

Prof. Ing. MARIO ROSSETTI

DELLA POSSIBILE AZIONE MODULATRICE ESERCITABILE DAI SERBATOI ARTIFICIALI SULLE PIENE DEL PO (*)

Nei riguardi della attenuazione delle piene del Po è stata affacciata, in diverse occasioni, la evenienza di impiegare gli invasi disponibili nei serbatoi artificiali esistenti sugli affluenti per modulare, mediante un regolato accumulo dei deflussi, le escrescenze del fiume fino a raggiungere nei tratti inferiori del suo percorso valori delle massime quote idrometriche conciliabili con le presenti condizioni di ricettività dell'alveo e con la convenienza di ridurre le cause di pericolosità esaltate nell'ultimo decennio dal fenomeno di abbassamento a cui è stata soggetta, ed in parte è ancora, la regione del Delta.

L'argomento, di volta in volta, è stato presentato in termini favorevoli e tali da fare assumere ai risultati delle operazioni da disporre capacità determinanti a questo riguardo.

Le concezioni relative, così come sono state enunciate, si prestano a considerazioni profittevoli, ma un esame, anche sommario, degli elementi essenziali da cui sono ritratte, posti in correlazione con le condizioni fisico-idrologiche del bacino tributario riferito alle sezioni poste nei tratti infimi del corso d'acqua, riduce i valori numerici che definiscono gli stessi benefici a un ordine di grandezza notabilmente inferiore rispetto alle previsioni.

Di tanto cioè da restringere il campo di variabilità di questi indici entro minimi, pur anche aleatori, insufficienti a delineare la reale convenienza delle operazioni da predisporre.

Per questo motivo si ravvisa acconcio uno studio dell'argomento dal quale sia possibile trarre indizi sull'ordine di grandezza dei vantaggi che l'invaso di una quota parte dei deflussi provenienti dai diversi affluenti, operato tramite i serbatoi artificiali e i laghi naturali, comparativamente apportano alla attenuazione delle piene del Po.

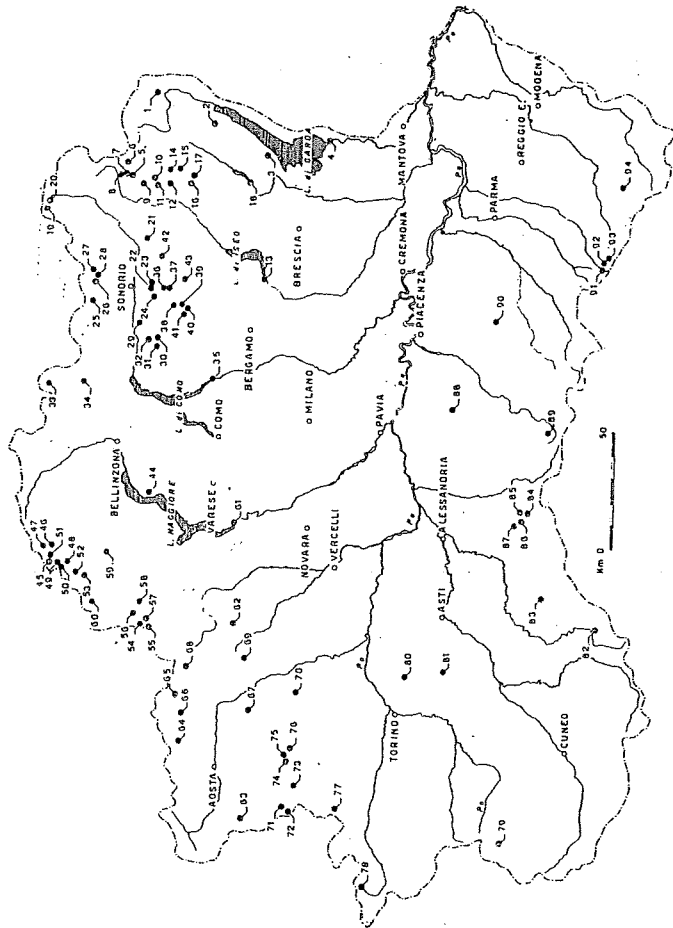
A questo fine, a cagione della complessità della indagine — in dipendenza della estensione del bacino tributario, della eterogeneità della distribuzione dei serbatoi e del dissimile regime idrometeorologico a cui sono soggetti i ri-

(*) Da « Rassegna dei Lavori Pubblici », anno 1963, fasc. 7.

spettivi bacini di alimentazione —, si ritiene che la ricerca sia da basare su adeguate ipotesi, semplificate, ponderatamente formulate.

Prima di precisare queste proposizioni si giudica convenevole delineare le condizioni generali di distribuzione dei serbatoi artificiali esistenti e in costruzione nel bacino del Po così come sono state desunte dalle Pubblicazioni del Servizio Idrografico Italiano e dai dati forniti dall'Ufficio Idrografico per il Po, rinviando a un apposito capitolo la definizione della correlazione intercorrente tra le esigenze della loro utilizzazione e quelle relative al loro impiego per le ragioni mentovate.

Nella delimitazione non sono stati considerati i serbatoi ancora possibili, giacchè la loro costruzione non solo non muterebbe l'ordine di grandezza dei vantaggi offerti da quelli esistenti, ma rinvierebbe il loro possibile effetto sulle escrescenze del Po ad un tempo troppo discosto da quello, invece, che è richiesto dalle contingenze che derivano dalla convenienza di conseguire sol-



Distribuzione sul bacino del Po degli invasi disponibili.

lecitamente la sicurezza idraulica per i territori dominati dall'asta inferiore del corso d'acqua.

Nella planimetria allegata è indicata la ubicazione dei serbatoi artificiali esistenti e in costruzione al 31 dicembre 1961 aventi un volume di invaso, utile, superiore, o uguale, a un milione di metri cubi.

Nel Prospetto che segue gli stessi serbatoi sono elencati con la superficie del bacino di alimentazione diretto e il corrispondente volume di invaso utile. Le due illustrazioni confermano che il maggior numero di serbatoi, insieme con i maggiori volumi di invaso disponibili, è disposto in Lombardia a cui seguono il Piemonte e l'Emilia.

Dal loro esame risulta che, in genere, la disposizione degli stessi serbatoi è in diretta relazione con i caratteri peculiari della distribuzione dei valori medi — mensili ed annui — delle precipitazioni, quindi dei correlativi deflussi, con le differenziazioni che sono descritte nella Relazione Introduttiva del fascicolo n. 11, dell'Ufficio Idrografico per il Po, della Pubblicazione n. 26 del Servizio Idrografico Italiano « Le Piogge medie del trentennio 1921-1950 ».

Dai modi con i quali si manifestano, appare chiaro che l'intervento dei maggiori valori degli afflussi medi nella formazione delle piene del Po è moderato nei confronti dei totali di pioggia che sono all'origine di un evento non eccessivamente frequente e ciò in ragione del fatto che le piene accadono, di norma, in tempi nettamente sfasati rispetto a quei massimi.

Se si esaminano le carte che rappresentano la distribuzione delle piogge che hanno originato nelle sezioni inferiori del corso d'acqua piene definite da portate massime superiori alla norma, traspare anche che i centri dei valori più elevati delle precipitazioni relative a quell'evento, sia unitari che integrali, sono disposti prevalentemente nella zona delle Prealpi Lombarde, nella parte meno elevata delle Alpi Piemontesi e lungo il crinale degli Appennini, cioè, per la regione Alpina in luoghi ove particolari condizioni geografiche e fisiche non hanno assicurato la convenienza, tecnico-economica, della costruzione di serbatoi di accumulo, mentre per gli Appennini la coincidenza dei centri di massima precipitazione con l'ubicazione dei serbatoi non apporta all'insieme delle considerazioni modificazioni sostanziali atteso il moderato valore dei volumi disponibili.

Quanto è stato esposto consente la deduzione di un primo giudizio sulle possibilità che offrono gli invasi disponibili, cioè che esse, se riguardate nel bilancio dei caratteri idrologici e geofisici dei bacini che tributano ai serbatoi nel tempo delle maggiori probabilità di formazione delle piene più notevoli — in autunno ed in primavera —, non possono essere che di poco rilievo.

Dalla elencazione delle caratteristiche dei serbatoi appare anche un altro elemento che chiarisce fin d'ora il probabile ordine di grandezza dell'azione esercitata dagli stessi invasi.

