



Regione Autonoma
Friuli Venezia Giulia



Comune di Cavazzo
Carnico



Comune di Trasaghis



Comune di Bordano

L. R. n. 13 del 05.08.2022 Art. 4 – C. 15
Studio specialistico
volto ad approfondire le interazioni
tra la Centrale idroelettrica di Somplago
e il Lago dei Tre Comuni
e a definire le conseguenti azioni
di mitigazione sul breve e sul medio periodo

*1s. – Sintesi della valutazione dell'interazione
esistente tra la centrale idroelettrica di Somplago
e il Lago dei Tre Comuni*

GRUPPO DI LAVORO

COORDINAMENTO	CONSULENZA		
Ing. Andrea Selleri Via Raffaello n. 1 12100 Cuneo (CN)	Dott. Massimo Pascale Via Aurora n. 5 10064 Pinerolo (TO)	Dott. Fabrizio Merati Via Rosmini n. 10 21014 Laveno (VA)	Prof. Giovanni Bacaro Piazzale Europa n. 1 34127 Trieste (TS)
	<i>Albo professionale Ordine dei Biologi n. 045787</i>	<i>Albo professionale Ordine dei Biologi n. 038759</i>	<i>Dipartimento di Scienze della Vita Università di Trieste</i>
Idrologia ed idraulica	Ecologia fluviale ed ittologia	Riqualficazione lacuale	Monitoraggio della diversità vegetale

Indice

1.INTRODUZIONE.....	4
1.1 Il lago.....	4
1.2 La centrale.....	5
1.3 La centrale e il lago.....	7
1.4 Iter normativo e gruppo di lavoro.....	8
2.PRESENTAZIONE DELLE ATTIVITÀ.....	10
3.ECOSISTEMI CONNESSI AL LAGO.....	11
3.1 Le indagini di campo e considerazioni sugli impatti osservati.....	12
4.FAUNA ITTICA.....	16
5.CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELLE ACQUE DEL LAGO.....	19
5.1 Variazione del regime termico nel lago indotto dall'impianto di Somplago.	19
5.2 Caratteristiche chimico-fisiche.....	21
5.2.1 Determinazione del nutriente limitante.....	21
5.2.2 Livello trofico attuale.....	21
5.2.3 Determinazione del livello trofico naturale teorico.....	21
5.3 Uscita di campo.....	22
5.4 Valutazioni conclusive.....	23
6.CARATTERISTICHE DEL FONDALE.....	24
7.SVILUPPO TURISTICO E ATTIVITÀ RICREATIVE.....	25
7.1 Interventi di mitigazione funzionali ad aumentare i Servizi Ecosistemici....	28
7.2 Attività professionali e turistiche legate all'ittiofauna.....	33
8.BILANCIO DEL CARBONIO.....	35
8.1 Introduzione.....	35
9.GESTIONE DEL MATERIALE FINE.....	39
9.1 Meccanismi di introduzione del materiale fine al lago.....	39
9.2 Velocità di sedimentazione nel lago.....	40
9.3 Ricostruzione dell'evento di maggio 2023.....	41
10.RICOSTRUZIONE DELLE PORTATE NATURALI IN INGRESSO AL LAGO	43
10.1 Bilancio idrologico attuale del Lago.....	43
10.2 Comportamento del Lago in caso di mancati apporti dall'impianto.....	45
11.CONCLUSIONI.....	49

1. INTRODUZIONE

1.1 Il lago

Il lago di Cavazzo, anche detto Lago dei Tre Comuni, è il più grande bacino naturale della Regione Friuli Venezia Giulia. Si trova in Provincia di Udine, al piede delle Prealpi Carniche.



Fig. 1.1: il lago di Cavazzo visto dal rilievo che costeggia la sponda orientale

Il lago ha una superficie di circa 1,2 km² (era di 1,74 km² prima che entrasse in funzione l'impianto idroelettrico di Somplago) e il suo perimetro, considerando anche la prima porzione del canale emissario, è di 7,6 km.

Immissari sono diversi piccoli corsi d'acqua, che scorrono sui versanti dei monti sopra elencati, di cui i più importanti sono il Rio Schiasazze in testata nord (a volte identificato come il vero immissario del lago), i Rii Chianale e Tamer e il Rio da Cout.

L'emissario è un canale artificiale con afflusso regolato da paratoia lungo 4.000 metri, che scorre in galleria per 3.600 metri per poi tornare a cielo aperto e scaricare le acque provenienti dal lago nel torrente Leale che, dopo un percorso di 3,2 km, si immette nel Tagliamento presso Osoppo. Il canale è gestito dal proprietario dell'impianto idroelettrico in modo da mantenere il più costante possibile il livello nel lago, e far funzionare così il lago da bacino di compenso.

1.2 La centrale

La centrale di Somplago è l'impianto idroelettrico più importante della Regione FVG. La sua costruzione risale alla prima metà degli anni '50 e sfrutta le acque del bacino artificiale di Verzegnis per alimentare le sue tre turbine Francis che arrivano a turbinare 66 m³/s di acqua. Attualmente ne è proprietaria A2A.

L'impianto è situato in galleria a circa 600 metri all'interno della montagna. Nell'invaso sbarrato dalla diga dell'Ambiesta confluiscono, dallo scarico della centrale di Ampezzo, dalla presa di Caprizzi e quella sul torrente Degano le acque che alimentano la centrale. Il serbatoio di Verzegnis generato dalla diga ha delle variazioni di livello del bacino di 7-8 metri al giorno.

Le turbine sono del tipo Francis dal diametro di poco più di 6 metri.

Dati dell'impianto

- Potenza installata 172,8 MW
- Produzione 405 GWh
- Anno entrata in esercizio 1957

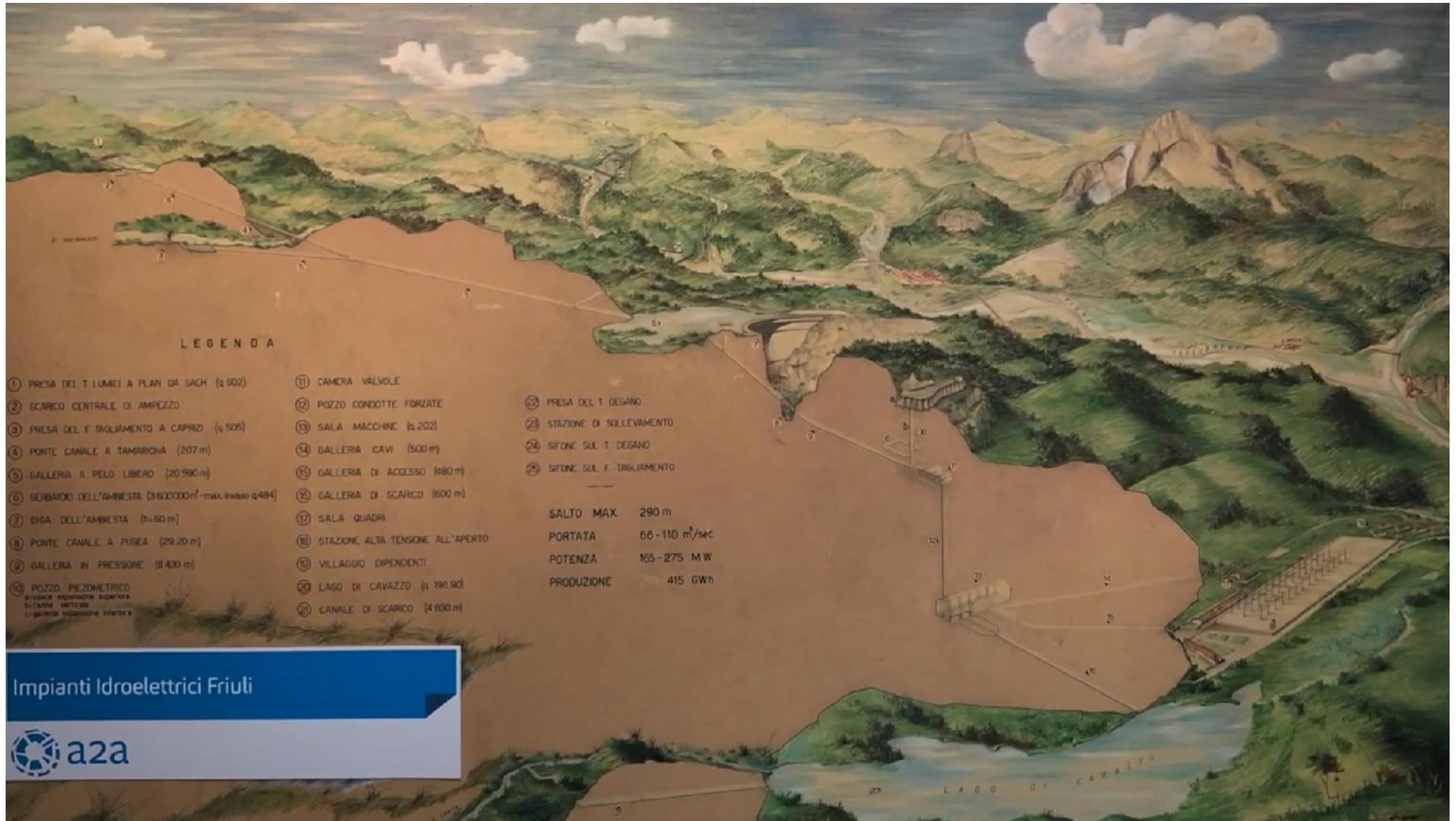


Fig. 1.2: lo schema dell'impianto di Somplago

1.3 La centrale e il lago

L'utilizzo di un lago naturale come serbatoio di compenso a valle di un impianto idroelettrico è un'anomalia nel panorama idroelettrico alpino: oltre a quello di Cavazzo è noto unicamente quello di Santa Massenza in Trentino. Un caso simile è rappresentato dall'impianto Enel Green Power di Entracque (CN), che però al contrario scarica nel bacino di compenso artificiale di Brignola, ma è alimentato dal lago naturale delle Rovine (oltre che dal bacino artificiale del Chiotas).

“Usare” un elemento del territorio di pregio naturalistico, paesaggistico e turistico quale è un lago è un'opzione che forse al giorno d'oggi non potrebbe mai essere autorizzata; ma la sensibilità in Italia su questi temi si è sviluppata solamente a partire dagli anni '80 del secolo scorso, mentre nei decenni precedenti, quelli del dopoguerra in cui l'impianto fu autorizzato e vide la luce, si privilegiava la ricostruzione e la rinascita di un paese messo a dura prova dalla seconda guerra mondiale.

La convivenza tra lago e centrale non è mai stata pacifica, complice anche il tenace attaccamento delle popolazioni locali alla propria terra; ma soprattutto perché il funzionamento della centrale ha evidenziato col passare degli anni una modifica sostanziale del lago (di cui si darà conto più avanti), a cui si sono aggiunti interventi antropici di altra natura: l'autostrada che sovrappassa il lago, la nuova viabilità litoranea e le infrastrutture ricreative e turistiche costiere.

