tagliamento

Copertura Aerofotografica 1957




Copertura Aerofotografica 1969



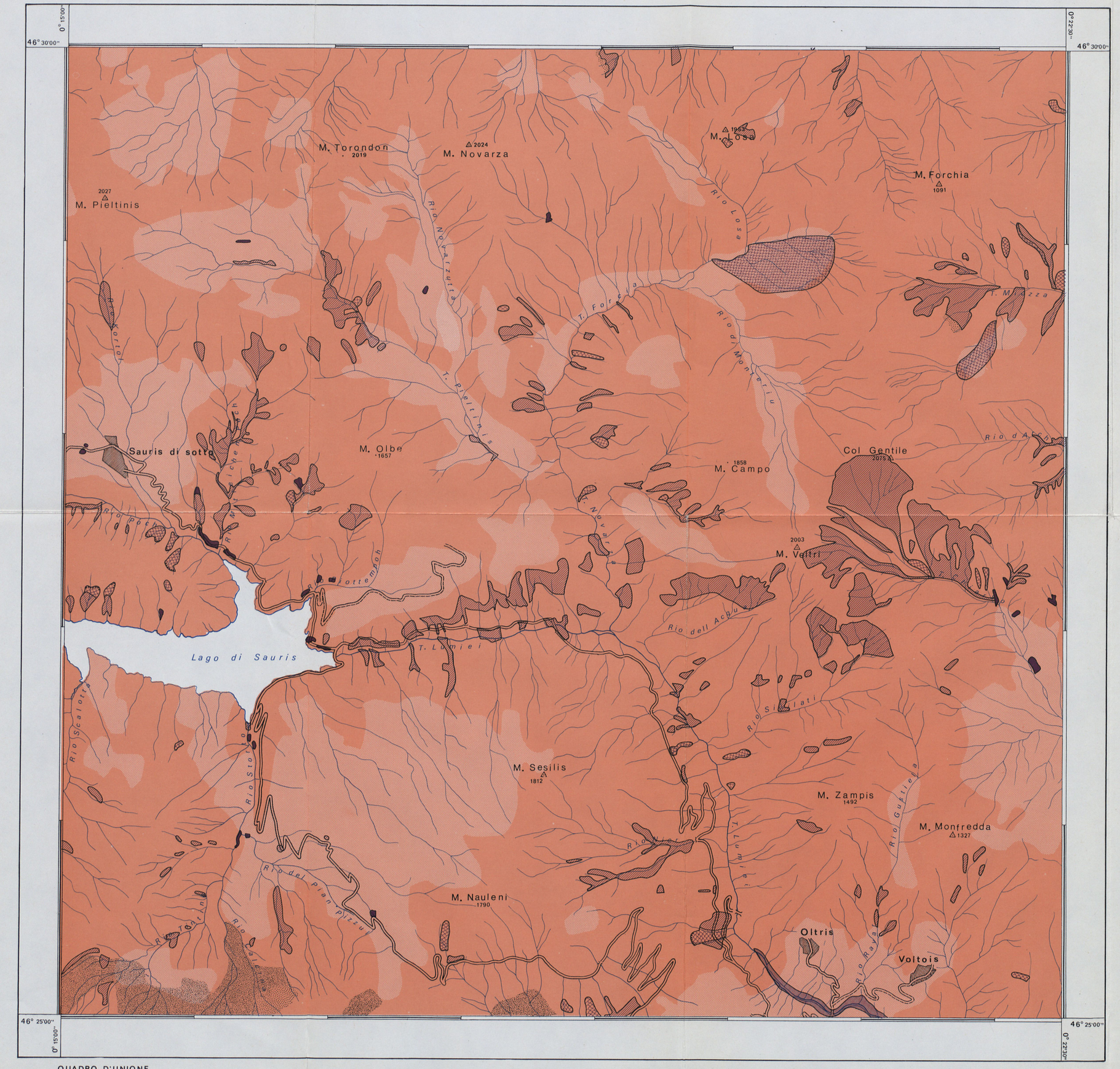

ITALCONSULT

# SÀURIS

F.° 13 II N.O.