Se si rapporta, infatti, la superficie totale dei bacini che tributano direttamente ai serbatoi ed ai laghi naturali, Km² 17.004, a quella del Po alla sezione di Pontelagoscuro, Km² 70.091, — che è la località nei pressi della quale deve essere prevista la maggiore riduzione delle escrescenze —, si ottiene un valore di 0,243 che può essere assunto a rappresentare, numericamente, la

CARATTERISTICHE DEGLI INVASI DEI SERBATOI IN ESERCIZIO, OD IN COSTRUZIONE, AL 31-12-1961 E LACHI NATURALI CON CAPACITA' UTILE SUPERIORE AD UN MILIONE DI METRI CUBI

N.	Corso d'acqua	Denominazione del serbatoio	Superficie del bacino diretto Km²	Volume utile m³.10⁶
1	R. Lambin	L. di Molveno	64,6	218,00
2	T. Ponale	L. di Ledro	105,0	44,60
3	T. Toscolano	Ponte Cola	97,1	47,50
4	Sauca - Mincio	Lago di Garda	2.083,3	458,00
5	T. Avio	Pantano d'Avio	4,0	12,30
6	L. Di Vennocolo	Vennocolo	3,0	2,50
7	T. Avio	Benedetto	15,9	7,70
8	T. Avio	Avio	1,7	17,40
9	T. Baitone	Baitone	7,9	15,00
10	T. Salarno	Dosazzo	—	1,60
11	T. Salarno	Salarno	14,9	17,20
12	R. Piz	Arno	14,0	30,40
13	R. Piz	Lago d'Isèo	1.780,60	85,40
14	F. Chiese	Malga Bissina	51,2	60,00
15	F. Chiese	Malga Boazzo	50,0	11,80
16	T. Laione	L. della Vacca	1,6	2,50
17	L. Nero	L. Nero	2,1	1,40
18	F. Chiese	Lago d'Idro	515,1	75,00
19	F. Adia	S. Giacomo	18,7	64,00
20	F. Adia	Cancano	17,3	124,00
21	T. Belviso	Frena	27,3	50,10
22	T. Venina	Venina	8,3	11,20
23	T. Caronno	Scais	17,8	9,00
24	T. Livio	Publino	1,9	5,10
25	Em. L. Furola	Pirola	1,2	1,90
26	L. Pelli	Pali	3,2	1,60
27	T. Cormor	Alpe Ceza	38,4	65,00
28	T. Cormor	Campo Moro	1,0	10,00
29	T. Tartano	Tartano	56,0	1,20
30	T. Inferno	Inferno	1,1	4,00
31	T. Bitto di Ger	Trona	2,6	5,20
32	T. Bitto di Pes	Pescegallo	0,9	1,10

CARATTERISTICHE DEGLI INVASI DEI SERBATOI IN ESERCIZIO, OD IN COSTRUZIONE, AL 31-12-1961 E LACHI NATURALI CON CAPACITA' UTILE SUPERIORE AD UN MILIONE DI METRI CUBI

N.	Corso d'acqua	Denominazione del serbatoio	Superficie del bacino diretto Km²	Volume utile m³.10⁶
33	Liro	Spluga	24,0	32,10
34	T. Truzzo	Truzzo	10,0	18,40
35	Adia	Lago di Como	4.342,3	254,00
36	Em. L. Diavolo	Diavolo	1,0	2,60
37	Em. L. Fregab.	Fregaborgia	2,4	4,70
38	Em. L. Sardegna	Sardagnana	1,9	2,30
39	R. Como	Colombo	2,5	2,60
40	R. Borleggia	Cernelli	1,0	7,50
41	R. Borleggia	Casere	6,3	2,50
42	F. Serio	Barbellino	22,3	18,70
43	T. Goglio	L. Nero	4,2	3,40
44	T. Casnara	L. Delio	0,9	4,00
45	R. Sabbione	Sabbione	15,2	28,20
46	R. Kastel	Kastel	2,8	9,40
47	R. Toni	Toggia	6,1	15,60
48	L. Busin	Busin Inf.	2,5	3,50
49	L. Obersee	Obersee	2,2	1,20
50	R. Vannino	Vannino	7,6	9,80
51	T. Gries	Morasco	17,4	18,40
52	R. d'Arbola	Cortelego	25,0	16,00
53	R. Agaro	Agaro	10,6	19,90
54	R. Banella	Camposecco	5,0	5,90
55	R. Sangoria	Clangino	8,3	4,70
56	R. Lozano	Alpe Cavalli	23,0	8,40
57	R. Troncone	Campliccioli	25,7	8,90
58	R. Troncone	Antrona	7,5	5,50
59	R. Tomello	Lareochio	2,9	2,80
60	R. Ciampèrè,	Avino	5,5	6,40
61	—	Lago Maggiore	6.435,8	420,00
62	Sesveva	Sesveva	50,9	1,40
63	Dova Valgr.	Beauvegard	93,6	70,00

segue

CARATTERISTICHE DEGLI INVASI DEI SERBATOI IN ESERCIZIO, OD IN COSTRUZIONE, NEI ANNI 1961 E LACI NATURALI CON CAPACITA' UTILE SUPERIORE AD UN MILIONE DI METRI CUBI

N.	Corso d'acqua	Denominazione del serbatoio	Superficie del bacino utile Km ²	Volume m ³ · 10 ⁶
64	Buthier	Place Moulán	74,2	100,00
65	Em. Lago	Lago Coillet	6,3	11,84
66	Em. Lago	Lago Cignana	13,5	16,12
67	Em. Lago	Lago Vercoco	2,0	1,06
68	Em. Lago	Lago Gaibet	3,0	4,40
69	Paxculla	Lago Vargno	3,9	1,14
70	Chitella	Curzia	140,0	1,25
71	R. Agnel	Lago Agnel	10,89	2,00
72	Orco	Lago Serrà	5,5	14,23
73	Orco	Ceresole Reale	71,6	36,00
74	Plantanetto	Pian Telesio	15,7	23,30
75	R. Valsoera	L. Valsoera	8,4	8,00
76	Em. Lago	L. Eugio	9,9	3,00
77	R. Curie	L. della Rossa	3,5	8,75
78	Rochemolles	Rochemolles	26,0	3,80
79	Varaita	Castello	67,5	13,00
80	R. Carvera	L. d'Arignano	8,0	1,40
81	R. Beltramo	L. della Spina	1,1	1,50
82	Osglietta	Osglietta	20,5	13,00
83	Valla	Valla	68,0	2,25
84	Em. Lago	L. Lurigo	9,1	4,70
85	Em. Lago	L. Lavezzo	3,9	2,99
86	Em. Lago	L. Badana	4,8	4,69
87	Covzente	L. Lavagnina Inf.	12,3	2,25
88	Tidone	Molato	83,0	12,00
89	Brugnato	Brugnato	25,9	25,00
90	'Arda	Mignano	87,2	15,50
91	R. Lago Verde	Lago Verde	1,2	1,85
92	R. Barca	Lago Ballano	0,9	1,27
93	Enza	Paduli	3,64	3,38
94	Dolo	Fontanahucchia	44,0	2,50

segue

somma delle azioni esercitate dagli invasi possibili sul relativo diagramma dei deflussi in quel sito nella supposizione della sottrazione integrale degli apporti dei tributari degli stessi serbatoi.

E', questa, una ipotesi che può essere definita la più favorevole tra quelle prevedibili, poichè con essa si ammette di sottrarre totalmente i tributi dei bacini sottesi dai serbatoi; ma essa deve essere considerata anche la meno conveniente se si riferisce all'effetto esercitato sulla conformazione diagrammatica della escrescenza a Pontelagoscuro.

Infatti, questo appare contenuto entro limiti moderati, se si riflette che esso è la conseguenza di una sottrazione degli apporti continua per l'intero tempo di formazione e di evoluzione della escrescenza. A questo deve aggiungersi che le operazioni necessarie per attuare questa ipotesi si palesano come le meno fattibili se si raffrontano con le difficoltà che debbono essere superate per conseguire la disciplinata regolazione di tante unità ricettive soggette a condizioni idro-meteorologiche di afflusso dissimili sia nel tempo, sia nel valore — unitario e totale —, quanto nei modi di manifestarsi, cioè, più precisamente, di condizioni che solo ai fini di una semplificazione generalizzatrice delle deduzioni analitico-sperimentali possono essere ammesse distribuite in maniera uniforme e contemporanea su tutto il bacino che tributa alla sezione di Pontelagoscuro.