L'obiettivo principale che la Regione FVG intende raggiungere, anche con l'ausilio del presente studio, è la tutela del lago di Cavazzo, un tema emerso già negli anni '80 e ancora in discussione.

L'impatto dell'impianto idroelettrico sul lago è evidente. Prima ancora di addentrarsi nei singoli argomenti trattati, si possono già elencare i più evidenti (non necessariamente di segno negativo):

- 1) raffreddamento delle acque
- 2) torbidità
- 3) materiale fine sedimentato
- 4) gestione dei livelli
- 5) modifica dei livelli trofici

Un tema sicuramente cruciale è la possibile realizzazione di un canale di by-pass del lago, che però si porta con sé, oltre alle inevitabili problematiche di ordine tecnico, economico, ambientale e vincolistico, la mancata o parziale compensazione dei deflussi in arrivo dalla centrale, con conseguenze in termini di limitazione alla produzione, hydropeaking e fenomeni collaterali.

Anche gli impatti che l'opera potrà determinare sull'impianto di Somplago non sono trascurabili.

In parallelo vanno messi in atto, a breve ed a medio periodo, interventi per la rinaturalizzazione del lago, e di valorizzazione delle sue potenzialità turistiche.

Queste azioni si incrociano con l'attuazione della legge regionale 21 del 2020 sulle grandi derivazioni elettriche: nel breve periodo, ovvero fino al 2029, anno della scadenza e assegnazione al nuovo gestore, le azioni da porre in atto sono forzatamente limitate; un bando di gara si potrà fare solo a partire dal 2026, e a quel momento sarà fondamentale arrivare preparati con un quadro definito di livelli tecnici minimi di progetto che costituiranno condizioni/requisiti di ammissibilità per le proposte tecniche da presentare in sede di gara.

1.4 Iter normativo e gruppo di lavoro

Il documento Indirizzi di Piano facente parte del Piano regionale di tutela delle acque approvato con il decreto del Presidente della Regione n. 74 del 20 marzo 2018 ha previsto al paragrafo "Misure specifiche per il fiume Tagliamento a valle di Ospedaletto" che nell'ambito del processo di identificazione definitiva dei corpi idrici fortemente modificati di cui alla direttiva europea 2000/60CE, sia prevista la valutazione di fattibilità delle possibili azioni di mitigazione e di una valutazione costi/benefici delle possibili alternative agli usi specifici esistenti sul fiume Tagliamento a valle di Ospedaletto. Nell'ambito di detta valutazione è stata prevista altresì la verifica della fattibilità tecnico - economica di realizzazione di un canale di by-pass, o di altra soluzione progettuale che mitighi l'impatto dello scarico della centrale di Somplago sul lago di Cavazzo con lo scopo di recuperare le condizioni di naturalità del lago stesso e di garantirne la fruibilità.

Il Laboratorio del Lago dei Tre Comuni è stato istituito con la Legge Regionale n. 13 del 6 agosto 2019 (art. 4, commi da 35 a 40), ha visto la nomina di tre esperti (un geologo, un ingegnere ed un architetto) ed è composto anche da dirigenti e funzionari della Regione, e tecnici ARPA; inoltre sono stati sentiti in una serie di

colloqui organizzati per settore i rappresentanti dei soggetti portatori di interesse.

La relazione finale è stata predisposta dai tre esperti e riguarda i seguenti temi:

- 1) indagine geologica/geofisica (dott. Gasperini, Ismar-CNR)
- 2) soluzioni per il by-pass (ing. Pederzolli)
- 3) soluzioni per la valorizzazione ambientale del lago (arch. Vanni)

A conclusione di questa fase, nella seduta del 25 maggio 2022 il Laboratorio ha stabilito di proseguire con le seguenti attività:

- elaborazione di uno studio tecnico specialistico relativo all'interazione centrale-lago
- predisposizione di un piano generale di programmazione e sviluppo territoriale per l'area vasta del Lago dei Tre Comuni.

La Legge Regionale n. 13 del 5 agosto 2022 - art. 4 comma 15 ha previsto di commissionare ad un soggetto specializzato che, dopo aver analizzato la situazione, definisse le conseguenti azioni di mitigazione sul breve e sul medio periodo.

Lo studio specialistico è stato affidato con Decreto n. 31763/GRFVG del 22 dicembre 2022 allo Studio Pantidro di Cuneo, che si è organizzato per lo svolgimento dell'attività nel seguente gruppo di lavoro:

- **Ing. Andrea Selleri** – Ingegnere idraulico, coordinatore del gruppo di lavoro
- **Ing. Mauro Dematteis** – Ingegnere ambientale
- **Prof. Giovanni Bacaro** - Professore di Botanica Ambientale ed Applicata dell'Università di Trieste.
- **Dott. Massimo Pascale** – Idrobiologo e ittiologo
- **Dott. Fabrizio Gianluigi Merati** – Biologo, esperto di riqualificazione lacuale

2. PRESENTAZIONE DELLE ATTIVITÀ

La prima parte dello studio specialistico, contenuta nel presente documento, riguarda la valutazione dell'interazione esistente tra la centrale idroelettrica di Somplago e il Lago dei Tre Comuni.

L'analisi richiesta parte dalla documentazione disponibile, e dalle ricognizioni in situ svolte da tutti i componenti del gruppo di lavoro.

Gli aspetti che sono stati indagati sono i seguenti:

- Ecosistemi connessi al lago
- Fauna ittica
- Caratteristiche chimico fisiche delle acque del lago
- Caratteristiche del fondale
- Sviluppo turistico
- Attività ricreative
- Bilancio del carbonio
- Gestione del materiale fine
- Portate naturali in ingresso al lago

L'attività si è concretizzata anche in alcuni sopralluoghi svolti tra gennaio e giugno 2023, in date scelte in base alle condizioni climatiche in relazione alle componenti ambientali e territoriali da osservare.

Ad esse si sono affiancate, nel medesimo periodo, riunioni di confronto con i funzionari regionali.

3. ECOSISTEMI CONNESSI AL LAGO

Il lago dei Tre Comuni (Cavazzo, Trasaghis, Bordano) è il più vasto lago naturale del Friuli-Venezia Giulia con una lunghezza di 2250 m, largo da 400 a 800 m, e una profondità massima di 40 m circa (12 m in media). Di origine glaciale, temperato, sorge a 195 m s.l.m., più in basso del fiume Tagliamento che scorre circa 3 km a est. La presenza del lago post-glaciale nell'area ha parzialmente contribuito alla presenza di una vegetazione con caratteristiche di mediterraneità, e dove è possibile osservare nuclei di leccio in alcune rupi nelle zone comprese tra Bordano e Pioverno. Inoltre, grazie alle peculiari condizioni climatiche, sono anche presenti pinete di Pino nero. Le pendici del lago risultano coperte prevalentemente da querceti e ostrieti misti. La vegetazione palustre, che segna la transizione tra l'ambiente acqueo e quello subaereo, essa risulta estremamente ridotta o assente, a causa anche della conformazione delle sponde orientali e occidentali, molto ripide e rocciose, a picco sullo specchio d'acqua. Dove presente, si può riconoscere una vegetazione ripariale tipica e caratterizzata da specie arboree o a portamento arbustivo, dominate da pioppi e salici. Relativamente alla vegetazione ripariale, questa era originariamente, descritta sulle sponde settentrionali, con la presenza di un cospicuo cariceto che cedeva poi il passo al canneto litorale costituito dalla cannuccia (*Phragmites australis*). Seguiva poi il così detto Scirpeto (*Schoenoplectus lacustris*). Attualmente, risulta invece ben rappresentato e occupante superfici estese, il canneto, che caratterizza anche la porzione meridionale del lago.

Di particolare interesse, sebbene non a diretto contatto con il lago, è la presenza a nord, nel comune di Cavazzo Carnico, di due torbiere, la palude di Vuarbis e la palude das Fontanas. Per tutta l'area di pertinenza del lago, sono mostrati in Figura 1 gli ecosistemi presenti sulla base della classificazione europea CORINE Biotopes (<https://www.eea.europa.eu/en/datahub/datahubitem-view/d8dd768f-9bc4-4002-9386-0aef2c516f76>) e che fanno riferimento alla "Carta della Natura" della Regione Friuli Venezia Giulia del 2021.

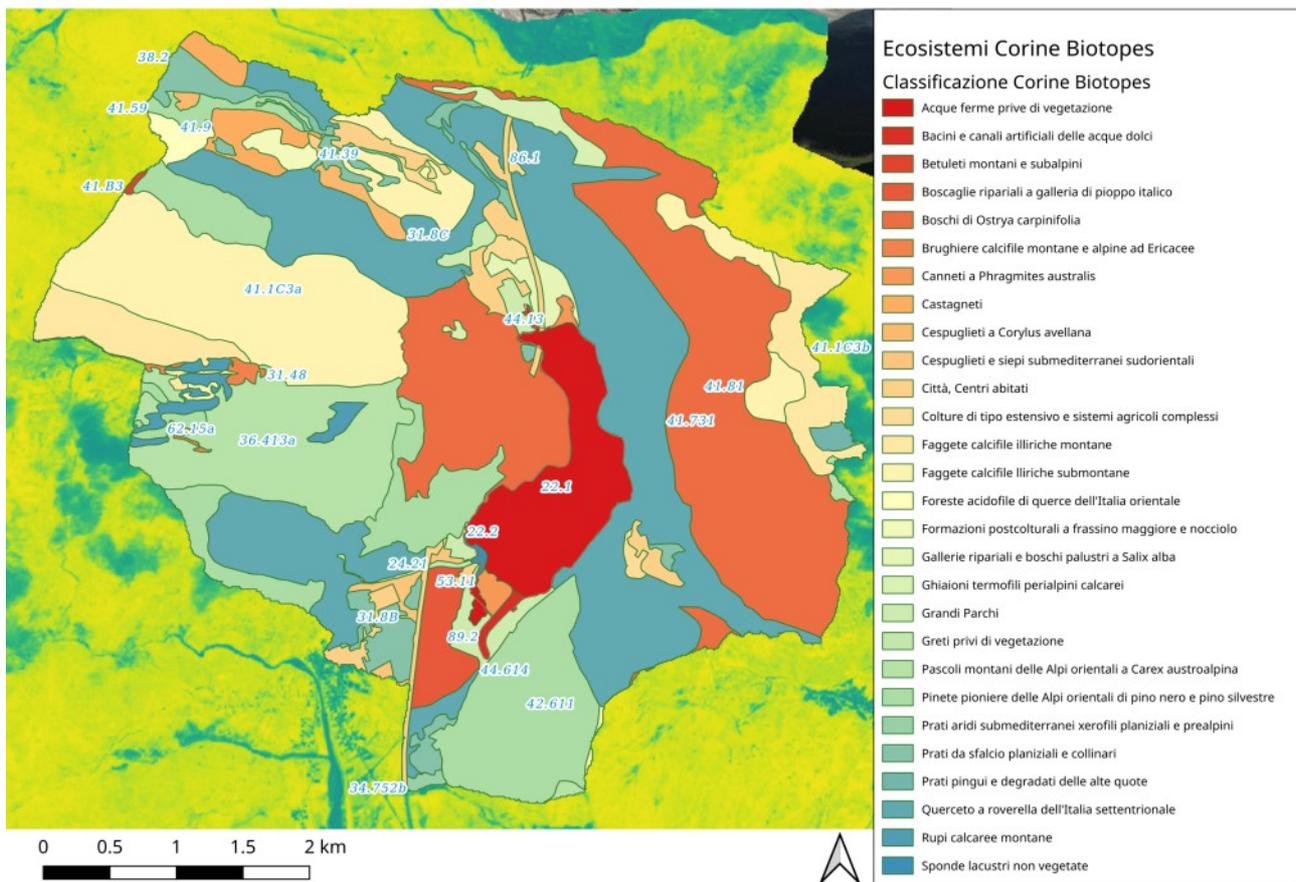


Fig. 3.1: distribuzione degli habitat CORINE Biotopes presenti nell'area di studio (Carta Natura FVG 2021)

