CONSORZIO DEL TICINO

STUDI PER LA REGOLAZIONE DEL LAGO MAGGIORE E PER LA UTILIZZAZIONE DELLE ACQUE DEL FIUME TICINO

3

DETERMINAZIONE DEI BENEFICI RITRAIBILI DALL'ELEVAMENTO DEL LIMITE SUPERIORE DELLA TRATTENUTA ATTIVA DALL'ALTEZZA DI + 1,00 m A QUELLA DI + 1,50 m SOPRA LO ZERO DELL'IDROMETRO DI SESTO CALENDE

RELAZIONE DEL PROF. GIULIO DE MARCHI

MILANO

1950

PRESENTAZIONE

Il piano della regolazione del Lago Maggiore, che sta alla base della concessione accordata al Consorzio del Ticino, limita la facoltà di disciplinare i deflussi dell'emissario ai livelli lacuali non superiori all'altezza + 1,00 m sullo zero dell'idrometro di Sesto Calende.

Ma già durante la costruzione dell'opera di regolazione era stata intuita la possibilità di elevare il limite predetto, aumentando in conseguenza la massa di manovra a disposizione delle utenze sublacuali: così all'atto esecutivo la diga mobile è stata costruita in modo da consentire trattenute fino all'altezza + 1,50 m. E l'esercizio della regolazione, che oramai procede con pieno successo da oltre sette anni, ha dato qualche occasione di trarre buon profitto delle maggiori disponibilità offerte dall'opera costruita.

Con l'autorizzazione degli Uffici competenti, italiani e svizzeri, venne infatti a titolo di prova, e in via assolutamente precaria, elevato e mantenuto il lago ad altezze superiori a 1 metro sullo zero di Sesto in diversi anni dal 1945 in avanti.

Contemporaneamente però il Consorzio si preoccupava di studiare il problema dell'elevamento del livello massimo della trattenuta attiva a + 1,50 m, e ne affidava l'esame al prof. Giulio De Marchi, il quale, come noto, aveva già provveduto per incarico del Consorzio a determinare le portate che nei limiti della concessione in atto la regolazione dei deflussi del lago Maggiore avrebbe reso disponibili per le utilizzazioni.

Al fine predetto occorreva anzitutto stabilire in concreta misura il beneficio ritraibile dall'elevamento di 0,50 m del limite superiore della trattenuta attiva, dall'altezza + 1,00 m a quella + 1,50 m sullo zero di Sesto, valutando gli incrementi che tale elevamento avrebbe consentito di conseguire nelle portate utili del Ticino sublacuale. Ed occorreva inoltre riconoscere le ripercussioni che il provvedimento avrebbe avuto sia sull'entità e sul decorso delle piene del lago e del fiume, sia sulle tenute dei livelli del lago.

L'esame è stato condotto dal prof. De Marchi negli anni 1946 e 1947, con la collaborazione del prof. Duilio Citrini, ora titolare della cattedra di Idraulica nel-

l'Università di Cagliari. I risultati di esso hanno formato oggetto di tre separate relazioni le quali rispettivamente riguardano:

— la determinazione dei benefici ritraibili dall'elevamento del limite superiore della trattenuta attiva dall'altezza + 1,00 m a quella di 1,50 m sopra lo zero dell'idrometro di Sesto Calende;

— le ripercussioni della regolazione del lago Maggiore sulle piene del lago e su quelle del Ticino a Sesto Calende;

— le variazioni provocate dalla regolazione dei deflussi nelle tenute dei livelli del lago.

Queste relazioni sono venute ad aggiungersi a quella sopra ricordata per la valutazione delle portate rese disponibili dalla regolazione e insieme con essa valgono a definire in modo che osiamo dire completo, i vari aspetti del problema idraulico della regolazione del lago Maggiore.

Il Consorzio del Ticino, che a suo tempo aveva pubblicato l'indagine compiuta per valutare le portate rese disponibili dalla regolazione, ha ora ritenuto utile di provvedere alla stampa delle dette tre relazioni, e le pubblica in forma di tre separati e successivi fascicoli della Serie degli « Studi per la regolazione del lago Maggiore e per la utilizzazione delle acque del Ticino ».

Il presente fascicolo, che viene ad essere il 3° della serie, espone e commenta i risultati dei calcoli condotti per determinare il beneficio ritraibile dall'elevamento del limite superiore della ritenuta. Nei rapporti delle utilizzazioni irrigue il beneficio è costituito da un incremento del volume utilizzabile, che equivale all'incirca all'aumento dell'invaso di 100 milioni di metri cubi sia per la stagione estiva, sia per quella invernale.

Il Consorzio del Ticino è vivamente grato al prof. De Marchi per questo nuovo suo importante contributo alle finalità che l'Ente persegue.

Milano, Luglio 1950.

ANSELMO RAMPONI
Presidente Consorzio del Ticino

1 - Intendimento e modalità dell'indagine

Negli anni fra il 1940 e il 1942 ho proceduto alla determinazione delle portate che la regolazione del lago Maggiore vale a rendere disponibili per le utilizzazioni. Concetto informatore, procedimento e risultati dell'indagine furono da me esposti in una relazione, che poté vedere la luce soltanto nell'anno 1946, formando oggetto della pubblicazione n. 2 del Consorzio del Ticino (1).

I calcoli in essa riportati — che inizialmente erano stati riferiti al solo venticinquennio 1914-1938 — nell'anno 1945 furono estesi, con una relazione aggiuntiva che fu pubblicata pure nel 1946 (v. citata Pubbl. 2 del Consorzio) ai successivi sei anni, sino al 1944, i quali, come è noto, furono caratterizzati da una eccezionale successione di magre.

Nello svolgimento dell'indagine iniziale e nella estensione di essa ai sei anni più recenti, si è ammesso che nell'esercizio della regolazione fossero esattamente rispettati i caposaldi del piano tracciato dal compianto Prof. Fantoli e posto a base della concessione in vigore, e cioé:

a) sistemazione dello sbocco lacuale, atta a consentire la erogazione di portate non inferiori a 200 m^3/sec anche dal lago completamente svasato (livello all'idrometro di Sesto all'altezza —0,50 m rispetto allo zero);

b) facoltà di disciplinare le erogazioni fra il livello predetto e quello + 1,00 m sopra lo zero dello stesso idrometro, tale livello dovendo segnare il limite superiore della cosidetta *trattenuta attiva*, oltre il quale la diga di ritenuta deve essere totalmente abbattuta.

È noto, però, che mentre nel progetto iniziale la diga mobile della Miorina era stata dimensionata in modo che l'altezza + 1,00 m non potesse essere superata, aderendo ad analogo mio suggerimento tale altezza venne all'atto esecutivo

(1) *Determinazione delle portate che la regolazione dei deflussi del lago Maggiore renderà disponibili per le utilizzazioni.* Milano, 1946.

alquanto aumentata; sicché si ha ora la possibilità di elevare — ove ne fosse sicuramente dimostrata la convenienza — il limite superiore della trattenuta attiva fino a + 1,50 m sullo zero di Sesto. A un tale elevamento corrisponderebbe un incremento della massa liquida di manovra di circa 107 milioni di metri cubi, da 315 a 422 milioni.

La presente relazione si propone di valutare il beneficio che un siffatto incremento consentirebbe di ritrarre nei rapporti della utilizzazione delle acque del Ticino. È superfluo dire che le decisioni circa l'eventuale aumento della trattenuta attiva non possono essere riportate soltanto al detto beneficio, la cui esistenza è fuori discussione, e del quale i calcoli ora istituiti intendono soltanto definire l'entità, ma dovrebbero anche considerare le inevitabili ripercussioni che l'elevamento della trattenuta attiva avrebbe sulle piene del lago e su quelle del fiume.

Questo aspetto non meno importante del problema, è stato trattato in altro studio, il quale forma oggetto alla Pubbl. 4 del Consorzio del Ticino.