Lo studio dei probabili effetti di attenuazione esercitati dagli invasi esistenti nel bacino del Po dovrebbe essere basato sull'esame del distinto comportamento delle diverse porzioni che costituiscono il bacino totale relativamente ad una serie sufficientemente estesa, e varia, di eventi accaduti onde dedurne indici idonei alla definizione delle corrispondenti peculiarità idrologiche.

Ma questa ricerca si presenta gravata di elaborazioni e pure non così indicativa nei risultati, come potrebbe essere supposto, per le numerose e dissimili risoluzioni interpretative che essa fornisce le quali sono essenzialmente connesse con le combinazioni probabilistiche dei fattori che le definiscono.

Si reputa pertanto più vantaggiosa, come è stato detto, la adozione di ipotesi semplificative da applicare alle condizioni ed alle probabili azioni medie esercitate dai bacini elementari sulle quali basare le elaborazioni necessarie.

La prima di queste supposizioni è quella dell'aspetto, analitico-figurativo, che assume il contributo di sintesi delle onde elementari provenienti dai diversi bacini rispetto a quella riferita ai tratti inferiori del Po.

Per questa si conviene che la somma delle superfici che contribuiscono agli invasi disponibili sia equivalente a quella di un unico con caratteristiche idro-meteorologiche e fisiche ragguagliabili a quelle del Po nei tratti inferiori e che pertanto il contributo formativo dei deflussi provenienti da questo, ideale equivalente, assuma nelle località inferiori la configurazione ed i valori medi del contributo unitario proprio della sezione di Pontelagoscuro.

Da questa premessa deriva che le portate del bacino equivalente e quelle di Pontelagoscuro stanno tra di loro come le rispettive superfici tributarie (R=0,243).

La supposizione, che è adottata di frequente nelle applicazioni dell'idrologia, può essere giudicata attendibile anche in questa ricerca, sia per quanto concerne la forma dell'idrogramma che per i valori numerici che distinguono le portate riferite al bacino equivalente, se si considera che la distribuzione degli invasi disponibili, e quindi delle corrispondenti superfici di alimentazione è, come è stato detto, in diretta e ponderata correlazione con la ripartizione dei contributi meteorici e con le caratteristiche fisico-idrologiche dell'intero bacino.

Altra ipotesi ammessa è quella con la quale si prevede che l'onda di piena del bacino equivalente si presenti a Pontelagoscuro con le stesse caratteristiche di tempo proprie dell'onda integrale.

Pure questa ammissione può essere ritenuta valevole, se ancora si considera la distribuzione degli invasi che riguardano la ricerca e la loro successiva e varia, e purtuttavia concomitante, azione di modellazione delle escrescenze nei tratti inferiori del recipiente Po.

Per quanto riguarda, invece, l'onda relativa alla chiusura, ideale, del bacino equivalente, per quanto concerne la sua durata si è giudicato convenientemente assumere lo stesso valore di quello integrale con tempi pure uguali sia nella fase di ascesa quanto in quella di esaurimento.

Nei riguardi, invece, delle caratteristiche dei deflussi, riferiti sempre alla chiusura — fittizia — del bacino equivalente, è d'uopo tenere presente che quivi debbono essere usati valori diversi da quelli precedentemente attribuiti alla sezione di Pontelagoscuro; cioè valori, maggiori, che nella realtà spettano a quel bacino in ragione dell'attenuazione che subiscono i contributi di piena in funzione inversa della superficie tributaria e che trae giustificazione non solo dalla analoga mutazione dei valori unitari degli afflussi meteorici, ma pure degli invasi che avvengono negli alvei di scorrimento e nelle aree di espansione a questi adiacenti, dissimilmente distribuiti lungo il percorso delle acque.

Dalla analisi comparativa delle documentazioni raccolte su questa caratteristica dei deflussi dal Servizio Idrografico Italiano, si reputa che il rapporto, medio, tra i contributi di piena ragguagliati, rispettivamente riferiti al bacino equivalente ed a quello di Pontelagoscuro, possa essere assunto uguale a 1,35.

Si tratta, di fatto, di un coefficiente che può essere giudicato solamente medio per i due bacini che riguardano questa ricerca — l'equivalente e quello di Pontelagoscuro —, ma che può subire variazioni anche sensibili, in più od in meno, in conseguenza delle dissimili condizioni idro-meteorologiche che hanno cagionato la escrescenza a cui si intende applicare.

Si è reputato conveniente l'adozione del rapporto, anche nel suo valore mediato, per conseguire una valutazione più vicina alla realtà dei valori che qualificeranno la ricerca.

In conformità, le portate del bacino equivalente si otterranno da quelle riferite a Pontelagoscuro con il sussidio del moltiplicatore:

$$k = 1,35 \cdot 0,243 = 0,328$$

(0,243 è il rapporto precedentemente definito delle aree dei rispettivi bacini tributari).

Da una disamina equamente interpretativa dei dati sperimentali raccolti dall'Ufficio Idrografico per il Po in merito agli effetti, singoli e cumulativi, causati dai concomitanti fenomeni idrologici che investono l'intera estesa del bacino del Po in occasione del manifestarsi di eventi di piena, consegue che le formulazioni proposte possono essere accettate in tutto il loro significato, poichè, come è facilmente comprensibile, esse sono di natura tale da delineare chiaramente le elaborazioni relative contenendone nel contempo i risultati entro termini ammissibili.

Dalle affermazioni esposte procede che ogni fatto estraneo alla naturale evoluzione di un evento idrometeorologico che sia la causa, preordinata, della alterazione della conformazione diagrammatica della piena pertinente al bacino definito equivalente — alterazione che nel caso di questo studio è supposta suscitata allo scopo di trarre il massimo giovamento dalle capacità di invaso dei serbatoi artificiali e dei laghi naturali regolati —, può essere studiato nei valori numerici che distinguono la medesima alterazione e questi trasferiti, previo l'acconco adeguamento, a rappresentare la deformazione indotta nel diagramma della stessa piena riferito alle sezioni inferiori del Po.

Da quanto è stato significato proviene che i valori numerici così determinati, che rappresentano gli effetti delle diverse operazioni di invaso, debbono essere interpretati solo come probabili, poichè in realtà essi sono funzione di aleatori fattori, difficilmente ponderabili, direttamente connessi con i modi con i quali si manifestano le contemporanee vicende idro-meteorologiche soggette alle leggi che governano la loro distribuzione nel bacino del Po e, preponderatamente, a quelle del caso.

Altre proposizioni che si reputano essenziali sono quelle che riguardano le modalità con le quali possono essere disposti gli invasi.

A questo riguardo le ipotesi ammissibili sono molteplici e di diversa natura, ma alcune di esse si palesano particolarmente idonee per la spontaneità della loro formulazione e per l'immediata percezione delle elaborazioni che suffragano: tra queste si conviene di indagare quelle che corrispondono ai casi limiti, cioè a quelli che assicurano la valutazione, rispettivamente, del minimo e del massimo degli effetti ottenibili nei tronchi inferiori.

Con una prima proposizione si immagina che la sottrazione dei deflussi, riferiti alla chiusura del bacino equivalente, avvenga in maniera continua per l'intera durata dell'onda di piena, vale a dire dall'inizio della formazione di questa fino al termine della sua fase di esaurimento.

Riflettendo sul fatto che per eventi ragguardevoli, che sono quelli che concernono la ricerca, il volume integrale dei deflussi relativi all'onda di piena del bacino equivalente, è superiore a quello che può essere trattenuto nei serbatoi — il quale in vista delle ragioni tecniche ed economiche che dovranno disciplinare le caratteristiche degli invasi può essere contenuto in un valore medio compreso tra il 15 ed il 20% di quello utile —, si può presumere che nel suo accesso ai recipienti questa porzione del deflusso integrale sia

regolata in funzione della durata complessiva dell'evento idrologico ed in misura da raggiungere il valore massimo predisposto alla fine del tempo relativo.

Questa supposizione, che in realtà è la sintesi di una serie di singoli interventi — tanti quanti sono gli invasi disponibili —, a loro volta subordinati a molteplici e concomitanti fattori aleatori, si presenta, proprio per queste ragioni, di difficile traduzione pratica, per cui l'effetto indotto sulla piena a Pontelagoscuro appare possibile di una stima solo approssimata.

L'effetto stesso di questa operazione, principalmente per la durata ammessa, si dimostra anche il minimo che possa essere ottenuto.