3.1 Le indagini di campo e considerazioni sugli impatti osservati

Nel corso di maggio del 2023, sulle sponde del lago e del principale immissario (Rio Schiasazze) sono stati effettuati diversi rilievi della vegetazione (distribuiti come in fig. 3.2 al fine di determinare la composizione e la struttura delle comunità vegetali presenti nell'area di interesse, e determinarne il loro stato di naturalità. Combinando i dati raccolti con quelli presenti in letteratura, si è arrivati ad individuare una flora locale composta in totale da 746 specie, di cui 34 specie presentano uno o più livelli di protezione (ai sensi della Direttiva Habitat e delle Leggi Regionali per la protezione della flora) e 56 sono classificate come specie aliene.

I rilievi effettuati sulla sponda meridionale sono serviti a caratterizzare il tipico canneto umido praticamente monospecifico che qui è dominato quasi unicamente da *Phragmites australis*. Il lembo verso terra del fragmiteto risulta sfalciato per permettere di mantenere il percorso naturalistico che attraversa questa zona. Il rilievo nel canneto sulla sponda settentrionale presenta una situazione di rapido

passaggio tra un fragmiteto puro e la tipica vegetazione arbustiva riparia che comprende popolamenti legnosi di diverso sviluppo con presenza di salice bianco. Il fragmiteto svolge funzione importante in particolare nei laghi poveri di nutrienti in quanto specie edificatrice dei suoli grazie alla capacità di produrre in breve tempo abbondante sostanza organica proveniente dalla decomposizione delle parti aeree che viene trattenuta dal suo apparato radicale. Ha inoltre un importante ruolo di protezione per la fauna sia terrestre (avifauna, ad esempio) e acquatica. L'estensione del canneto sulla sponda meridionale è abbondante (se confrontata con i dati storici) per diversi motivi, tra cui la creazione di briglie sul Rio da Cout che ha ridotto l'effetto di disturbo delle correnti di piena e la realizzazione di interventi di riqualificazione ambientale di questa area, con la realizzazione del progetto "Stagno ecologico del canneto" (1997). Il canneto sulla sponda settentrionale, particolarmente sviluppato attualmente presso il rio Schiasazze, era descritto come un habitat presente anche su tutta la riva di Somplago dove invece risulta attualmente frammentario e rarefatto soprattutto in prossimità dal canale immissario.

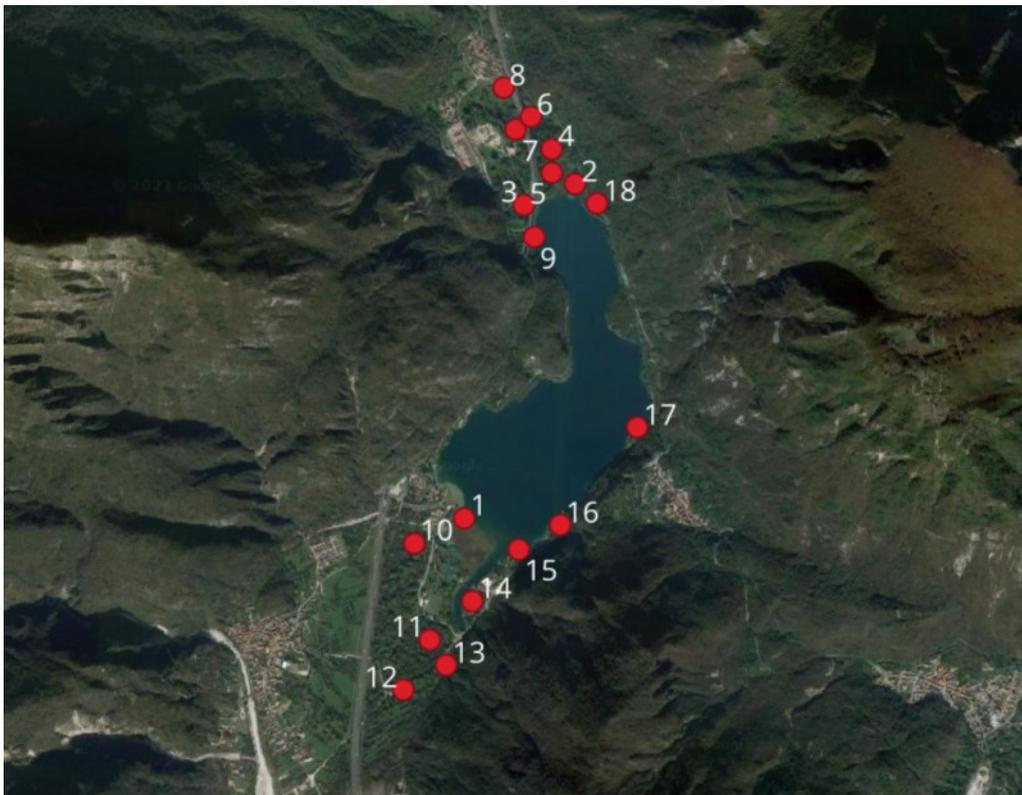


Fig. 3.2: localizzazione dei punti di campionamento utilizzati per caratterizzare la composizione e struttura delle comunità vegetali nell'area del Lago di Cavazzo

Continuando sulla riva settentrionale del lago, nell'area antistante il complesso della centrale di Somplago, si è notato il residuo di una comunità di Carici, descritta come ampiamente diffusa per il lago di Cavazzo prima della costruzione del canale immissario artificiale, e che risulta quasi completamente scomparsa a seguito dell'attuale configurazione. Lo scirpeto è quasi totalmente assente. Come riportato in diversi confronti tra i dati storici della distribuzione dell'habitat nel lago di Cavazzo e le evidenze attuali, è avvenuta una forte contrazione della sua estensione in tutta l'area. La sua diminuzione è attribuibile all'esposizione diretta alle escursioni repentine del livello delle acque che agiscono negativamente sulla sopravvivenza della pianta. In questa area, localizzata ad una distanza ridotta dal canale immissario artificiale, risulta chiaro che la corrente generata dallo scarico delle acque dalla centrale, risulta eccessiva per la sopravvivenza di queste piante, oltre ad agire come elemento erosivo sulla riva stessa. Oltre a questi disturbi, nell'area esaminata, è osservabile, quasi direttamente a ridosso della riva, l'azione di sfalcio effettuata che impedisce a questa vegetazione qualsiasi possibilità di espandersi, stringendo le poche piante acquatiche e anfibe residue in una strettissima fascia.

I dati raccolti sulle due sponde del Rio Schiasazze sono caratterizzati dalla presenza di una boscaglia mista tipica delle zone umide a salici, pioppi e ontani. Sono qui ben sviluppati gli orli di vegetazione igrofila anfibia di alte erbe. In generale, comunque, l'estensione di queste boscaglie risulta limitata in conseguenza della rapida pendenza del versante orientale e la immediata vicinanza con la SR 512.

Infine, l'esplorazione delle aree meridionali del lago, lungo il percorso ancora visibile del vecchio emissario naturale del lago, evidenziano una pioppeta a pioppo nero dove appaiono alcuni individui di salice bianco nelle zone più umide. Si assiste al passaggio di questa fisionomia verso il bosco più evoluto con l'ingresso di specie a legno duro come il Frassino maggiore, consociato con il nocciolo. Il pioppeto diventa infatti qui una formazione transitoria poiché non più interessato da eventi alluvionali che ne garantiscono la rinnovazione. Di interesse la presenza di individui di betulla in evidente stato di declino.

Considerazioni approfondite, sebbene di carattere qualitativo, possono essere effettuate sulla vegetazione sommersa e flottante del lago, confrontando i dati storici presenti in varie pubblicazioni con l'attuale condizione di questa importante

componente ecosistemica: in generale la composizione floristica del lago non risulta originariamente caratterizzata da una diversità particolarmente elevata, a causa di diversi fattori tra cui la presenza di sponde rocciose nelle aree occidentali ed orientali e dalla presenza di acque caratterizzate da un certo moto ondoso. Quest'ultimo, ad esempio, è ritenuto responsabile della mancanza di alcune specie tipiche di acque ferme e stagnanti, come le ninfee. Attualmente, la vegetazione sommersa è costituita da tappeti di alghe verdi, in grado di occupare più del 90% dalla superficie sommersa del lago, da un metro dalla riva fino in profondità. Questi habitat così caratterizzati sono tipici dei laghi poveri di nutrienti. Oggi giorno sono sporadici ed estremamente limitate le osservazioni di piante radicate flottanti (*Potamogeton*) e sommerse (*Ceratophyllum*).

In passato invece si evidenziavano sulla sponda nord-occidentale, dove oggi è presente il solo canneto, la presenza di formazioni laminari di *Potamogeton* e di *Myriophyllum*. Sulla sponda meridionale del lago non era invece presente il canneto e al suo posto era ben rappresentato il *Potamogeton*. Risulta pertanto chiara la trasformazione avvenuta, nel corso di oltre un secolo, da un lago dominato da angiosperme alla situazione attuale caratterizzata da alghe verdi. In particolare, la letteratura scientifica evidenzia come le alghe verdi di grandi dimensioni, dominano a concentrazioni di nutrienti più basse e possono sviluppare una biomassa areale più elevata rispetto alle angiosperme, i rappresentanti più comuni delle piante superiori acquatiche che dominano in laghi mesotrofi. Una tale osservata trasformazione è imputabile principalmente alle mutate concentrazioni di nutrienti nelle acque del lago, principale fattore limitante per le idrofite, e in maniera inferiore all'effetto della temperatura oltre che al variato idrodinamismo. In sintesi, la messa in funzione della centrale ha comportato la diminuzione dell'apporto di fosforo al lago che da una parte ha contratto le comunità di angiosperme tipiche del lago (ma ancora presenti sebbene in ridottissima misura rispetto al passato) e dall'altra ha permesso alle alghe verdi di espandersi in una fascia sommersa più estesa del lago.

