

REGIONE LOMBARDIA

CONSORZIO DEL CHIESE DI BONIFICA DI SECONDO GRADO

Via Vittorio Emanuele II n° 76 – 25011 CALCINATO (BS)
Tel. 030 9637012

PROGETTO PRELIMINARE

DELLE NUOVE OPERE DI REGOLAZIONE PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL LAGO D'IDRO

PROGETTAZIONE A.T.I.



MANDATARIA

Alpina S.p.A.



ALTAIR s.a.s.
Laboratorio Terre e Rocce

STUDIO DOTT. GEOL. L. GRIFFINI
GEOLOGIA - GEOTECNICA



TITOLO ELABORATO:

ELABORATI GENERALI

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

SCALA:

N. DOCUMENTO:

SCALA

FASE PR. REDATTORE ARGOMENTO DISCIPLINA TIPO EL. N. Progr. EL. REVISIONE

P	0	0	0	0	0	0	R	E	0	1	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

REV.	DATA		REDAZIONE	VERIFICA	CONTROLLO
A	17/12/2007	EMISSIONE	MAZZOTTI	ERBA	PERI
B					
C					

IL PROGETTISTA:

IL RESPONSABILE UNICO
DEL PROCEDIMENTO

INDEX

1.	L'INTERVENTO DA REALIZZARE, LE MOTIVAZIONI CHE LO SOTTENDONO E LE SUE VALENZE	3
1.1.	L'intervento per la messa in sicurezza del territorio	3
1.2.	Caratteristiche delle opere in progetto	9
1.2.1.	Traversa di sbarramento	9
1.2.2.	Galleria di by pass e opere di restituzione	10
1.2.3.	Demolizione della traversa attuale e riconfigurazione dell'alveo	12
1.2.4.	Dismissione della attuale galleria di svaso	13
1.3.	Proprietà e Valenze offerte dalle opere in progetto	14
1.3.1.	Rispetto dei requisiti di messa in sicurezza	14
1.3.2.	Rispetto dei requisiti di regolazione	15
1.3.3.	Nuove valenze offerte	15
2.	ANALISI DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI	17
3.	ELEMENTI DI FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO	22
3.1.	Ambiente	22
3.2.	Geologia e Geotecnica	23
3.3.	Idrologia	25
3.4.	Idraulica	27
1.3.4.	Lo scenario attuale e pregresso	27
1.3.5.	La fattibilità idraulica dello scenario di progetto	28
1.3.6.	La fattibilità idraulica dei singoli interventi in progetto	30
3.5.	Disponibilità delle aree.	33
4.	INDIRIZZI PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO	35
5.	CRONOPROGRAMMA DELLE FASI ATTUATIVE	38
6.	STIMA DELLE OPERE	41

1. L'INTERVENTO DA REALIZZARE, LE MOTIVAZIONI CHE LO SOTTENDONO E LE SUE VALENZE

1.1. L'intervento per la messa in sicurezza del territorio

Il presente progetto preliminare ha per argomento le nuove opere di regolazione per la messa in sicurezza del lago d'Idro, come delineate nella documentazione a cura del Consorzio di Bonifica del Chiese di Secondo Grado posta a base della gara dello stesso progetto.

Tra detta documentazione risulta particolarmente rilevante la Relazione Generale (RG) nella quale sono enunciati i criteri e i punti fissi cui riferire l'intervento oltre al percorso tecnico, amministrativo e di altra natura che li ha generati.

Il presente progetto è stata utile occasione per riprendere e confermare detti criteri, evidenziando nuovamente – sulla base di un disegno organicamente approfondito dell'insieme delle opere costituenti l'intervento - la loro correttezza in ordine agli obbiettivi da perseguire.

La causa prima che genera la necessità di una messa in sicurezza del lago d'Idro è costituita dalla presenza di un fenomeno franoso attivo che interessa la sponda sinistra del fiume Chiese, subito a valle dell'attuale traversa di sbarramento.

Le misure topografiche eseguite a partire dal 1985 hanno evidenziato che l'intera massa franosa, resa particolarmente plastica in periodi di forte imbibizione, è in lento scivolamento verso valle. La constatazione del movimento in atto indica chiaramente che l'ammasso franoso non ha ancora raggiunto una configurazione definitiva di equilibrio e porta decisamente a considerare la situazione assai pericolosa, non solo per il persistere di spinte sulla attuale traversa di sbarramento che hanno comportato la riduzione di una luce, ma anche per la possibilità che, in casi di eventi meteorici particolarmente intensi e prolungati, il movimento dell'ammasso possa accelerarsi fino a determinare un collasso più o meno generale, con invasione del fondo valle e ostruzione dell'alveo fluviale emissario del lago.

Sono evidenti i rischi connessi con la possibilità di collasso della frana e conseguente ostruzione dell'alveo.

Privo di emissario, il lago vedrebbe crescere il proprio livello fino a:

- l’incontrollabile sommersione a monte di vaste aree abitate nei comuni di Idro, Anfo, Bondone, Bagolino.
- la possibilità di collasso improvviso del rilevato che genera l’ostruzione dell’alveo e liberazione improvvisa di una relevantissima massa d’acqua e altro materiale con effetti devastanti sul territorio a valle.

La presenza della frana rappresenta dunque motivazione prima e sufficiente per provvedere all’attuazione di interventi mirati alla messa in sicurezza del territorio.

E’ da notare che l’obbligatorietà di interventi di tal fatta risulta indipendente dallo stato o meno di regolazione artificiale del lago d’Idro: essi dovrebbero essere messi in atto anche se il lago non fosse regolato artificialmente.

Il lago d’Idro è peraltro regolato artificialmente, a partire dagli anni ’20, con il duplice scopo irriguo e di produzione idroelettrica.

Le opere che provvedono a tale regolazione, realizzate fra il 1920 e il 1930, sono costituite da una traversa mobile di sbarramento e da una galleria di svaso (la cosiddetta “galleria degli agricoltori” perché finanziata dagli stessi): la prima può regolare l’invaso per la fascia superiore, da quota 367,0 m (**le quote sono riferite all’idrometro installato sul lago**), che corrisponde all’attuale quota dell’incile del Chiese, a 370,0 m; la seconda a quote inferiori fino alla quota 360,0 m.

Adiacente a tali opere, ma da loro ben distinta per funzione ed esercizio, fu realizzata nello stesso periodo anche la galleria di derivazione a servizio della centrale idroelettrica di Vobarno (ENEL).

L’Appendice A riporta una descrizione puntuale di dette opere e le loro capacità operative.

Ogni intervento, pertanto, volto alla messa in sicurezza del territorio nei confronti degli effetti del fenomeno franoso non potrà prescindere, appunto, da una regolazione del lago d’Idro congruente con le finalità irrigue e idroelettriche.

E’ da notare che le opere che attualmente consentono la regolazione del lago sono state concepite, al tempo della loro realizzazione, esclusivamente per detto scopo, senza alcuna finalità di messa in sicurezza del territorio per eventuali ostruzioni dell’alveo a seguito del

collasso della frana, evento, questo ultimo, che al tempo di costruzione delle opere di regolazione non era stato colto per quello che effettivamente si è dimostrato negli anni a seguire.

Dalle considerazioni di cui sopra è possibile trarre alcune conseguenze importanti:

- la galleria di svaso degli agricoltori (che funge da *by-pass* della traversa), possiede una configurazione solo apparentemente simile a quella che dovrebbe essere attuata per la messa in sicurezza del territorio;
- per contro le opere di regolazione attuale hanno caratteristiche funzionali, geometriche e di stato tali da non poter garantire l'efficacia della messa in sicurezza:
 - la galleria sbocca in alveo del Chiese in una posizione che, benché a valle della traversa, risulta ancora in zona pienamente interessata dall'ostruzione per collasso della frana (zona 1 della legge 267), vanificando, in questa ultima eventualità, la possibilità di operare come *by pass* della frana;
 - la galleria risulta inoltre interessata da ricorrenti eventi di instabilità del cavo che, oltre ad averne limitato la portata idraulica, ne hanno fortemente diminuito il grado di affidabilità statica; detta instabilità è tuttora presente e riscontrabile nella zona immediatamente prima dello sbocco sottostante la statale 237;
 - la traversa ha già dovuto subire un intervento di restringimento di una luce, da 11 a 9 m, a causa delle sollecitazioni indotte dal movimento franoso sul suo fianco in sinistra orografica; anche se il suo stato attuale, dal punto di vista statico, non desta oggi preoccupazioni, è sempre possibile un repentino mutamento di detto stato in funzione dell'evolversi dell'evento franoso con dirette conseguenze sulla sua capacità di tenuta;
 - né la galleria né la traversa, infine, risultano in grado di smaltire le portate che in occasione dei più gravosi eventi di piena prevedibili comportano incrementi di livello del lago compatibili con i territori circostanti;
- un rinnovato dimensionamento delle opere di regolazione che modificasse le loro caratteristiche funzionali e geometriche lasciando peraltro immutata la configurazione di base (traversa all'estuario del lago e galleria di *by pass*) consentirebbe di cogliere il duplice obiettivo della messa in sicurezza del territorio contro gli effetti del collasso della frana e del mantenimento della funzionalità irrigua e idroelettrica e turistico ambientale derivante dalla regolazione.

Quanto appena asserito chiarisce le ragioni che stanno alla base del titolo del presente progetto: ***“progetto preliminare delle nuove opere di regolazione per la messa in sicurezza del lago d’Idro”***.

E’ a questo punto da notare che l’occasione di una riconfigurazione delle opere di regolazione può, e deve, essere colta anche in funzione dei possibili miglioramenti di natura ambientale da apportare rispetto allo stato attuale.

Ci si riferisce qui non solo al dovere di garantire il Deflusso Minimo Vitale (DMV) a tutti i livelli del lago consentiti per la regolazione (fatto questo oggi non possibile) permettendo altresì in forma perenne il passaggio delle specie ittiche, ma anche di concepire le nuove opere in modo tale che, in virtù delle loro intrinseche caratteristiche, conducano automaticamente la regolazione entro i limiti consentiti e concordati – oltreché facilmente verificabili - per la corretta fruizione del lago.

I criteri fondamentali che hanno guidato il presente progetto preliminare sono stati :

- consentire una escursione della regolazione di 3.25 m , valore che risulta altresì sancito dal protocollo di intesa, sottoscritto il 21.03.2001 da tutti i soggetti istituzionali e produttivi interessati (Regione Lombardia, Provincia Autonoma di Trento, Provincia di Brescia, ENEL S.p.A., utenti irrigui bresciani, comuni rivieraschi e Comunità Montana Val Sabbia), avente come oggetto il “Regolamento per la gestione coordinata del lago d’Idro e dei serbatoi dell’alto Chiese”, successivamente approvato con d.g.r. 07.06.2002 n° 7/9297;
- consentire, in corrispondenza del livello di minima regolazione di percepire sempre l’effetto lago, anche nel tratto morfologicamente più canalizzato che va dal ponte cittadino all’imposta della traversa avendo sempre la soglia sommersa. Ciò ha comportato di avere in corrispondenza della battuta paratoie una profondità del livello idrico minimo pari ad almeno 25 cm;
- fissare, coerentemente con i punti sopra descritti una quota di imposta della soglia della traversa compatibile, inferiormente con l’abbassamento dell’alveo e la sua conseguente rimodellazione verso valle, superiormente, con un livello di massima regolazione tale da non arrecare rischio ai paesi rivieraschi in caso di eventi di piena. A tale proposito si precisa che al fine di preservare la garanzia e la sicurezza dei territori, le simulazioni

idrauliche condotte per tutti gli eventi di piena sono state impostate a partire dal lago con quota di regolazione massima, ben sapendo che comunque nei piani di gestione sono contemplati abbassamenti preventivi del livello di regolazione, in funzione della stagionalità, proprio con l'intento di salvaguardare la capacità di laminazione del lago stesso. Ciò ha comportato, come conseguenza una verifica assai cautelativa proprio perché la particolare orografia del territorio è tale da comportare allagamenti di vaste superfici per minimi incrementi del livello dell'acqua soprattutto nell'area rivierasca sita in provincia di Trento,

La Relazione Idraulica di questo progetto e lo studio del dicembre 2005 svolto dalla Facoltà di Ingegneria dell'Università di Brescia sulle aree allagabili del lago d'Idro (riportato in B) consentono di verificare nel particolare quanto asserito.

I livelli di regolazione e di escursione di cui sopra, insieme con i restanti dati contenuti nella RG, consentono di tracciare il seguente quadro dei parametri fondamentali cui ci si è attenuti nella progettazione delle nuove opere di regolazione per la messa in sicurezza del lago d'Idro:

1. quota di massima regolazione del lago: 370,00 m;
2. massima escursione del livello del lago ai fini della regolazione: 3,25 m, ovvero da 366,75 m a 370,00 m ;
3. idrogramma di progetto: quello avente tempo di ritorno pari a 1000 anni (T_r1000);
4. dimensionamento della nuova traversa tale da limitare – con la nuova galleria non funzionante e nel caso del verificarsi dell'idrogramma T_r1000 – la portata rilasciata a un valore dell'ordine di $300 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, anche se risultasse comprovato che l'alveo a valle riesce a convogliare, dal punto di vista esclusivamente idraulico, portate maggiori; il valore considerato è molto simile alla portata evacuata dall'incile del lago in condizioni naturali (prima della regolazione) in corrispondenza dei un evento $Tr1000^1$; risulterebbe quindi inopportuno sollecitare l'alveo con una portata superiore a quella “naturale”; tale limitazione ha inoltre lo scopo di contenere le sollecitazioni indotte al contesto geologico entro cui si situa l'alveo a valle e abbassare parimenti le sollecitazioni indotte al piede della frana;

¹ Si veda a tal proposito lo studio dell'ing Natale del 2006: “studio della capacità di laminazione delle piene del lago d'idro”

5. dimensionamento idraulico della galleria tale da consentire il transito, a pelo libero, – nel caso del contemporaneo verificarsi dell'idrogramma T_r1000 e della caduta della frana con conseguente impossibilità di deflusso attraverso la nuova traversa – di una portata dell'ordine di $300 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ senza superare il massimo livello del lago raggiunto nel corso dell'evento descritto al precedente punto 4;
6. configurazione della traversa tale da lasciar defluire il DMV in qualsiasi condizione di livello di regolazione, quindi anche con il livello del lago a minimo invaso 366,75 m;
7. predisposizione di apposita scala di risalita della fauna ittica in grado di funzionare per ogni livello di regolazione presente nel lago;

1.2. Caratteristiche delle opere in progetto

Le opere, dimensionate nel rispetto dei parametri di cui sopra e particolarmente descritte nei restanti elaborati formanti il presente progetto preliminare, presentano le seguenti caratteristiche:

1.2.1. Traversa di sbarramento

Di tipo mobile, dotata di due paratoie principali a settore oltre a una paratoia minore piana per la gestione del DMV, situata al termine meridionale del lago e precisamente circa 130 m a valle dell'attuale ponte d'Idro e circa 300 m a monte dell'attuale traversa.

La traversa è costituita da una struttura massiccia in cemento armato munita di platea e muri d'ala verticali, con pila centrale che delimita le due luci di efflusso principali larghe, ciascuna, 11,5 m.

Tra la sponda e il muro d'ala in destra è ricavata una luce minore di efflusso, di dimensioni 3,0 m per 1,0 m, per il rilascio del DMV. A detta luce minore è affiancata la scala per la risalita delle specie ittiche, in grado di funzionare per ogni livello del lago compreso entro i 3,25 m di escursione consentita, a tale scopo sono state configurate due prese a diverse quote.

Le luci principali sono controllate da due paratoie metalliche del tipo a settore, il cui sollevamento è attuato da una centrale oleodinamica.

La luce minore è controllata da una paratoia metallica piana.

La soglia delle luci principali è posta alla quota di 366,50 m in modo tale da formare un livello liquido a monte "effetto lago" anche quando il lago è alla quota di minima regolazione, mentre la soglia della luce minore è posta alla quota di 365,80 m.

Le paratoie delle luci principali, quando chiuse contro la soglia inferiore, presentano la soglia superiore – del tipo sfiorante - alla quota di 370,00 m.

Le stesse paratoie delle luci principali, quando in posizione di massima apertura presentano una luce libera inferiore di circa 4,00 m, si è calcolato tuttavia che la massima apertura in caso di evento di piena tr 1000 è pari a 3,2 con soglia superiore alla quota di 374,4 m., ovvero con un franco di 1,2 m rispetto al massimo livello del lago raggiunto durante il transitorio di piena per l'evento T_r1000 .