Il concetto informatore dei calcoli istituiti e i procedimenti adottati nella presente indagine non potevano evidentemente che essere i medesimi già adottati nell'indagine precedente, ampiamente esposti e discussi nella ricordata 2ª pubblicazione del Consorzio del Ticino. Qui basterà ricordare che il procedimento ha la sua base nei punti seguenti:

a) il limite superiore della trattenuta attiva (+ 1,00 m sullo zero di Sesto) è stato superato ogni anno in passato, nel regime naturale, e sarà superato ogni anno nel futuro regime regolato, durante il mese di giugno; esso sarà raggiunto di regola anche nella stagione autunnale, come fu di regola raggiunto in passato. La diga mobile è destinata quindi ad essere totalmente abbattuta almeno una volta, e di regola due volte nel corso dell'anno, per intervalli di tempo di varia lunghezza a seconda del regime degli afflussi;

b) nei detti intervalli, caratterizzati da stati lacuali superiori all'altezza + 1,00 m sullo zero di Sesto, il regime dei deflussi sarà libero, e delle portate erogate potrà al massimo essere utilizzata la parte corrispondente alla capacità complessiva delle varie derivazioni. I superi defluiranno inutilizzati a valle;

c) per gli stati lacuali compresi entro i limiti della trattenuta attiva il regime dei deflussi verrà regolato in modo da immettere nel Ticino soltanto le portate occorrenti a coprire le richieste degli utenti. Le portate erogate troveranno quindi completa utilizzazione;

d) ai fini dello studio della regolazione ogni periodo di deflusso regolato, compreso fra due successivi periodi di deflusso libero, può essere trattato come a sè stante, i valori delle portate erogabili potendosi ritenere indipendenti dalle vicende dei due periodi antecedente e susseguente;

e) il fabbisogno idrico delle utenze, in atto e previste lungo il Ticino sublacuale, varia nel corso dell'anno secondo un diagramma che presenta due massimi, l'uno estivo, da giugno ad agosto, l'altro primaverile, nelle ultime due decadi di

aprile. Aumentare il primo massimo significa poter estendere a piú vaste zone il beneficio dell'irrigazione. L'aumento del secondo si traduce particolarmente nella possibilità di intensificare le integrazioni irrigue in sponda destra, a favore delle culture a riso del Basso Novarese e della Lomellina.

Tutti questi punti conservano il loro significato e la loro validità quando il limite superiore della trattenuta attiva viene elevato da 1,00 m a 1,50 m sullo zero di Sesto: anche il punto *a)*, giacché durante il periodo esaminato — che va dal 1914 al '44 — anche l'altezza 1,50 fu sempre raggiunta, salvo in occasione di eventi da ritenere sicuramente eccezionali, nell'ultima decade di Giugno dal Ticino a Sesto, nel regime naturale dei deflussi; e come risulterà dai dati che esporremo, sarebbe stata sempre raggiunta o raggiungibile se i deflussi dal lago fossero stati regolati. Cosí pure nella grandissima parte dei trentun anni considerati (30 su 31) la stessa altezza + 1,50 m fu superata anche nella stagione autunnale, perché quasi ogni anno alla immancabile intumescenza estiva, dovuta allo scioglimento delle nevi, fece seguito qualche intumescenza autunnale.

Il problema di definire un piano di regolazione dei deflussi è quindi riportato, come si scriveva nella citata pubblic. 2 del Consorzio, a quello di stabilire per ogni intervallo fra due successive intumescenze del lago — che abbiano portato il livello del lago oltre il limite superiore della trattenuta attiva — una successione di erogazioni disciplinate *(schema di regolazione)*, la quale risponda opportunamente ai bisogni delle utenze nel corso del periodo.

Anche nella presente indagine i computi sono stati riferiti al trentunennio 1914-1944, che comprende sia il venticinquennio 1914-1938 al quale aveva fatto riferimento la prima Relazione del 1942, sia il successivo sessennio sino al 1944, esaminato nella relazione aggiuntiva. In essi sono stati introdotti anzitutto gli schemi di regolazione, sui quali, dopo prove e tentativi diversi, si era fissata l'indagine precedente e ai quali ne erano state poi riferite le conclusioni.

Si è inoltre mantenuto il concetto di riportare i calcoli alle medie decadiche delle portate e si è mantenuta la suddivisione dell'annata nei tre periodi seguenti:

1) *stagione irrigua estiva*, comprendente 10 decadi (a rigore 102 giorni) del 21 giugno al 30 settembre. Questa stagione, ricordiamo, s'inizia ogni anno con il lago completamente invasato; in essa il fabbisogno complessivo delle utilizzazioni raggiunge la massima entità;

2) *autunno e inverno, dal 1° ottobre al 10 aprile, data che segna l'inizio delle irrigazioni primaverili:* in tutto 19 decadi. Nell'autunno l'invaso si ricostituisce e nei mesi successivi il volume accumulato trova impiego per attenuare la consueta magra invernale;

3) *stagione irrigua primaverile*, dall'11 aprile al 30 giugno (7 decadi): periodo delle irrigazioni primaverili che si inizia in generale col lago parzialmente o totalmente svasato, e al cui termine l'invaso deve trovarsi sempre ricostituito.

I risultati che l'indagine ha fornito per ognuno di tali periodi sono ordinatamente esposti nei numeri seguenti.

2 - Stagione irrigua estiva, dal 21 giugno al 30 settembre

I calcoli sono stati riferiti unicamente al diagramma generico delle erogazioni utili, che nell'indagine precedente era stato in definitiva adottato dopo l'esame di diversi altri, e al quale sono state riferite le conclusioni finali. Tale diagramma, detto del tipo 3 (vedi pag. 39 della Pubbl. 2), ha le seguenti caratteristiche:

dal 21 - VI	al 15 - VIII	:	portata erogata	Q + 120 m³/sec
dal 16 - VIII	al 10 - IX	:	portata erogata	0,75Q + 120 m³/sec
dal 11 - IX	al 30 - IX	:	portata erogata	190 m³/sec

dove (Q + 120) sta a rappresentare la massima erogazione utile della stagione estiva e quindi dell'anno.

Quanto ai valori di tale massima erogazione, da sottoporre ad esame, era ovvio che, avendo elevato il limite superiore della trattenuta attiva di 0,50 m e il volume invasato di oltre 100 milioni di metri cubi, conveniva pure ampliarne il campo, che nell'indagine precedente era stato quello da 260 a 320 m³/sec [precisamente nella relazione 1942 erano stati considerati per (Q + 120) i valori di 280, 300 e 320 m³/sec e nella relazione aggiuntiva quello di 260, dacché la deficienza d'acqua che caratterizzò gli ultimi anni aveva consigliato di estendere l'esame anche ad erogazioni piú ridotte].

Una base utile di orientamento per la scelta dei valori di (Q + 120) da prendere in considerazione è stata fornita dai due diagrammi della fig. 1; i quali dànno anche una immediata espressiva evidenza al beneficio che l'elevamento della trattenuta attiva a + 1,50 m permetterebbe di conseguire nei rapporti delle erogazioni estive.

Il concetto informatore è lo stesso al quale era stata ispirata la fig. 8 (pag. 36) della Pubbl. 2: il piú basso dei due diagrammi corrisponde anzi a quello dei valori Q + 120 tracciato nella medesima fig. 8, salvo il riferimento al trentunennio 1914-1944, anziché al venticinquennio 1914-1938. Al tracciamento di esso si è proceduto come segue: assunto il diagramma generico tipo 3 delle erogazioni utili, si è provveduto a determinare, in base alle curve degli afflussi efficaci al lago e col procedimento grafico per tentativi, ormai consueto (vedi pag. 35 della Pubblic. 2), la successione delle tre erogazioni dal lago attuabile per ogni stagione estiva del trentunennio 1914-1944, nella ipotesi che al 21 giugno il lago si trovasse invasato all'altezza + 1,00 m all'idrometro di Sesto, e che nel corso della medesima stagione il volume d'invaso venisse totalmente utilizzato. Individuate le corrispondenti trentun terne di erogazioni, una per stagione, nel diagramma inferiore (linea a tratti) della fig. 1 si vedono riportate le trentun portate di colmo (Q + 120), ordinate per valore decrescente.