4. FAUNA ITTICA

La comunità ittica del lago di Cavazzo conta 22 specie censite nell'intervallo 1890-2011, in un intervallo di osservazione di 122 anni.

Tra queste, sette sono specie alloctone, introdotte nel XX secolo, otto sono prettamente lacustri, sette specie sono tipicamente frigofile e, di queste, sei risultano comparse dopo la messa in funzione della centrale.

Alcune specie risultano scomparse dopo la messa in funzione della centrale, altre, viceversa compaiono dopo la messa in funzione della stessa.

Stime quantitative dell'ittiofauna del lago sono presenti in un unico documento datato 2011, mentre mancano dati quantitativi relativi al periodo antecedente.

Per quanto riguarda il reticolo idrografico di cui il lago di Cavazzo fa parte, costituito da fiume Tagliamento, torrente Leale e rio Schiasazze, nel sistema afferente ed alimentato in parte dalle acque del lago sono riportate in bibliografia nove specie, due delle quali alloctone.

A completamento del quadro ittiologico desunto dai dati bibliografici sono stati condotti campionamenti specifici con elettrostorditore sui corsi d'acqua Schiasazze, Leale e Tagliamento, con contestuale caratterizzazione idromorfologica degli ambienti indagati.

Dai campionamenti è emersa una situazione non dissimile da quella descritta in passato, con nove specie ittiche rinvenute; una sola delle specie campionate, la trota fario, risulta alloctona. I parametri popolazionistici mostrano comunità ittiche ridotte e poco strutturate; il temolo, specie caratteristica in particolare del Tagliamento, non è stato rinvenuto.

In base a quanto osservato ed all'esame dei dati reperiti in bibliografia, dal punto di vista ittiologico si possono fare alcune considerazioni.

La comunità ittica del lago di Cavazzo è sicuramente alterata rispetto alla comunità originaria, a seguito della messa in funzione della centrale di Somplago.

Da una comunità tipica di lago subalpino mesotrofico (ciprinidi, rari salmonidi, esocidi) è virata verso una comunità a dominanza di specie di acqua fredda (salmonidi, in particolare), in prevalenza d'immissione.

La messa in funzione della centrale da una parte ha portato alla scomparsa di

alcune specie autoctone, una delle quali, l'agone, tipica degli ambienti lacustri subalpini del nord Italia, e questo è sicuramente un aspetto negativo; dall'altra ha portato alla comparsa di specie con caratteristiche diverse, alcune delle quali sicuramente immesse (salmoniformi, pesce persico), altre probabilmente giunte al lago dagli immissari, dove forse un tempo erano segregate per temperature non adatte all'interno del bacino.

Da un punto di vista conservazionistico, il raffronto del numero di specie autoctone ed endemiche segnalate prima e dopo la costruzione della centrale indica la presenza di 10 specie autoctone, sei delle quali endemiche prima della costruzione della centrale e di 12 specie autoctone, sette delle quali endemiche dopo la messa in funzione della centrale.

L'ingresso di acque fredde ha comportato la possibilità per specie di acque fredde di colonizzare il lago, utilizzando per la riproduzione gli immissari (rio Schiasazze, in particolare) e nel contempo il mantenimento nella zona apicale del lago, meno interessata dall'ingresso di acqua fredda dalla centrale, di zone con regimi termici più favorevoli ha consentito il mantenimento di popolazioni sicuramente non abbondanti quanto prima della costruzione della centrale di specie di acqua più calda, che in questa zona molto probabilmente riescono a riprodursi.

Ciò che sicuramente è cambiato dopo la costruzione della centrale è la produttività ittica del lago, molto bassa, come evidenziato dai dati dei campionamenti pregressi e dalle proiezioni in funzione dei parametri chimici riscontrati.

Le stime di produzione annuale in funzione della concentrazione di fosforo rilevata nel corso delle indagini chimiche indicano, per l'ittiofauna, una capacità portante annua pari a circa 41 kg/ha, molto bassa e tipica di laghi fortemente oligotrofici, mentre la capacità portante totale per il lago si attesta su valori totali di circa 48 quintali/annui, valori prossimi a quelli verificati in occasione dei campionamenti condotti in passato.

Un incremento del valore del fosforo dalle concentrazioni attuali a quelli di riferimento per laghi con livelli di trofia medi potrebbe portare ad una capacità portante totale compresa tra 144 e 219 quintali/annui.

La produttività attuale è inconciliabile con un'attività di sfruttamento dell'ittiofauna (pesca professionale) ed è anche un parziale ostacolo per lo sviluppo della pesca dilettantistica.

Attualmente il lago di Cavazzo è ittiologicamente scollegato dal reticolo idrografico del Tagliamento/Leale; l'ittiofauna presente nel lago può percorrere l'emissario verso valle, ma la risalita dal Leale all'emissario e da qui al lago è preclusa dalla presenza di una traversa invalicabile presso l'immissione nel Leale, oltre che dalla canalizzazione dell'emissario e dal suo percorso in gran parte in galleria; qualora fosse dimostrabile che l'ittiofauna è in grado di risalire in un tratto in galleria la riconnessione con il sistema Tagliamento-Leale potrebbe essere ripristinata con la messa in opera di un passaggio per pesci nel tratto terminale dell'emissario.

In base a quanto osservato, dal punto di vista ittiologico si suggerisce come intervento prioritario ristabilire la connettività con il Leale (e con il Tagliamento), per permettere l'eventuale risalita di pesci fino al lago, come avveniva prima della messa in opera della centrale, seppur, in limitati periodi dell'anno; questo intervento, unitamente all'arricchimento di fosforo ed agli altri interventi previsti e descritti negli altri paragrafi, potrebbe incrementare la comunità ittica del lago in termini qualitativi e quantitativi, con benefici da un punto di vista ecologico e dello sviluppo delle attività di pesca.

5. CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELLE ACQUE DEL LAGO

5.1 Variazione del regime termico nel lago indotto dall'impianto di Somplago

Questa analisi utilizza i dati disponibili circa la dinamica termica attuale del lago di Cavazzo e quella precedente al nuovo regime idrologico artificiale del lago. In particolare sono stati considerati i dati di temperatura storici: dal 1893 al 1897, riportati da Pironio (1989), recenti 1971-72 (Pironio 1989) e quelli attuali (monitoraggi ARPA Friuli: anni 2012-13-17-21). I grafici seguenti descrivono la dinamica termica così ottenuta.

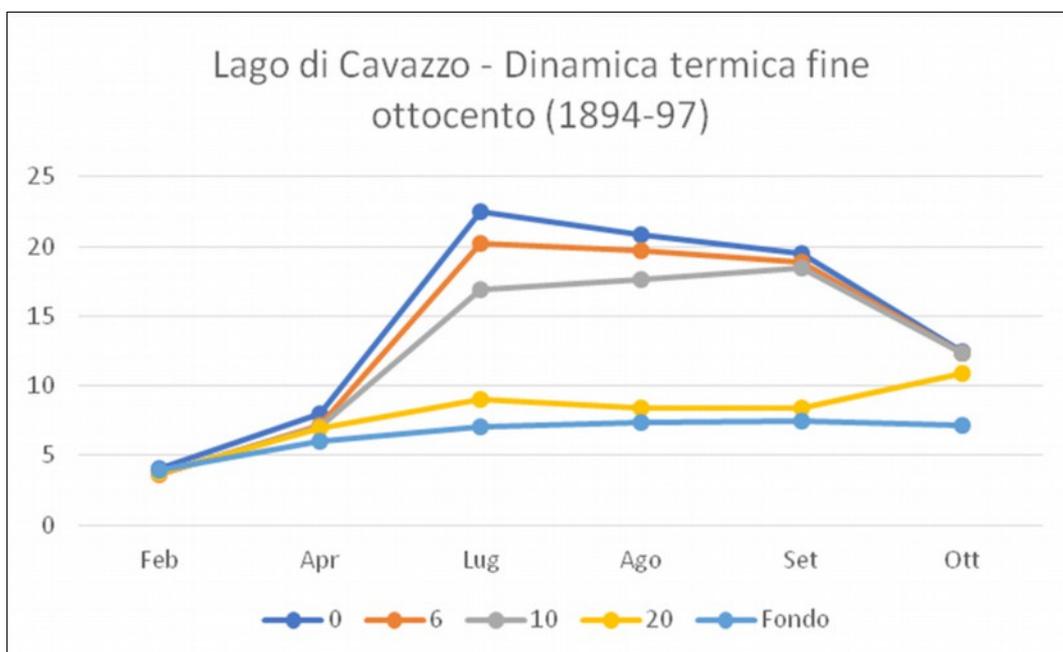


Fig. 5.1

La dinamica termica del lago di Cavazzo, prima delle modifiche apportate dallo scarico delle acque della centrale di Somplago, appare quella tipica di un lago monomittico di aree temperate con periodo di destratificazione termica compresa tra i mesi di novembre e marzo. Netta appare la separazione termica tra zona epilimnica e zona ipolimnica nel periodo estivo.

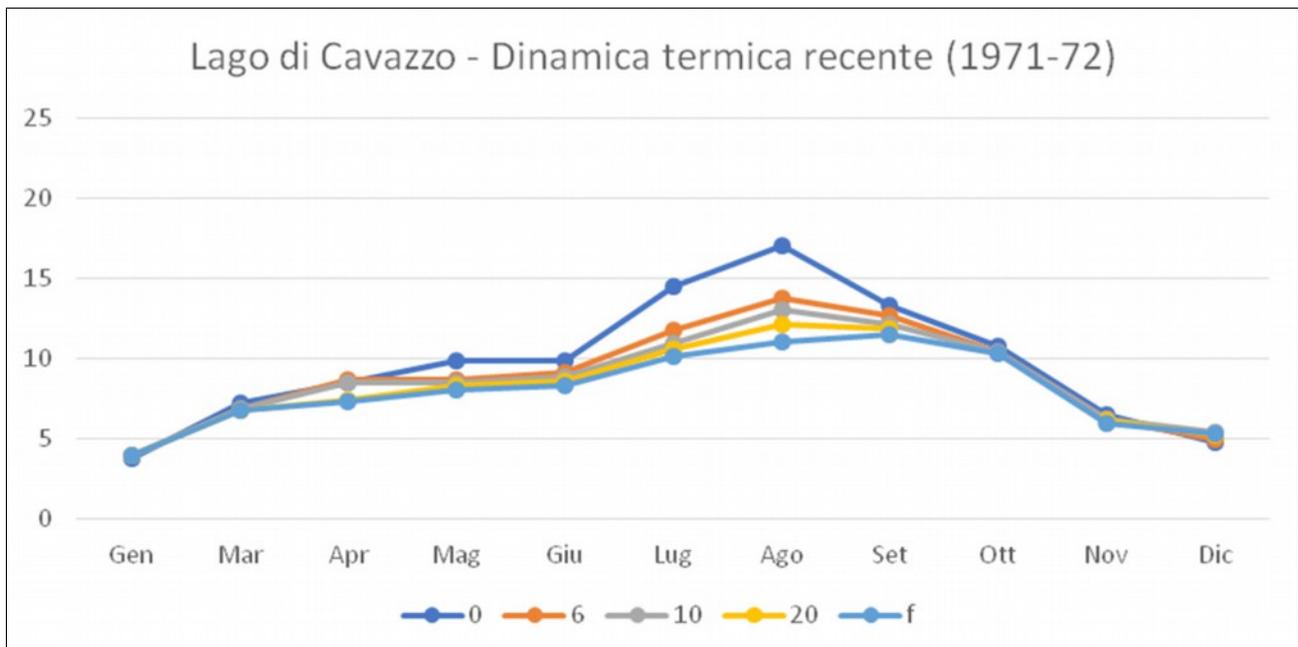


Fig. 5.2

Nella nuova situazione è quindi possibile verificare un netto abbassamento di temperatura nel corso della stagione estiva ed una sostanziale omogeneità dello strato sottostante con innalzamento delle temperature delle acque profonde.