Purtuttavia si soggiunge che questo effetto non deve essere trascurato nella analisi dei risultati della ricerca in quanto non deve essere escluso che circostanze occasionali intervengano nella maniera meno opportuna a modificare i risultati di altre manovre studiate e disposte per il conseguimento di condizioni più favorevoli.

L'altra proposizione adottata, che per le sue peculiarità conduce certamente a risultati corrispondenti alla più efficace utilizzazione degli invasi, è quella con la quale si prevede la sottrazione dei deflussi del bacino equivalente, ancora, a quello massimo disponibile nei serbatoi.

Con questa operazione il massimo volume risulta sottratto in un tempo minimo, che è subordinato solo alla forma dei diagrammi dei deflussi ed al valore del volume invasabile: da qui deriva che anche le portate prossime al tempo del colmo saranno soggette alla massima diminuzione possibile.

Le esemplificazioni studiate sulla base delle due supposizioni enunciate riguardano le piene del giugno 1957, del dicembre 1958, del novembre-dicembre 1959 (per questa per i tre colmi che la delinea) e del novembre 1951. Per le prime — 1957, 1958, 1959 — si può affermare che le portate massime, a Pontelagoscuro, non sono da annoverare tra quelle di eccezione; gli eventi sono stati però ugualmente studiati per l'interesse che presentano le rispettive configurazioni diagrammatiche e perchè sono i più ragguardevoli che si sono manifestati nel Po in questi ultimi anni.

La piena del novembre 1951, la massima tra quelle osservate a Pontelagoscuro da oltre 150 anni, è stata studiata nella conformazione ricostruita sulla base dei dati forniti dall'Ufficio Idrografico per il Po, perchè, come è noto, questo evento ha subito a Pontelagoscuro una profonda alterazione a causa delle rotte della arginatura maestra, ad Occhiobello ed a Paviole, accadute prima del raggiungimento dal massimo idrometrico.

Le elaborazioni riferite ai due casi limiti supposti sono state eseguite considerando tre valori di volumi disponibili uguali a 0,08, a 0,12 ed a 0,18 del volume di invaso utile nei serbatoi elencati nella equivalente, rispettivamente — ed arrotondati —, a 200, 350, 500 milioni di metri cubi.

Nei riguardi delle deformazioni indotte sull'onda di piena a Pontelagoscuro, i volumi elencati sono stati poscia rapportati al coefficiente di riduzione, 1,35, di cui è stato cennato in precedenza.

Con questa operazione i volumi sopradetti, nelle sottrazioni dei deflussi

a Pontelagoscuro, si sono convertiti, rispettivamente, in 150, 260, 370 milioni di metri cubi.

Circa le modalità elaborative con le quali si sono supposte avvenute le modificazioni dei deflussi in questo sito, si enuncia che:

— per la laminazione le portate sottratte sono state espresse in funzione del tempo con legge sinusoidale — che segnalatamente si presta a questo genere di figurazioni —, definita:

per la fase ascendente della piena, dall'inizio fino al colmo, da

$$q = a \cdot \left(1 - \cos \frac{\pi t}{T_1} \right)$$

ove T_1 , in secondi, è uguale alla durata della intera ascesa;

per la fase di esaurimento da

$$q = a \cdot \left(1 + \cos \frac{\pi t}{T_2} \right)$$

con T_2 uguale alla durata della decrescita.

Nelle due espressioni il parametro a ha il medesimo valore numerico: esso, per ogni esemplificazione, è subordinato alla condizione che la somma degli integrali delle due formulazioni, nei limiti dei rispettivi campi di validità — i tempi T_1 e T_2 —, sia uguale al volume che si intende invasare con la operazione.

Tenuto conto della forma delle espressioni adottate, il valore del parametro risulta definito da:

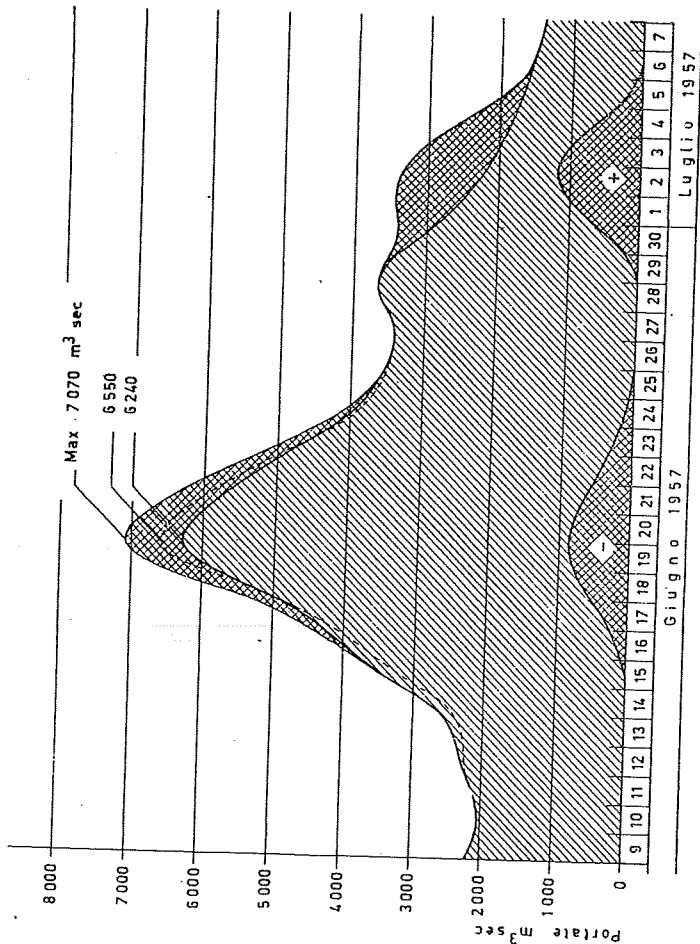
$$a = \frac{V \cdot q_{\max}}{(T_1 + T_2) \cdot 2}$$

nella quale V è il volume disponibile ridotto, perchè si intende riferito a Pontelagoscuro, e q_{\max} è il valore massimo della portata che sarà sottratta al colmo della piena in questa sezione di fiume;

— per la decapitazione le portate, da sottrarre al diagramma di Pontelagoscuro, sono state prese da quello del bacino equivalente, ragguagliato a questo sito, con la delineaazione di una calotta, sottesa da una orizzontale a portata costante, il cui volume è uguale a quello disponibile, anche esso ragguagliato.

Per questa operazione la ricerca dei limiti della sua durata, della quale è funzione il volume sottratto, è stata fatta per successivi tentativi e con la conveniente interpolazione grafico-correlativa dei valori ottenuti.

Per quanto concerne la restituzione dei deflussi accumulati, che è da giudicare una operazione essenziale per il prevedibile sopraggiungere a breve distanza di tempo di nuovi avvenimenti idrometeorologici pregiudizievole, si è ammesso che essa sia regolata, nella sintesi di Pontelagoscuro, dalla stessa legge sinusoidale già espressa e con un tempo, durata della intera operazione, bastevolmente esteso per ottenere il discarico dei serbatoi il più prestamente,



Pontelagoscuro: diagramma dei deflussi naturali ed attenuati.

ma alla condizione di non causare una escrescenza, supplementare, ancora sfavorevole.

Le elaborazioni eseguite con i procedimenti e con le ammissioni esposte sono sintetizzate nei grafici delle figure allegate, mentre nei prospetti sono riportati i correlativi valori analitici.

Piena del giugno 1957

Con l'avvenimento, che ha causato la rotta del Po di Goro a Cà Vedramin — vedansi altre notizie negli studi « Le rotte del Po di Goro del giugno 1957 e del novembre 1960 e la loro influenza sul regime idraulico del Po »; « Le piene del giugno 1957, del dicembre 1958 e del dicembre 1959 — », a Pontela-

goscuro l'altezza idrometrica ha raggiunto il valore massimo di metri 3,03 ed una portata massima di m³/sec 7.070.

Il diagramma dei deflussi riferiti a questo luogo dimostra che la piena si è qui presentata con caratteri relativamente insoliti.

Le elaborazioni concernenti la indagine sono state eseguite, così come per i successivi casi che saranno illustrati, senza tenere conto della contemporanea e naturale azione di attenuazione della escrescenza operata dagli invasi esistenti, serbatoi artificiali e laghi naturali regolati, perché — in una analisi a posteriori — questa non sarebbe stata possibile di una stima attendibile atteso la complessità della ricerca ed il difetto dei dati necessari.