Nel diagramma superiore (linea continua) della stessa fig. 1 sono riportate invece, ordinate sempre per valori decrescenti, le 31 portate di colmo stabilite con analogo procedimento, ma ammettendo che al 21 giugno il lago si trovasse all'al-

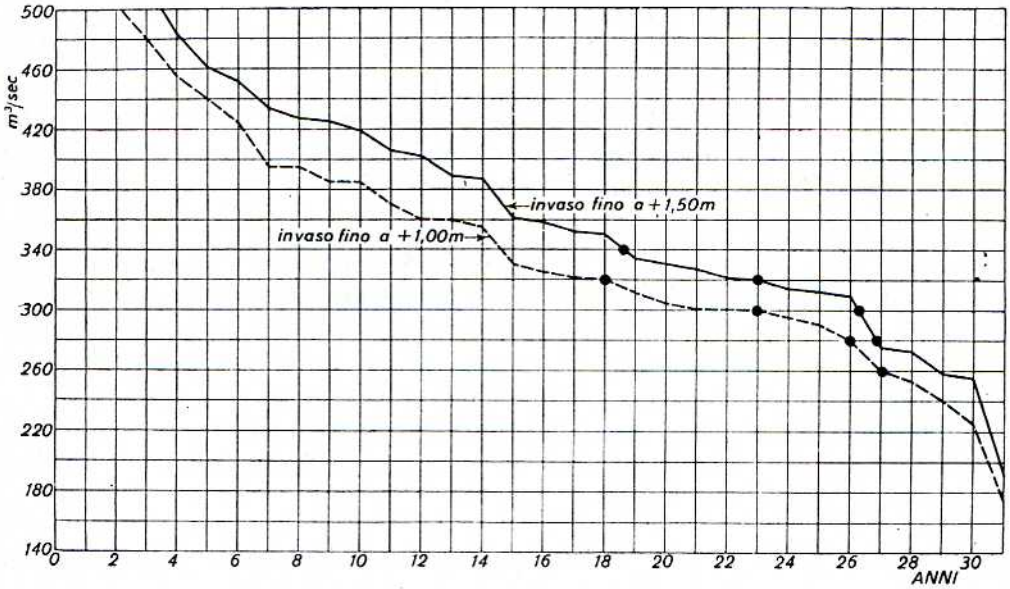

Fig. 1. - Portate Q + 120 erogabili per ogni stagione irrigua estiva del trentennio 1914-1944 [21 giugno - 30 settembre], ordinate per grandezza decrescente.

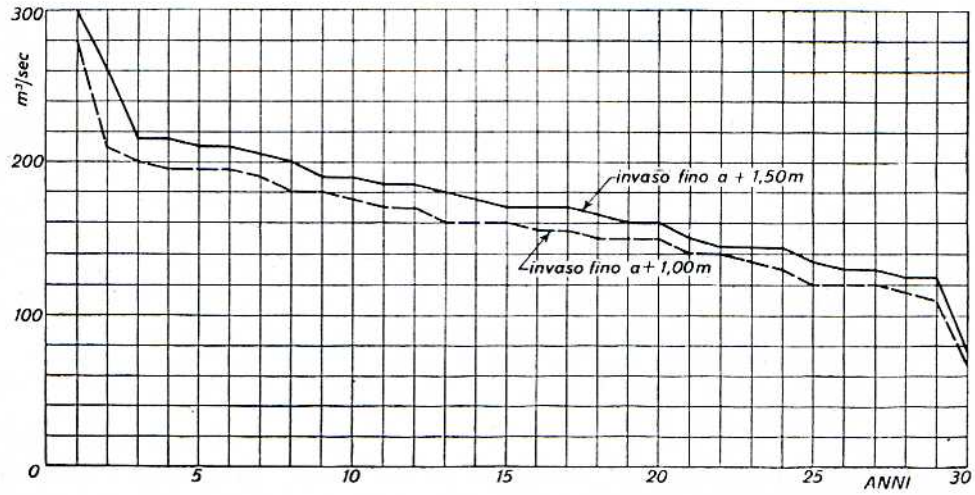

Fig. 2. - Portate costanti, erogabili nel periodo fra la ricostituzione autunnale dell'invaso (ottobre-novembre) e il 10 aprile, ordinate in grandezza decrescente.

tezza + 1,50 m sullo zero di Sesto. (Per evitare confusioni queste portate verranno distinte col simbolo Q' + 120).

Fra i due diagrammi resta compresa una striscia il cui spessore verticale rappresenta l'incremento Q' — Q che l'elevamento della ritenuta da + 1,00 a + 1,50m consentirebbe di realizzare nella massima erogazione estiva, per ogni durata, cioé a pari frequenza delle deficienze.

Tale incremento risulta di 16 m^3/sec per l'anno di massima magra (che fu il 1943), al quale compete, per la portata (Q' + 120) il valore di 191 m^3/sec con la durata di 31 anni su 31; ma si eleva a 19 m^3/sec quando si passa alla portata di 272 m^3/sec alla quale compete la durata di 28 anni su 31 e per la quale pertanto, se ad essa venissero commisurate le opere di utilizzazione, sarebbero da prevedere deficienze con la frequenza di un anno su dieci. Con durate minori e deficienze piú frequenti il beneficio è anche maggiore.

Dalla figura si ricava in particolare che l'aumento dell'altezza di massima ritenuta da 1,00 a 1,50 m consentirebbe — a parità di frequenza delle deficienze — di passare dalla portata di colmo:

260 m^3/sec a quella di 275 m^3/sec (durata comune anni 27 su 31); deficienza 4 anni
280 » » » 310 » (» » » 26 » 31); » 5 »
300 » » » 320 » (» » » 23 » 31); » 8 »
320 » » » 350 » (» » » 18 » 31); » 13 »

l'incremento variando dai 15 ai 30 m^3/sec, e risultando in grossolana media di 20 m^3/sec.

Essendo evidente l'opportunità di riferire i computi a valori base rappresentati da numeri tondi, abbiamo ritenuto di fissare l'attenzione sulle quattro seguenti portate di colmo: 280, 300, 320, 340 m^3/sec (cioé Q' rispettivamente 160, 180, 200, 220 m^3/sec), le quali nel corso del trentunennio avrebbero dato luogo rispettivamente a 4÷5, 5, 8, 13 anni con deficienze. Esse definiscono altrettanti schemi, come segue (portate in m^3/sec):

Schema	I	II	III	IV
dal 21-VI al 15-VIII	280	300	320	340
dal 16-VIII al 10-IX	240	255	270	285
dal 11-IX al 30-IX	190	190	190	190
media dell'intero periodo	252,3	267	281,7	296,5

Per ognuno di questi schemi, inserendolo graficamente col metodo consueto, nel diagramma degli afflussi al lago, sono state stabilite le portate d'erogazione utile corrispondentemente disponibili decade per decade d'ogni stagione estiva del trentunennio.

Abbiamo ritenuto però di limitare la completa pubblicazione dei risultati ai valori ottenuti per i tre schemi distinti con i numeri d'ordine I, II, III. Le portate stabilite per ognuno di essi, e limitatamente agli anni per i quali sono stati ottenuti dei valori deficienti rispetto alle erogazioni utili voluti dallo schema assunto, sono riportate nella tabella I, ove, al solito, con numeri in corsivo sono distinte le portate deficienti rispetto alle erogazioni utili predette.

EROGAZIONI UTILI DAL LAGO ATTUABILI NELLA STAGIONE ESTIVA

Periodo 21 Giugno - 30 Settembre *Tab. I*

Anni	21-30 giugno	1-10 luglio	11-20 luglio	21-31 luglio	1-10 agosto	11-15 agosto	16-20 agosto	21-31 agosto	1-10 sett.	11-20 sett.	21-30 sett.
Schema I - Massimo estivo 280 m³/sec.											
Normale	280	280	280	280	280	280	240	240	240	190	190
1919	280	280	280	280	280	280	240	240	240	*170*	190
1921	280	280	280	*195*	*195*	280	240	240	240	190	190
1933	280	280	280	280	280	280	240	240	*160*	*160*	190
1942	280	280	280	280	280	280	240	240	240	*135*	*135*
1943	280	280	280	*180*	*180*	*180*	*105*	*105*	*105*	*105*	190
Schema II - Massimo estivo 300 m³/sec.											
Normale	300	300	300	300	300	300	255	255	255	190	190
1919	300	300	300	300	300	300	255	255	*165*	*165*	190
1921	300	300	*200*	*200*	*200*	300	255	255	255	190	190
1933	300	300	300	300	300	300	255	*165*	*165*	*165*	190
1942	300	300	300	300	300	300	*200*	*200*	*200*	*135*	*135*
1943	300	300	300	*155*	*155*	*155*	*105*	*105*	*105*	*105*	190
Schema III - Massimo estivo 320 m³/sec.											
Normale	320	320	320	320	320	320	270	270	270	190	190
1919	320	320	320	320	320	320	270	*170*	*170*	*170*	190
1921	320	320	*180*	*180*	*180*	320	270	270	270	190	190
1923	320	320	320	320	320	320	270	*175*	270	190	190
1926	320	320	320	320	320	320	270	270	270	190	*165*
1929	320	320	320	320	320	320	270	270	270	190	*150*
1933	320	320	320	320	320	320	*160*	*160*	*160*	*160*	190
1942	320	320	320	320	*215*	*215*	*215*	*215*	*215*	*135*	*135*
1943	320	320	*180*	*180*	*180*	*180*	*105*	*105*	*105*	*105*	190

Le deficienze accertate trovano poi, pure al solito, una sintesi espressiva nella tab. II, nella quale sono riportati, decade per decade, il numero delle decadi deficienti nel corso dell'intero trentunennio, e il volume liquido mancante complessivamente (cioé nell'intero trentunennio) a coprire il diagramma. I numeri raccolti assumono un maggior interesse se vengono posti a confronto con quelli che si ottengono facendo riferimento, anziché alla ritenuta massima + 1,50 m, a quella + 1,00 m a Sesto. A tal fine si è provveduto anzitutto a preparare, sulla base dei dati riprodotti nella relazione 1942, per il venticinquennio 1914-1938, e

MASSIMA RITENUTA + 1,50 m.