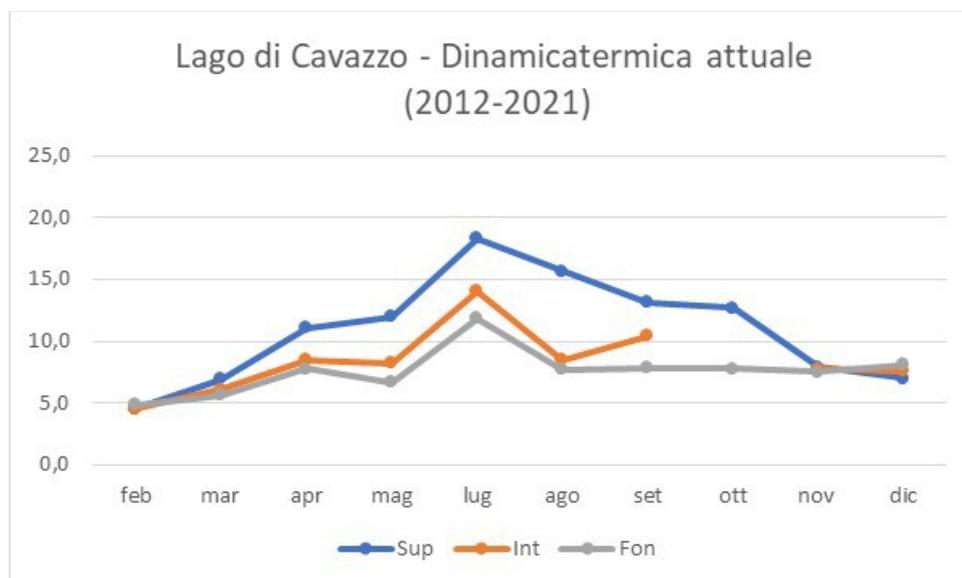


Fig. 5.3

L'attuale situazione conferma l'abbassamento delle temperature in superficie sebbene apparentemente in parte compensate dalla nota evoluzione climatica.

5.2 Caratteristiche chimico-fisiche

5.2.1 Determinazione del nutriente limitante

L'analisi si è concentrata sui dati disponibili relativi ai parametri azoto e fosforo: se infatti nella stragrande maggioranza degli ambienti lacustri è il fosforo a rappresentare il nutriente limitante, vi sono casi in cui è l'azoto a svolgere questo ruolo.

Sono stati utilizzati i dati relativi al monitoraggio ARPA Friuli (periodo 2012-2021). In base ai dati disponibili il fosforo appare come il nutriente limitante del livello trofico del lago di Cavazzo.

5.2.2 Livello trofico attuale

Stabilito che il fosforo rappresenta il nutriente limitante, la concentrazione del fosforo totale può essere utilizzato per valutare il livello trofico del lago, che in definitiva rappresenta la sua capacità di mantenere la vita dell'ecosistema.

La concentrazione media al termine del periodo di circolazione del 2021 risulta pari a **1,66 µg/l**.

Di seguito la tabella di valutazione dello stato trofico di un lago in base alla concentrazione di fosforo totale al termine della circolazione invernale.

STATO TROFICO	Ptot. ug/l	STATO TROFICO	STATO TROFICO
Ultra-oligotrofo	≤ 4.0	Ultra-oligotrofo	Ultra-oligotrofo
Oligotrofo	≤ 10.0	Oligotrofo	Oligotrofo
Mesotrofo	10-35	Mesotrofo	Mesotrofo
Eutrofo	35-100	Eutrofo	Eutrofo
Iper-eutrofo o Iperotrofo	≥ 100	Iper-eutrofo o Iperotrofo	Iper-eutrofo o Iperotrofo

In base a quanto sopra il livello trofico attuale del lago di Cavazzo è quello di ultra-oligotrofia.

5.2.3 Determinazione del livello trofico naturale teorico

Il calcolo del livello trofico naturale teorico può basarsi sui valori di conducibilità elettrica o alcalinità al termine del periodo di destratificazione termica; si sono

utilizzati i dati ARPA del 2021 (mesi di febbraio e novembre).

I valori di conducibilità elettrica restituiscono una concentrazione naturale teorica di fosforo compresa tra **13 e 28 µg/l**, mentre quelli di alcalinità tra **14 e 21 µg/l**.

5.3 Uscita di campo

In data 30/03/2023 sono stati prelevati dei campioni nel lago di cui sono stati misurati i seguenti parametri.

- **Temperatura (°C)**
- **Ossigeno disciolto**
- **pH**
- **Conducibilità elettrica**
- **Potenziale red/ox e acido solfidrico**
- **Concentrazione di fosforo**

La trasparenza appariva consistente.

Nelle tabelle 5.1 e Errore: sorgente del riferimento non trovata sono riportati i risultati delle analisi effettuate.

Lago di Cavazzo - 30/03/2023- SD: 6,8 m - Bp 1008 mbar - Coperto									
St: S1	St: S1	Temp.	O2	O2	pH	Red/ox	Cond.	H2S	Ptot
S1 m Profondità (m)	Profondità (m)	°C	mg/l	% sat.	unità	mV	uS/cm 20°C	mg/l	Ug/l
S1 m 0	0	8,4	12,5	107	8	>0	780	0	3
S1 m 5	5	8,6	12,8	104	8,3	>0	796	0	3
S1 m 10	10	8,5	12,2	93	8,2	>0	813	0	4
S1 m 20	20	7,4	12,4	82	8,2	>0	829	0	2
S1 m 30	30	7,2	12,5	75	8,1	>0	847	0	6
S1 m 34	34	7,1	12,4	71	8,1	>0	851	0	5

Tab. 5.1

Sulla base delle misurazioni effettuate e delle volumetrie dei differenti strati del lago, la concentrazione media ponderata del fosforo vale 3,4 µg/l e quindi appare in linea con i dati recenti.

Sulla base delle elaborazioni condotte la carenza di fosforo della situazione attuale rispetto alla concentrazione naturale attesa si attesta tra 9,6 ed i 24,6 µg/l.

5.4 Valutazioni conclusive

In un lago temperato la concentrazione di fosforo è legata alla produzione primaria di carbonio organico.

Poiché la produzione primaria rappresenta l'elemento di base per definire la sussistenza degli anelli successivi della catena alimentare, i dati disponibili evidenziano che le specie che popolano il lago si sono ridotte ad un terzo fino ad oltre un quarto rispetto alla condizione teorica naturale.

6. CARATTERISTICHE DEL FONDALE

L'evoluzione delle caratteristiche del fondale del lago di Cavazzo, come di qualsiasi bacino, rispecchia l'andamento dei processi di sedimentazione dei materiali provenienti dal bacino idrografico e della deposizione di spoglie organiche degli organismi vegetali ed animali presenti.

A seguito della presenza dell'impianto idroelettrico le due componenti hanno avuto una sostanziale modifica evolutiva.

A seguito del processo di oligotrofizzazione del bacino la produttività del lago è stata notevolmente ridotta.

Considerando una concentrazione naturale di fosforo compresa in un intervallo di 13 – 28 mg/m³ (emerso come nutriente limitante principale del lago di Cavazzo), prima dall'avvio della centrale. La produzione primaria avrebbe dovuto attestarsi tra i 124 ed i 188 g/m² di carbonio per anno contro gli attuali 41 g/m². Tale evoluzione si traduce in una sensibile riduzione della sedimentazione organica.

Con riferimento agli studi geologico/geofisici che hanno interessato il bacino del lago di Cavazzo, prima nel maggio del 2015 e poi nel maggio del 2018, relazionati successivamente dal Dottor Luca Gasperini dell'Ismar-CNR, è stato evidenziato come campionamenti recenti e descritti all'interno della Relazione Finale del Tavolo, effettuati con profondità fino ad una sessantina di centimetri hanno fatto rilevare spessori annuali di sedimentazione compresi tra i sette ed i dieci millimetri in localizzazioni prossime al depocentro, ed intorno ai due millimetri in prossimità della sponda più lontana dallo scarico della centrale.

Sulla base di tali dati lo studio geologico/geofisico ha valutato una deposizione media pari a 3,50 millimetri all'anno sul fondale delle sponde e di 7,50 millimetri in prossimità del depocentro.

La natura dei sedimenti provenienti dallo scarico della centrale è rappresentata da limi e limi finissimi in sospensione la cui presenza, in ragione dei quantitativi immessi nel lago dal 1956 ad oggi, caratterizza l'attuale fondale del lago di Cavazzo.

7. SVILUPPO TURISTICO E ATTIVITÀ RICREATIVE

Il Servizio Ecosistemico di Ricreazione (SER) è uno dei benefici culturali più rilevanti e riconosciuti prodotti dagli ecosistemi grazie anche alla sua importanza economica per le comunità locali e nazionali e le relative attività commerciali. Il SER include attività come passeggiare in un bosco alpino, pedalare lungo un fiume, rilassarsi in un parco urbano; esperienze che beneficiano gli individui e le società in termini di benessere fisico e mentale, favoriscono la connessione sociale e contribuiscono al miglioramento della qualità di vita e altri valori intangibili. Mappare e quantificare il SER per fornire supporto alle decisioni pianificatorie è una sfida aperta a causa della natura intangibile di questi SE e dal loro forte legame con la dimensione sociale e soggettiva. Nello specifico, per SE di ricreazione all'aperto si intendono tutti quei contributi forniti dagli ambienti naturali in termini di possibilità ricreative e di svago e di attività svolte della società umana. Il modello rappresenta pratiche giornaliere come camminare, correre, andare in bicicletta, fare picnic, osservare la flora e la fauna, o più semplicemente godersi la natura, ma esclude attività più propriamente legate al turismo che presuppongono lunghi spostamenti. Per il lago di Cavazzo, e per i tre comuni in cui il lago è localizzato, è stata valutata in modo quantitativo, l'offerta ricreativa e l'accessibilità relativa a diverse tipologie di accesso, al fine di determinare lo spettro dei servizi ricreativi disponibili e indicare possibili azioni atte a favorire una maggiore fruizione dell'area, oltre ad incentivare una maggiore attrattività turistica da realizzarsi anche grazie ad una futura gestione territoriale indirizzata a promuovere, da una parte, una maggiore naturalizzazione del lago e, dall'altra, a creare maggiori opportunità per i turisti di recarsi in modo eco sostenibile nell'area.