In corrispondenza della luce minore, a valle della traversa, è stato conformato un alveo di dimensioni opportune per il convogliamento del DMV in ogni condizione di livello del lago. In particolare detto alveo, esteso fino poco a valle della traversa attuale - sezione dove la pendenza naturale dell'alveo aumenta bruscamente – risulta in grado di condurre la massima portata di DMV prevedibile, pari a $5.02 \text{ m}^3/\text{s}$, anche con il lago al minimo livello consentito (366,75 m).

A completamento delle opere di inserimento della traversa, è stata predisposto un muro spondale di contenimento in sponda sinistra compreso tra la traversa stessa e il ponte esistente, per evitare il passaggio incontrollato di corrente – durante gli eventi di piena più gravosi - in zone che si situano a livelli orografici più bassi dei massimi livelli del lago corrispondenti, appunto, a detti eventi di piena.

1.2.2. Galleria di by pass e opere di restituzione

Galleria idraulica, con tracciato in sponda orografica sinistra lungo circa 1300 m, imbocco situato circa 160 m a nord-est dell'imbocco della galleria di svaso attuale, e sbocco sito nel comune di Lavenone circa 550 metri a valle dello sbocco esistente.

La galleria presenta una sezione interna policentrica di area pari a circa 35 m^2 e pendenza costante pari allo 0,7%.

Le opere di imbocco sono costituite da una sezione sommersa di captazione della portata formata da due luci, ciascuna di dimensioni pari a $4.5 \text{ m} \times 4.5 \text{ m}$, che convogliano l'acqua in due successivi condotti a sezione rettangolare regolati da due paratoie piane delle medesime dimensioni.

Il funzionamento idraulico della galleria è a pelo libero con opera di captazione sotto battente.

Detta modalità di captazione è dovuta alla necessità di far sì che la galleria riesca a convogliare portate elevate (il più vicino possibile a quella massima: $300 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) già fin dal primo instaurarsi dell'evento di piena e anche con il lago al minimo livello di regolazione consentito.

La soglia inferiore di captazione è stata pertanto posta alla quota 361,50 m, quota alla quale, tra l'altro, le opere artificiali di imbocco restano sempre sommerse anche quando il lago si trova al minimo livello di regolazione consentito.

A valle delle paratoie il flusso converge nella galleria che è dimensionata per condurre la portata di 300 m³/s a pelo libero.

Le opere di sbocco sono precedute da un manufatto al termine della galleria per lo smorzamento dell'energia idraulica della corrente, costituito da una vasca dentata del tipo USBR tipo III realizzata interamente in galleria.

La sezione trasversale della vasca è larga 12 m mentre subito a valle la stessa si restringe a 8 m; si realizza in tal modo un duplice vantaggio: si crea una strizione a valle della vasca che aiuta la formazione del risalto, si ha una sezione di scavo minore al di sotto della strada statale con conseguente maggiore copertura.

Lo sbocco in alveo del Chiese avviene tramite un manufatto scatolare in cemento armato avente due luci di passaggio pari a 7,5x4,0 m con area trasversale complessiva di 60 m², il manufatto ha una lunghezza pari a circa 95 m e viene totalmente ricoperto di terreno per mitigarne l'impatto.

Al termine dello stesso sono previsto un diffusore realizzato mediante due muri d'ala e un fondo in massi cementati.

Il tratto di alveo prospiciente allo scocco viene sistemato per garantire un corretto deflusso delle portate anche nel caso di funzionamento della sola galleria; ad est dell'opera di sbocco è previsto un breve tratto arginale che si chiude sulla spalla del ponticello pedonale, mentre ad ovest è previsto un tratto arginale che protegge anche la sponda del torrente abbioccolo.

Il rilevato arginale è protetto da blocchi di pietra di grossa pezzatura nella parte bassa e da georete nella parte superiore.

E' da notare infine un elemento che solo a uno sguardo superficiale può apparire insignificante, ovvero il cambio di denominazione nella nuova galleria rispetto a quella attuale: galleria di *by pass* invece di galleria di svaso. Detto cambio è significativo dell'effettivo cambio di funzione tra i due manufatti: mentre la galleria attuale fu concepita e costruita per provvedere allo svaso del lago per sfruttarne la risorsa idrica, la nuova sorge unicamente come strumento funzionale alla messa in sicurezza del territorio nei confronti degli effetti del collasso della frana.

Detta esclusività funzionale a soli fini di sicurezza rende eventualmente percorribile – qualora ritenuto conveniente - la gestione delle due nuove opere, traversa e galleria, da parte di due soggetti distinti, dei quali uno principalmente preposto alla regolazione e l'altro a garantire la sicurezza del territorio.

Il contesto geologico di scavo dell'opera la rende fattibile con gli accorgimenti di sostegno provvisorio e definitivo illustrati negli appositi elaborati di progetto, cui si rimanda.

1.2.3. Demolizione della traversa attuale e riconfigurazione dell'alveo

La realizzazione della nuova traversa a monte della traversa esistente impone la demolizione della stessa.

La demolizione avverrà previa indagine delle sollecitazioni all'interno della struttura eseguite mediante martinetti piatti per poter stabilire le reali spinte indotte dal versante sulla struttura e per poter redigere un piano di demolizione dettagliato.

L'intero tratto di alveo compreso tra la traversa di progetto e quella sezione poco a valle della traversa esistente in cui le quote di progetto tornano a coincidere con le quote esistenti (tratto di lunghezza pari a circa 400m) verrà riconfigurato per consentire:

- il regolare deflusso delle portate in tutti i casi di apertura delle paratoie e nel rispetto dei valori massimi di progetto;
- la formazione di un alveo minore, di ridotte dimensioni, e opportuna pendenza per la conduzione del DMV.
- La protezione del fondo e delle sponde in particolare nel tratto situato subito a valle della traversa che è luogo di risalto.

Tali considerazioni hanno comportato la definizione di un alveo di progetto avente pendenza costante pari allo 0,3% all'interno del quale viene ricavato un alveo di magra avente pendenza pari allo 0,15%.

L'alveo di magra, che non viene conformato in modo sinuoso, ha dimensioni superiori a quelle idraulicamente necessarie al convogliamento della portata stessa, al fine di garantire l'inserimento di alcuni deflettori e costringitori allo scopo di ottenere una meandrizazione e creare delle accelerazioni localizzate per donare naturalità all'alveo stesso.

Per l'intervento in esame sono state individuate quattro sezioni tipo:

Sezione "A": Tratto di alveo compreso tra il ponte carrabile e la traversa di progetto:

Tale tratto di alveo viene conformato per il contenimento dei livelli idrici. E' stata quindi prevista una messa in quota della sponda sinistra realizzata mediante un muro a gravità rivestito in massi con la formazione di un camminamento a tergo della stesso.

Sezione "B": Tratto di alveo della lunghezza pari a circa 50 m a valle della traversa di progetto:

Per tale tratto di alveo che è sede del risalto idraulico è stata prevista una protezione del fondo e delle sponde realizzata mediante massi ciclopici.

Sezione "C": Tratto di alveo a valle del precedente fino alla traversa esistente (da demolire):

Tale tratto che è sede di "corrente lenta", è caratterizzato invece da protezioni spondali leggere (materassi metallici) e da un unghia in massi al piede

Sezione "D": Tratto di alveo a valle della traversa esistente (da demolire):

In tale tratto lo scavo dell'alveo viene previsto ad una distanza opportuna dai piedi dei muri esistenti per non interferire con gli stessi, inoltre viene prevista un unghia di protezione in massi.

Per la illustrazione precisa delle geometrie e altri accorgimenti tecnici in gioco si rimanda ai disegni di progetto.

1.2.4. Dismissione della attuale galleria di svaso

L'attuale galleria di svaso verrà dismessa bloccando l'ingresso e l'uscita con due muri massicci in cemento armato che ne impediscano l'accesso.

Verrà inoltre messa in sicurezza la zona di sottopasso della statale 237 mediante riempimento del cavo con materiale stabilizzante.

Dato che le opere di accesso all'imbocco presentano caratteristiche morfologiche e architettoniche tipiche dell'epoca in cui sono state edificate e relativo contesto (impianti idraulici e idroelettrici del primo '900), si suggerisce di conservare le stesse come testimonianza di archeologia industriale.

1.3. Proprietà e Valenze offerte dalle opere in progetto

Vale a questo punto la pena di riassumere in forma sintetica proprietà e valenze delle nuove opere:

1.3.1. Rispetto dei requisiti di messa in sicurezza

1. Le nuove opere soddisfano completamente il requisito primario della messa in sicurezza del territorio per ostruzione dell'alveo a valle del lago nel caso di collasso della frana.
Infatti attraverso la nuova galleria di *by pass* è possibile provvedere allo smaltimento delle portate derivanti da ogni evento di piena fino a quello T_r1000 con il medesimo regime di livelli del lago che si verificherebbe nel caso di smaltimento delle stesse portate attraverso la sola traversa.
2. La nuova traversa risulta ubicata in zona fuori delle aree interessate dagli effetti di caduta della frana, quindi anche esente – al contrario dell'attuale – da fenomeni statici indotti dai movimenti della medesima.
E' dunque annullato ogni rischio di collasso statico della traversa per effetto del moto franoso.
Come effetto secondario sono inoltre rimosse le cause di instabilità in prossimità del sottopasso della galleria con la statale n. 237.
3. Un'ulteriore diminuzione di rischio derivante dalla realizzazione delle nuove opere risiede nella possibilità – al verificarsi di eventi di piena – di modulare opportunamente, e secondo i migliori criteri di gestione del rischio, la portata da smaltire tra la traversa e la galleria.
In tal modo si riuscirà a limitare grandemente la portata che transita nel tratto d'alveo, costeggiato in sinistra dal piede della frana, compreso fra la traversa attuale e lo sbocco della nuova galleria di *by pass*, evitando di sollecitare eccessivamente detto piede di frana, il tutto a vantaggio del mantenimento della stabilità della medesima.

1.3.2. **Rispetto dei requisiti di regolazione**

1. La coincidenza della quota di massima regolazione con quella di massima ritenuta pari a 370,00 m. è garanzia dell'impossibilità del superamento di detta quota nell'ordinaria vita e gestione del lago, ovvero in assenza di eventi di piena.

Solo al verificarsi di detti eventi, all'aprirsi delle paratoie coinciderà un eventuale progressivo innalzamento del livello del lago la cui entità sarà funzione della portata entrante e del suo idrogramma, ovvero funzione della severità dell'evento.

2. Il dimensionamento idraulico complessivo della luce minore della traversa e dell'adiacente scala di risalita delle specie ittiche è tale da consentire, con il lago al minimo livello consentito (366,75 m s.l.m.), il passaggio della sola portata di DMV.

Portate maggiori non possono fisicamente transitare se il livello si mantiene alla quota di minimo invaso.

La sorveglianza, possibile in continuo, del transito della portata di DMV, è garanzia che il lago non venga depresso a livelli inferiori al minimo consentito.

3. Oltre al vincolante rispetto dei livelli massimo e minimo di cui ai due punti precedenti, le nuove opere consentono la regolazione del lago – sempre in assenza di eventi di piena – per l'intera escursione consentita, agendo esclusivamente e opportunamente sul prelievo a scopo idroelettrico praticato dall'ENEL.

Solo nell'eventualità in cui, per qualunque ragione, in un determinato periodo di tempo, detto prelievo non risultasse sufficiente a smaltire la portata entrante nel lago mantenendo lo stesso entro i limiti di escursione stabiliti, la regolazione si svolgerebbe utilizzando le luci principali della traversa.

La nuova galleria di *by pass*, dunque, non svolge alcuna funzione attiva nell'ordinaria regolazione del lago ma solo quella di smaltimento della portata in eccesso durante gli eventi di piena.

1.3.3. **Nuove valenze offerte**

1. Le nuove opere consentono il passaggio del DMV, secondo i valori di portata stabiliti, per ogni livello di escursione consentito.

Mentre è superfluo elencare i vantaggi di tipo ambientale offerti da una tale possibilità – peraltro obbligatoria per legge – è altresì importante notare che le opere attuali non consentono affatto tale possibilità in quanto la soglia della traversa esistente si situa un metro più in alto del minimo livello di regolazione consentito.

2. Le nuove opere consentono il passaggio della specie ittiche anche in presenza della nuova traversa e per ogni livello del lago consentito dalle norme di regolazione.

Le opere attuali non consentono detto passaggio.

3. Nell'attuale ordinaria gestione del lago si verifica, di fatto, che il prelievo avviene esclusivamente attraverso la galleria dell'ENEL, mentre la traversa e la galleria di svaso non conducono alcuna portata.

In tale situazione, a meno del verificarsi di eventi eccezionali che impongano l'apertura della traversa attuale e, quindi, per periodi assai lunghi, la porzione di lago compresa tra la galleria ENEL e la traversa esistente ha un ricambio di risorsa idrica assai ridotto.

L'instaurare viceversa il flusso continuo del DMV attraverso la nuova traversa genera un ricambio, altrettanto continuo, con ovvi vantaggi in termini di qualità dell'acqua.

4. Il tratto di alveo compreso tra la traversa di progetto e la traversa esistente, oggi sede lacuale è soggetto a ristagno di acqua quando il livello del lago scende al di sotto della quota 368,0 m (pari alla quota di imposta della traversa 367,0 a cui vanno sommate circa 1 metro di perdite di carico perché l'acqua defluisca dal lago alla traversa).

Tale tratto di alveo appariva quindi come paludoso per un elevato numero di giorni nell'arco dell'anno (anche prima delle limitazioni di invaso da parte del R.I.D.).

Le opere in progetto prevedono la riprofilatura di tale tratto per garantire il deflusso di portate comprese tra 2,5 e circa 300 m³/s, come diretta conseguenza si crea una riqualifica anche dal punto di vista estetico ed ambientale.

2. ANALISI DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI

Vengono nel seguito esaminate le possibili alternative alle opere progettate sia dal punto di vista della configurazione generale delle stesse, sia per quanto riguarda le caratteristiche puntuali di ciascuna.

L'analisi è condotta nella forma di risposte a quesiti che possono sorgere all'esame del progetto.

E' possibile raggiungere i medesimi obbiettivi conseguiti dalle nuove opere realizzando solo la nuova traversa e conservare la galleria attuale, eventualmente allargandola?

Questa ipotesi consentirebbe il raggiungimento degli obbiettivi inerenti la regolazione, il passaggio del DMV e la risalita delle specie ittiche, ma non raggiungerebbe l'obiettivo dell'eliminazione del principale rischio per il territorio derivante dal collasso della frana e ostruzione dell'alveo.

Infatti:

- la galleria attuale non può essere utilizzata quale *by pass* della frana nel caso di ostruzione dell'alveo per collasso della stessa, in quanto il suo sbocco si situa esattamente in posizione soggetta a subire detta ostruzione (zona 1 legge 267); quindi non consente, in assoluto, il raggiungimento dei requisiti di messa in sicurezza del territorio a seguito del collasso della frana;
- a parte le precarie condizioni geologiche del terreno attraversato dalla galleria attuale che hanno già comportato diversi interventi di sostegno aggiuntivi e un conseguente restringimento di sezione, il fatto che lo sbocco della galleria sia in posizione soggetta all'ostruzione per collasso della frana ne impedisce comunque l'utilizzo per il raggiungimento dei requisiti di messa in sicurezza nonostante fosse possibile procedere a un allargamento della sezione che incrementasse la portata convogliabile.
- nel precedente capitolo è stato esposto come la regolazione sia attuata e garantita esclusivamente dalla nuova traversa, mentre la nuova galleria di *by pass* viene attivata solo in occasione degli eventi eccezionali di piena;
- la sola presenza della nuova traversa attua pertanto in pieno i requisiti di regolazione, di passaggio del DMV e di risalita delle specie ittiche;

- la presenza della nuova traversa elimina inoltre il rischio connesso con il possibile collasso statico della traversa attuale per sollecitazioni indotte dal movimento franoso anche in assenza del collasso del medesimo;

E' possibile raggiungere i medesimi obbiettivi conseguiti dalle nuove opere realizzando solo la nuova galleria di *by pass* e conservare la traversa attuale?