# FOTOINTERPRETAZIONE DEL BACINO DELL'ALTO TAGLIAMENTO

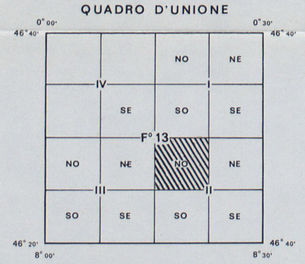
## CARTA DEI DISSESTI




### LEGENDA

- Nicchia di distacco e direzione del materiale franato.
- Zona soggetta a forte erosione.
- Detrito di falda non consolidato.
- Detrito di falda consolidato.
- Frana avvenuta prima del 4 novembre 1966; frana avvenuta dopo il 4 novembre 1966.
- Frana consolidata.
- Alveo.
- Conoide di deiezione.
- Area stabile
- Area potenzialmente instabile
- Area instabile

### QUADRO D'UNIONE




Scala 1:25.000

1000 m 500 m 0 1km 2km

Carta base ricavata dalla Carta d'Italia a scala 1:25.000 edita dall' I.G.M.

Strada a corsia da 3 a 6m

Strada a corsia > 3m

Ferrovia

Centri abitati

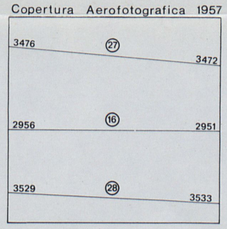
Drenaggio

△2287 2253 Punto geodetico quota topografica (s.l.m.)