Tab. II

Decadi	1-10 luglio	11-20 luglio	21-31 luglio	1-10 agosto	11-15 agosto	16-20 agosto	21-31 agosto	1-10 sett.	11-20 sett.	21-30 sett.	Totali	
Erogazione normale	280 m³/sec.					240 m³/sec			190 m³/sec.			
Decadi deficienti ..	—	—	2	2	1	1	1	2	4	1	13	4,2 %
Volumi deficienti (¹)	—	—	185	185	50	67,5	135	215	190	55	1082	in
Deficienza massima	—	—	100	100	100	135	135	135	85	55		5 anni
Erogazione normale	300 m³/sec.					255 m³/sec.			190 m³/sec.			
Decadi deficienti ..	—	1	2	2	1	2	3	4	4	1	18,5	6 %
Volumi deficienti (¹)	—	100	245	245	72,5	97,5	285	375	190	55	1665	in
Deficienza massima	—	100	145	145	140	140	140	145	85	55		5 anni
Erogazione normale	320 m³/sec.					270 m³/sec.			190 m³/sec.			
Decadi deficienti ..	—	2	2	3	2	3	5	4	4	3	25,5	8,2 %
Volumi deficienti (¹)	—	280	280	385	122,5	165	525	430	190	120	2495	in
Deficienza massima	—	140	140	140	140	165	165	165	85	55		8 anni
Erogazione normale	340 m³/sec.					285 m³/sec.			190 m³/sec.			
Decadi deficienti ..	—	2	3	3	4	7	8	10	6	4	41,5	13,4 %
Volumi deficienti (¹)	—	350	420	475	265	337,5	715	905	260	140	3867	in
Deficienza massima	—	180	180	180	180	180	180	180	85	55		14 anni

(¹) in 0,864 milioni di metri cubi (v. Pubbl. 2).

MASSIMA RITENUTA + 1,00 m.

Tab. III

DECADI	1-10 luglio	11-20 luglio	21-31 luglio	1-10 agosto	11-15 agosto	16-20 agosto	21-31 agosto	1-10 sett.	11-20 sett.	21-30 sett.	Totali	
Erogazione normale	260 m³/sec.					225 m³/sec.			190 m³/sec.			
Decadi deficienti ..	—	—	2	2	1	1	1	2	4	—	12	3,9 %
Volumi deficienti (¹)	—	—	200	200	55	62,5	125	220	240	—	1102	in
Deficienza massima	—	—	110	110	110	125	125	125	90	—		5 anni
Erogazione normale	280 m³/sec.					240 m³/sec.			190 m³/sec.			
Decadi deficienti ..	—	2	2	2	1	2	5	4	3	—	19,5	6,3 %
Volumi deficienti (¹)	—	150	240	240	55	100	360	340	90	—	1575	in
Deficienza massima	—	110	130	130	110	140	140	140	40	—		6 anni
Erogazione normale	300 m³/sec.					255 m³/sec.			190 m³/sec.			
Decadi deficienti ..	—	2	3	3	2	5	5	4	6	2	28,5	9,2 %
Volumi deficienti (¹)	—	265	340	340	95	242,5	485	430	190	65	2452	in
Deficienza massima	—	145	150	150	145	155	155	155	50	40		9 anni
Erogazione normale	320 m³/sec.					270 m³/sec.			190 m³/sec.			
Decadi deficienti ..	1	3	3	3	6	7	7	8	6	2	39,5	12,8 %
Volumi deficienti (¹)	135	375	375	375	365	342,5	675	785	190	65	3682	in
Deficienza massima	135	175	175	175	175	170	170	170	50	40		11 anni

(¹) in 0,864 milioni di metri cubi (v. Pubbl. 2).

nella relazione aggiuntiva per il successivo sessennio, la tab. III, che contiene i valori corrispondenti per il trentunennio. Dal confronto fra le due tabelle sono stati dedotti i valori complessivi, che sono raccolti e posti a raffronto nel prospetto riassuntivo che segue:

Erogazione utile massima m³/sec	Ritenuta + 1,00 a Sesto					Ritenuta + 1,50 a Sesto				
	Decadi deficienti				volumi deficienti	Decadi deficienti				volumi deficienti
	numero		ripartite in anni			numero		ripartite in anni		
	totale	%	numero	%		totale	%	numero	%	
260	12,5	3,9	5	16,1	1102	—	—	—	—	—
280	19,5	6,3	6	19,4	1575	13	4,2	5	16,1	1082
300	28,5	9,2	9	29,0	2452	18,5	6	5	15,1	1665
320	39,5	12,8	11	35,5	3682	25,5	8,2	8	28,4	2495
340	—	—	—	—	—	41,5	13,4	14	45,3	3867

Il confronto dà chiara evidenza al fatto che le deficienze alle quali darebbe luogo l'esercizio della regolazione con limite superiore + 1,00 m della trattenuta attiva per una certa massima erogazione utile (poniamo di 280 m³/sec) equivalgono praticamente, sia in rapporto al numero delle deficienze, sia in rapporto all'entità dei volumi liquidi mancanti, a quelle che, portato il limite superiore della trattenuta attiva a + 1,50 m, risulterebbero prevedibili con una massima erogazione utile aumentata di 20 m³/sec (e portata quindi a 300 m³/sec.).

Costituisce, questo, una traduzione in cifre del beneficio che l'elevamento della trattenuta attiva permetterebbe di conseguire nella stagione estiva: giacché al maggior valore della erogazione massima estiva corrisponde una maggior estensione della zona che le acque regolate potrebbero irrigare. Assunta ad esempio la dotazione di 2 l/sec × ha, l'elevamento della ritenuta da 1,00 a 1,50 m consentirebbe d'aumentare di 10000 ha la zona irrigabile nella stagione estiva dal Ticino regolato, con deficienze di frequenza ed entità equivalenti.

Ma è anche interessante considerare che, con il generico diagramma d'erogazione utile assunto, quando l'erogazione massima aumenta di 20 m³/sec, la portata *mediamente* erogata nel corso dei 102 giorni dal 20 giugno al 30 settembre negli anni senza deficienze (nei quali può essere realizzato integralmente l'assunto diagramma d'erogazione) aumenta di 14,7 m³/sec, sicché il volume liquido complessivamente utilizzato nel medesimo periodo subisce l'incremento di 14,7 × 102 × 86400 = 130,5 milioni di metri cubi.

L'elevamento della trattenuta attiva dà luogo pertanto negli anni normali ad un aumento del volume liquido utilizzabile nel corso della stagione irrigua estiva, il quale supera del 25 % circa l'incremento del volume accumulato nel lago all'inizio della stagione (incremento che ammonta, come già detto, a circa 107 milioni di metri cubi).

3 - Autunno e inverno, dal 1° ottobre all'inizio delle irrigazioni primaverili

Si era notato nella relazione 1942 che, con qualunque schema d'erogazione estiva, il livello del lago all'inizio di ottobre sarebbe risultato superiore all'altezza + 1,00 m a Sesto (limite superiore della trattenuta attiva secondo il piano Fantoli) in oltre metà degli anni allora esaminati e che in parecchi altri si sarebbe verificato alla stessa epoca un invaso nel lago corrispondente ad una elevata frazione del massimo, giacché lo stato del lago al termine della stagione estiva è influenzato, piú che dal diagramma di erogazione adottato durante la stagione medesima, dalle pioggie di settembre, che nella maggior parte degli anni bastano a determinare una ricostituzione piú o meno completa dell'invaso.