Questa ipotesi non consentirebbe il raggiungimento degli obbiettivi inerenti la regolazione, né il passaggio del DMV, né la risalita delle specie ittiche, ma permetterebbe l'eliminazione del principale rischio per il territorio derivante dall'ostruzione dell'alveo a seguito del collasso della frana, anche se conserverebbe il rischio connesso con il possibile collasso statico della traversa attuale per sollecitazioni indotte dal movimento franoso anche in assenza del collasso del medesimo.

Infatti:

- la soglia della traversa esistente si situa 0,75 m più in alto del minimo livello di regolazione consentito, impedendo, in tale intervallo di escursione, il passaggio del DMV; inoltre la traversa non consente il passaggio delle specie ittiche;
- la traversa attuale possedeva, originariamente, due luci uguali larghe, ciascuna 11,00 m. Nel 1964 si è reso necessario un intervento di riduzione della luce in sinistra a 9,00 m in quanto il muro contro la sponda aveva subito cedimenti tali da impedire il funzionamento della paratoia. Detti cedimenti erano imputabili al movimento della frana insistente sul versante in sinistra;
- nuove e improvvise sollecitazioni statiche alla traversa analoghe a quelle avvenute prima del 1964 potrebbero comportare gravi anomalie nella tenuta statica della medesima con il rischio di rilascio improvviso di ingenti volumi d'acqua.

Esistono alternative al posizionamento della nuova traversa?

I criteri che vincolano il posizionamento della traversa sono:

- lo sbarramento può essere ubicato solo in zona libera dai paventati effetti di caduta di materiale a seguito del collasso della frana (zona 2 della legge 267);
- esso, inoltre, deve essere ubicato a valle del ponte d'Idro esistente per evitare di interessare detto manufatto con la spinta della corrente in fase di apertura delle paratoie;
- è peraltro sconsigliabile un'ubicazione in tratti d'alveo in curva per le dissimmetrie di varia natura che interesserebbero l'opera nel suo complesso (la curvatura del fiume Chiese a monte della traversa esistente è peraltro interessata per la quasi totalità dalla perimetrazione della zona 2).
- fermo quanto sopra l'ubicazione della traversa deve consentire di rendere fruibile la maggiore superficie lacuale possibile in considerazione delle esigenze della popolazione.

I vincoli di cui sopra circoscrivono il tratto di alveo, nel quale risulta possibile il posizionamento della nuova opera, a quello rettilineo compreso fra la sezione circa a 30m a valle del ponte d'Idro e la sezione posta a circa 150m a valle dello stesso.

La posizione della traversa è stata scelta in concomitanza di una piazzola stradale che crea una strizione dell'alveo (oggi lago), tale piazzola è ubicata circa 130 m a valle del ponte esistente, la larghezza dell'alveo a valle e a monte di tale piazzola è pari a circa 30 m mentre la sezione ristretta è larga circa 25m, tale valore appare quindi ottimale per l'ubicazione di una traversa con due luci nette da 11,5 metri.

Se la traversa fosse stata ubicata in corrispondenza di una sezione situata più a monte, il restringimento sarebbe stato eliminato per garantire il deflusso in alveo a sezione regolare e per evitare rigurgiti sulle paratoie di ritenuta; il posizionamento prescelto è peraltro ottimale dal punto di vista della fruizione turistico ambientale (massima estensione lacuale realizzabile).

Infine si fa notare che le condizioni geologiche dell'alveo in detto tratto risultano sostanzialmente omogenee ai fini della fondazione della traversa, la geologia non appare quindi come una discriminante per la scelta dell'ubicazione.

Esistono alternative al tracciato o al dimensionamento della nuova galleria di by pass?

I criteri che vincolano il dimensionamento e la configurazione della nuova galleria di *by pass* sono:

- la nuova galleria deve avere lo sbocco in alveo del Chiese e l'imbocco dal lago rispettivamente a valle e a monte della zona interessata dalla caduta di materiale per collasso della frana;
- deve essere dimensionata per una portata analoga a quella smaltibile dalla traversa in condizioni eccezionali (circa $300 \text{ m}^3/\text{s}$) per potersi sostituire completamente a quest'ultima in caso di collasso della frana;
- deve avere la soglia di imbocco a una quota tale che consenta, anche quando il lago si trova al livello di minimo invaso, l'evacuazione di una portata il più vicino possibile a quella massima ($300 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$) in modo da garantire uno smaltimento sufficientemente rapido delle portate, all'instaurarsi dell'evento di piena;
- la galleria deve avere un funzionamento idraulico a pelo libero (come specificato nella relazione generale), un funzionamento in pressione comporterebbe costi troppo elevati per quanto riguarda la struttura del rivestimento e le opere di dissipazione da realizzare prima della restituzione in alveo.

Quanto sopra:

- limita la zona dello sbocco in Chiese a un tratto di sponda destra lungo circa 200m e situato a valle della zona di frana e a monte della confluenza con il torrente Abbicoccolo. Per la particolare orografia della zona è infatti improponibile uno sbocco a valle di detta confluenza che comporterebbe un tracciato della galleria sottopassante il torrente con profilo non conforme al suo funzionamento idraulico.
Nel particolare il posizionamento prescelto per lo sbocco è stato definito quale punto di compromesso ottimale rispetto a:
 - minimizzazione degli impatti di cantiere,
 - possibilità di annullare quasi completamente l'impatto visivo delle opere una volta terminate;
- comporta l'adozione di un profilo altimetrico e una sezione interna opportunamente calibrati per il raggiungimento del funzionamento idraulico prescritto;

- comporta un imbocco su più luci con soglia posta sotto battente dato l'elevato valore della portata da convogliare.

La necessità inoltre di posizionare l'imbocco a monte di quello della galleria di svaso attuale, in modo da evitare gli inconvenienti di tipo geologico che interessano quest'ultima, ha fatto propendere per una zona di sponda posta circa 150 m a monte dell'imbocco esistente: essa possiede i requisiti congiunti di accessibilità cantieristica, possibilità di attuabile e sostenibile fasistica realizzativa, previsione di accettabile situazione geologica.

La scelta della quota di imbocco della galleria deve derivare dalla considerazione di una serie di diversi aspetti quali:

- elevata portata da convogliare, in tal senso una quota di imbocco “bassa” facilita lo smaltimento della portata di progetto con luci delle paratoie contenute;
- necessità di eliminare pressoché completamente l'impatto visivo delle nuove opere una volta terminate, evitare quindi che il portale di imbocco sommerso riappaia alla vista quando il lago scende al minimo livello di regolazione consentito (366,75 m s.l.m.);
- fattibilità dell'opera: il portale di imbocco deve essere realizzato mediante scavo e reinterro eseguito in detrito avente una quota di falda analoga alla quota del lago, anche il primo tratto di galleria scavata in naturale a valle della camera paratoie presenta le medesime problematiche; risulta ovvio che una quota di imbocco “alta” faciliti la fattibilità dell'opera a costi ragionevoli.

Tali considerazioni hanno portato alla scelta di una quota di imbocco pari a 361,5 m mslm, che è 1,5 metri più alta di quella della galleria attuale.

3. ELEMENTI DI FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO

3.1. Ambiente

Le opere di progetto interesseranno direttamente il bacino del Lago d'Idro e il primo tratto dell'asta del Fiume Chiese sublacuale, nonché le componenti ecosistemiche che caratterizzano i due corpi idrici.

L'ecosistema lacustre del Lago d'Idro, soggetto a regolazione idraulica a scopi principalmente idroelettrici, presenta una serie di criticità ambientali connesse in parte all'andamento non naturale dei livelli idrici. La regolazione artificiale dei livelli idrici di un bacino lacustre, infatti, può comportare effetti negativi sulle comunità vegetali e animali che lo popolano, soprattutto se viene effettuata operando escursioni di livello rilevanti e in brevi periodi di tempo.

Il Chiese sublacuale è interessato dalla presenza di numerose discontinuità che ne comportano la frammentazione ecologica e impediscono la libera migrazione della fauna ittica lungo il suo corso; tra esse compare la traversa esistente in corrispondenza del Lago d'Idro. Inoltre, il primo tratto fluviale a valle della traversa risulta per la maggior parte dei giorni l'anno in asciutta.

Le azioni progettuali comporteranno il mantenimento di un livello minimo delle acque a quota 366 m e un'oscillazione massima di 3, 25 m, considerevolmente inferiore rispetto alle escursioni idrometriche effettuate in passato, limitando potenzialmente gli effetti negativi generati sull'ecosistema.

Si prevede il rilascio del Deflusso Minimo Vitale a valle della nuova traversa, in modo tale da garantire la funzionalità ecologica del tratto di Chiese ad oggi inospitale per la fauna ittica.

Gli interventi di progetto prevedono la realizzazione di un passaggio per la fauna ittica in corrispondenza della nuova traversa, che permetterà il ripristino della continuità ecologica tra il lago e il suo emissario.

3.2. Geologia e Geotecnica

Galleria di by-pass

L'esecuzione delle indagini geologiche, geomorfologiche, geomeccaniche, geognostiche, geofisiche e di laboratorio ha consentito di ricostruire il modello geologico tecnico in asse galleria descritto nel seguito.

La galleria in progetto imbocca a nord dal lago di Idro direttamente nei terreni superficiali, costituiti da depositi sciolti caotici con blocchi, ghiaia e sabbia, con livelli conglomeratici solo localmente ben cementati. Dopo circa 100m di galleria, si entra nelle rocce appartenenti alla formazione di San Giovanni Bianco, costituita da dolomie vacuolari marnose alternate ad argilliti. Localmente sono presenti lenti o livelli di gessi ed anidriti, soprattutto alla base della formazione.

La galleria attraversa poi un contatto tettonico, che probabilmente presenta una fascia cataclastica, ed entra nella litologia dominante costituita dalle Arenarie di Val Sabbia, caratterizzate dalla presenza di arenarie e siltiti organizzate in strati di diverso spessore, con una composizione da marnosa a calcareo marnosa a volte intercalate da livelli conglomeratici, vene calcitiche e noduli calcareo arenaci.

Circa 55 ÷ 60 metri dallo sbocco a Lavenone la galleria attraversa una fascia cataclastica di uno spessore di circa 10 metri, dovuta alla presenza della faglia dell'Abbioccolo.

L'ultimo tratto della galleria verrà realizzato lungo la piana in prossimità del fiume Chiese, in scavo e riporto, in considerazione dello spessore ridotto della copertura, costituita da terreni sciolti formati da blocchi, ghiaia e sabbia.

La ricostruzione geologica e la caratterizzazione geotecnica degli ammassi non delinea un quadro particolarmente preoccupante per quanto concerne la fattibilità tecnico economica della galleria stessa. La qualità degli ammassi rocciosi di arenaria, che è la formazione rocciosa prevalentemente interessata dagli scavi, definita sulla base dei rilievi geomeccanici, risulta in generale di classe III ed in un caso di classe IV; mentre la dolomia principale che verrà interessata solo marginalmente dalle opere in progetto, nell'unico rilievo geomeccanico eseguito, è di classe II.

Se ne conclude che in proporzione i maggiori costi di scavo e di rivestimento deriveranno dall'attraversamento del primo tratto caratterizzato da detrito di versante saturo, e dal secondo tratto della formazione del San Giovanni Bianco; l'intero sviluppo in asse galleria di tali formazioni è tuttavia limitato a circa 200 m.

Particolari accorgimenti dovranno essere infine adottati per l'attraversamento della facia cataclastica in corrispondenza della faglia dell'Abbioccolo, la larghezza di tale fascia è stimabile in circa 10 m.

Traversa esistente

In corrispondenza della traversa in progetto, allo stato attuale, non sono ancora state eseguite indagini geognostiche dirette che consentano una valutazione geologico-geotecnica esaustiva; tuttavia sulla base delle osservazioni effettuate in sito e delle conoscenze pregresse è stata redatta una sezione trasversale in asse alla traversa stessa.

In sponda destra sono visibili le rocce appartenenti alla formazione delle Arenarie di Val Sabbia, con una stratificazione a franapoggio immergente verso l'alveo. In sponda sinistra non sono presenti affioramenti rocciosi, correlando la giacitura degli strati presenti in destra i depositi sciolti dovrebbero raggiungere uno spessore non superiore ai 20m.

La realizzazione della traversa in progetto è fattibile dal punto di vista statico a patto di effettuare mediante le successive indagini una precisa caratterizzazione geotecnica del terreno di fondazione; non è possibile inoltre effettuare precise valutazioni sulla tipologia di schermo di tenuta da adottare, in quanto non si hanno a disposizione informazioni sulla permeabilità della formazione.

3.3. Idrologia

Il lago d'Idro si origina dal fiume Chiese che a monte del lago stesso, sottende un bacino imbrifero di 617 km², avente un altitudine media pari a 1480 mslm, e situato quasi interamente in Trentino.

Il fiume Chiese è sia immissario che emissario del lago; poche centinaia di metri a monte dell'immissione riceve il contributo del torrente Caffaro.

Il progetto delle nuove opere di regolazione non modifica in modo alcuno la morfologia del bacino afferente al lago in quanto non prevede interventi nell'area del bacino stesso.

Le conoscenze idrologiche e le dinamiche di piena del bacino sono consolidate in quanto oggetto di studio da parte di uno dei più autorevoli docenti di idraulica: Il professor Luigi Natale dell'università di Pavia.

Lo studio citato ha come titolo: "studio della capacità di laminazione delle piene del lago d'Idro", è stato commissionato dal Consorzio del Chiese di bonifica di secondo grado nel 2005 ed è stato ultimato nel maggio del 2006.

Come si evince dal titolo, lo studio non tratta soltanto la parte idrologica del bacino ma studia anche le dinamiche idrauliche generate delle opere di regolazione esistenti.

La parte idrologica dello studio appare completa e rispondente alle reali dinamiche di piena del bacino in quanto:

- Le onde di piena di progetto sono state ricavate mediante elaborazione statistica di una serie storica di portate in ingresso al lago nel periodo compreso tra gli anni 1960 e 2004; ricavata a partire dalle registrazioni delle manovre della traversa di regolazione e dei livelli del lago e applicando l'equazione di continuità all'intero lago.
- La statistica è stata condotta sugli eventi caratterizzati da portata superiore ai 100m³/s, sono stati quindi considerate 37 onde di piena.
- Sono state applicate due differenti metodologie statistiche per la stima di due forme differenti di idrogrammi: una statistica sui valori di portata imponendo una forma di idrogramma con un singolo colmo, e una statistica sui volumi di piena imponendo una forma di idrogramma a due colmi.

- Sono quindi stati ricavati idrogrammi corrispondenti a diversi tempi di ritorno (TR10,50,100,200,500,1000);
- E' stata condotta inoltre una statistica riducendo il campione delle onde di piena nel periodo primaverile Maggio – Luglio ricavando degli idrogrammi aventi valori di picco e di volume sotteso inferiori a quelli ricavati per l'intero anno. Tali risultanze sono quindi utili in un ottica gestionale previsionale delle piene piuttosto che in un ottica di progetto delle nuove opere di regolazione.

3.4. Idraulica

In questo paragrafo vengono riassunti gli aspetti salienti del funzionamento idraulico evidenziando quei punti che consentono di valutare la fattibilità idraulica delle opere di regolazione.

Per quanto concerne il funzionamento idraulico del lago d'Idro allo stato attuale e per quanto riguarda il dimensionamento delle opere in progetto si rimanda alla relazione idraulica nonché al già citato studio dell'ing. Natale.

1.3.4. Lo scenario attuale e pregresso

Breve descrizione del funzionamento idraulico delle opere esistenti

Dal punto di vista prettamente idraulico le caratteristiche delle opere di regolazione esistenti sono le seguenti:

- Portata evacuabile dalla galleria di scarico degli agricoltori in condizione di sicurezza (funzionamento a pelo libero con rapporto di riempimento pari all'80%) è pari a $50 \text{ m}^3/\text{s}$ ² prima degli interventi di ripristino interno della galleria tale valore era pari a $80 \text{ m}^3/\text{s}$ e veniva elevato a $100 \text{ m}^3/\text{s}$ nel caso di funzionamento in pressione della stessa³.
- La portata evacuabile dalla traversa di sbarramento esistente dipende ovviamente dalle caratteristiche idrauliche che si instaurano a monte della stessa.

Il deflusso delle piene avviene solitamente a pelo libero (paratoie a massima apertura) seguendo la legge di efflusso a larga soglia, tuttavia siccome la massima apertura delle paratoie è insufficiente a garantire lo smaltimento a pelo libero delle portate di piena particolarmente intense il deflusso può avvenire anche sotto battente.