Trattando lo studio esemplificazioni di carattere generale, le operazioni ipotizzate ritrovano purtuttavia la giustificazione dei risultati delle applicazioni anche se si ammette questa azione come non avvenuta.

Si precisa poscia che tutte le esemplificazioni riportate si riferiscono all'invaso, ragguagliato a Pontelagoscuro, di 370 milioni di metri cubi.

Con la laminazione dell'onda relativa al bacino equivalente è stato ammesso:

— inizio degli invasi: ore 12 del giorno 10;

— colmo: ore 15 del giorno 19;

— tempo di ascesa: T₁=ore 219=sec 788.400;

— equazione delle portate:

$$q = 259,535 \left(1 - \cos \frac{\pi t}{788,400} \right)$$

— termine dell'invaso: ore 24 del giorno 26;

— tempo di decrescita: T₂=ore 177=sec 637.200;

— equazione delle portate:

$$q = 259,535 \left(1 + \cos \frac{\pi t}{637,200} \right)$$

Con questi elementi è risultato che la massima diminuzione della portata, in corrispondenza del colmo, sarebbe stata di m³/sec 555 — da m³/sec 7.070 a m³/sec 6.515 — con una variazione dell'altezza idrometrica di m. 0,26, da m. 3,03 a m. 2,77.

Con l'operazione di decapitazione — inizio alle ore 9 del giorno 15, termine alle ore 24 del 25, durata complessiva ore 255=sec 918.000 —, la escrescenza risulterebbe diminuita, al colmo, di una portata di m³/sec 830 — da m³/sec 7.070 a m³/sec 6.240 —, con una depressione idrometrica di m 0,40, da m 3,03 a m 2,63.

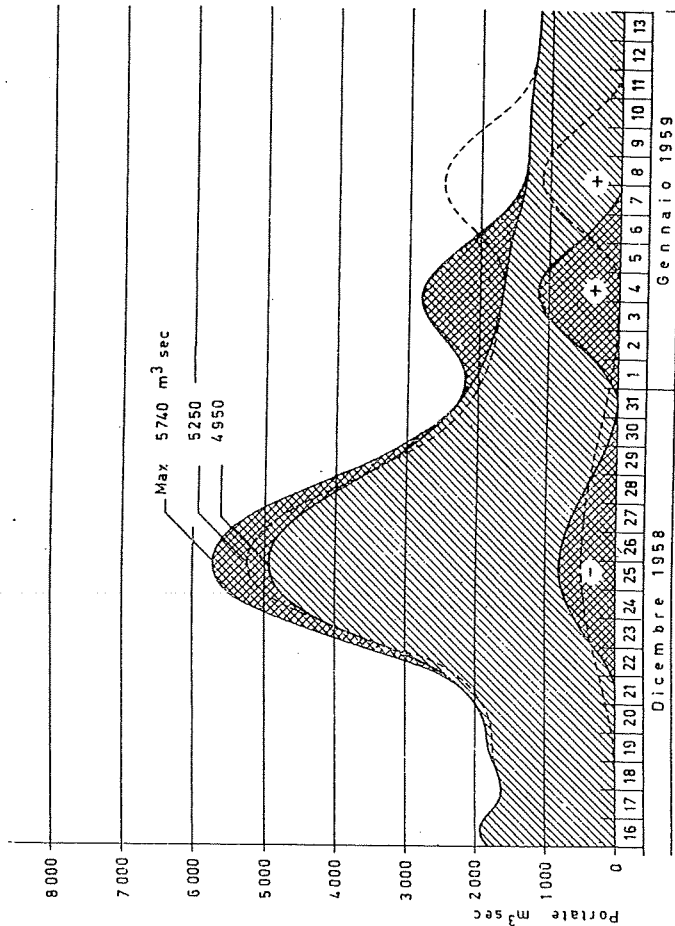
La restituzione del volume invasato, m³ 10⁶ 370, è stata prevista nel tempo che va dalle ore zero del 29 giugno alle ore 12 del 6 luglio — durata ore

180=sec 648.000, portata massima di scarico m³/sec 1.142 —, essa risulta per tanto rappresentata dall'equazione:

$$q = 571 \left(1 - \cos \frac{2 \pi t}{648.000} \right)$$

Piena del dicembre 1958

Per cognizioni più particolareggiate sul comportamento di questa piena nella regione del Delta del Po si richiama lo studio « Notizie intorno alle piene del Po del giugno 1957, dicembre 1958, dicembre 1959 ».



Pontelagoscuoro: diagramma dei deflussi naturali ed attenuati.

Questo evento, che nelle sezioni inferiori del Po non ha raggiunto quote e portate di eccezione, si è manifestato a Pontelagoscuoro con una delineaazione diagrammatica a cuspidate unitaria la cui forma arrotondata palesa chiaramente la sua origine: cioè da eventi idro-meteorologici uniformemente distribuiti su tutto il bacino di alimentazione.

Le operazioni di laminazione si sono supposte:

- inizio degli invasi: ore zero del giorno 18;
- colmo: ore 18 del giorno 25;
- tempo di ascesa: T₁=ore 186=sec 669.600;
- termine dell'invaso: ore 12 del 4 gennaio 1959;
- tempo di decrescita: T₂=ore 234=sec 842.400.

Le equazioni che esprimono le portate invasate in funzione dei rispettivi tempi, di ascesa e di decrescita della piena, sono risultate:

$$q = 244,710 \left(1 - \cos \frac{\pi t}{669,600} \right)$$

$$q = 244,710 \left(1 + \cos \frac{\pi t}{842,400} \right)$$

Dalle medesime equazioni si deduce che la riduzione della portata, al colmo, sarebbe stata di m³/sec 495 con una diminuzione della altezza idrometrica di m 0,34, da m 1,95 a m 1,61.

La decapitazione della escrescenza, riferita al bacino equivalente, dalla interpolazione dei dati ricavati per i diversi tentativi eseguiti ha avuto inizio alle ore zero del 22 e termina alle ore 9 del 31, durata complessiva ore 225=sec 810.000, ai quali limiti corrisponde un volume di m³ 10⁶ 375.287; la relativa portata al colmo, a Pontelagoscuoro, avrebbe subito una riduzione di m³/sec 790, mentre l'altezza idrometrica avrebbe raggiunto un valore minore di m 0,55, da m 1,95 a m 1,40.

Nella figurazione allegata sono rappresentati anche i diagrammi relativi allo svuotamento dei serbatoi, iniziati alla fine delle due supposte operazioni di invaso: essi sono stati tracciati con l'uso della identica equazione già adottata per la piena del giugno 1957 (durata degli scarichi ore 180=sec 648.000, portata massima m³/sec 1.142).

Piena del novembre-dicembre 1959

Questo avvenimento è delineato a Pontelagoscuoro da una successione di tre colmi dei quali il maggiore è quello del giorno 6 dicembre.

Le notizie riportate nello studio precedentemente ricordato concernono precipuamente questo massimo che è stato quello che nella regione del Delta

ha cagionato condizioni veramente sfavorevoli per la stabilità delle difese arginali.

Per l'evento, nella completezza dei tre colmi che lo distinguono, non sono state eseguite le elaborazioni relative alla operazione di laminazione in quanto i due precedenti esempi illustrati hanno sufficientemente confermato che i conseguenti effetti sulla forma della piena a Pontelagoscuro sono di gran lunga minori di quelli ottenibili invece con l'operazione di decapitazione.

Per le escrescenze in argomento si è proceduto alla ricerca della deformazione del relativo diagramma a Pontelagoscuro con la applicazione delle seguenti fasi, successive, di invaso e di scarico dei deflussi:

— dalle ore 6 del giorno 14 alle ore 12 del giorno 25, invaso del volume di $m^3 \cdot 10^6$ 370 (1° colmo);

— dalle ore 12 del giorno 25 alle ore 12 del giorno 3 dicembre, scarico dello stesso volume con legge sinusoidale rappresentata dalla equazione:

$$q = 535 \left(1 - \cos \frac{2 \pi t}{691.200} \right)$$

— dalle ore 12 del giorno 3 alle ore 18 del 10 e dalle ore 6 del giorno 11 alle ore 12 del giorno 18, nuovo invaso del volume di $m^3 \cdot 10^6$ 370 (2° e 3° colmo);

— dalle ore 12 del 18 alle ore 24 del 25 dicembre, durata ore 180 = sec. 648.000, scarico del volume invaso rappresentato ancora dalla equazione usata per la piena del giugno 1957 e per quella del dicembre 1958.