Aggiungiamo ora che tale ricostituzione, quando non avviene già in settembre, segue pressocché immancabilmente in ottobre o al piú tardi nella prima metà di novembre: cosí, nel corso del trentunennio 1914-1938 essa sarebbe mancata una sola volta, nell'eccezionalissimo autunno 1921.

Per questo motivo, salvo situazioni affatto eccezionali, come quella dell'anno ora ricordato, lo stato d'invaso all'inizio di ottobre ed il regime delle erogazioni di questo mese hanno importanza del tutto secondaria nei rapporti delle erogazioni attuabili dal lago durante il periodo da dicembre a marzo, che nei rapporti delle utilizzazioni riveste un interesse affatto particolare, in quanto è normalmente occupato da una magra piú o meno accentuata.

I calcoli diretti a riconoscere il funzionamento della regolazione con ritenuta massima + 1,50 m nell'autunno e nell'inverno sono stati condotti, pertanto, senza far gran caso dell'invaso esistente al 1° ottobre, badando soprattutto che, ove esso non fosse completo, ne fosse assicurata la completa ricostituzione fino all'altezza + 1,50 m entro l'autunno. Essi diedero luogo a riconoscere che questo — come detto sopra — si sarebbe verificato in tutti gli anni meno il 1921. Nei calcoli si fece riferimento ai quattro schemi considerati nella Pubbl. 2, Relazione 1942, i quali presentano, ricordiamo, le seguenti caratteristiche:

a) schemi A e B: erogazioni utili progressivamente decrescenti col deprimersi dei livelli del lago sotto il limite superiore della trattenuta attiva, come appresso:

Schema A

livelli a Sesto superiori a 0,50 150 m³/sec
» » » fra 0,50 e 0,00 120 »
» » » inferiori a 0,00 massima portata compatibile con la condizione di non scendere sotto il limite — 050, ma non superiore comunque a 120 m³/sec.

Schema B

livelli a Sesto superiori a 0,70 180 m^3/sec
» » » fra 0,70 e 0,40 150 »
» » » fra 0,40 e 0,00 120 »
» » « inferiori a 0,00 massima portata compatibile con la condizione predetta, ma non superiore comunque a 120 m^3/sec.

b) Schemi C e D: erogazione di una portata costante mantenuta sino a che risulti possibile, nei quattro mesi da novembre a febbraio; erogazione di portata piú bassa, ma non inferiore a 120 m^3/sec in ottobre, e adeguata alla disponibilità in marzo e nella prima decade d'aprile. Nello schema C la portata costante è assunta di 150 m^3/sec; in quello D, essa sale invece a 160^3/sec. Per ambedue gli schemi le erogazioni sono elevate a 180 m^3/sec ogni qualvolta si presenti la possibilità di farlo.

Nei rapporti di questi due schemi C e D abbiamo voluto renderci conto in via preliminare del significato rivestito nel trentunennio considerato dalle due erogazioni rispettivamente di 150 e 160 m^3/sec che essi prevederebbero di mantenere costanti sin che possibile, dal novembre in avanti. A tal fine abbiamo provveduto a determinare, anno per anno, la minima portata *costante* della quale sarebbe stato possibile assicurare l'erogazione a partire dall'epoca della ricostituzione autunnale dell'invaso (avveratasi, come dicemmo, in tutti gli anni del trentunennio salvo il 1921) fino al 10 aprile. Per il 1921 si è partiti dallo stato d'invaso esistente alla fine di settembre; per tutti gli altri anni, per i quali l'invaso si è sempre ricostituito o entro ottobre, o al piú tardi nella prima decade di novembre, l'erogazione della portata costante è stata iniziata dall' epoca della ricostituzione dell' invaso.

La determinazione è stata condotta sia per il valore + 1,00 m, sia per quello + 1,50 m del limite superiore della trattenuta attiva (capacità d'invaso utile rispettivamente di 315 e 422 milioni di m^3), ricavando due serie di valori che, ordinati per grandezze decrescenti, hanno servito per tracciare i due diagrammi della fig. 2 (pag. 11); quello inferiore riguarda il limite + 1,00 m, quello superiore il limite + 1,50 m.

Lo scostamento verticale fra i due diagrammi non varia gran che intorno ai 10 m^3/sec; e ciò significa che, *a parità di frequenza delle deficienze* (annuali) rispetto alla portata prescelta, l'elevamento della trattenuta attiva da 1 m a 1,5 m consentirebbe d'aumentare di dieci metri cubi in media la portata di erogazione costante. Ne consegue in particolare che, con la trattenuta max a 1,50 m e la erogazione costante di 160 m^3/sec, lo schema D dovrebbe dar luogo a deficienze all'incirca equivalenti a quelle che si verificherebbero con lo schema C se la erogazione costante fosse ridotta a 150 m^3/sec e la trattenuta max a + 1,00 m.

Dalla figura 2 appare inoltre che, a parità di erogazione massima continua, l'elevamento della ritenuta da 1,00 a 1,50 m determinerebbe delle diminuzioni rilevanti nei numeri delle annate deficienti; da 15 a 10, per 160 m^3/sec; da 10 a 9

per 150 m³/sec; da 3 a 1 solo (che fu poi il 1921-22) per 120 m³/sec. Sicché con opportuno impiego della capacità d'invaso di 422 milioni di m³/sec la competenza delle vecchie utenze avrebbe potuto essere soddisfatta per tutte le stagioni invernali del trentunennio, salvo il solo 1921.

I valori delle portate medie decadiche di erogazione utile, ottenuti applicando i quattro schemi anzidetti ai trenta periodi autunno-invernali del trentunennio consueto, sono raccolti nella tabella IV (fuori testo); ove, al solito, si vedono stampati in corsivo tutti i valori inferiori a 150 m³/sec. e in grassetto quelli inferiori a 120 m³/sec, sicché la semplice ispezione della tabella basta a dare rilievo alle deficienze che ogni schema avrebbe comportato.

Ma non tanto presentano interesse qui il numero e l'entità di queste deficienze, quanto le differenze fra esse e quelle che a parità di condizioni (e quindi per gli stessi schemi di erogazione) si sarebbero ottenute con riferimento alla massima ritenuta di + 1,00 m. Il confronto è reso evidente dal prospetto seguente:

Schema	Portata	Numero delle decadi deficienti			
		nell'intero periodo		dal 1° gennaio al 10 aprile	
		riten. + 1,00	riten. + 1,50	riten. + 1,00	riten. + 1,50
A	100	34	18	28	13
	120	41	36	35	31
	150	152	89	133	79
B	100	40	29	34	24
	120	50	41	44	36
	150	165	129	144	118
	180	256	204	214	173
C	100	47	27	43	24
	120	80	44	65	28
	150	81	45	66	29
D	100	56	37	51	34
	120	98	57	81	39
	160	99	61	82	43

Esso offre il quadro sintetico delle deficienze individuate per ognuno degli schemi, rispettivamente con la massima ritenuta + 1,00 m e con quella + 1,50 m. Vi sono raccolti i valori complessivi ricavati dall' insieme delle trenta stagioni, tanto per l'intero periodo da ottobre al 10 aprile (complessivamente 19 decadi per stagione, e 570 decadi nel trentunennio) quanto per il solo periodo propriamente invernale, dal 1° gennaio al 10 aprile (10 decadi per stagione, 300 per il trentunennio). Abbiamo isolato anche questo secondo periodo perché nei riguardi pratici riveste l'interesse piú vivo, come sede delle magre piú frequenti e piú accentuate, e delle piú gravi deficienze.

Il prospetto dà singolare rilievo alla diminuzione del numero delle deficienze, che l'elevamento della trattenuta attiva consentirebbe di realizzare per ognuno

degli schemi esaminati. La diminuzione è meno marcata per le deficienze piú gravi, contraddistinte da erogazioni inferiori ai 100 m^3/sec; e lo spiega il fatto che nei periodi critici per grave scarsezza di afflussi al lago, nei quali si arriva all'esaurimento completo (o quasi) della riserva accumulata nel lago, l'azione regolatrice viene a cessare e, qualunque sia il limite superiore della ritenuta, le erogazioni si riducono ai valori delle contemporanee portate di afflusso. La diminuzione si esalta invece, per le erogazioni di 120 m^3/sec e superiori.