L'offerta di ricreazione è stata classificata in tre classi: 1) alta, 2) media e 3) bassa, e aggregando le informazioni su lontananza e accessibilità in tre classi: 1: facilmente accessibile, 2: accessibile e 3: non facilmente accessibile. Le classi di offerta identificano aree con bassa-media-alta disponibilità di ricreazione: la bassa disponibilità è caratteristica delle aree coltivate, la media disponibilità è caratteristica della vegetazione permanente (come pascoli, colture permanenti, foreste gestite), l'alta disponibilità è tipica soprattutto delle aree protette e delle

foreste caratterizzate da un alto grado di naturalità. Come si osserva dai risultati dell'analisi, in Figura 7.1, l'area dei tre comuni, grazie all'eterogeneità ambientale che la caratterizza e alla presenza del lago di Cavazzo, presenta un'offerta ricreativa mediamente alta, con l'esclusione dei centri abitati e del tessuto urbano. Anche la presenza dell'alveo del fiume Tagliamento costituisce un elemento che genera un innalzamento dell'offerta ricreativa in aree non distanti dal lago stesso, insieme alla presenza del SIC IT3320015 "Media Valle del Tagliamento" e del Biotopo Regionale "Forra del Torrente Leale", che occupano rispettivamente la porzione meridionale e centrale del comune di Trasaghis. Si fa notare che le superfici dei corpi idrici non sono state incluse nel calcolo di offerta poiché considerate fisicamente inaccessibili alla ricreazione. Tuttavia, i corpi idrici sono stati interpretati come oggetti altamente attrattivi rispetto alle aree limitrofe dal modello. L'analisi di prossimità, che prende in considerazione la distanza dell'area di studio rispetto ai medi e grandi centri urbani e alle vie di comunicazione, assegna al lago di Cavazzo e all'area di studio un livello di accessibilità intermedio. Per questa valutazione, sono state prese in considerazione, oltre alle principali arterie di comunicazione, anche la presenza delle ciclovie, sia realizzate che previste (come da Piano Paesaggistico Regionale), ed il loro livello (regionale e di ambito). Proprio per il lago di Cavazzo si osserva in Figura 7.2 la prevista ciclovia n° A6 inserita all'interno del piano provinciale piste ciclabili della Provincia di Udine: questa direttrice futura si inserirà a sud sul percorso ciclabile regionale FVG 6 (già realizzato) e a nord con i segmenti della stessa ciclovia ancora non ultimata. A questi percorsi considerati si aggiungono, in parte in sovrapposizione con la ciclovia A6, il Cammino delle Abazie (cammini religiosi) e, nel comune di Bordano, i due sentieri legati alla Grande Guerra (Monte Festa dalla Sella di Interneppo e I forti e il sistema difensivo del Friuli). L'insieme di questi elementi e la loro futura realizzazione, è quindi elemento positivo che può consentire un maggiore accesso rispetto all'offerta ricreativa del territorio e alla fruizione del lago, ed elemento in grado di generare un incremento del flusso turistico nell'area. Ne deriva uno spettro delle opportunità ricreative classificato nella categoria "offerta alta ed accessibile", che considera già integrati i progetti futuri di sviluppo della mobilità lenta e sostenibile nel territorio.

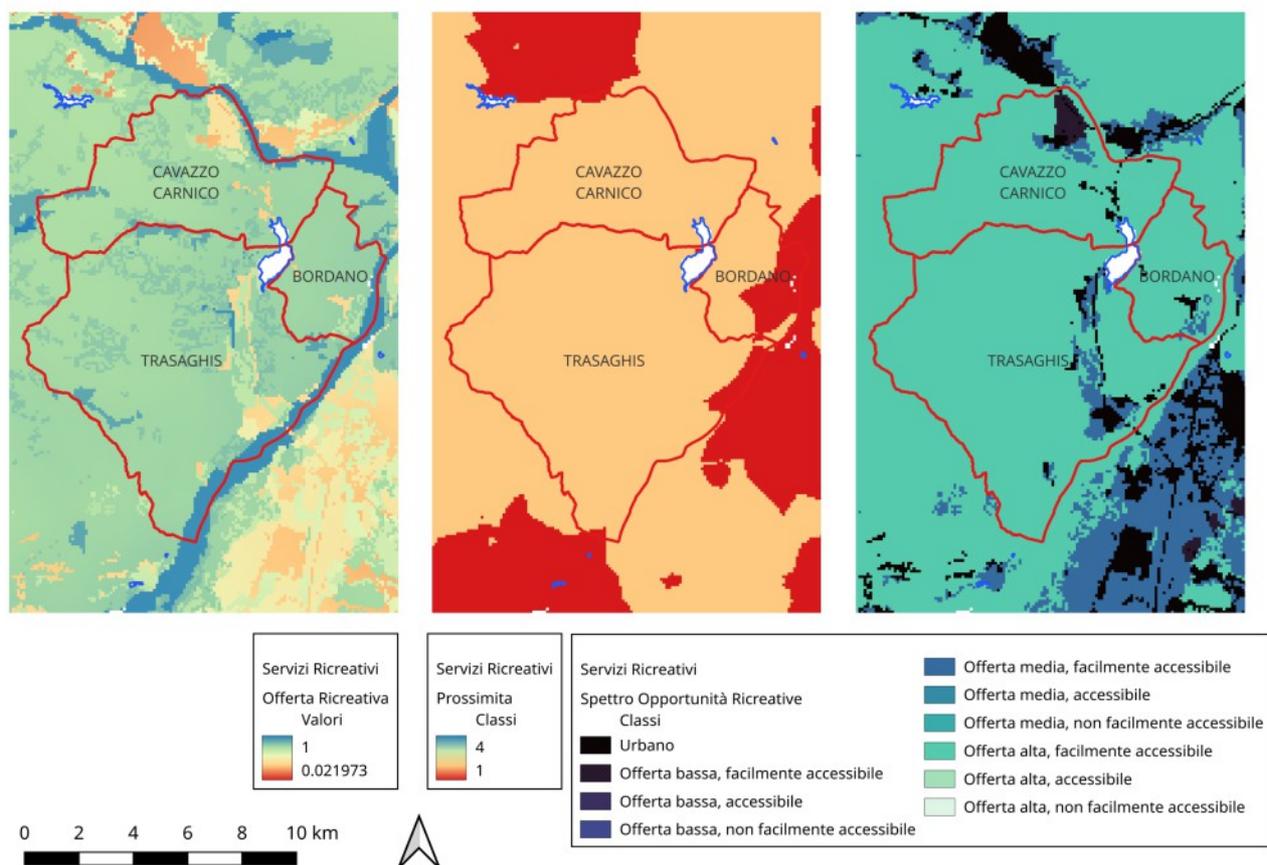


Fig. 7.1: mappe dell'offerta ricreativa, della prossimità e dello spettro delle opportunità ricreative relative ai tre comuni Cavazzo Carnico, Bordano e Trasaghis.

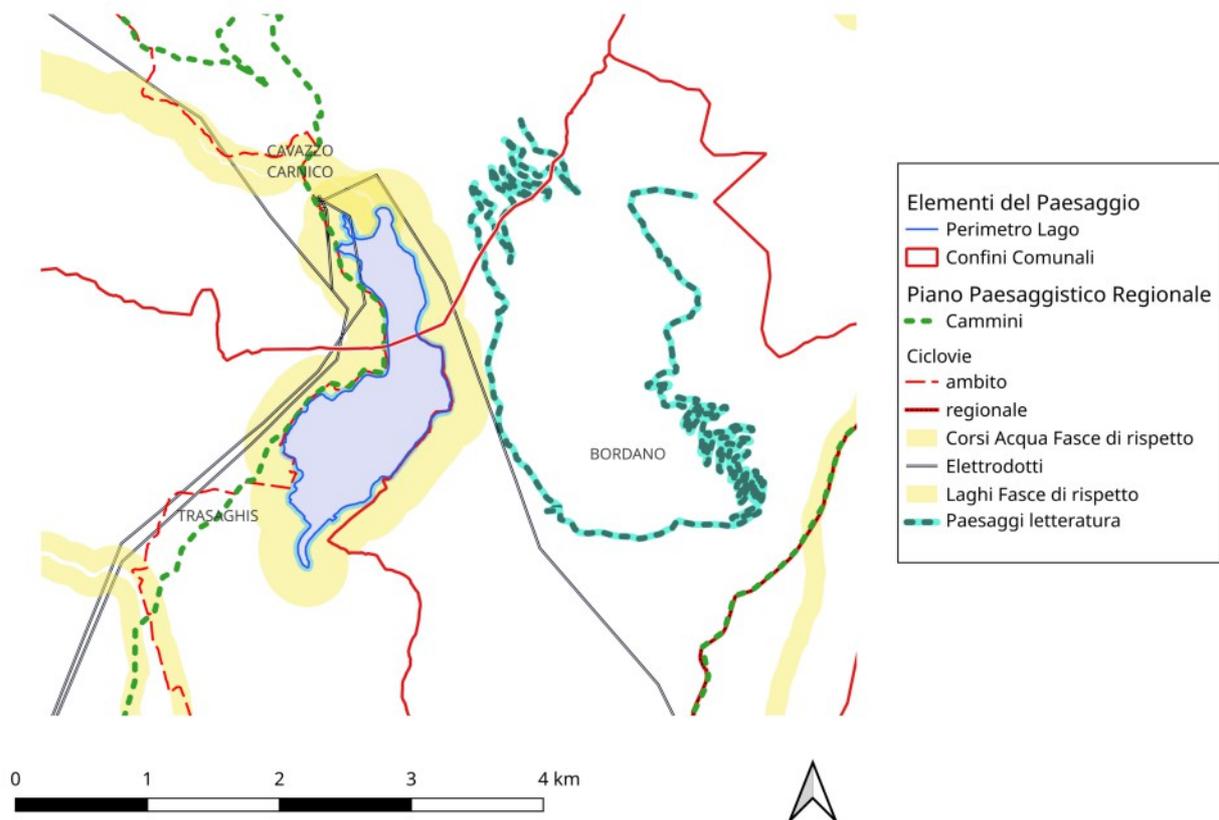


Fig. 7.2: ciclovie (realizzate e previste) e percorsi storico-artistici-culturali nell'area del lago di Cavazzo (dal Piano Paesaggistico Regionale)

7.1 Interventi di mitigazione funzionali ad aumentare i Servizi Ecosistemici

Nell'ambito delle misure di mitigazione proposte per ridurre gli impatti descritti sulla componente floristica e vegetazionale, possono essere identificate diverse strategie la cui fattibilità andrebbe valutata da un punto di vista tecnico. Queste proposte mirano a contrastare l'effetto meccanico del flusso d'acqua in uscita dalla centrale di Somplago, promuovere una gestione sostenibile della vegetazione lungo il lago e supportare il mantenimento di specie vegetali natanti e sommerse, favorendo una migliore funzionalità ecosistemica e, con essa, una maggiore fornitura di servizi ecosistemici.