La portata smaltita in condizioni libere era pari a circa $200 \text{ m}^3/\text{s}$ prima degli interventi di riduzione delle luci di sbarramento, dopo tali lavori il valore si è ridotto a $180 \text{ m}^3/\text{s}$ ⁴.

La traversa non è stata progettata per funzionare sotto battente in concomitanza della massima apertura delle paratoie, è quindi auspicabile che quando questa evenienza si verifica il rendimento idraulico della traversa cali bruscamente (coefficienti di efflusso

² Fonte: Studio ing. Natale “studio della capacità di laminazione delle piene del lago d'Idro”

³ Fonte: Relazione generale a base di gara

⁴ Fonte: Relazione generale a base di gara

particolarmente bassi) e quindi la portata smaltita aumenti di poco all'aumentare del battente che si realizza a monte.

- La portata massima dovuta al prelievo della galleria ENEL è invece pari a circa $30\text{m}^3/\text{s}$

Breve descrizione dello scenario prima delle limitazioni di invaso imposte (prima del 1992)

Nella gestione della regolazione del lago che avveniva prima della scadenza della concessione della SLI, la portata al colmo rilasciabile in alveo non considerando l'apporto della portata ENEL (possibile fuori servizio) era pari a circa $300\text{m}^3/\text{s}$, mentre la quota di regolazione era pari a 370 m.

Breve descrizione dello scenario attuale

Gli eventi di occlusione della galleria degli agricoltori subentrati nel '92 a circa 250 m a valle dell'imbocco portarono ad una limitazione dell'invaso a quota 368 m.

Nel maggio 2006 una nuova voragine interessò il cavo della galleria; nello stesso anno 2006, a seguito di collaudo ai sensi del ex art 14 del Regolamento Dighe la galleria venne dichiarata non collaudabile e venne disposta l'adozione del livello di regolazione a quota 367 m.

Allo stato odierno con galleria degli agricoltori avente sezione ristretta a seguito degli interventi di cerchiatura e consolidamento dall'interno e con luce sinistra della traversa ridotta da 11 a 9 m, la portata totale massima rilasciabile è stimabile in circa $230\text{m}^3/\text{s}$.

1.3.5. La fattibilità idraulica dello scenario di progetto

Dalle risultanze dei modelli di moto permanente eseguiti sul tratto di alveo a valle dello sbarramento si evince che dal punto di vista prettamente idraulico l'alveo del fiume Chiese è in grado di convogliare una portata superiore a $300\text{m}^3/\text{s}$ senza comportare problemi di allagamento.

Risulterebbe pertanto teoricamente possibile rilasciare una portata in alveo superiore a quella storicamente rilasciata previa verifica dei livelli nel tratto vallivo dell'asta fluviale.

Tuttavia come preventivamente ipotizzato e successivamente verificato dalle modellazioni effettuate, il valore di portata pari a $300\text{m}^3/\text{s}$ consente di mantenere livelli accettabili nel lago evitando al contempo di sovraccaricare l'alveo sulla cui sponda sinistra sussiste la frana; a tale

scopo, come precedentemente specificato, la portata di piena potrebbe essere rilasciata congiuntamente dalla traversa e dalla nuova galleria di by-pass alleggerendo il tratto di alveo interessato dalla frana.

Il valore di portata al colmo rilasciabile dalle opere in progetto è molto simile al valore di portata rilasciato in alveo in condizioni naturali (cioè prima della realizzazione delle opere di regolazione) in corrispondenza dell'evento Tr1000⁵.

Come descritto nei capitoli precedenti lo scopo delle opere in progetto è duplice, la priorità è dovuta alla messa in sicurezza del territorio nei confronti della frana, mentre la seconda finalità è quella di perseguire il ripristino dell'attività di regolazione garantendo al contempo l'istaurarsi di livelli compatibili nel lago in occasione del verificarsi degli eventi di piena.

Le opere in progetto risultano idraulicamente fattibili e opportune in quanto, oltre a garantire la messa in sicurezza del territorio, sono migliorative nei confronti delle situazioni pregresse.

Sono migliorative nei confronti dello scenario prima delle limitazioni di invaso (ante 1992) in quanto:

- la soglia della traversa non consentiva il rilascio del DMV e la risalita della fauna ittiche.
- la quota raggiunta dal lago in concomitanza di eventi di piena ha un valore inferiore con effetti benefici nei confronti delle aree rivierasche più facilmente allagabili;
- la portata di picco rilasciabile a valle ha un valore simile, ma può essere modulata diversamente mediante utilizzo della nuova galleria.

Sono migliorative nei confronti della situazione attuale in quanto:

- la gestione attuale con quota di regolazione pari a 367 mslm non consente di sfruttare la risorsa idrica in modo compiuto, la soglia della traversa attuale non consente il rilascio del DMV e la risalita della fauna ittiche.
- la portata di picco rilasciabile a valle ha un valore superiore, ma può essere modulata diversamente mediante utilizzo della nuova galleria.

⁵ Ing. Natale: “Studio della capacità di laminazione delle piene del lago d’Idro” (Tabella 8)

Riassumendo le opere risultano idraulicamente fattibili in quanto:

- l'alveo a valle ha una capacità idraulica compatibile alla portata di progetto;
- risulta possibile modulare tale portata dalla traversa o dalla galleria nel rispetto della situazione geologica;
- gli eventi di piena risultano governabili, e si configurano miglioramenti delle condizioni al contorno generate dagli stessi.

In conclusione possiamo quindi affermare che le opere sono fattibili da un punto di vista dei fondamentali idraulici in quanto consentono di raggiungere una configurazione equilibrata nei confronti dei diversi aspetti che caratterizzano il territorio: livelli del lago, portate in alveo ed esigenze legate alla fruizione ambientale del lago e allo sfruttamento della risorsa idrica.

1.3.6. La fattibilità idraulica dei singoli interventi in progetto

Rifacimento e riposizionamento traversa

La traversa esistente descritta in appendice A è ubicata in una zona favorevole dal punto di vista morfologico in quanto le curve di livello formano una “gola” naturale; la posizione scelta era quindi ottimale dal punto di vista della luce da sbarrare e del contenimento dei livelli.

Come visto precedentemente la traversa non può essere ubicata nella medesima posizione, ma deve essere collocata a monte in una zona d'alveo a valle del ponte esistente e a monte della zona di frana.

La posizione risulta svantaggiata nei confronti della posizione attuale in quanto:

- Il substrato detritico ha uno spessore superiore, inoltre il terreno di posa esistente è del tipo lacustre e necessita di bonifica;
- la sponda sinistra ha una quota insufficiente a garantire il contenimento dei massimi livelli di piena del lago;
- l'alveo a valle della traversa necessita di una riprofilatura.

Tuttavia, la traversa risulta fattibile dal punto di vista idraulico alle seguenti condizioni:

- durante le fasi di realizzazione della stessa non venga compromesso il funzionamento idraulico del sistema esistente anche nei confronti di eventi con tempo di ritorno pari a 20 anni, a tal fine la galleria degli agricoltori potrebbe rappresentare un valido aiuto;
- venga garantito un contenimento del livello massimo che si realizza a monte della stessa evitando che la corrente aggiri le spalle;
- sia prevista una luce di passaggio della portata minima vitale e un idonea scala di risalita della fauna ittica che funzioni per qualsiasi livello del lago nel campo della normale regolazione;
- le luci siano opportunamente dimensionate in modo da garantire l'evacuazione di una portata dell'ordine dei $300\text{m}^3/\text{s}$ in condizioni di efflusso rigurgitato sulle paratoie.

Nuova galleria di by pass

Come precedentemente specificato la nuova galleria di by pass deve garantire l'evacuazione a pelo libero di una portata dell'ordine dei $300\text{m}^3/\text{s}$,

Una tale opera è idraulicamente fattibile a patto che vengano adempite le seguenti considerazioni progettuali:

- paratoie e tratto di imbocco in pressione opportunamente dimensionate per lo smaltimento della portata e per la limitazione delle perdite di carico.
- sezione trasversale della galleria correttamente dimensionata per garantire un buon compromesso tra dimensione geometrica e velocità di scorrimento, che sono determinanti ai fini del dimensionamento e della durabilità del rivestimento.
- Areoforo in grado di garantire un adeguato rientro d'aria a valle delle paratoie.
- Idonea opera di dissipazione di energia che riporti la velocità della corrente in uscita a valori compatibili con quelli che si realizzano nell'alveo naturale.

Sistemazione e riprofilatura dell'alveo

Oltre alla riprofilatura dell'alveo a valle della traversa di progetto, risulta necessario garantire una opportuna protezione dello stesso nei confronti della portata di piena, soprattutto del primo tratto a valle della traversa, che diventa luogo di risalto nel caso di piccola apertura delle paratoie.

I lavori da eseguirsi nella porzione di alveo attualmente occupata dal lago sono idraulicamente fattibili a patto che vengano adempite le seguenti considerazioni progettuali:

- durante le fasi di realizzazione non deve essere compromesso il funzionamento idraulico del sistema esistente.
- L'alveo deve essere bonificato rimuovendo tutta la coltre di depositi lacustri e deve essere morfologicamente conformato come alveo di scorrimento.
- L'alveo di progetto deve essere caratterizzato da una pendenza minima di scorrimento che garantisca il transito della corrente di piena a valle delle paratoie, che generi al contempo livelli di rigurgito compatibili con il funzionamento delle paratoie stesse.

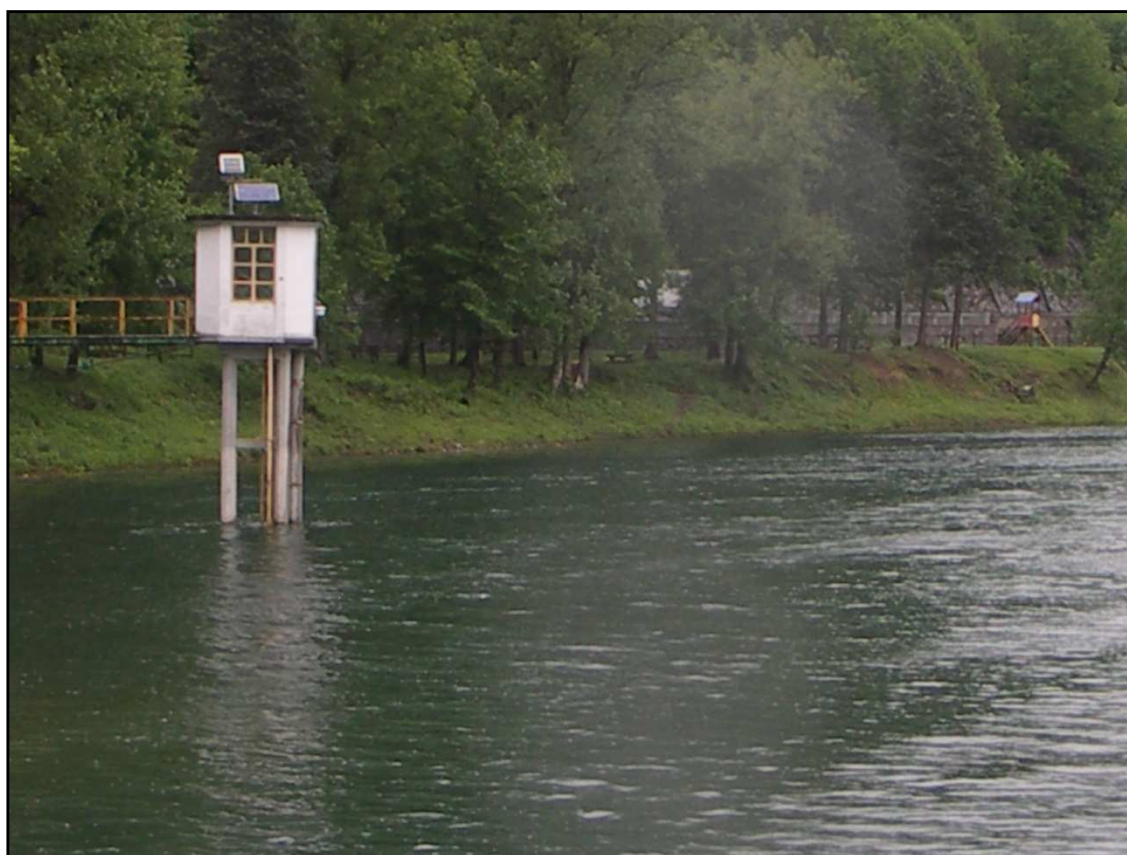
Demolizione della traversa esistente

Risulta fattibile dal punto di vista idraulico previa realizzazione e collaudo della nuova traversa in quanto la traversa attuale, se pur inadeguata, è fondamentale per il contenimento dei livelli di piena soprattutto nel caso in cui per qualsiasi ragione la galleria degli agricoltori risulti inutilizzabile.

3.5. Disponibilità delle aree.

Il progetto risulta fattibile dal punto di vista delle occupazioni territoriali.

Le opere infatti sorgeranno ora su terreni già di proprietà della Società Lago d'Idro (imbocco galleria lato lago), ora in aree demaniali (traversa e opere in alveo), ora su terreni di proprietà privata, liberi da fabbricati o presenze infrastrutturali, per i quali sarà necessario attuare procedura di esproprio (canale di restituzione interrato in Comune di Lavenone).



Area interessata dall'imbocco galleria



Area interessata dalla nuova traversa e lavori in alveo



Area interessata dal passaggio canale di restituzione in Comune di Lavenone

4. INDIRIZZI PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO

Il progetto definitivo deve essere sviluppato ad un livello di definizione tale che nella successiva progettazione esecutiva non si abbiano apprezzabili differenze tecniche e di costo.

Si riporta nel seguito l'elenco degli elaborati previsto per il progetto definitivo dal DPR554_99:

“

- a)* relazione descrittiva;
- b)* relazioni geologica, geotecnica, idrologica, idraulica, sismica;
- c)* relazioni tecniche specialistiche;
- d)* rilievi planoaltimetrici e studio di inserimento urbanistico;
- e)* elaborati grafici;
- f)* studio di impatto ambientale ove previsto dalle normative vigenti ovvero studio di fattibilità ambientale;
- g)* calcoli preliminari delle strutture e degli impianti;
- h)* disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici;
- i)* piano particellare di esproprio;
- l)* computo metrico estimativo;
- m)* quadro economico.

“

Oltre gli aspetti di integrazione comuni a tutti i progetti definitivi (sismica, computo metrico estimativo, piano particellare di esproprio, SIA ecc.), analizzando il caso in esame il progetto definitivo delle opere di regolazione per la messa in sicurezza del lago d'Idro dovrà indagare ed approfondire i seguenti aspetti:

Indagini

A supporto delle successive fasi di progettazione, e quindi ad integrazione delle indagini già eseguite, sarà indispensabile effettuare ulteriori studi ed indagini in sito consistenti nell'esecuzione dei sondaggi e relative prove in foro e laboratorio non eseguite ad oggi per via delle condizioni di criticità che si sono verificate con il Comune di Idro.

Pertanto, dovranno essere effettuati i sondaggi S3, S4 ed S5 inizialmente previsti in comune di Idro lungo il versante in destra lago, per un totale di 430 metri, di cui 100 a distruzione nel sondaggio S4 e 100 a distruzione nel sondaggio S5 ed i restanti 200 metri a carotaggio, di cui 100 nel sondaggio S3 e 50 rispettivamente nei sondaggi S4 ed S5.

Nei sondaggi S4 ed S5 dovranno essere realizzate 2 prove dilatometriche per ciascun sondaggio, oltre ad un rilievo BHTV per la parte eseguita a carotaggio.

In corrispondenza della traversa in progetto, inoltre, dovranno essere realizzati due sondaggi a carotaggio continuo, spinti fino a 30 metri dal piano campagna, con realizzazione di 10 SPT e 2 prove pressiometriche per ciascuna perforazione. In questi fori verranno inoltre posizionati dei piezometri allo scopo di monitorare la falda presente e poter progettare gli interventi necessari ad evitare i fenomeni di sifonamento precedentemente descritti. Potrà, inoltre essere utile la realizzazione di nuovi stendimenti di geofisica, integrativi ai sondaggi

Rilievi

Per le parti non disponibili del rilievo areofotogrammetrico in scala 1:2000 in formato vettoriale, recuperare o realizzare le porzioni mancanti (comune di Bondone), per poter effettuare valutazioni sulle aree allagate per l'intero lago d'Idro.