Le ipotesi elaborative descritte sono sintetizzate nel relativo grafico che chiarisce le particolari caratteristiche del gruppo di onde e i risultati delle operazioni previste.

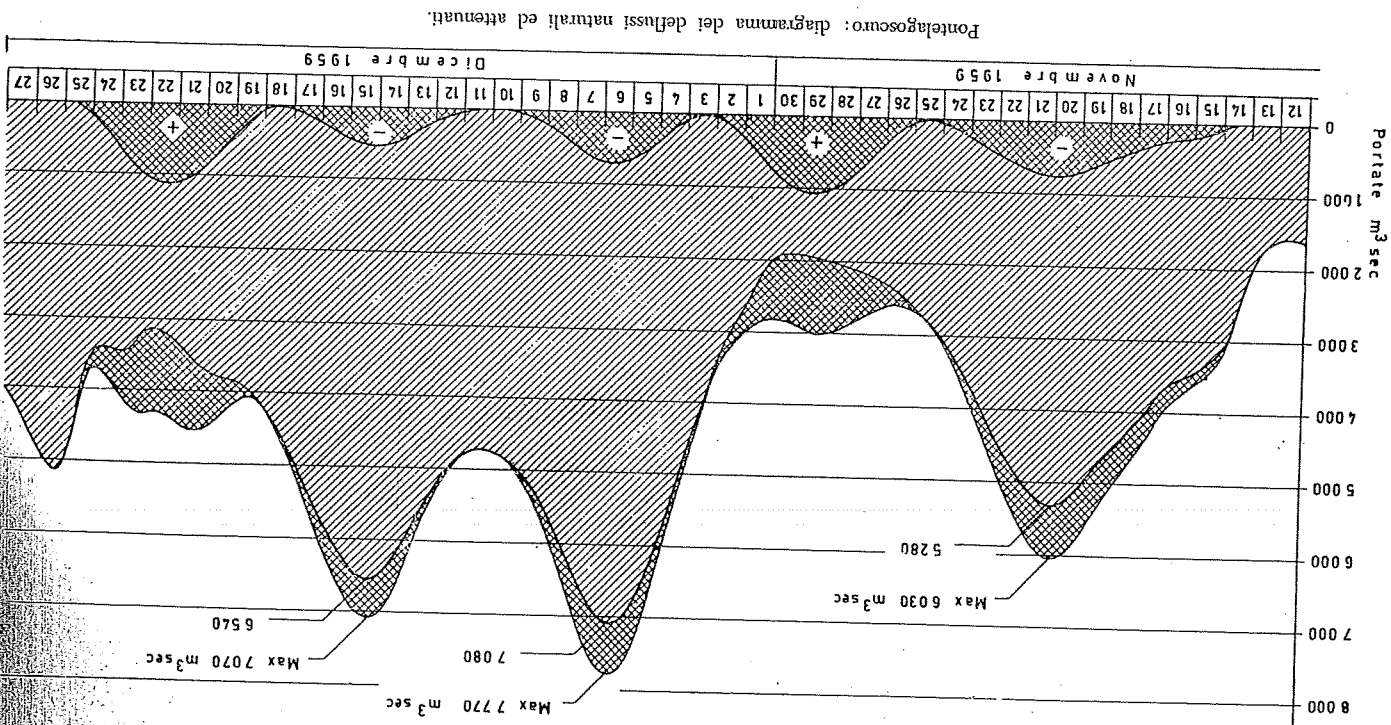
Piena del novembre 1951

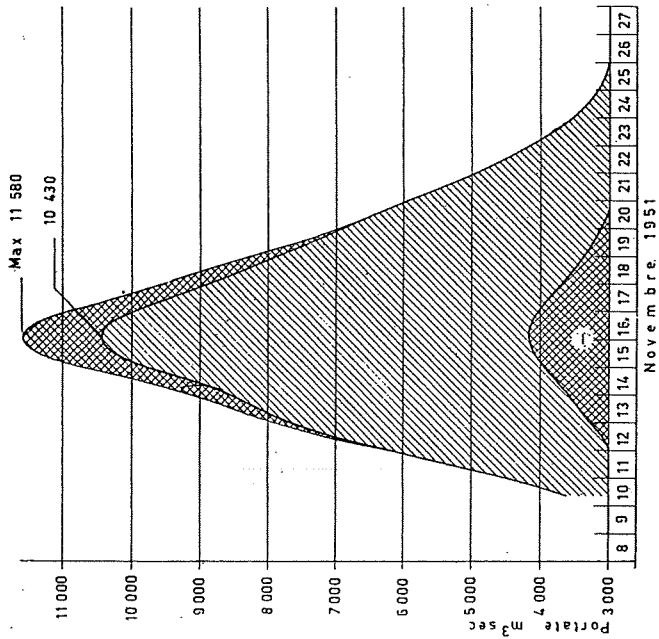
Le elaborazioni sono state eseguite sul diagramma della piena ricostruito per la località di Pontelagoscuro.

Il calcolo dei volumi sottratti è stato eseguito ancora per la sola operazione di decapitazione.

Per questo evento le elaborazioni, eseguite con gli stessi concetti dei precedenti esempi, hanno fornito i risultati che sono sintetizzati nel grafico allegato. Da questi risulta che con l'invaso del massimo volume disponibile nei serbatoi e nei laghi naturali, $500 m^3 \cdot 10^6$, corrispondente a $370 m^3 \cdot 10^6$ ragguagliato a Pontelagoscuro, si potrebbe ottenere in questa località una diminuzione di portata al colmo di m^3/sec 1.150, da m^3/sec 11.580 a m^3/sec 10.430, con una depressione del livello idrometrico, massimo, di m 0,42, da m 4,80 a m 4,38.

Gli elementi peculiari delle operazioni di invaso supposte, la laminazione e la decapitazione dell'onda di piena riferita al bacino equivalente, in relazione con i tre valori dei volumi possibilmente invasabili nei serbatoi e nei laghi naturali regolati esistenti nel bacino del Po, afferenti le semplificazioni





Pontelagoscuro: diagramma dei deflussi naturali ed attenuati.

illustrate, sono riassunti nei prospetti 1 e 2 nei quali sono riportati, anche, i dati relativi alle valutazioni di approssimazione per la definizione quantitativa degli effetti delle stesse operazioni.

In particolare si fa riferimento al prospetto 1 nel quale sono esposti i risultati delle elaborazioni afferenti le operazioni di decapitazione delle piene, perché, in realtà, sono quelle che maggiormente interessano la ricerca in quanto suscitano nella conformazione della piena a Pontelagoscuro le maggiori deformazioni e, quindi, gli effetti più vantaggiosi per i tratti inferiori del Po. I dati esposti sono rappresentati nel grafico in due correlazioni: volumi di invaso-variazione delle quote idrometriche, volumi di invaso-variazione delle

La visione di queste rappresentazioni richiama ad una constatazione che può essere definita basilare per la ricerca: cioè che ogni evento di piena, a parità di condizioni di invaso possibile, dà luogo ad una correlazione, ben

definita e continua nelle sue caratteristiche, che appare subordinata in maniera precipua non solo ai valori massimi del colmo, ma pure alla forma del corrispondente diagramma delle altezze idrometriche, o delle portate, in funzione del tempo.

La disposizione delle singole curve di correlazione palesa altresì che l'operazione di decapitazione induce deformazioni nei diagrammi delle piene a Pontelagoscuro i cui valori rappresentativi appaiono delimitati entro una ristretta fascia probabilistica, se si contengono i valori dei volumi invasabili entro termini ammissibili agli effetti pratici, tenuto conto della complessità e della aleatorietà delle manovre che è necessario predisporre, ed eseguire, con tempestività e contemporaneità nei luoghi di ricezione.

I grafici stessi palesano che in realtà, anche con la operazione della decapitazione della crescita del bacino equivalente, la conformazione diagrammatica della piena a Pontelagoscuro può subire, anche nei casi più favorevoli, deformazioni contenute entro termini modesti ed insufficienti a giustificare una somma di manovre, complesse e di difficile realizzazione pratica, sicuramente onerose nei riguardi, principalmente, di quelle che sono le esigenze proprie di funzionalità e di reddito dei serbatoi a cui sono subordinate.

A questo riguardo, anzi, si ritiene doveroso esporre, a complemento, anche alcune notizie che si riferiscono al funzionamento, normale, dei serbatoi artificiali ed al regime della utilizzazione degli invasi di cui dispongono.