1) Riduzione dell'impatto sulla riva della corrente di immissione di acque dal canale della centrale: un passo fondamentale per consentire alla vegetazione macrofitica di

tornare a vegetare sulla riva settentrionale antistante la centrale di Somplago, che rappresenta l'area con maggiori trasformazioni ambientali di origine antropica, sarebbe quello di realizzare interventi ingegneristici atti a creare una barriera di deflessione del flusso di scarico della centrale, che corra parallela al flusso stesso e che consenta di creare una zona di acque lentiche vicino alla riva. E' infatti evidente che l'effetto meccanico dovuto alla portata e alla forza dell'attuale scarico limita l'estensione del fragmiteto, comporta un certo grado di erosione sulla riva e non permette lo sviluppo di fasce di vegetazione come lo scirpeto e il cariceto. La soluzione alternativa di deviare il flusso della corrente verso il fondo del lago potrebbe costituire un'alternativa al solo obiettivo di ottenere un risultato simile.

2) Collegato a quanto appena descritto, una strategia da adottare sia sulla riva settentrionale che in generale dove si presentano situazioni di disturbo simili, consiste nella creazione di una fascia di rispetto lungo le sponde del lago. In questa fascia, è importante evitare lo sfalcio della vegetazione prossima allo specchio d'acqua. Questa azione consentirà di facilitare l'espansione e, con il tempo, di ristabilire una successione naturale di comunità vegetali macrofite e/o igrofile. Questo approccio mira a favorire la crescita e la diffusione delle macrofite, consentendo loro di colonizzare gradualmente l'area senza interferenze umane.

3) Variazione del livello di nutrienti nel lago: una variazione delle concentrazioni dei nutrienti, ed in particolare del fosforo, nelle acque del lago potrebbe influire sulla composizione ed il recupero di alcune specie vegetali natanti e sommerse, simili a quelle esistenti prima dell'immissione delle acque dal bacino artificiale di Ambiesta. Sarà però necessario uno studio approfondito e raccolta di dati certi sulla fisiologia di queste specie per determinare l'effetto e l'efficacia di tale soluzione. In letteratura sono riportati esempi di ripristino di comunità macrofite in seguito a disturbo o variazioni ambientali, realizzate attraverso due modalità principali:

- Ripristino Naturale: se permane nei sedimenti del lago una banca semi sufficiente, è possibile ipotizzare il ripristino naturale riportando le condizioni ambientali ad un livello idoneo per la germinazione e la crescita di queste specie. Tuttavia, per garantire il successo di tale strategia, è fondamentale monitorare attentamente e

mantenere stabili le condizioni necessarie per la propagazione delle macrofite.

- Reinpianto Artificiale: Nel caso in cui manchi una banca dei semi o sia necessario accelerare il processo di ripristino, la messa a dimora può essere una soluzione efficace. Questo approccio prevede la selezione e la messa a dimora di specie locali e resistenti allo stress per aumentare le probabilità di successo. Il reinpianto artificiale può essere realizzato attraverso diverse tecniche, tra cui la semina, affondamento delle piante o taglio e trapianto. E' consigliabile considerare l'uso combinato di diverse specie vegetali per promuovere la biodiversità e rafforzare la resilienza dell'ecosistema lacustre.

4) Minimizzare l'escursione delle acque del lago: l'esercizio consolidato della centrale comporta un'escursione ordinariamente mantenuta all'interno di 1 m circa. Nonostante ciò, una tale escursione può generare effetti negativi su alcune specie macrofite e influire, insieme ad altri disturbi, come ad esempio il moto ondoso, sul loro sviluppo e permanenza.

5) Ripristino di formazioni boschive igrofile e magnocariceti attraverso il recupero del vecchio emissario: la fascia che corre tra la sponda meridionale del lago, dove trova conclusione il fragmiteto, proseguendo verso la via Interneppo (parallelamente al campo sportivo) e arriva fino alla via del Lago (fino a congiungersi idealmente con il torrente Palatar), ospita una depressione che rappresenta il corso del non più funzionale emissario del lago. Attualmente la prima parte di questa fascia è gestita come prato mantenuto raso attraverso sfalcio ripetuto. Superato il ponte della via Interneppo, si apre un'area pianeggiante parzialmente occupata da un pioppeto ad alto fusto e anteceduto da una prateria igrofila dove la falda superficiale assicura un buon apporto di acqua per la vegetazione. Sarebbe auspicabile, lungo tutta la fascia e anche in seguito all'eventuale recupero della funzionalità del vecchio emissario, prevedere interventi di ripristino di boscaglie igrofile impaludate in cui, soprattutto nella sezione pianeggiante, si possano ricreare formazioni a macrocariceti. Le attuali condizioni ambientali sembrano essere favorevoli a questa soluzione, soprattutto nell'area tra le due strade sopra citate. Le formazioni boschive igrofile hanno inoltre una grande capacità di accumulo di C, oltre a fornire altri importanti servizi ecosistemici legati

alla qualità delle acque e alla biodiversità.

Per incrementare lo spettro dell'offerta ricreativa e favorire una maggiore fruizione di questo servizio ecosistemico e del flusso tra domanda ed offerta, si propone di valutare le seguenti azioni:

6) Completamento e ampliamento della connessione della rete della mobilità lenta e sostenibile: oltre alla realizzazione dei progetti previsti, è possibile auspicare un incremento delle possibili vie di accesso al lago attraverso ciclovie e sentieri, un potenziamento delle stesse (attraverso, ad esempio, la cartellonistica o specifiche azioni divulgative e pubblicitarie) ed una maggiore connessione tra i vari segmenti sentieristici già esistenti.

7) Istituzione di nuove aree protette naturali: le riserve naturali, i biotopi e i siti della rete Natura 2000 (ZSC e ZPS) rappresentano elementi del territorio in grado di favorire la presenza del turismo ecosostenibile sul territorio e generare benefici economici significativi per le comunità locali. La loro concentrazione, così come la distanza tra un sito e l'altro, è quindi legata ad una maggiore o minore presenza di turisti, fruizione dell'offerta e indotto economico. Nell'area di studio sono molte le possibili azioni che possono essere intraprese da questo punto di vista e che possono riguardare la protezione di habitat ed ecosistemi di particolare interesse, a cominciare dal lago stesso, attualmente non incluso nella lista dei siti Natura 2000 né delle aree Ramsar. Allo stesso modo, è auspicabile l'istituzione di un certo livello di protezione per altri siti di enorme valenza naturalistica qui presenti, come ad esempio le paludi di Vuarbis e das Fontanas. Questo tipo di iniziativa richiede maggiori studi sul territorio atti ad approfondire le conoscenze sulla presenza e la distribuzione delle specie e degli habitat di interesse comunitario.

8) Valorizzazione dell'ecomuseo Val del Lago e del connesso Parco botanico: I comuni del Lago di Cavazzo ospitano strutture di rilevante importanza per la conoscenza del territorio e delle sue peculiarità naturalistiche. Tra queste hanno un ruolo di primaria importanza l'Ecomuseo Val del Lago ed il connesso Parco Botanico di Internoppo, percorso territoriale indirizzato alla conoscenza delle

caratteristiche vegetazionali e geologiche della valle. A queste due strutture si aggiunge la vicina Casa delle Farfalle, nel comune di Bordano. Nel complesso, le strutture possono avere una forte attrattività verso un pubblico sensibile alle tematiche ambientali, e potrebbero ancor di più giovare di una maggiore fruizione se opportunamente inserite in percorsi didattici a livello regionale. Da questo punto di vista, le sopracitate strutture costituiscono infatti veri e propri laboratori didattici per le scuole di ogni grado ed ordine della Regione Friuli Venezia Giulia e andrebbero opportunamente promosse in collaborazione con l'Ufficio Scolastico Regionale. Importante, considerata anche la disponibilità di aule informatiche e collezioni naturalistiche qui presenti, la possibilità di creare specifiche convenzioni con le università regionali (Trieste e Udine) ed i corsi di studio maggiormente attinenti (Scienze naturali, geologiche, biologiche e antropologiche) per poter svolgere attività e viaggi di istruzione sul campo, come, ad esempio, si realizzano nel vicino Comune di Paluzza (grazie alla presenza del centro CESFAM) e che hanno un importante ruolo nell'aumentare la conoscenza del territorio, oltre che da un punto di vista economico (nel momento in cui si coinvolgono le strutture ricettive presenti, soprattutto nei periodi di bassa stagione). Questo tipo di iniziativa ha costi relativamente contenuti in quanto si inserisce parzialmente nei finanziamenti previsti a livello universitario per i viaggi di istruzione, e può comportare campagne annuali di raccolta dati utili a monitorare lo stato dell'ambiente. Con la stessa finalità, attraverso specifiche convenzioni, possono essere coinvolte università estere con l'ulteriore obiettivo, oltre quanto già discusso, di realizzare progetti europei che inseriscano il "laboratorio lago" al centro di azioni di sostenibilità ambientale.

9) Il confronto tra i dati attuali e storici delle temperature delle acque superficiali del lago evidenziano un loro forte raffreddamento (fine luglio = 14.5°; agosto = 17°C, si veda il capitolo specifico di questa relazione), un fattore che ha influito negativamente sull'utilizzo del lago per fini balneari, limitando la durata della stagione balneare e riducendo l'appeal turistico complessivo. Tale elemento, non considerato nello sviluppo del modello di offerta ricreativa, costituisce un punto di attenzione nella realizzazione di strategie atte ad aumentare la fruizione dell'area a fini ricreativi. Di conseguenza, qualsiasi intervento mirato a incrementare direttamente le temperature superficiali delle acque del lago può apportare un

benefico impatto su questo fondamentale aspetto.

10) Di carattere generale, è da ricordare quanto il turismo sostenibile sia da considerarsi un imperativo nella promozione di destinazioni turistiche, dove gli agriturismi e gli hotel diffusi rivestono un ruolo fondamentale. Sarebbe pertanto importante sostenere gli investimenti destinati a sviluppare attività complementari legate al turismo in queste strutture, attraverso un piano di azione che preveda interventi di implementazione per sostenere finanziariamente e fornire consulenza in grado di espandere e migliorare le loro strutture ricettive e i servizi; che siano utili a promuovere l'adozione di pratiche agricole sostenibili e la produzione di prodotti locali di alta qualità per rafforzare l'esperienza dell'agriturismo. Andrebbero realizzati ed implementati maggiormente i "posti tappa" lungo le principali vie di comunicazione, offrendo sistemazioni economiche e sostenibili per i viaggiatori itineranti, come cicloturisti e escursionisti, incentivando la collaborazione tra agriturismi e hotel diffusi per creare una rete di "posti tappa" con servizi condivisi. Tra questi servizi andrebbero favorite ed aumentate le infrastrutture come parcheggi sicuri per biciclette, stazioni di ricarica e noleggio di biciclette. Infine il piano dovrebbe supportare la diversificazione delle attività ricreative nei contesti rurali, attraverso workshop artigianali, degustazioni di prodotti locali e corsi di cucina tradizionale, promuovendo eventi culturali e folcloristici per coinvolgere i visitatori nella vita e nelle tradizioni locali.