Il prospetto dimostra inoltre che l'aumento della massima ritenuta offrirebbe maggiori vantaggi con gli schemi C e D, che non per quelli A e B, con erogazione decrescente col livello del lago.

La differenza fra i due gruppi di schemi è piú accentuata per le erogazioni inferiori ai 120 m^3/sec; infatti la diminuzione nel numero delle decadi nelle quali l'erogazione di 120 m^3/sec non potrebbe essere realizzata risulta compresa fra il 10 % e il 20 % per gli schemi A e B (dell'ordine del 10 % per lo schema A, del 20 % per quello B), mentre si eleva al 50 % ed oltre per i due schemi C e D. Le riduzioni si presentano particolarmente importanti per il periodo dal 1° gennaio al 10 aprile che riveste il maggior interesse nei rapporti delle utilizzazioni; per esso, infatti, il numero delle decadi deficienti rispetto ai 120 m^3/sec scende da 65 a 28 con lo schema C, da 81 a 39 con quello D.

Con questi schemi, le deficienze rispetto ai 120 m^3/sec, con la ritenuta massima + 1,50 m risultano di numero pressoché uguali alle deficienze rispetto ai 100 m/^{3}sec, e sono dovuti a quegli eventi critici, ai quali la regolazione non potrebbe comunque recare rimedio.

Interessa pure notare che l'elevamento della trattenuta attiva, mentre migliora in generale il regime delle erogazioni attuabili dal lago, non muta sostanzialmente le posizioni reciproche dello schema A rispetto al B, e dello schema C rispetto al D. Però i numeri delle deficienze rispetto alle varie portate (di 100, 120 ecc. m^3/sec) che si presenterebbero inevitabili per lo schema B (erogazioni di base 150 e 180 m^3/sec: media circa 160) con la ritenuta + 1,50 m, sono all'incirca pari (o poco inferiori) a quelli delle deficienze che comporterebbero lo schema A (erogazione di base 150 m^3/sec) con ritenuta + 1,00 m. In modo analogo le deficienze dello schema D (erogazione di base 160 m^3/sec) con ritenuta + 1,50 m risultano all'incirca equivalenti a quelle che fornirebbe lo schema C (erogazione di base 150 m^3/sec) con ritenuta + 1,00 m. Di qui si potrebbe trarre la conclusione che con qualunque tipo di schema l'elevamento della trattenuta attiva consentirebbe, praticamente, di aumentare di una portata valutabile grosso modo intorno a 10 m^3/sec la erogazione di base (effettiva o media) dell'intero periodo.

Questo risultato trova conferma anche piú evidente, quando si pongono a confronto (v. tab. V) i valori dei volumi liquidi che, per ogni singolo schema, risulterebbero utilizzati rispettivamente con limiti di trattenuta + 1,00 m e + 1,50 m.

Nella tab. V, in luogo dei detti volumi, sono raccolti i valori delle medie erogazioni utili nei periodi 1° gennaio-10 aprile; e sono specialmente significative

le medie generali per le trenta stagioni invernali, che riproduciamo qui di seguito, e dalle quali appare che l'incremento, per uno stesso schema, risulta compreso fra 0 e 10 m^3/sec.

Schema	Ritenuta massima		Incremento
	+ 1,00	+ 1,50	
A	130,2	139,7	+ 9,5
B	139,7	144,5	+ 4,8
C	141,3	147,9	+ 6,6
D	142,8	150,3	+ 7,5

Occorre però fare caso che, portato il limite superiore della trattenuta attiva a + 1,50 m, lo schema B dà luogo a deficienze pressoché equivalenti a quelle che si verificherebbero con lo schema A ed il limite a + 1,00 m; analogamente, lo schema D dà luogo a deficienze paragonabili a quelle dello schema C, con trattenuta + 1,00 m.

PORTATE MEDIE IN M^3/SEC UTILIZZATE NEL PERIODO 1° GENN. - 10 APRILE CON I DIVERSI SCHEMI *Tab. V*

Anno	Massimo invaso + 1,00				Massimo invaso + 1,50			
	Schema A	Schema B	Schema C	Schema D	Schema A	Schema B	Schema C	Schema D
14–15	150	165	159	162	150	174	159	162
15–16	*138*	*141*	156	150	*144*	*147*	156	160
16–17	150	159	159	166	150	174	159	166
17–18	*123*	*120²*	*129²*	*132*	*129*	*123*	*142²*	*141*
18–19	150	159	153	162	150	168	153	162
19–20	150	168	159	162	150	177	159	162
20–21	*135*	*138*	*141*	*144*	*144*	150	150	160
21–22	**77⁵**	**80⁵**	**74¹**	**77**	**77⁵**	**90⁵**	**74¹**	**77**
22–23	*138*	*144*	*138*	*144*	*147*	156	150	160
23–24	*135*	*138*	*144*	152	*147*	*147*	150	160
24–25	*144*	162	165	170	150	171	165	170
25–26	*141*	156	162	160	150	162	162	160
26–27	150	168	153	162	150	180	153	162
27–28	*141*	*147*	*144*	*148*	150	162	153	160
28–29	**119**	**115**	**119⁸**	**117**	*131⁸*	*126*	*131⁵*	*130⁵*
29–30	150	156	150	152	150	165	150	160
30–31	*132*	*132*	150	152	*141*	*141*	150	160
31–32	**113⁵**	**108**	**111⁶**	**109**	*128*	*120⁵*	*129¹*	*125*
32–33	*132*	*135*	*138*	*144*	*141*	*144*	150	160
33–34	*144*	150	153	160	150	162	153	160
34–35	*138*	*144*	*141*	*144*	150	156	150	160
35–36	150	180	180	180	150	180	180	180
36–37	*126*	*129*	*136⁵*	*135*	*129*	*132*	150	*146*
37–38	**116**	**111**	**113³**	**110**	*128*	**110**	*129²*	*127*
38–39	150	180	180	164	150	180	180	164
39–40	*126*	*123*	*133⁵*	*131⁵*	*135*	*135*	*147*	*145*
40–41	*141*	150	153	160	150	156	168	160
41–42	**109⁵**	**102**	**105⁵**	**100⁵**	*120*	**109⁵**	**118⁵**	**112**
42–43	*126*	*132*	*139*	*138*	*135*	*138*	150	153
43–44	**99**	**99**	**101**	**94⁵**	**114**	**99**	**115**	**105⁵**
Medie	130,2	139,7	141,3	142,8	139,7	144,5	147,9	150,3

Si deve quindi concludere, con riguardo alle applicazioni irrigue invernali, che l'elevamento del limite superiore della trattenuta attiva consentirebbe d'aumentare di circa 14 m^3/sec, da 130,2 a 144,5 m^3/sec l'erogazione utile media nei 100 giorni dal 1° gennaio al 10 aprile di uno schema del tipo A, con portata decrescente col livello, e di 9 m^3/sec da 141,3 a 150,3 m^3/sec quella di uno schema del tipo C, con portata costante nel quadrimestre novembre-febbraio.

Nel primo caso l'incremento del volume utilizzato nei 100 giorni supererebbe alquanto l'incremento dell'invaso per l'elevamento della trattenuta attiva, nel secondo gli sarebbe di poco inferiore.

Merita, da ultimo, istituire un confronto fra i due gruppi di schemi con erogazione di base di 150 m^3/sec (schemi A e C) e con erogazione di base di 160 m^3/sec (schemi B e D); le medie erogazioni utili per gli schemi del secondo gruppo sono tutte superiori a quelle degli schemi del primo gruppo e con la massima trattenuta + 1,50 m la differenza è da 5 a 2,5 m^3/sec.

Costituisce, questo, un indiscutibile pregio, al quale però si contrappone un maggior numero delle deficienze ed anche una loro maggiore durata.

Le deficienze piú gravi — tipica quella cui avrebbe dato luogo il catastrofico anno 1921 — sono caratterizzate da certi valori delle minime erogazioni utili che ricorrono praticamente invariate per tutti gli schemi, giacché con tutti si arriva al completo esaurimento dell'invaso lacuale. La entità percentuale delle deficienze, alla quale va riportato il danno che esse comporterebbero per le utilizzazioni irrigue, risulta però tanto maggiore, quanto piú elevata è la portata di base; ed è quindi maggiore per lo schema B che per quello A, e per lo schema D che per quello C.