Facendo riferimento ai dati pubblicati dal Servizio Idrografico Italiano — vedasi « La produzione di energia elettrica in Italia » — sono stati trascritti nei prospetti allegati i valori della « Energia accumulata nei serbatoi alla fine di ogni mese » e quelli della « Energia idroelettrica prodotta ogni mese » relativamente al quinquennio 1957-1961 distinti nei gruppi che riguardano il bacino del Po: Catena Alpina ed Appennino Settentrionale.

Oltre a questi elementi sono stati riportati in un altro Prospetto gli « Afflussi meteorici » ed i « Deflussi » relativi alla sezione di Pontelagoscuro con riferimento ancora al quinquennio 1957-1961.

I valori medi del periodo considerato sono stati poscia raffigurati nei grafici pure allegati, in una sintesi che per le sue particolarità facilita il confronto dei caratteri della distribuzione quantitativa, nell'anno medio, delle grandezze rappresentate.

I valori impiegati riguardano i serbatoi della catena Alpina e dell'Appennino Settentrionale e non solamente quelli disposti nel bacino del Po.

La discordanza dei valori che sono stati posti a confronto è da considerare però solo apparente, perché il confronto stesso è da intendere riferito alle caratteristiche di funzionamento dei serbatoi ed alla possibilità della diversa utilizzazione degli invasi relativi.

Le due raffigurazioni rivelano esplicitamente il dissimile regime di funzionamento dei serbatoi artificiali rispetto alle esigenze che derivano dal diverso impiego degli invasi secondo gli intendimenti di questo studio.

Dalle sintesi riportate traspare che i serbatoi del gruppo Appenninico possono, per quanto in misura molto modesta, conciliare la produzione di

Prospetto 1
ELEMENTI ANALITICI RIFERITI A PONTELAGOSCURO
RELATIVAMENTE ALLA DECAPITAZIONE DELL'ONDA DI PIENA

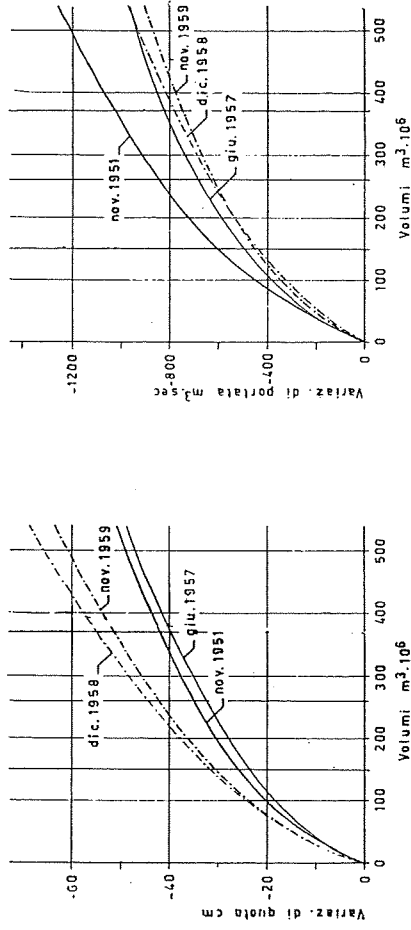
	Volume invasato V m ³ ·10 ⁶	Variatione della portata dQ m ³ /sec	Variatione della quota dH m	Durata della operaz. T. ore
Piena giugno 1957 Q _{max} =m ³ /sec 7.070 H _{max} =m 3,03	55,642	270	0,13	90
	106,877	406	0,19	120
	158,328	509	0,24	144
	212,069	602	0,28	168
	292,313	725	0,35	204
	400,572	851	0,42	276
	504,101	986	0,46	378
	611,366	1.001	0,50	402
	150,000	500	0,23	137
	260,000	685	0,32	192
370,000	880	0,40	255	
Piena dicembre 1958 Q _{max} =m ³ /sec 5.740 H _{max} =m 1,95	87,631	317	0,22	120
	122,342	381	0,26	132
	209,978	548	0,38	162
	239,393	624	0,43	180
	303,107	695	0,48	198
	375,287	784	0,55	222
	397,240	811	0,57	240
	460,917	884	0,63	288
	150,000	445	0,32	145
	260,000	630	0,44	180
370,000	790	0,55	225	

segue Prospete

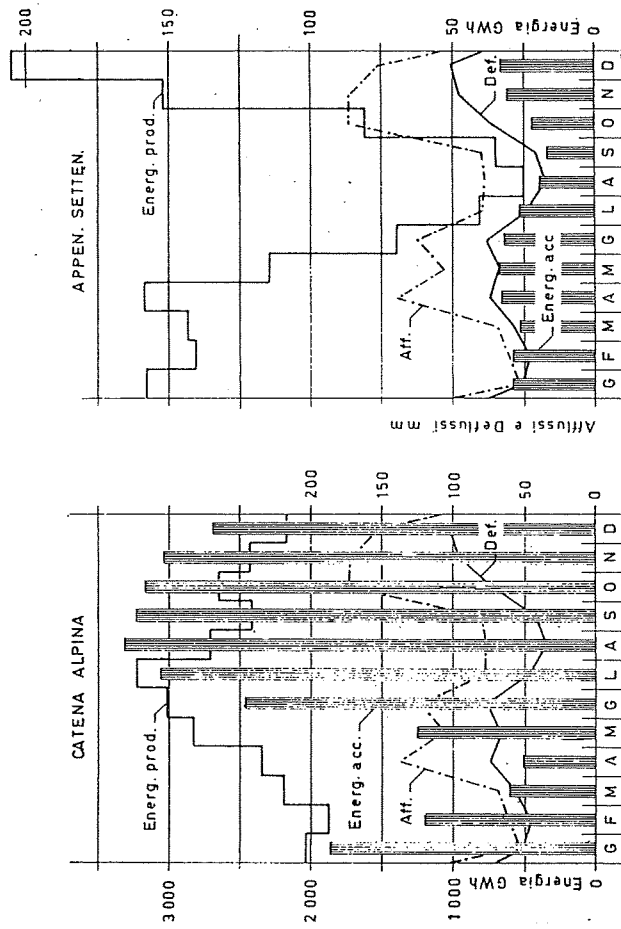
	Volume invasato V m ³ ·10 ⁶	Variatione della portata dQ m ³ /sec	Variatione della quota dH m	Durata della operaz. T. ore
Piena novembre 1959 Q _{max} =m ³ /sec 6.030 H _{max} =m 1,55	103,680	366	0,24	132
	215,698	560	0,38	204
	315,425	683	0,47	246
	430,834	803	0,56	282
	527,774	895	0,63	324
	603,418	954	0,67	378
	150,000	450	0,31	165
	260,000	620	0,42	220
	370,000	750	0,52	265
	109,438	476	0,30	90
Piena novembre 1951 Q _{max} =m ³ /sec 11.580 H _{max} =m 4,80	155,966	626	0,31	114
	215,907	772	0,32	138
	259,567	849	0,35	150
	312,336	938	0,38	162
	379,247	1.032	0,42	180
	450,712	1.172	0,47	198
	150,000	605	0,26	110
	260,000	845	0,35	150
	370,000	1.150	0,42	172

Prospetto 2
**ELEMENTI ANALITICI RIFERITI A PONTELAGOSCURO
 RELATIVAMENTE ALLA LAMINAZIONE DELL'ONDA DI PIENA**

	Volume invasato V $m^3 \cdot 10^6$	Variazione della portata dQ m^3/sec	Variazione della quota dH m	Durata della operaz. T ore
Piena giugno 1957	55,642	83	0,04	372
$Q_{max} = m^3/sec$ 7,070	106,877	159	0,07	372
$H_{max} = m$ 3,03	156,828	236	0,11	372
	212,069	316	0,15	372
	292,313	435	0,21	372
	400,572	596	0,28	372
	504,101	751	0,36	372
	611,366	911	0,45	372
	150,000	230	0,11	372
	260,000	390	0,18	372
	370,000	555	0,26	372
Piena dicembre 1958	87,631	118	0,08	414
$Q_{max} = m^3/sec$ 5,740	122,342	164	0,11	414
$H_{max} = m$ 1,95	209,978	282	0,19	414
	239,393	321	0,22	414
	303,107	407	0,28	414
	375,287	504	0,35	414
	397,240	533	0,37	414
	460,917	619	0,43	414
	150,000	200	0,14	414
	260,000	350	0,24	414
	370,000	495	0,34	414



Correlazione tra i volumi invasati nei serbatoi e le variazioni delle quote e delle portate massime a Pontelagoscuoro.