Eseguire un rilievo celerimetrico ad integrazione di quello già eseguito per le seguenti parti:

- Alveo del chiese nella zona di sbocco della galleria di by-pass,
- traversa esistente
- ponte carrabile del comune di Idro.

Eseguire un rilievo batimetrico a integrazione di quello già eseguito nella zona antistante l'imbocco della galleria di progetto e della porzione di lago più prossima al ponte carrabile.

Realizzazione di un modello fisico del dissipatore di energia

Il dissipatore della galleria di by-pass rappresenta una parte fondamentale della stessa in quanto ha il compito di dissipare l'energia in eccesso posseduta dalla corrente per evitare danni al canale di restituzione e al tratto di alveo a valle.

Risulta pertanto necessario indagare il funzionamento della vasca di dissipazione mediante la realizzazione di un modello fisico in scala adeguata, infatti dovendo dimensionare un'opera di dissipazione solo raramente si riesce a ricondurre il proprio sistema a casi noti in letteratura; spesso invece, viste le singolarità di ogni situazione, la scelta di ricorrere al modello fisico rimane la soluzione migliore.

E'anche da far notare che non esiste un modello matematico per quanto sofisticato in grado di indagare con certezza le dinamiche che si istaurano all'interno della vasca di dissipazione.

Lo scopo della modellazione è quindi quello di valutare il funzionamento idraulico della vasca di dissipazione per l'intero range di portate di funzionamento.

In particolare l'attenzione della modellazione fisica deve riguardare:

- la valutazione dell'eventuale posizione del risalto idraulico all'interno della stessa, per una serie di combinazioni di portate e carichi a monte dello scivolo;
- la valutazione della migliore configurazione di dissipazione da porre nel tratto modellizzato per consentire la formazione del risalto idraulico in tale tratto per ogni condizione di funzionamento.

Modelli idraulici

E' necessario integrare la modellazione idraulica eseguita soprattutto per quanto concerne i seguenti aspetti:

- Esecuzione di un modello di Dam Breack della traversa in progetto allo scopo di valutare gli effetti sul territorio di valle causati da un repentino collasso della stessa o da un apertura improvvisa delle paratoie di ritenuta.
- Integrazione del modello idraulico della galleria con un tratto di fiume Chiese a valle dello sbocco (caso di ostruzione dell'alveo per collasso della frana), e definizione precisa delle protezioni spondali allo sbocco.
- Esecuzione di un modello idraulico per eventi di piena con tempo di ritorno pari a 20anni, per indagare il funzionamento idraulico durante i transitori di tempo connessi alla realizzazione delle opere in alveo e per valutare l'opportunità di realizzare opere provvisorie.

Modelli del terreno

Precisa mappatura delle aree allagabili in concomitanza degli eventi di piena con diversi tempi di ritorno effettuata sulla base di un rilievo in areofotogrammetrico in scala superiore o uguale al 2000.

5. CRONOPROGRAMMA DELLE FASI ATTUATIVE

Le attività previste per la messa in sicurezza del Lago d'Idro sono scindibili in due grosse macro attività che non hanno interferenze l'una con l'altra e che pertanto possono essere condotte parallelamente.

Esse sono la galleria e le opere in alveo. Ciascuna di queste macroattività risulta distinta perché non è interrelata con l'altra sia spazialmente che temporalmente.

Pertanto vengono riprodotti nel seguito due distinti crono programmi che possono funzionare in parallelo a partire da uno stesso tempo di partenza.

La costruzione della galleria prevede lo scavo prevalente dal basso verso l'alto a partire dall'imbocco inferiore posto in Comune di Lavenone sotto la SS 237 del Caffaro.

La maggior parte dello scavo, ad eccezione della zona di attraversamento della faglia, sarà in roccia, pertanto con produzioni giornaliere che possono arrivare anche a 10 m/giorno. Viceversa, l'imbocco lato Lago e la prima parte di scavo verso valle avverrà completamente in detrito ed in falda, con necessità di realizzare un trattamento impermeabilizzante durante la fase di avanzamento. In questo caso, può essere ragionevolmente stimata una produzione prossima a 1 m/giorno. La fase del getto del rivestimento sarà invece realizzata a scavi completati, non essendo possibile, date le dimensioni della sezione, prevedere la contemporaneità con quella degli scavi.

Particolare attenzione dovrà essere posta nella realizzazione delle opere provvisorie lato lago volte a garantire la sicurezza dell'imbocco dalla permeazione e filtrazione delle acque. Lo stesso riguardo dovrà essere posto durante l'esecuzione degli scavi dell'imbocco e della camera paratoie che dovranno necessariamente essere effettuati mantenendo un livello del lago basso.

La costruzione della traversa non implica particolari restrizioni nella fasistica; i lavori principali possono essere gestiti anche parallelamente alla costruzione del solettone e delle pile purché non venga mai ridotta la capacità di deflusso dell'alveo rispetto a quanto è attualmente disponibile. Sarà necessario realizzare a monte della traversa una tura provvisoria sormontabile per eventi di piena con tempo di ritorno decennale, a presidio delle lavorazioni in alveo.

A completamento e collaudo delle nuove opere sarà possibile procedere alla demolizione della traversa esistente .

CRONOPROGRAMMA GALLERIA																																
ID	LAVORAZIONI	MESI																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	cantierizzazioni preliminari e realizzazione imbocco inferiore sotto SS caffaro																															
2	scavo in naturale dall'imbocco inferiore (tratta valle - monte)																															
3	realizzazione imbocco lato lago																															
4	scavo in detrito dall'imbocco lato lago (tratta monte - valle)																															
5	realizzazione rivestimenti interni galleria																															
6	opere civili di completamento imbocchi																															
7	opere elettromeccaniche																															
8	realizzazione canale di restituzione in artificiale (tratta imbocco inferiore - alveo Chiese)																															
9	chiusura galleria degli agricoltori																															

CRONOPROGRAMMA LAVORI IN ALVEO																																
ID	LAVORAZIONI	MESI																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	cantierizzazioni preliminari																															
2	solettone e pile in alveo																															
3	opere accessorie (scala di risalita specie ittiche) e di completamento traversa																															
4	opere E&M																															
5	rimodellazione alveo , arginature																															
6	demolizioni traversa esistente																															

6. STIMA DELLE OPERE

Nel seguito viene presentata una sintesi dei costi delle opere, suddivise per *wbs* principali. Esse possono essere sintetizzate come segue:

Galleria:

- Galleria (scavo in naturale)
- Vasca di dissipazione
- Canale di restituzione
- Imbocchi – opere civili
- Opere elettromeccaniche

Lavori in alveo:

- Traversa (opere civili)
- Traversa (opere elettromeccaniche)
- Rimodellazione alveo Chiese, arginature
- Demolizione traversa esistente e ricostruzione muri

Cantierizzazioni

RIEPILOGO DEI COSTI

LAVORAZIONE		IMPORTO (€)
GALLERIA DI BY PASS	GALLERIA	
	SCAVI	3,750,000
	PRERIVESTIMENTI	3,950,000
	RIVESTIMENTI DEFINITIVI	3,000,000
		10,700,000
	VASCA DI DISSIPAZIONE	
	SCAVI	280,000
	PRERIVESTIMENTI	540,000
	RIVESTIMENTI DEFINITIVI E FINITURE	580,000
		1,400,000
	CANALE DI RESTITUZIONE	
	MOVIMENTI TERRA	170,000
	MANUFATTI	980,000
	PROTEZIONE DELL'ALVEO	250,000
		1,400,000
	IMBOCCO (OPERE CIVILI)	
	DEMOLIZIONI	100,000
	MOVIMENTI TERRA	150,000
	OPERE PROVVISORIALI	1,750,000
	MANUFATTI	600,000
	FINITURE E RIPRISTINI	200,000
		2,800,000
	IMBOCCO (OPERE Elettromeccaniche)	
	PARATOIE	900,000
	CENTRALE OLEODINAMICA	300,000
		1,200,000
SUBTOTALE		17,500,000
LAVORI IN ALVEO	TRAVERSA OPERE CIVILI	
	MOVIMENTI TERRA	50,000
	CALCESTRUZZI	780,000
	CARPENTERIA METALLICA E FINITURE	170,000
		1,000,000
	TRAVERSA OPERE Elettromeccaniche	
	PARATOIE E PANCONATURE	800,000
	CENTRALE OLEODINAMICA	200,000
		1,000,000
	RIMODELLAZIONE ALVEO CHIESE, ARGINATURE	
	MOVIMENTI TERRA	550,000
	SPONDE E SCOGLIERE	2,750,000
	SPOSTAMENTO METANODOTTO INTERFERENTE	50,000
	FINITURE	150,000
		3,500,000
SUBTOTALE		5,500,000
ALTRO	TRAVERSA ESISTENTE	
	DEMOLIZIONE	240,000
	REALIZZAZIONE MURI DI RACCORDO	260,000
		500,000
	CANTIERIZZAZIONE	
	CANTIERE IMBOCCO GALLERIA ZONA LAVENONE	700,000
	CANTIERE TRAVERSA E ALVEO FIUME CHIESE	300,000
		1,000,000
SUBTOTALE		1,500,000
TOTALE GENERALE		24,500,000

Appendice A:

DESCRIZIONE DELLE OPERE ATTUALI

Traversa di regolazione

La realizzazione dell'attuale traversa di sbarramento risale agli anni 20, ulteriori lavori di riduzione di una luce mediante realizzazione di una nuova spalla su pali e di un solettone superiore sono stati ultimati nel 1964.

La soglia della paratoia ha il ciglio di monte ubicato alla quota 367.0 e il valle a una quota di 366.0 mslm.

La traversa del tipo mobile dotata di due paratoie a settore del tipo a contrappeso che vengono movimentate da un motore elettrico a comando manuale, l'altezza del mantello è pari a 3.12 cm.

Le paratoie consentono quindi di regolare la fascia di lago compresa tra le quote 367,0 e 370,0 determinando un invaso utile di circa 35 milioni di metri cubi; l'apertura massima delle stesse pari a 2.8 metri consentiva un deflusso a pelo libero originariamente pari a circa 200 m³/s come si evince dai documenti originari di progetto tale valore è poi divenuto pari a circa 180 m³/s in seguito ai lavori del 1964.

La soglia su cui poggia la traversa è costituita da un getto massiccio di calcestruzzo dello spessore di 2 metri a monte e di un metro a valle, è inoltre presente un dente di ammorsamento profondo 2m e largo 2m.

La spalla sinistra era originariamente realizzata a tergo del muro di sostegno esistente con dei vuoti "vasche" creati tra il muro stesso e la spalla vera e propria, tale spalla ha poi subito dei cedimenti che hanno comportato il blocco della paratoia, i lavori eseguiti nel 1964 hanno comportato:

riempimento delle zone cave con calcestruzzo e ispessimento della spalla mediante un nuovo getto della larghezza di 2 m, tale getto è fondato su pali circolari del diametro di 50 cm disposti a quinconce ad interasse di 1 m, alti 8 metri e armati mediante una spirale $\phi 6$.

I lavori hanno quindi comportato la riduzione di una luce da 11m a 9m con conseguente adattamento della paratoia alla nuova configurazione: taglio del mantello e riposizionamento degli elementi di manovra.

Contestualmente è stata realizzato un solettone superiore per ottenere un effetto puntone in modo tale da limitare al minimo ulteriori cedimenti.

Tale solettone realizzato in cemento armato è del tipo con nervature di irrigidimento, la larghezza totale è pari a 9.8m, lo spessore corrente è pari a 0.25m con nervature di altezza 0.7m e larghezza 0.35m disposte ad interasse pari a 1.4 m.



Traversa vista da valle



Traversa vista da monte

Galleria degli agricoltori.

La realizzazione dell'attuale galleria di svaso risale agli anni 20, il nome dell'opera trae origine dal finanziamento messo a disposizione dagli agricoltori della bassa Bresciana e Mantovana; è utile ribadire che lo scopo per cui la galleria è stata realizzata è unicamente quello di prelevare risorsa idrica dal lago per utilizzo irriguo.

Dimensioni originarie

La galleria attraversa la sponda occidentale del lago con tracciato rettilineo dello sviluppo di circa 920 m; Il funzionamento idraulico dell' opera è del tipo a pelo libero rigurgitato dallo sfioratore terminale.

L'imbocco è situato a quota 360,00 m; lo sbocco situato circa a 400 m a valle della traversa di sbarramento ha fondo a quota 359,03, la pendenza è pari allo 0,1%.

La sezione trasversale della galleria ha forma circolare di diametro interno pari a 6 m, ed è rivestita per la maggior parte dello sviluppo con anello di calcestruzzo dello spessore di 50cm intonacato; in alcune tratte il rivestimento è costituito da mattoni intonacati.

La camera paratoie è ubicata circa 50m a valle dell'imbocco ed è accessibile da un apposito cunicolo dalla strada statale 237; sono installate due file in serie di tre paratoie ciascuna delle dimensioni 2.0x3.0 m.

L'opera di scocco è costituita da uno sfioratore laterale che ha la funzione di smorzare l'energia rigurgitando la corrente in galleria, al termine è posta una paratoia a comando manuale per lo svuotamento della galleria.

Interventi di ripristino

A seguito dello sfornellamento avvenuto nel 1992 tra le progressive 48 e 90 sono stati eseguiti i seguenti interventi di ripristino:

- Infilaggi di pali e posa di centine nel tratto sfornellato,
- Cerchiature con anello di calcestruzzo armato nel tratto compreso tra la progressiva 3 e 49 e tra 49 fino a 50 metri dallo sbocco.

Lavori eseguiti a seguito del sopralluogo eseguito dalla SLI nel 2001:

- Blindatura con lamiera dello spessore di 5 mm del tratto compreso tra la progressiva 48 e 262.80

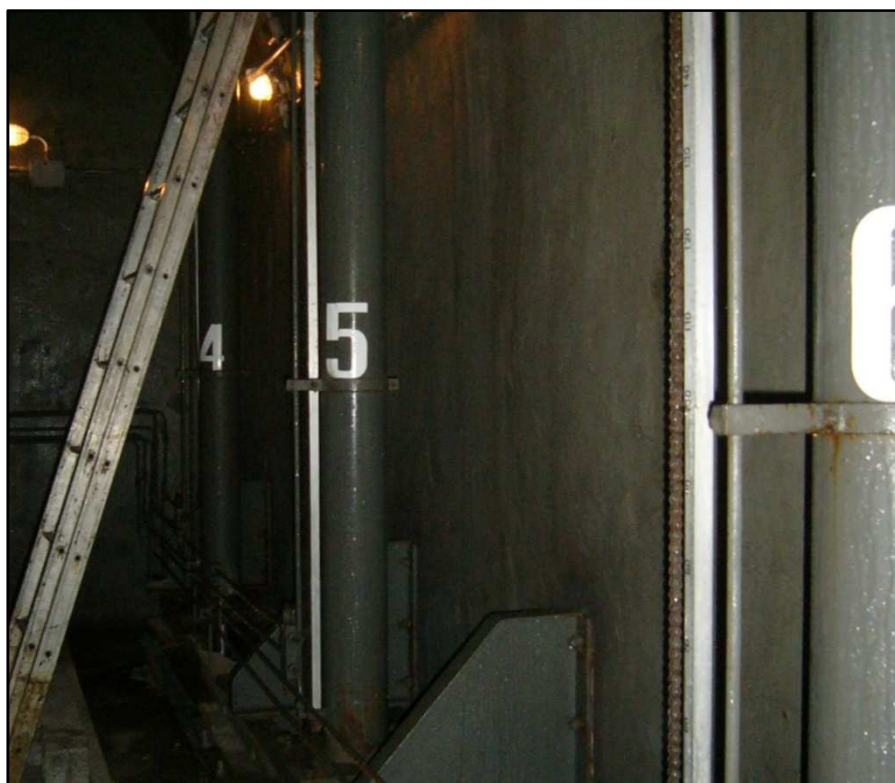
La sezione interna di galleria si è quindi ridotta a 5,5 m di diametro interno per il tratto a sezione rivestita con anello in ca; e a 4,7 m per il tratto con blindatura in acciaio.



Imbocco galleria



Portale del cunicolo di accesso alla camera paratoie



Interno camera paratoie



Sfioratore terminale

Galleria Enel

E' l'opera mediante la quale avviene la regolazione del lago per il maggior numero di giorni durante l'anno.