4 - Primavera, dall'inizio della stagione irrigua alla ricostituzione dell'invaso

È pressoché intuitivo che l'aumento della trattenuta attiva non può avere importanti ripercussioni sul regime delle erogazioni primaverili; giacché all'inizio della stagione irrigua, che abbiamo convenzionalmente posto all'11 aprile, il lago si trova di regola in condizioni di svaso parziale, mentre poi nel corso della stagione, in generale al termine di essa, nelle due prime decadi di giugno, l'invaso deve essere ricostituito, a spese dei deflussi sempre copiosi di questo mese. Questi, come notammo già, e come dimostrano i calcoli che ora riporteremo, nella generalità degli anni sono esuberanti allo scopo, sia che il limite superiore della trattenuta attiva si trovi all'altezza + 1,00 m, sia che esso venga elevato a quella + 1,50 m.

È chiaro invece che l'obbligo di assicurare in ogni caso la ricostituzione dell'invaso nella seconda decade di giugno per sopperire ai bisogni della stagione irrigua estiva, negli anni di acqua deficienti non può non comportare qualche riduzione nelle erogazioni utili delle decadi precedenti.

Ma si tratta di riduzioni d'importanza affatto secondaria, come appare dalla serie dei valori raccolti nella tabella VI, che contiene appunto le erogazioni utili, attuabili anno per anno del trentunennio tra l'11 aprile e il 20 giugno.

Dobbiamo osservare che per la determinazione dei detti valori era necessario conoscere le condizioni dell'invaso al 10 aprile, all'inizio della stagione. Esse sono state determinate anno per anno, per ognuno dei quattro schemi applicati alla stagione autunnale ed i valori ottenuti sono stati raccolti in una tabella che per brevità non riportiamo.

Le differenze fra uno schema e l'altro non risultano di grande momento; con tutti gli schemi in quattro anni almeno su trentuno le irrigazioni primave-

EROGAZIONI UTILI DAL LAGO ATTUABILI TRA L'11 APRILE E IL 20 GIUGNO

Tab. VI

Anni	11-20 aprile	21-30 aprile	1-10 maggio	11-20 maggio	21-31 maggio	1-10 giugno	11-20 giugno
1921	280	280	280	280	280	*200*	*200*
1929	*150*	280	280	280	280	280	280
1932	*200*	*180*	280	280	280	280	280
1933	*200*	*200*	280	280	280	280	280
1938	*86*	*67*	*127*	*154*	280	280	280
1940	*145*	280	280	280	280	280	280
1942	*120*	*130*	*130*	*130*	280	280	280
1943	*100*	*200*	*240*	*240*	*240*	*180*	*180*
1944	*95*	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*

N. B. - Le erogazioni sopra segnate sono state calcolate partendo dalle condizioni di invaso iniziali corrispondenti allo schema C, che sono, in genere, le più sfavorevoli, e ponendo la condizione che al 20 Giugno il serbatoio sia pieno. Sono stampati in corsivo i valori inferiori a 280 m^3/sec. Gli anni del trentunennio non riportati non presentano deficienze rispetto a questa portata.

rili si sarebbero dovute avviare senza invaso iniziale o con invaso trascurabile, e per tutti il numero degli anni nei quali, all'11 aprile, il lago non sarebbe stato completamente invasato risulta compreso fra 14 e 16. Per questi anni l'applicazione degli schemi C e D avrebbe comportato invasi finali meno rilevanti che non l'applicazione degli schemi A e B. In ogni modo a seguito di queste constatazioni abbiamo ritenuto di poterci limitare a riportare i valori delle portate utili erogabili dal lago nella stagione irrigua primaverile, stabiliti con riferimento alle condizioni iniziali conseguenti allo schema C e fissato, naturalmente, all'altezza + 1,50 m il limite superiore della trattenuta attiva.

Tali valori sono appunto quelli contenuti nella Tab. VI; essa dimostra che, nel corso dell'intero trentunennio, sopra un totale di 217 decadi la erogazione di 280 m^3/sec si sarebbe potuta mantenere per almeno 187 decadi. Le deficienze interessano sopratutto il 1938 che fu contrassegnato da una magra primaverile indubbiamente non comune, ed il triennio 1942-44, che, come noto, diede luogo ad una successione di magre da ritenere eccezionale, non tanto per la entità delle singole magre, quanto per il fatto che si presentarono in annate consecutive.

A norma delle tabelle le erogazioni utili scendono tre volte (negli anni 1921, 1943, 1944) a valori inferiori ai 280 m^3/sec nelle due prime decadi di giugno; tale riduzione però non è dovuta ad insufficienza delle portate effettivamente disponibili in tali decadi, bensí alla condizione assunta che l'invaso sia completamente ricostituito al 20 giugno. Ove si astraesse da tale condizione, l'erogazione di 280 m^3/sec potrebbe essere sempre realizzata, dal maggio in avanti.

Ma soprattutto interessa osservare che le deficienze rispetto ai 280 m^3/sec segnalate dalla tabella VI per la massima ritenuta + 1,50 m sono equivalenti, per numero ed entità, a quelle che risultano dalla tabella XI della relazione 1942 e dalla IV della relazione aggiuntiva, per la massima ritenuta + 1,00 m.

Onde la conclusione che l'elevamento del limite superiore della trattenuta attiva a + 1,50 m non ha ripercussione di sorta sulle erogazioni primaverili, sino a che, naturalmente, non venga modificato il valore della portata di base.

5 - Conclusione

L'indagine che siamo venuti svolgendo, circa i benefici ritraibili dall'elevamento del limite superiore della trattenuta attiva nell'esercizio della regolazione dei deflussi dal lago Maggiore dall'altezza + 1,00 m a quella 1,50 m sullo zero dell'idrometro di Sesto, ci ha portati ad una serie di conclusioni che si possono riassumere come segue.

a) Resta confermata anche pel nuovo limite + 1,50 m la possibilità di stabilire in modi pressoché indipendenti le erogazioni da effettuare dal lago nel regime regolato, per le singole stagioni irrigue, dall'11 aprile al 30 settembre, e per le parti rimanenti di ogni annata, dal 1° ottobre al 10 aprile.

b) Stagione irrigua estiva dal 21 giugno al 30 settembre: fatto riferimento al diagramma ormai consueto di erogazioni utili, decrescenti col tempo in relazione all'andamento del fabbisogno delle irrigazioni, con valore massimo nel periodo dal 21 giugno al 15 agosto e costante per tutto questo periodo, ed ammesso l'invaso ricostituito al 20 giugno di ogni anno, l'elevamento della massima altezza di trattenuta da + 1,00 m a + 1,50 m consente — *a parità di frequenza delle deficienze* — di aumentare di 14,7 m^3/sec la portata utile mediamente erogabile nel corso dei 102 giorni, dal 21 giugno al 30 settembre. L'incremento del volume utilizzato in tale periodo risulta quindi di 130 milioni di m^3, superando del 20 % l'incremento dell'invaso (107 milioni di m^3).

c) Autunno e inverno, dal 1° ottobre al 10 aprile.

Fissata l'attenzione sui quattro schemi di regolazione distinti con le lettere A, B, C e D, l'elevamento del limite superiore della trattenuta attiva determine-

rebbe per tutti delle diminuzioni molto rilevanti nella frequenza delle deficienze rispetto ai valori di 100, 120 e 150 (o 160) m^3/sec. La frequenza si ridurrebbe infatti a circa due terzi per gli schemi A e B, alla metà circa per quelli C e D.

Con il limite + 1,50 m i due schemi B e D, con erogazioni di base di 160 m^3/sec, presenterebbero deficienze di pari frequenza a quelle presentate con il limite + 1,00 m dagli schemi A e C, con erogazione di base di 150 m^3/sec. Quindi l'elevamento del limite superiore della trattenuta attiva da + 1,00 m a + 1,50 m a Sesto consentirebbe, a parità di frequenza delle deficienze, di aumentare di circa 10 m^3/sec la portata di base (effettiva o media) dello schema di regolazione adottato. A tale aumento corrisponde un incremento della portata media del periodo invernale 1° Gennaio-10 Aprile di 14 m^3/sec circa, per la sostituzione dello schema A con lo schema B, di 9 m^3/sec circa, per la sostituzione dello schema C col D.