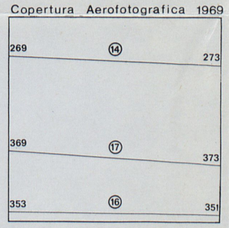
+++++++ Confine di stato

—·—·—·— Limite del bacino del Tagliamento

Copertura Aerofotografica 1957




Copertura Aerofotografica 1969



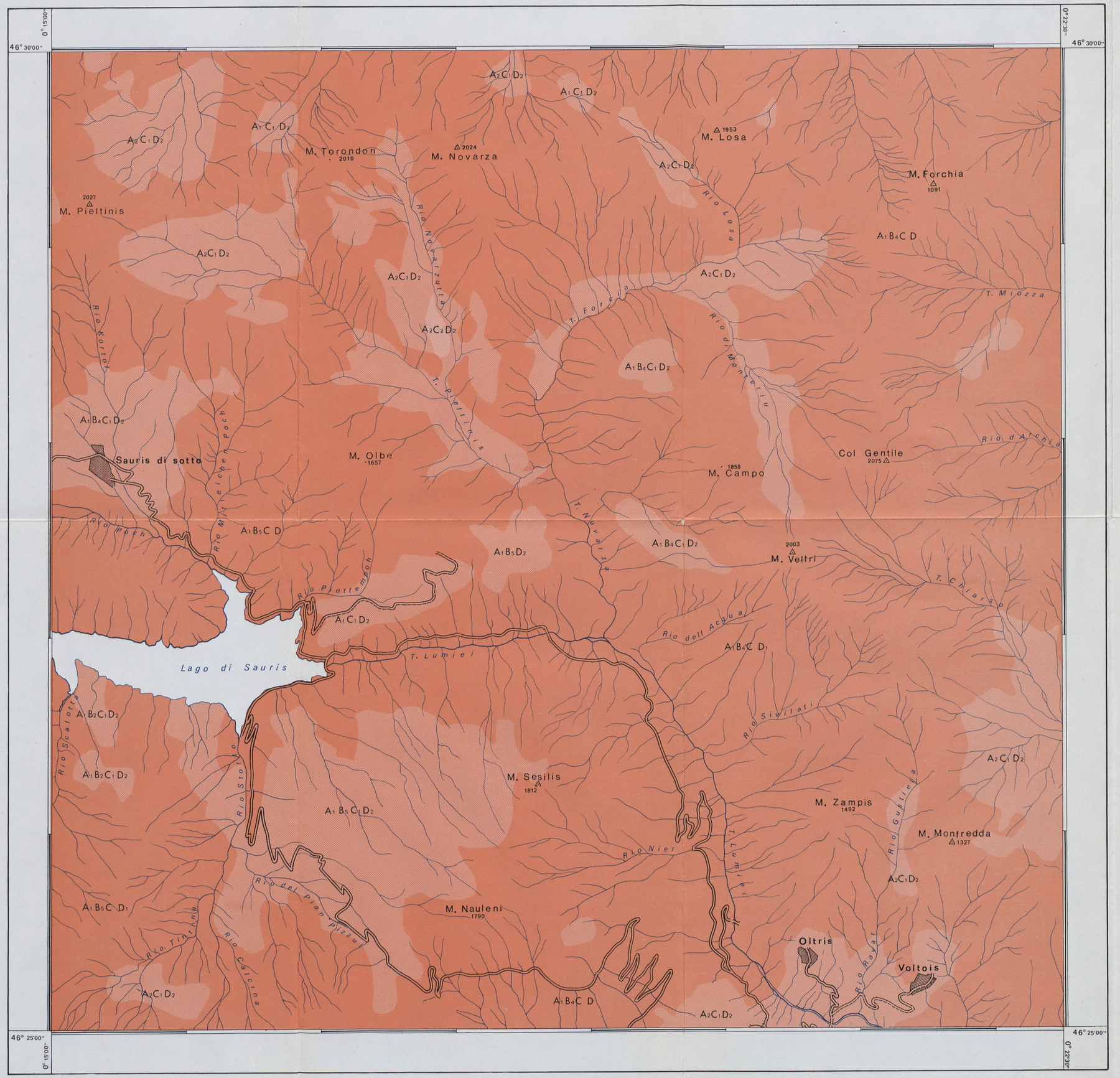

ITALCONSULT

# SÀURIS

F.° 13 II N.O.

# FOTOINTERPRETAZIONE DEL BACINO DELL'ALTO TAGLIAMENTO

## CARTA DELLE POSSIBILITA' DI DISSESTO



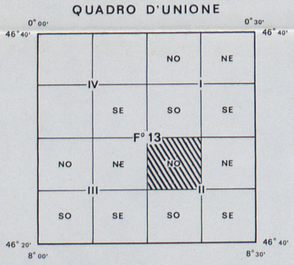

### LEGENDA

- Area stabile
- Area potenzialmente instabile
- Area instabile

PARAMETRI PRESI IN CONSIDERAZIONE NELLA CLASSIFICAZIONE DELLA STABILITA DEI TERRENI

| LITOLOGIA | | GIACITURA degli STRATI | |
|---|---|---|---|
| TERRENI COERENTI<br>Calcari, Dolomie, ecc. | A | Strati orizzontali | B |
| | | Strati verticali | $B_1$ |
| TERRENI SEMICOERENTI<br>Marne, Scisti, Arenarie alternate ad argille ecc. | $A_1$ | Strati a franapoggio | $B_2$ |
| | | Strati a reggipoggio | $B_3$ |
| TERRENI INCOERENTI<br>Depositi morenici, Alluvioni recenti ed antiche, Detriti di falda, Argille ecc. | $A_2$ | Strati variamente inclinati sulla direzione del pendio | $B_4$ |
| | | Strati a giacitura variabile | $B_5$ |
| **PENDENZA della SUPERFICIE** | | **TIPO di DISSESTO** | |
| Maggiore del 40 % | C | Area con fenomeni franosi | D |
| Tra il 20 ed il 40 % | $C_1$ | Area fortemente erosa | $D_1$ |
| Minore del 20 % | $C_2$ | Area senza fenomeni franosi | $D_2$ |

QUADRO D'UNIONE




Scala 1:25.000

1000 m 500 m 0 1km 2km

Carta base ricavata dalla Carta d'Italia a scala 1:25.000 edita dall' I.G.M.

Strada a corsia da 3 a 6 m

Strada a corsia > 3 m

Ferrovia

Centri abitati

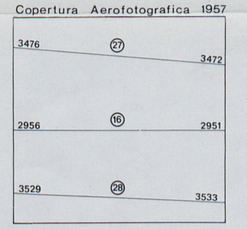
Drenaggio

△2287 2253 Punto geodetico quota topografica (s.l.m.)

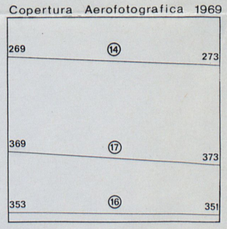
+++++++ Confine di stato

—·—·—·— Limite del bacino del Tagliamento

Copertura Aerofotografica 1957




Copertura Aerofotografica 1969




ITALCONSULT