La galleria ha sezione policentrica 4,3x3,91 m con imbocco sul lato orientale del lago ed è caratterizzata da uno sviluppo planimetrico di circa 10 km.

La portata convogliata (con riempimento pari al 76%) è pari a $30\text{m}^3/\text{s}$.



Canale di presa della galleria



Appendice B:

**STUDIO DELL'UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BRESCIA SULLE AREE
ALLAGABILI DEL LAGO D'IDRO**

Relazione aree allagabili

L'analisi delle aree allagabili è stata effettuata utilizzando la seguente cartografia:

- Comuni di Idro e Anfo: cartografia georeferenziata 1:2.000 fornita dalla Comunità Montana della Valle Sabbia (anno 1985);
- Comune di Bagolino: cartografia georeferenziata 1:2.000 fornita dal comune di Bagolino;
- Comune di Bondone: cartografia georeferenziata 1:10.000 da Carta Tecnica Regionale (CTR Lombardia, Volo del 1984).

Le differenti cartografie sono state assemblate in un'unica mappa mediante il software (GIS) MAPInfo, quindi sono state tracciate le curve di livello a quota pari a 366, 368, 370, 372 e 374 m s.l.m. ed infine è stato perimetrato il lago a quota I.G.M. pari a 364,70 m s.l.m.. Nella **Figura 1** è riportata la vista d'insieme della cartografia e la superficie del lago corrispondente a 10,95 Km² con un perimetro di 29,42 Km.

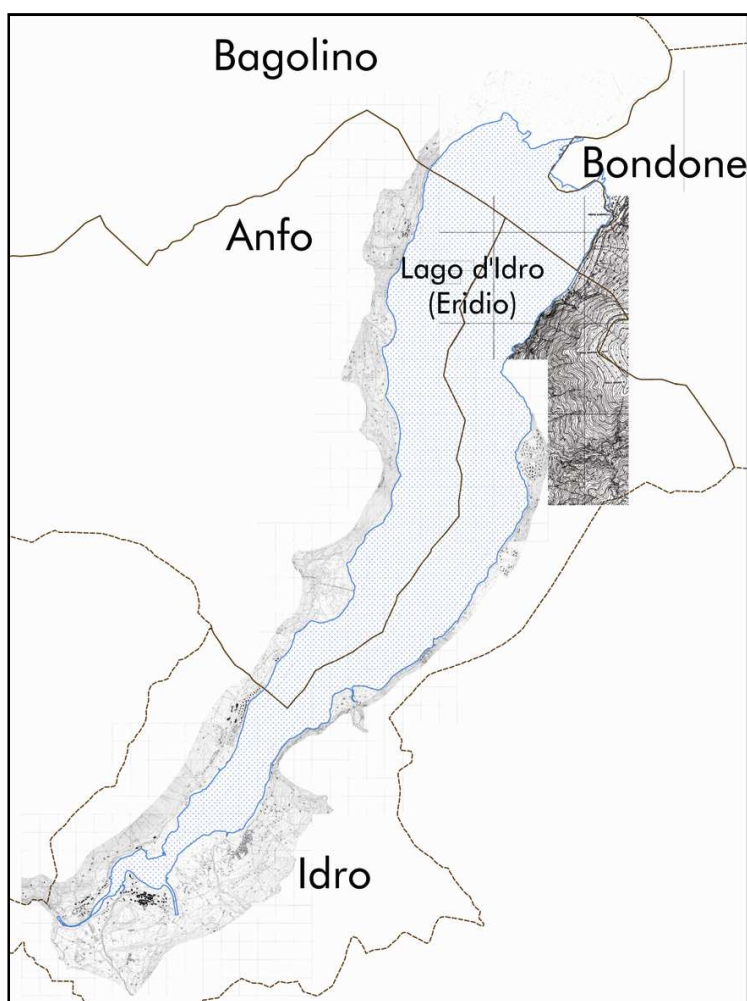


Figura 1 – Cartografia di riferimento con superficie lago a quota 364,7 m s.l.m.

È importante sottolineare preliminarmente, che le quota rilevata su cartografia (fonte I.G.M.) non coincide con la quota utilizzata per l'idrometro. In particolare, l'altezza sul mare rilevata sulla strumentazione dell'idrometro è di due metri superiore rispetto a quella I.G.M. (fonte: Relazione del Piano Regolatore Generale del comune di Idro del 2003). Di conseguenza, il livello di massimo invaso pari a 370 m s.l.m., registrato in corrispondenza dell'idrometro, corrisponde a 368 m s.l.m. se riferito alla quota I.G.M..

Area allagata a quota 366 m s.l.m. (quota I.G.M.)

L'andamento della curva di livello corrispondente a quota 366,00 m s.l.m. I.G.M. (368,00 m s.l.m. se riferita all'idrometro) riportato in Figura 2 evidenzia come la corrispondente superficie allagata sia molto limitata e pari a 0,242 Km².

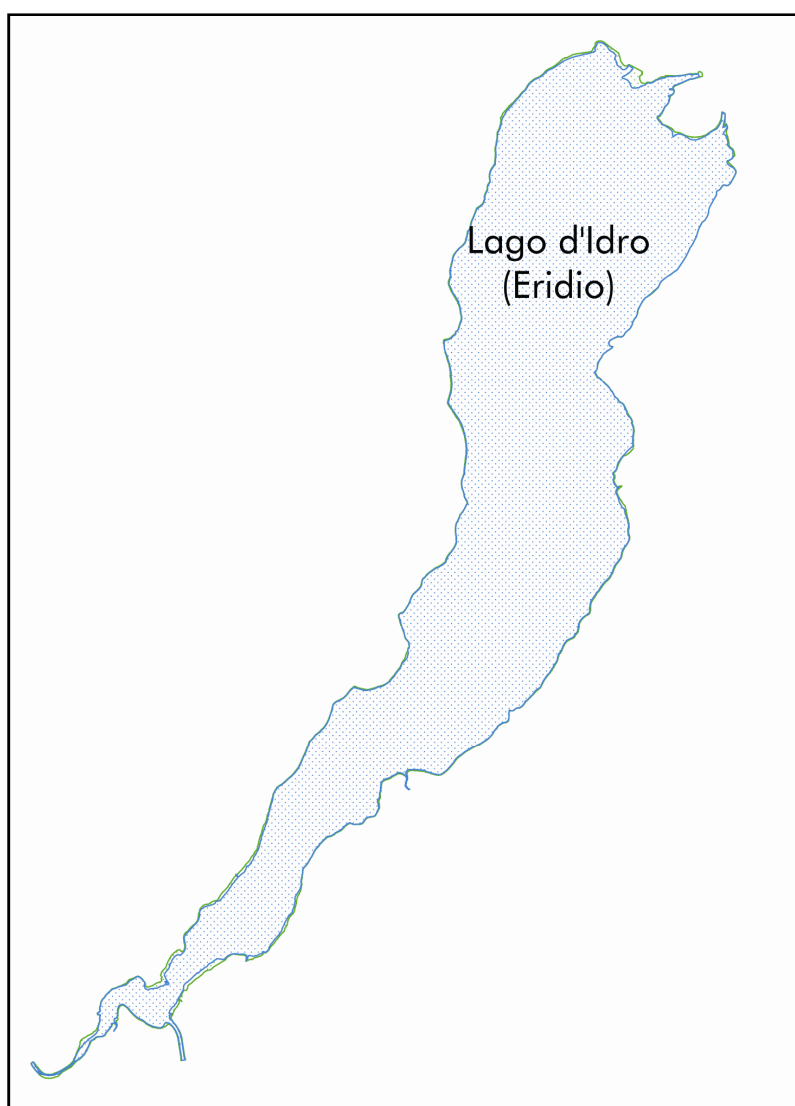


Figura 2 - Superficie compresa tra la curva di livello 366 m s.l.m. e il lago a quota 364,7 m s.l.m.

Analizzando nel dettaglio il territorio dei singoli comuni lacustri si osserva in particolare:

1. il comune di Bagolino e il comune di Idro presentano un'area allagata molto limitata che non interessa il centro abitato e gli insediamenti turistici e produttivi (vedi Figura 3 e Figura 4);

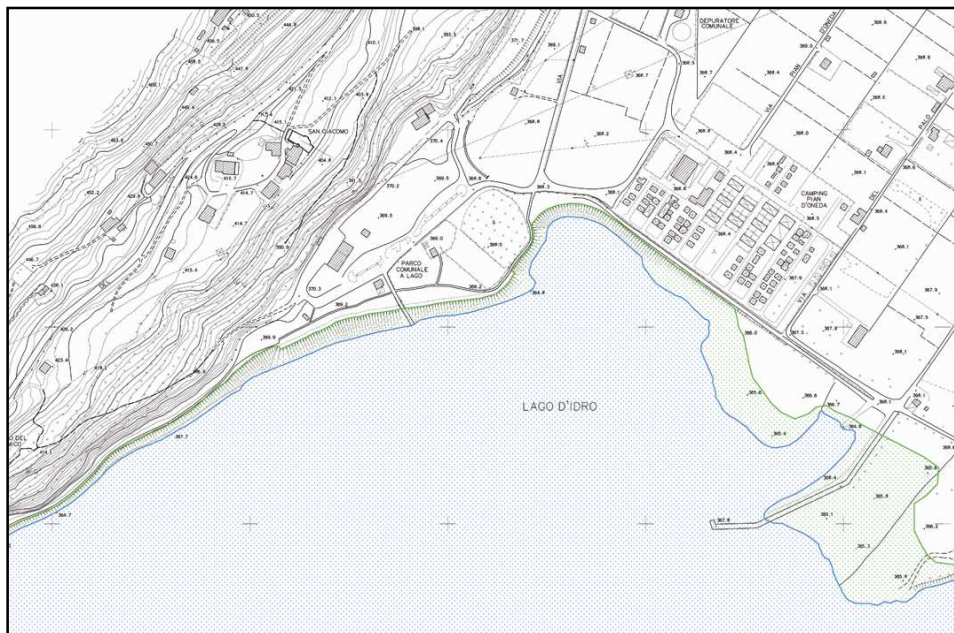


Figura 3 - Particolare area allagata a quota 366 m s.l.m. del comune di Bagolino

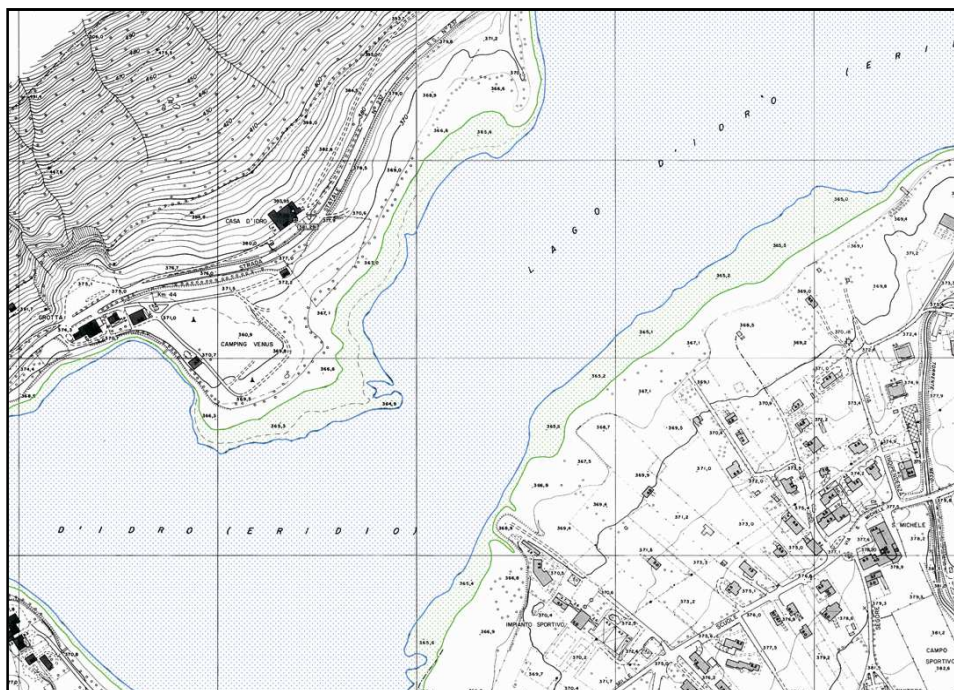


Figura 4 - Particolare area allagata a quota 366 m s.l.m. del comune di Idro

2. il comune di Bondone e il comune di Anfo presentano un'area allagata quasi nulla.

Area allagata a quota 368,00 m s.l.m. (quota I.G.M.)

L'andamento della curva di livello corrispondente a quota 368,00 m s.l.m. I.G.M. (370,00 m s.l.m. se riferita all'idrometro) mostra un discreto incremento della superficie allagata pari a 0,237 Km² (vedi Figura 5).

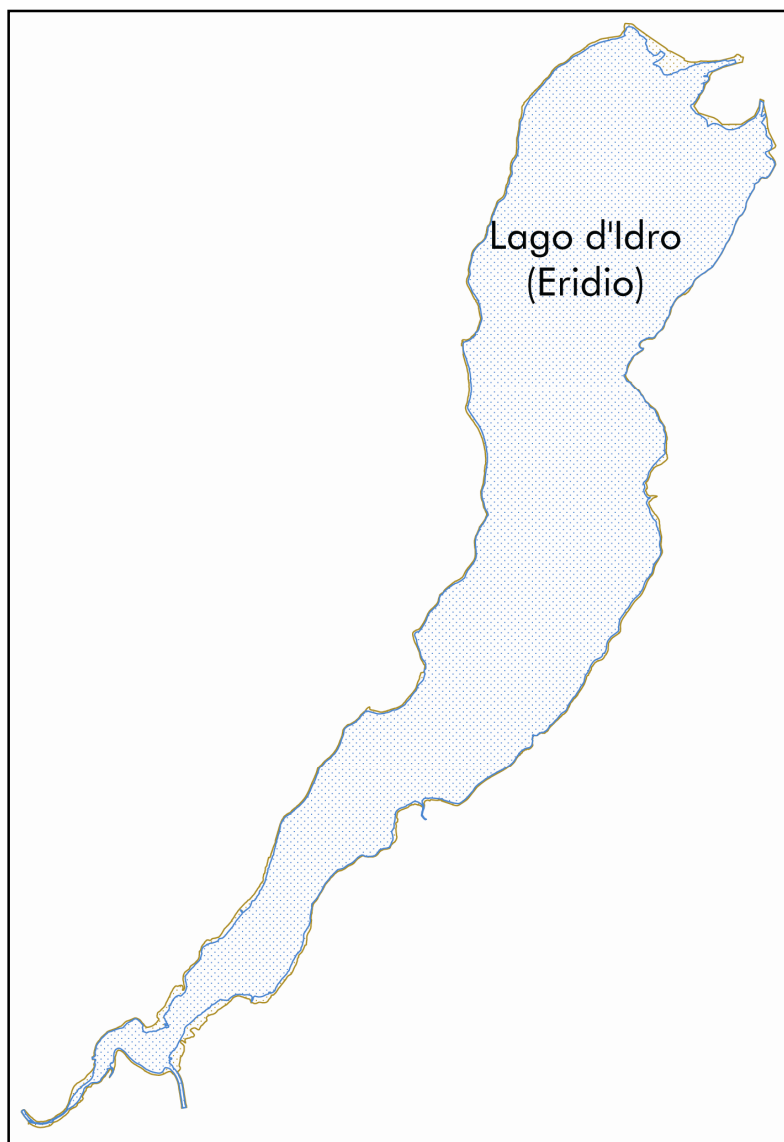


Figura 5 - Superficie compresa tra la curva di livello 368 m s.l.m. e il lago a quota 364,7 m s.l.m.