Nel primo caso il maggior volume liquido che si renderebbe disponibile per le utilizzazioni, risulterebbe superiore anche nel solo periodo invernale, all'incremento dell'invaso; nel secondo esso sarebbe di poco inferiore ad esso, fra gennaio ed aprile, ma lo supererebbe, se si considerassero anche i due mesi precedenti, di novembre e dicembre.

d) L'elevamento della trattenuta attiva non avrebbe apprezzabili ripercussioni sulle utilizzazioni primaverili, le quali potrebbero essere tuttavia commisurate alla erogazione costante di 280 m^3/sec, con deficienze di frequenza non maggiori di quelle che si verificherebbero con la massima ritenuta all'altezza + 1,00 m.

e) Considerato quindi l'intero periodo dal 20 giugno al 10 aprile che va dall'inizio della stagione irrigua estiva, a quello della successiva stagione irrigua primaverile, l'elevamento della trattenuta attiva da + 1,00 m a + 1,50 m consentirebbe di aumentare il volume liquido reso disponibile per le utilizzazioni nel corso di esso, di una quantità corrispondente grosso modo a due volte l'aumento dell'invaso utile, conseguente al detto elevamento.

Ciò, in altre parole, torna a dire che la maggior capacità troverebbe impiego in media almeno due volte ogni anno.

Milano, autunno 1946.

Nota. - *La valutazione del beneficio ritraibile dall'elevamento del limite superiore della trattenuta è applicabile senza altro alle utilizzazioni irrigue: per quanto concerne le utilizzazioni industriali essa, a rigore, presuppone che sia possibile elevare nelle proporzioni indicate la massima portata utilizzata. Se tale massima portata, che ora è dell'ordine di 150 m^3/sec per le utilizzazioni in atto di Vizzola e Tornavento, non fosse suscettibile di variazioni, il beneficio risulterebbe assai minore: esso infatti sarebbe pressocchè nullo nella stagione estiva, e in quella invernale si limiterebbe all'incremento delle portate inferiori a 150 m^3/sec.*

EROGAZIONI UTILI DEL LAGO, ATTUABILI NELLA STAGIONE INVERNALE

(in m³/sec)

Tab. IV

Anni	1-10 ott.	11-20 ott.	21-31 ott.	1-10 nov.	11-20 nov.	21-30 nov.	1-10 dic.	11-20 dic.	21-31 dic.	1-10 gen.	11-20 gen.	21-31 gen.	1-10 feb.	11-20 feb.	21-28 feb.	1-10 mar.	11-20 mar.	21-31 mar.	1-10 apr.
Schema A																			
15-16	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	*120*	*120*	150	150	150
17-18	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*	150
20-21	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	*120*	*120*
21-22	150	150	150	*120*	**55**	**55**	**55**	**55**	**55**	**55**	**55**	**55**	**55**	**55**	**55**	**55**	*120*	*120*	150
22-23	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	*120*
23-24	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	*120*	150
26-27	*120*	*120*	*120*	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
28-29	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	*120*	**112**	**112**	**112**	**112**
29-30	*120*	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
30-31	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	*120*	*120*	*120*	150	150	150
31-32	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	*120*	*120*	**110**	**110**	**110**	**110**
32-33	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	*120*	*120*	*120*
36-37	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*	150	150
37-38	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	*120*	*120*	**110**	**110**	**110**	**110**
39-40	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*
41-42	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	*120*	*120*	*120*	**115**	**115**	**115**	**115**	**115**	**115**
42-43	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*
43-44	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	*120*	*120*	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**
Schema B																			
15-16	180	180	180	180	180	180	150	150	150	150	150	*120*	*120*	*120*	*120*	150	180	180	180
17-18	180	180	180	180	180	180	180	180	150	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*	150
20-21	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	150	150	150	150	*120*	*120*	*120*
21-22	150	150	150	*120*	**55**	**55**	**55**	**55**	**55**	**55**	**55**	**55**	**55**	**55**	**55**	**55**	*120*	*120*	180
22-23	180	180	180	180	180	180	180	150	150	180	180	180	180	180	150	150	*120*	*120*	*120*
23-24	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	150	150	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*
24-25	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	150	*120*	180	180	180	180	180
25-26	180	180	180	180	180	180	180	180	180	150	150	*120*	*120*	180	180	180	180	180	180
26-27	*120*	*120*	*120*	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
27-28	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	150	150	150	*120*	150	180
28-29	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	150	*120*	*120*	**102**	**102**	**102**	**102**	**102**
29-30	*120*	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	150	150	150	150	150
30-31	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	150	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*	150	150
31-32	180	180	150	180	180	180	180	180	180	180	150	150	*120*	*120*	**97**	**97**	**97**	**97**	**97**
32-33	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	150	150	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*
33-34	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	150	150	*120*	150	150	180	180
34-35	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	150	150	*120*	*120*	150	150
36-37	180	180	180	180	150	150	150	*120*	150	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*	180	180
37-38	180	180	180	180	180	180	180	150	150	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**
39-40	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	150	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*
40-41	*120*	180	180	180	180	180	180	180	180	180	150	150	*120*	*120*	150	150	180	180	180
41-42	*120*	180	180	180	180	180	180	180	150	*120*	*120*	*120*	**105**	**105**	**105**	**105**	**105**	**105**	**105**
42-43	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	150	150	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*
43-44	180	180	180	180	180	180	180	180	150	*120*	*120*	*120*	**90**	**90**	**90**	**90**	**90**	**90**	**90**
Schema C																			
17-18	180	180	180	180	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	**73**	150	150	150	150
21-22	*120*	*120*	*120*	150	150	150	**39**	**40**	**36**	**31**	**52**	**35**	**37**	**33**	**44**	**59**	150	150	150
26-27	*120*	*120*	*120*	180	180	180	180	180	180	150	150	150	150	150	150	150	150	150	180
28-29	*120*	*120*	180	180	180	180	180	150	150	150	150	150	150	150	150	150	**110**	**92**	**63**
29-30	*120*	150	180	180	180	180	180	180	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
31-32	150	150	150	180	180	180	180	150	150	150	150	150	150	150	150	150	**73**	**68**	**100**
36-37	150	*120*	*120*	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	*130*	150	150	150	180
37-38	180	180	180	180	180	180	180	150	150	150	150	150	150	150	150	150	**90**	**80**	**72**
39-40	180	180	180	180	180	180	180	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	120	150
40-41	*120*	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	150	150	150	150	180	180	180	180
41-42	*120*	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	**90**	**90**	**90**	**105**	**105**	**105**
43-44	180	180	180	180	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	**80**	**80**	**80**	**80**	**80**
Schema D																			
17-18	160	180	180	180	160	160	160	160	160	160	160	160	*140*	**77**	**73**	160	160	160	160
21-22	*120*	*120*	*120*	160	160	**115**	**39**	**40**	**36**	**31**	**52**	**35**	**37**	**33**	**44**	**59**	160	160	160
26-27	*120*	*120*	*120*	180	180	180	180	180	180	160	160	160	160	160	160	160	160	160	180
28-29	*120*	*120*	180	180	180	180	180	160	160	160	160	160	160	160	160	**110**	**75**	**92**	**68**
29-30	*120*	160	180	180	180	180	180	180	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
31-32	160	160	160	180	180	180	180	160	160	160	160	160	160	160	*140*	**66**	**73**	**68**	**100**
36-37	*120*	*120*	*120*	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	**87**	**91**	160	160	160	160
37-38	180	180	180	180	180	180	180	160	160	160	160	160	160	160	160	**84**	**72**	**80**	**72**
39-40	180	180	180	180	180	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	**85**	**85**	160
40-41	*120*	180	180	180	160	180	180	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
41-42	*120*	180	180	180	180	180	180	180	160	160	160	160	**100**	**65**	**80**	**80**	**105**	**105**	**105**
42-43	180	180	180	180	180	180	180	180	180	160	160	160	160	160	160	160	160	**110**	*140*
43-44	180	180	180	160	160	160	160	160	160	160	160	160	*140*	**70**	**80**	**85**	**70**	**65**	**65**

NB. - Sono stampati in corsivo i valori inferiori a 150 m³/sec; sono inoltre in grassetto quelli inferiori a 120 m³/sec. Gli anni del trentunennio non riportati non presentano deficienze.