Confronto tra la distribuzione nell'anno medio delle caratteristiche idrologiche del Po a Pontelagoscuoro e di quelle di funzionamento dei serbatoi artificiali della Catena Alpina e dell'Appennino Settentrionale.

CARATTERISTICHE DI FUNZIONAMENTO DEI SERBATOI ARTIFICIALI (1957-1961): CATENA ALPINA

Anno	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mai.	Giun.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.
------	------	------	------	------	------	-------	------	------	------	------	------	------

Energia accumulata alla fine di ogni mese (Gwh)

1957	1.038,6	637,1	358,0	267,6	579,1	1.873,5	2.299,9	2.545,5	2.802,2	2.084,3	2.085,8	1.797,5
1958	1.637,7	1.060,8	397,6	276,0	1.531,3	2.418,3	3.003,0	3.343,4	3.259,6	3.256,5	3.154,5	2.743,0
1959	2.097,8	1.345,5	891,4	707,8	1.412,3	2.597,2	3.231,0	3.447,2	3.199,1	3.106,1	3.021,9	2.737,0
1960	2.130,1	1.391,3	620,8	600,8	1.614,0	3.018,4	3.413,1	3.753,8	3.912,5	3.946,7	3.693,1	3.286,7
1961	2.448,5	1.561,6	737,5	772,2	1.110,7	2.478,3	3.319,7	3.458,9	3.468,1	3.424,3	3.251,6	2.880,5
media	1.870,5	1.199,3	601,1	524,9	1.249,5	2.477,1	3.053,3	3.309,8	3.228,3	3.161,6	3.041,4	2.688,9

Energia elettrica prodotta (Gwh)

1957	1.647,5	1.329,3	1.692,3	1.866,9	2.361,6	2.710,6	3.024,7	2.504,1	2.114,3	1.878,9	1.888,2	1.812,5
1958	1.743,4	1.708,2	1.793,7	1.744,6	2.657,4	2.875,9	3.116,3	2.660,7	2.420,4	3.703,0	2.006,7	2.034,2
1959	2.102,1	1.899,2	2.271,6	2.536,0	2.778,1	2.957,0	3.016,9	2.561,5	2.220,2	2.022,3	2.086,8	2.130,9
1960	2.088,1	2.120,6	2.473,2	2.695,1	3.123,0	3.269,8	3.418,3	3.003,9	3.019,3	3.320,9	3.052,1	2.718,4
1961	2.621,7	2.356,5	2.788,0	2.854,6	3.221,8	3.265,8	3.605,5	2.817,8	2.339,0	2.287,3	3.123,5	2.147,8
media	2.040,6	1.892,8	2.194,1	2.343,4	2.828,4	3.015,8	3.236,3	2.709,6	2.422,6	2.642,5	2.431,5	2.168,8

CARATTERISTICHE DI FUNZIONAMENTO DEI SERBATOI ARTIFICIALI (1957-1961): APPENNINO SETTENTR.

Anno	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mai.	Giun.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.
------	------	------	------	------	------	-------	------	------	------	------	------	------

Energia accumulata alla fine di ogni mese (Gwh)

1957	16,5	25,0	26,0	31,4	36,0	34,8	30,3	21,4	16,5	12,5	26,6	34,4
1958	31,9	35,6	28,3	32,6	37,1	33,8	27,3	20,1	15,7	15,4	22,5	36,9
1959	30,9	24,9	31,7	39,7	41,5	36,7	30,5	25,7	19,8	33,0	36,7	40,9
1960	39,1	38,8	31,8	32,3	26,8	25,6	23,9	20,5	21,7	34,7	35,7	38,6
1961	26,9	21,8	18,3	29,5	29,0	28,3	23,2	16,2	10,3	16,0	32,2	28,7
media	29,1	29,2	27,2	33,1	34,1	31,9	27,0	20,8	16,8	22,3	30,7	35,9

Energia elettrica prodotta (Gwh)

1957	77,7	125,6	124,9	156,3	125,6	87,4	35,7	21,5	18,1	19,1	89,1	129,5
1958	161,1	138,5	146,5	182,0	107,9	53,3	41,0	19,1	24,8	63,8	85,6	189,5
1959	171,4	90,2	119,7	167,1	135,8	65,5	37,6	26,8	35,2	56,3	175,9	277,5
1960	188,9	224,5	221,4	167,4	117,7	61,6	55,6	34,2	74,0	199,2	228,0	238,4
1961	190,4	123,4	101,4	119,9	86,0	80,4	32,8	23,1	24,1	67,1	181,4	193,8
media	157,9	140,4	142,8	158,6	114,6	69,6	40,5	24,9	35,2	81,1	152,0	205,7

FIUME PO: CARATTERISTICHE IDROLOGICHE A PONTELASCOSCURO (1957-1961)

Anno	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giù.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Afflussi meteorici (mm)												
1957	55,5	89,2	46,9	127,0	169,4	188,8	74,7	63,1	24,7	63,7	181,3	130,7
1958	25,7	61,9	37,3	165,0	74,4	96,9	65,8	86,2	46,5	139,5	162,9	179,9
1959	29,4	30,5	143,5	148,0	126,1	93,0	81,1	110,0	76,2	177,4	169,0	243,8
1960	82,2	93,2	119,9	85,7	79,8	133,2	103,4	103,4	230,9	330,2	147,9	152,2
1961	78,1	28,5	5,7	165,0	81,1	107,8	66,1	23,6	23,4	153,8	200,8	52,8
media	53,0	60,7	69,1	138,1	106,2	123,9	78,2	77,3	80,3	172,9	172,4	151,9

Deflussi (mm)												
1957	30,4	37,6	38,2	62,2	64,9	133,7	49,3	27,8	26,4	30,3	65,2	57,7
1958	36,4	32,2	38,0	84,8	44,5	47,0	35,9	28,3	28,9	61,2	61,3	93,5
1959	47,0	32,3	62,5	76,1	94,6	64,0	37,6	28,3	37,5	59,5	122,3	185,3
1960	68,4	82,9	99,0	87,6	76,4	74,7	72,3	60,7	97,8	177,1	163,8	119,4
1961	75,3	47,0	47,4	60,2	55,1	66,8	43,3	22,0	22,3	39,5	64,4	54,6
media	51,5	46,4	57,0	74,2	67,1	77,2	47,7	34,9	42,6	73,5	95,4	102,1

* * *

energia elettrica con l'accumulo degli eccessi dei deflussi di piena, in quanto questi, di norma, si manifestano in concordanza con le esigenze proprie dei serbatoi stessi.

A questo, però, è contrapposta la scarsità dei serbatoi, sia nel numero che nel volume di invaso di cui dispongono, da cui consegue la conferma della relativa efficacia della loro azione sulle piene a Pontelagoscuro.

Per i serbatoi della catena alpina invece le figurazioni palesano una precisa discordanza tra il loro funzionamento ed il regime idrologico del Po. Infatti, mentre l'intero bacino che tributa alla sezione di Pontelagoscuro è soggetto a due massimi, in primavera ed in autunno, in corrispondenza dei quali si manifestano le maggiori piene, i volumi accumulati nei serbatoi appaiono invece con i massimi valori proprio nel periodo estivo-autunnale — in ragione del regime nivale, o nivo-pluviale, a cui sono soggetti i bacini parziali che li alimentano — il che fa sì che gli apporti ai serbatoi avvengano in tempi contrapposti a quelli relativi alla necessità di disporre degli accumuli ai fini della attenuazione delle piene.

Da questo discende che qualora si volesse disporre, nella stagione autunnale, di invasi da utilizzare per questo fine, sarebbe necessario svuotare i serbatoi del volume occorrente, con grave scapito della economia generale della utilizzazione dei deflussi accumulati e con l'alterazione sostanziale di quello che è da considerare come il naturale regime di sfruttamento di questa risorsa di energia.

Se, infine, si confrontano questi elementi con le attenuazioni dei livelli di piena che si possono ottenere a Pontelagoscuro, giusta quanto è risultato dalle esemplificazioni illustrate, appare altresì che il cumulo delle operazioni necessarie e delle condizioni alle quali debbono soddisfare sono tanto onerose, ed anche aleatorie negli effetti, da lasciare dubbiosi sulla loro reale efficacia e convenienza.