In particolare, analizzando nel dettaglio i territori dei singoli comuni lacustri si osserva che:

1. il comune di Bagolino e il comune di Idro presentano un'area allagata sicuramente più ampia rispetto a quella individuata con la quota precedente, ma la stessa continua a non interessare il centro abitato e gli insediamenti turistici e produttivi (vedi Figura 6 e Figura 7);



Figura 6 - Particolare aree allagate a quota 368 m s.l.m. del comune di Bagolino

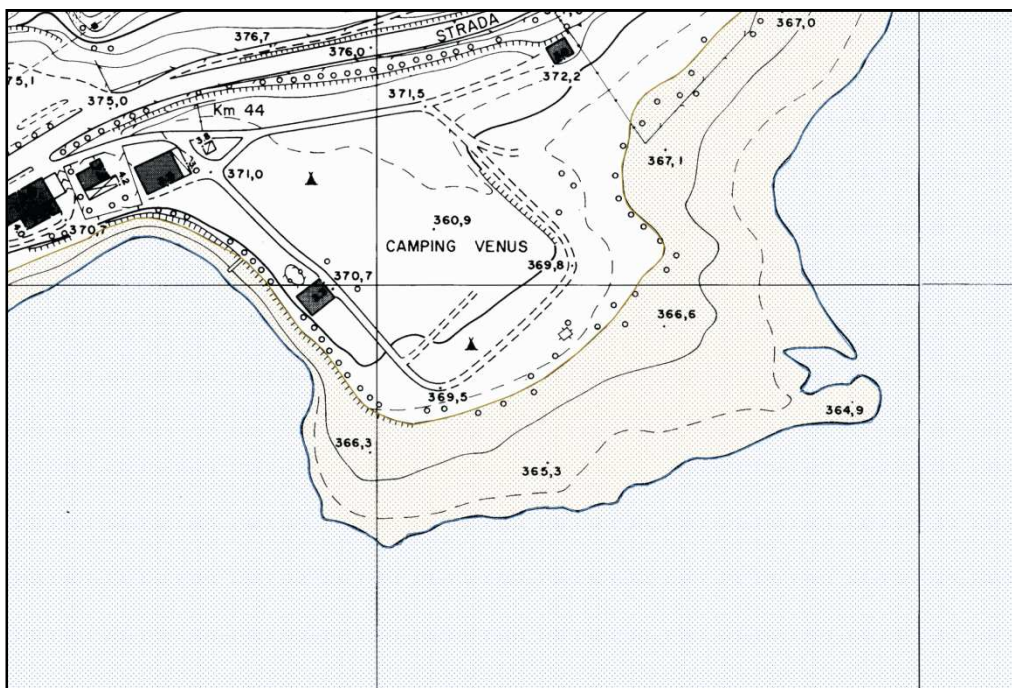


Figura 7 - Particolare area allagata a quota 368 m s.l.m. del comune di Idro

2. il comune di Bondone e il comune di Anfo presentano anche in questo caso un'area allagata quasi nulla.

Area allagata a quota 370,00 m s.l.m. (quota I.G.M.)

L'andamento della curva di livello corrispondente a quota 370,00 m s.l.m. I.G.M. (372,00 m s.l.m. se riferita all'idrometro) mostra un marcato aumento della superficie allagata pari precisamente a 0,839 Km² (vedi Figura 8). Con tale altezza sul mare iniziano ad essere allagati in maniera più o meno consistente alcuni centri abitati ed alcune aree destinate ad insediamenti turistici.

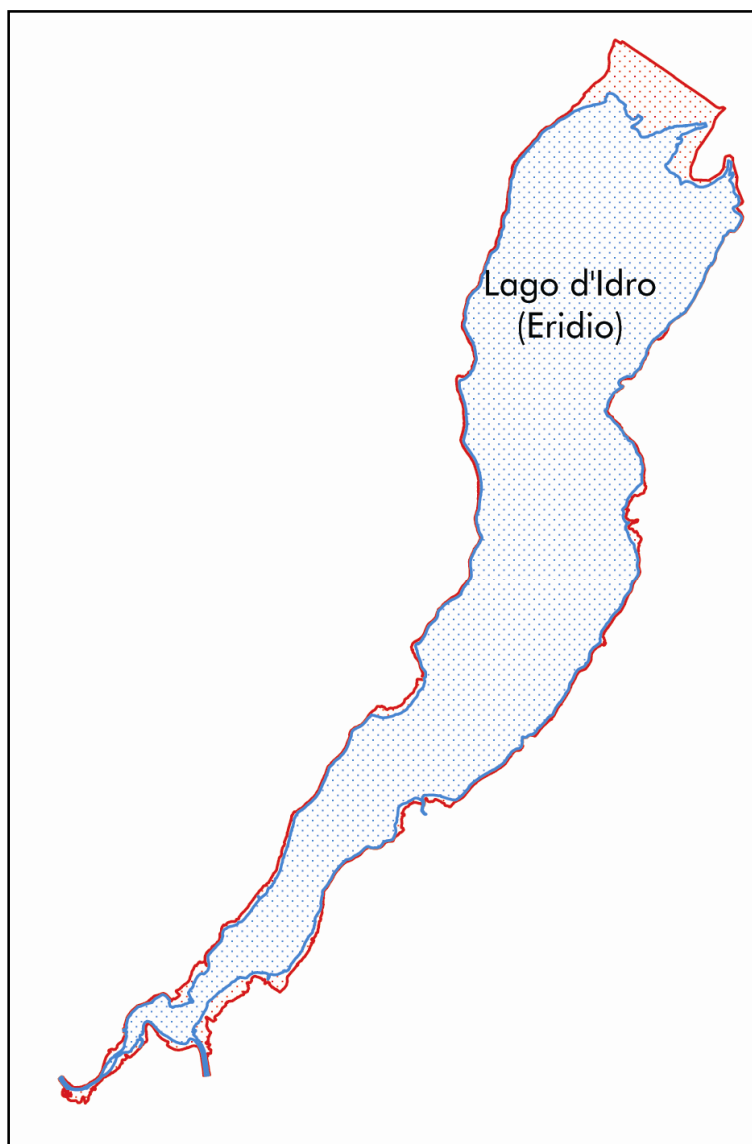


Figura 8 - Superficie compresa tra la curva di livello 370 m s.l.m. e il lago a quota 364,7 m s.l.m.

Infatti, considerando il territorio dei singoli comuni lacustri si osserva che:

1. il comune di Bagolino presenta un'area allagata molto ampia rispetto a quella individuata dalla quota precedente che copre parte del centro abitato e in particolare alcune zone dove sono presenti un depuratore comunale, un parco pubblico ed alcuni insediamenti turistici e produttivi (vedi Figura 9);

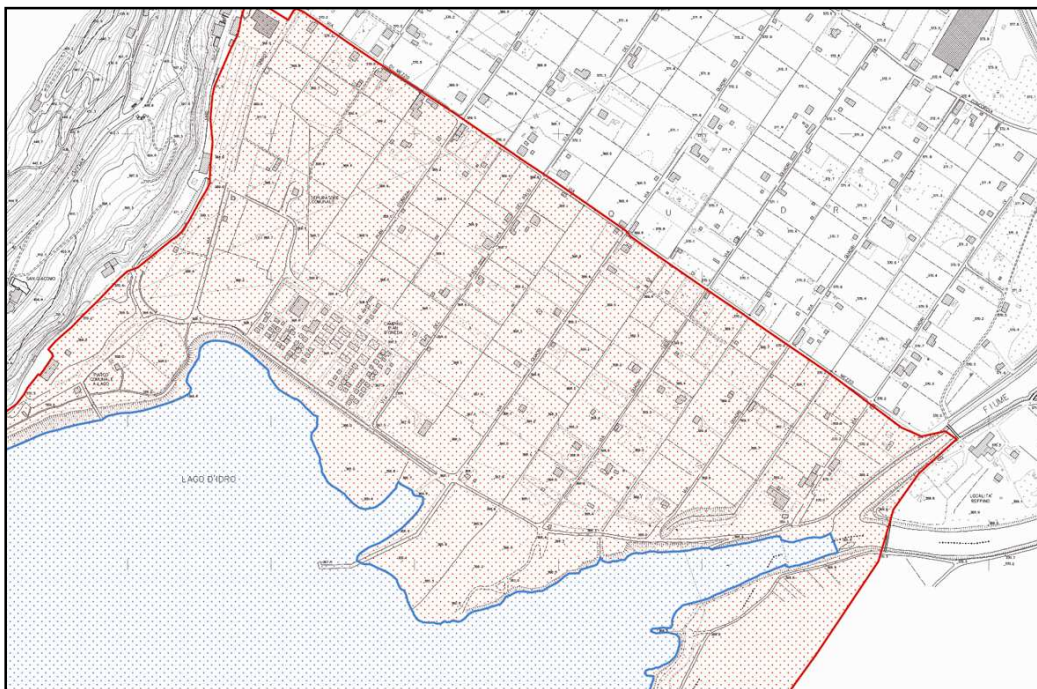


Figura 9 - Particolare aree allagate a quota 370 m s.l.m. del comune di Bagolino

2. il comune di Bondone presenta un'area allagata discretamente ampia che interessa un numero ridotto insediamenti produttivi (vedi Figura 10);

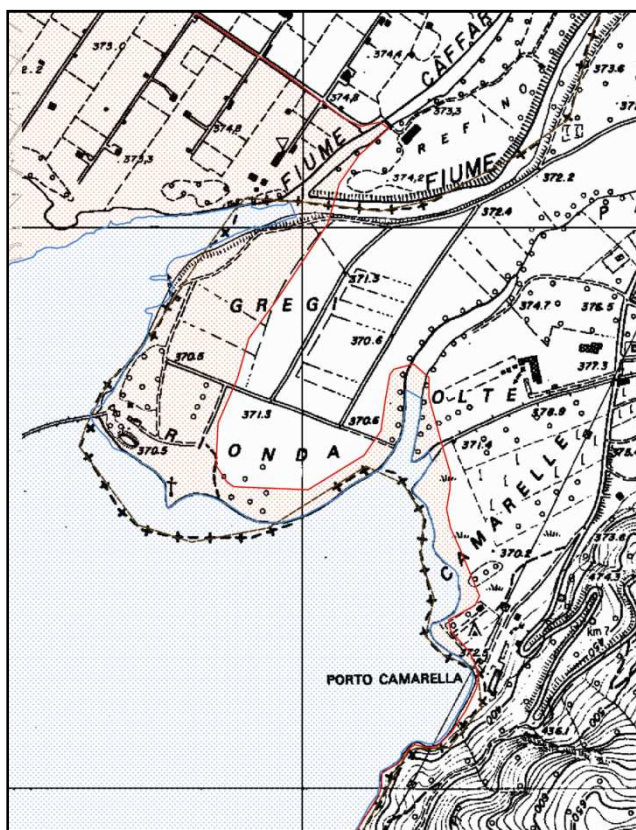


Figura 10 - Particolare aree allagate a quota 370 m s.l.m. del comune di Bondone

3. il comune di Idro presenta un'area allagata decisamente più ampia, rispetto a quella individuata dalla quota precedente, che interessa superfici con abitazioni private e insediamenti turistici e produttivi in corrispondenza di entrambe le sponde del lago (vedi Figura 11);

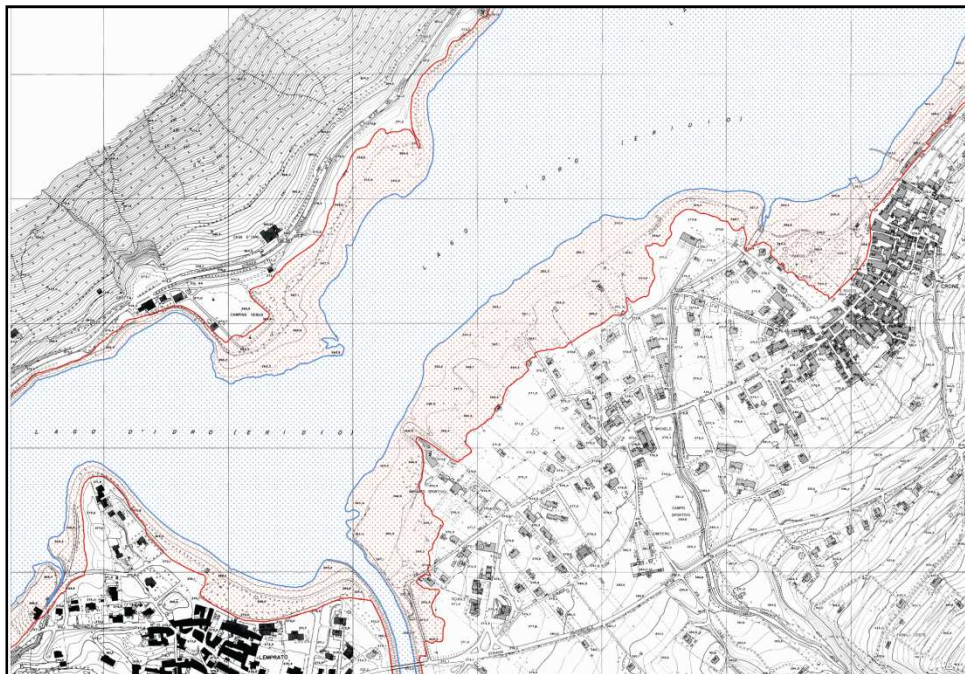


Figura 11 - Particolare aree allagate a quota 370 m s.l.m. del comune di Idro

4. il comune di Anfo presenta in questo caso un'area allagata circoscritta che interessa alcune aree produttive (vedi Figura 12).

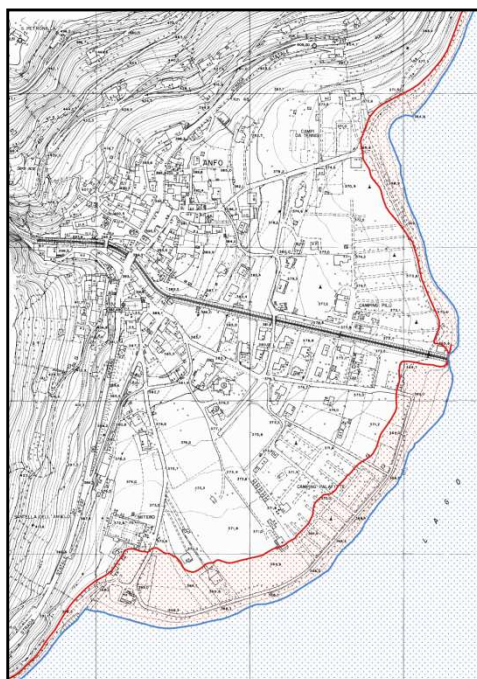


Figura 12 - Particolare aree allagate a quota 370 m s.l.m. del comune di Anfo

Area allagata a quota 372 m s.l.m. (quota I.G.M.)

L'andamento della curva di livello corrispondente a quota 372,00 m. s.l.m. I.G.M. (374,00 m s.l.m. se riferita all'idrometro) mostra un ulteriore marcato aumento della superficie allagata pari a 1,042 Km² (vedi Figura 13). A tale quota risultano allagate in maniera consistente alcune aree abitative ed alcune aree destinate ad insediamenti turistici.

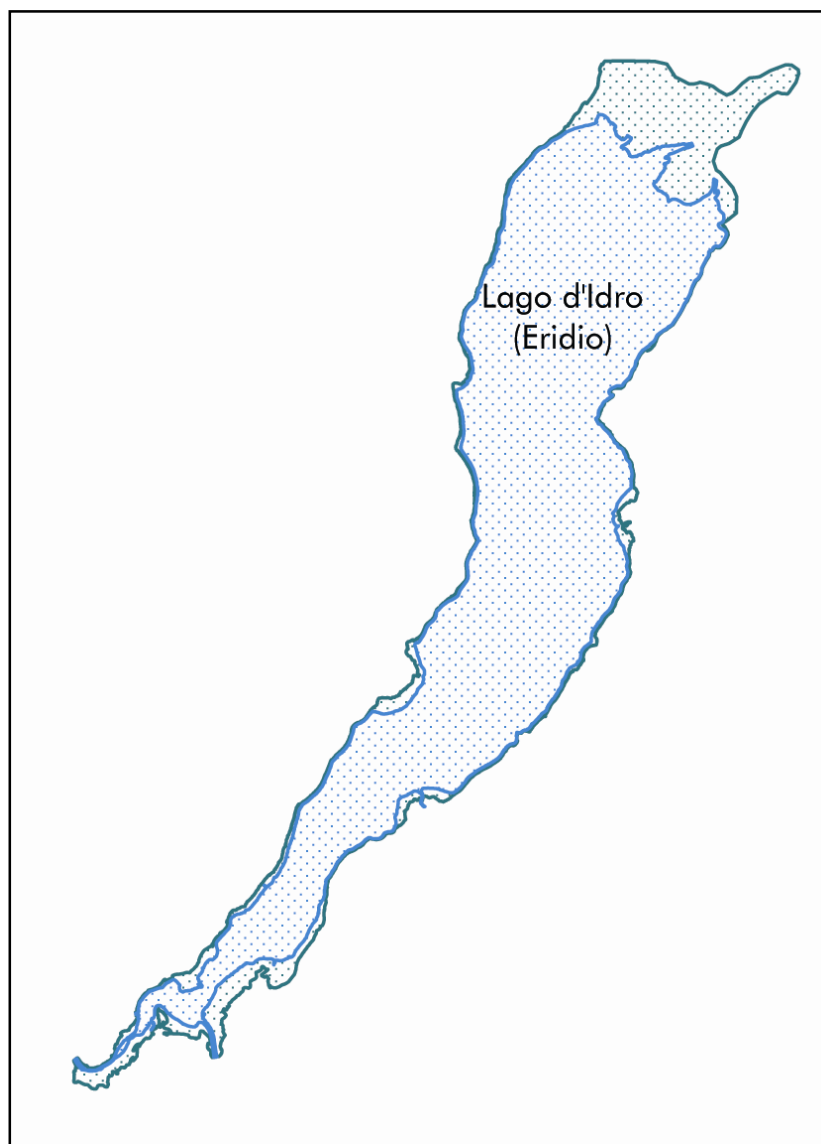


Figura 13 - Superficie compresa tra la curva di livello 372 m s.l.m. e il lago a quota 364,7 m s.l.m.

Analizzando nel dettaglio il territorio appartenente ai comuni lacustri si osserva che:

1. il comune di Bagolino presenta una superficie allagata che interessa quasi la totalità della zona costiera del centro abitato e degli insediamenti turistici e produttivi (vedi Figura 14);

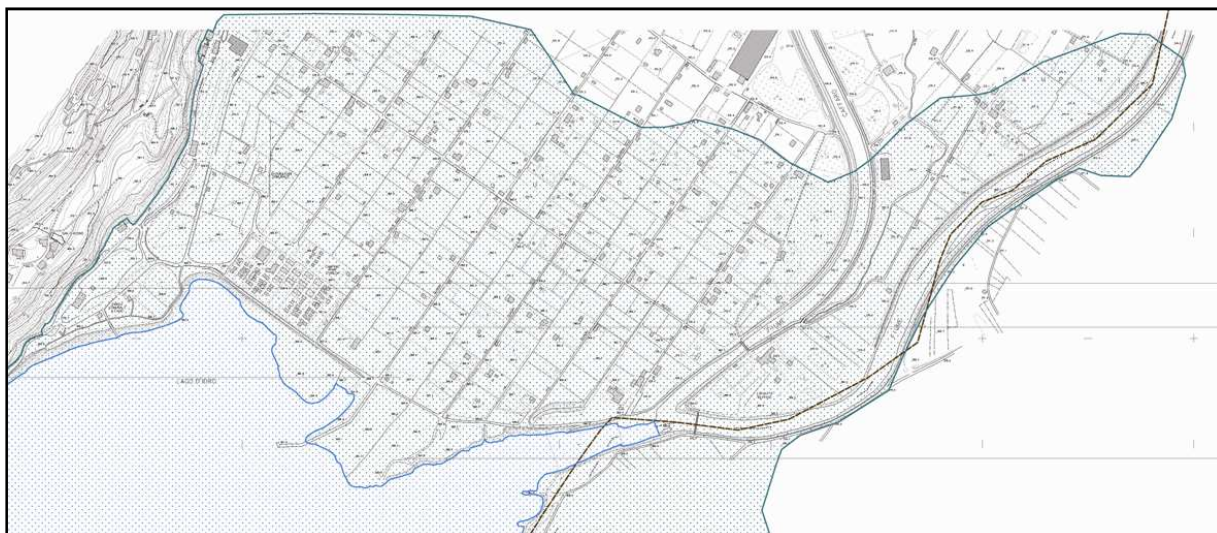


Figura 14 - Particolare aree allagate a quota 372 m s.l.m. del comune di Bagolino

2. il comune di Bondone presenta un'area allagata molto estesa che invade la superficie di un numero consistente di insediamenti produttivi (vedi Figura 15);

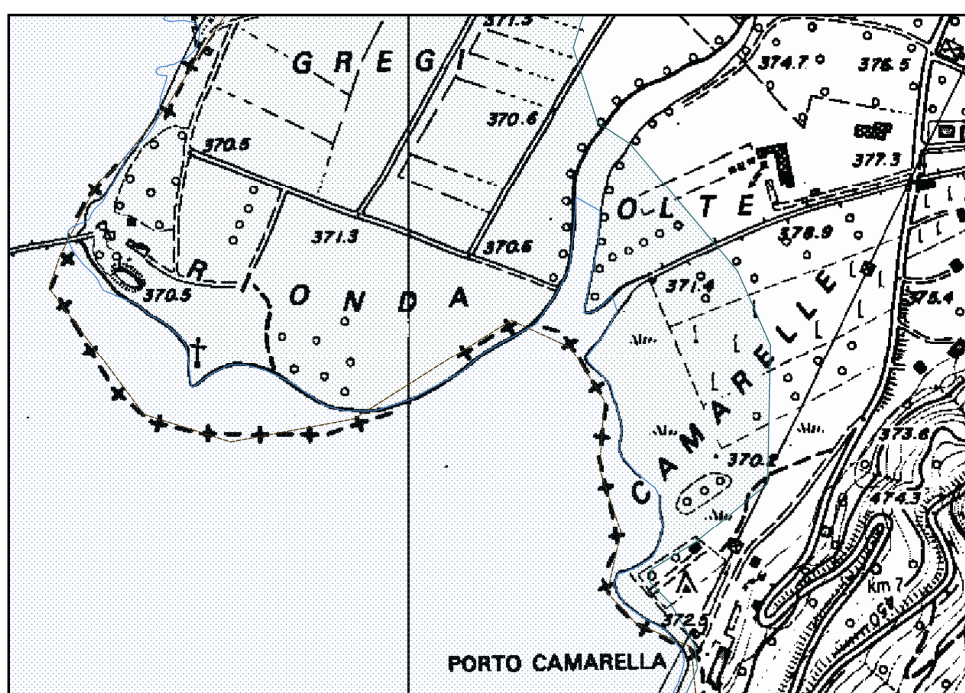


Figura 15 - Particolare aree allagate a quota 372 m s.l.m. del comune di Bondone

3. il comune di Idro presenta un'area allagata molto ampia che interessa sia il centro abitato che i terreni con insediamenti turistico-produttivi (vedi Figura 16). In Figura 17 è riportato un dettaglio dell'area maggiormente interessata dall'allagamento e in Figura 18 è riportata l'area limitrofa agli organi di scarico;

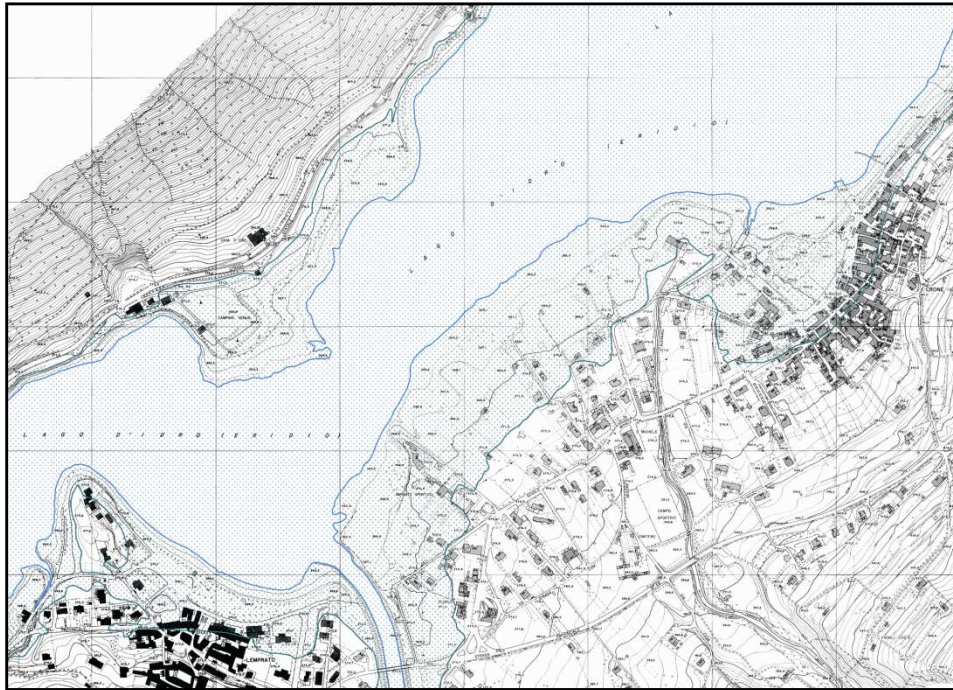


Figura 16 - Particolare aree allagate a quota 372 m s.l.m. del comune di Idro

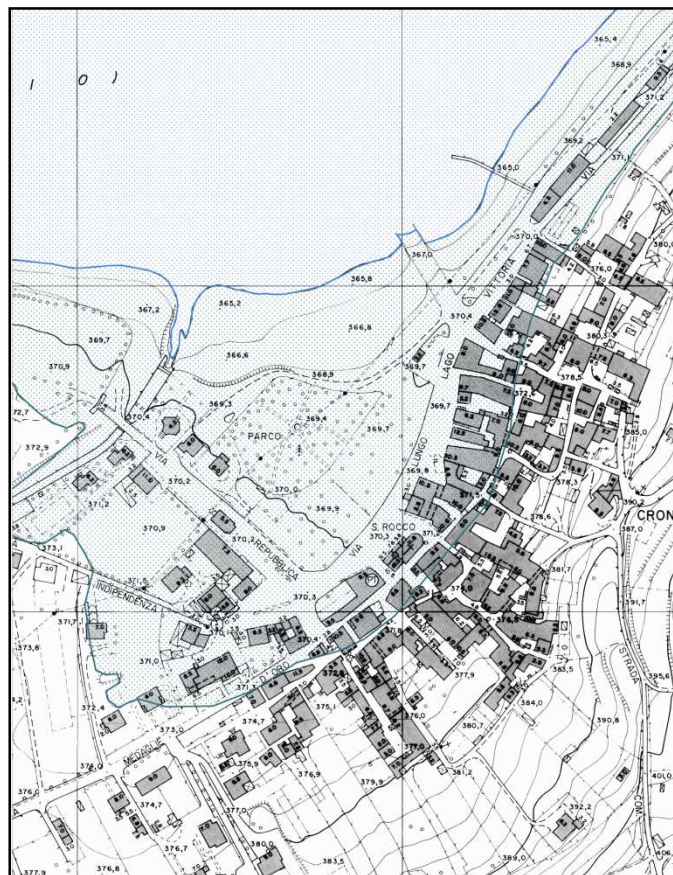


Figura 17 - Particolare aree allagate a quota 372 m s.l.m. del comune di Idro

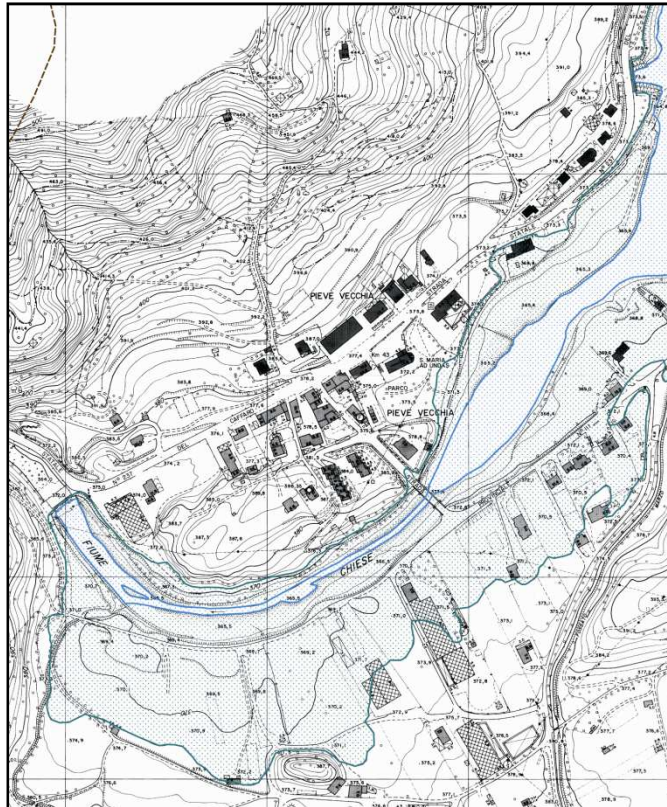


Figura 18 - Particolare aree allagate a quota 372 m s.l.m. del comune di Idro

4. il comune di Anfo presenta in questo caso un'area allagata circoscritta che interessa solo alcune aree produttive e turistiche (vedi Figura 19).



Figura 19 - Particolare aree allagate a quota 372 m s.l.m. del comune di Anfo

Area allagata a quota 374 m s.l.m. (quota I.G.M.)

L'andamento della curva di livello corrispondente a quota 374,00 m s.l.m. I.G.M. (376,00 m s.l.m. se riferita all'idrometro) mostra un ulteriore consistente incremento della superficie allagata pari a 0,780 Km² (vedi Figura 20). Con tale quota risultano allagate in maniera più o meno consistente gran parte degli insediamenti abitativi, produttivi e turistici di tutti i comuni lacustri.

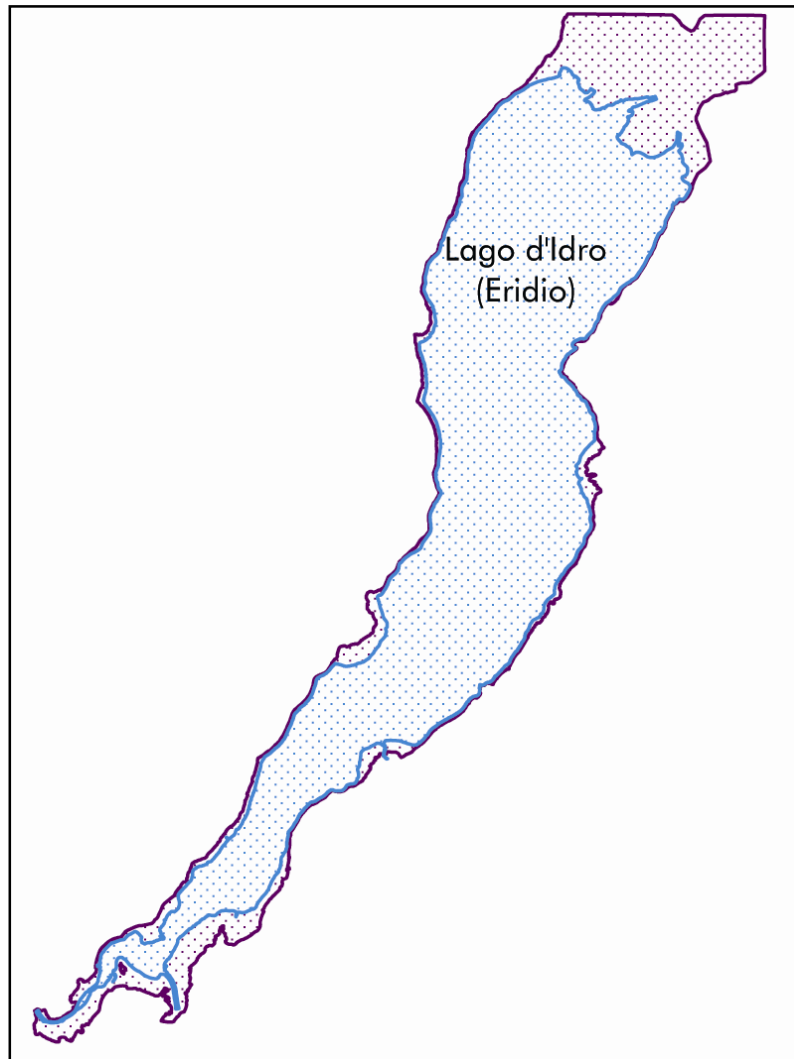


Figura 20 - Superficie curva di livello 374 m s.l.m. e superficie lago a quota 364,7 m s.l.m.

Osservazioni conclusive

In base all'analisi delle superfici allagate corrispondenti a diverse quote, è possibile osservare che non si ha alcun rischio di allagamento sia per i centri abitati e sia per le aree con insediamenti produttivi e turistici se si considera la quota pari a 367,25 m s.l.m. I.G.M., corrispondente a 369,25 m s.l.m. se riferita all'idrometro e proposta come livello di massima regolazione dall'Università degli Studi di Brescia.