7.2 Attività professionali e turistiche legate all'ittiofauna

Pesca professionale e pesca sportiva sono e sono state in passato le principali attività antropiche di uso e sfruttamento dell'ittiofauna.

Per quanto riguarda la prima, essa ha poco significato nel 2023, in considerazione della composizione e consistenza della comunità ittica attuale e di quella pregressa. Quella attuale, pur essendo composta da specie pregiate (salmoniformi, percidi) è fortemente condizionata dai valori di produzione, come più sopra accennato molto bassi, e dal fatto che gran parte delle specie presenti sono sostenute da immissioni e non risultato della produzione naturale del lago.

Quella pregressa è caratterizzata da specie di scarso interesse professionale, in quanto costituita in prevalenza da specie ciprinicole di scarso valore commerciale.

La pesca professionale degli anni antecedenti la costruzione della centrale di Somplago era probabilmente destinata ad un forte consumo interno ai fini dell'auto sostentamento o poco più, più che a fini di profitto, come nel caso dell'attuale pesca professionale dei grandi laghi subalpini.

Per quanto riguarda, invece, la pesca sportiva dilettantistica, questa ha rivestito un ruolo ricreativo e sociale molto importante nella seconda metà del secolo scorso, ruolo che è andato scemando nel XXI secolo, con il radicale mutamento delle abitudini dei cittadini.

Alla pesca sportiva sono purtroppo associate radicali modificazioni delle comunità ittiche nei nostri ambienti acquatici, in piccola parte dovute ad un eccessivo sfruttamento della risorsa, in gran parte ad un uso improprio dei ripopolamenti, utilizzando specie alloctone la cui introduzione, un tempo non normata, è oggi soggetta a vincoli ben precisi derivanti dall'applicazione di normative europee.

Come testimoniato dall'evoluzione della comunità ittica del lago nel tempo, sono ben visibili gli esiti dovuti alle immissioni che hanno comportato l'introduzione di salmonidi (trota fario, trota iridea, salmerino), coregonidi (lavarello), percidi (persico reale), ciprinidi (carpa) e ictaluridi (pesce gatto).

Tutte queste specie sono estranee alla fauna autoctona del lago e, come tali, la loro gestione dovrebbe comportarne il controllo e rimozione a favore della fauna locale.

Allo stato attuale le uniche specie di cui dovrebbe essere previsto il potenziamento ai fini conservazionistici sono quelle autoctone rinvenute e rinvenibili nel bacino: anguilla, alborella, cavedano, sanguinerola, scardola, tinca, triotto, vairone, scazzone, spinarello e trota marmorata.

Di queste, alcune (anguilla, cavedano, tinca, trota marmorata) sono sicuramente d'interesse alieutico e se ne potrebbe prevedere il potenziamento attraverso attività ittiogeniche operate a livello di bacino idrografico, come peraltro già effettuato dall'incubatoio di Somplago gestito da ETP per la trota marmorata.

Per lampreda padana ed agone si potrebbero valutare interventi di reintroduzione nel lago. La prima ha una forte importanza ai fini conservazionistici, il secondo costituisce un'importante specie ittica nelle catene trofiche dei laghi del nord Italia.

8. BILANCIO DEL CARBONIO

8.1 Introduzione

Gli ecosistemi sono in grado di regolare il clima globale scambiando gas serra come l'anidride carbonica (CO₂) con l'atmosfera. Foreste, praterie, torbiere e altri ecosistemi stoccano carbonio (C) nella biomassa vegetale e nel suolo. Questo Servizio Ecosistemico è misurato mediante due indicatori, come C sequestrato e come C stoccato. Disturbare o modificare gli ecosistemi che forniscono questi Servizi Ecosistemici con incendi, inquinanti o più comunemente tramite cambio di uso o copertura del suolo può comportare il rilascio di grandi quantità di CO₂. Per il Lago di Cavazzo e per gli ecosistemi ad esso connesso, si è proceduto a quantificare attraverso un modello quantitativo (InVEST Carbon Storage) le 4 componenti ambientali che contribuiscono ad accumulare Carbonio, valutando, in particolare le tonnellate di C immagazzinate nella biomassa epigea ed ipogea, nel suolo e nella materia organica morta. La biomassa epigea comprende la biomassa viva delle piante sopra il suolo (tronco, radici, rami, foglie...), la biomassa ipogea include il sistema radicale delle piante mentre la materia organica del suolo è il maggiore pool di C terrestre e comprende materia organica in decomposizione insieme ai microrganismi del suolo. Infine, la materia organica morta include la lettiera e il legno morto, sia abbattuto che ancora in piedi. I dati di C calcolati, sulla base delle mappe di uso del suolo, sono espressi come tonnellate di C su ettaro (Mg C ha⁻¹).

Nell'area di studio, risulta che le faggete, considerate complessivamente, rappresentano le foreste in grado di stoccare la maggior quantità di carbonio (circa il 25% delle 278.179 tonnellate totali), seguite dalle quercete (24%) e dagli ostrieti (21%), le due tipologie forestali più diffuse in prossimità del lago. La quantità di C stoccata nel sedimento del lago costituisce l'1.5% del C totale. La figura 8.1 permette di visualizzare la quantità di Carbonio immagazzinata nei vari comparti, in relazione ai diversi usi del suolo presenti nell'area mentre la tabella 8.1 riporta e riporta i valori quantitativi. Come considerazione generale, si può concludere che la quantità di C stoccato dagli ecosistemi nell'area analizzata risulta alta, grazie alla

diffusa presenza di habitat forestali ampiamente estesa e una ridotta urbanizzazione. Si possono comunque individuare, anche in un'ottica di sviluppo di azioni di mitigazione ai cambiamenti climatici, modalità ed interventi per aumentare la quantità di C stoccata.

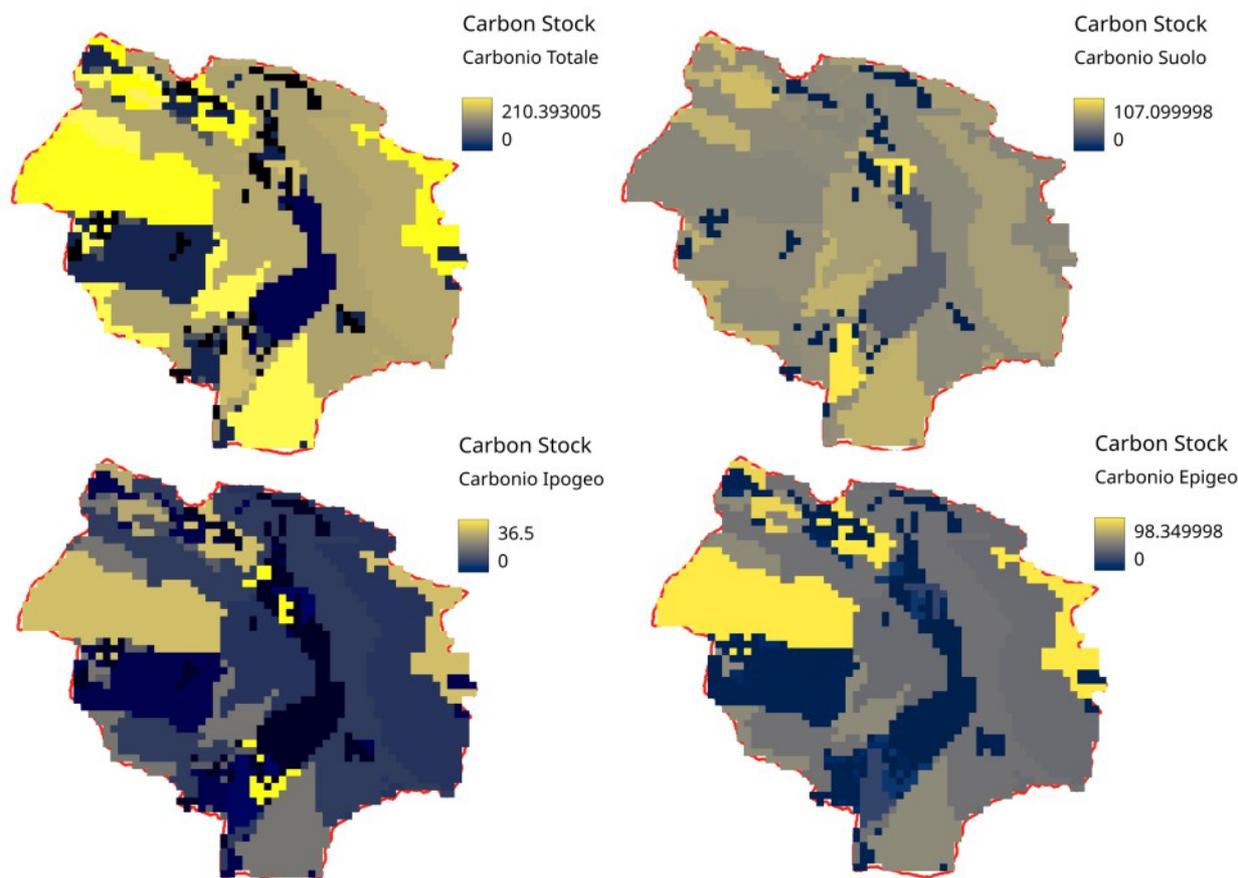


Fig. 8.1: mappe di stima del Carbonio, suddivisa nei diversi compartimenti, per l'area del bacino idrografico che insiste sul lago di Cavazzo

Tab. 8.1: Quantitativi di C stoccato nelle varie componenti (suolo, epigeo, ipogeo, lettiera e totale) suddiviso per ecosistemi presenti nell'area di studio del Lago dei Tre Comuni.

Categoria Corine Biotopes	Descrizione	Somma C Totale [Mg C ha-1]	C Suolo Totale [Mg C ha-1]	C Epigeo Totale [Mg C ha-1]	C Ipogeo Totale [Mg C ha-1]	C Lettiera Totale [Mg C ha-1]
22.1	Acque ferme prive di vegetazione	4329,00	4329,00	0,00	0,00	0,00
22.2	Sponde lacustri non vegetate	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24.21	Greti privi di vegetazione	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
31.48	Brughiere calcifile montane e alpine ad Ericacee	811,35	576,00	48,05	136,00	51,30
31.8B	Cespuglieti e siepi submediterranei	991,65	704,00	58,73	166,22	62,70

	sudorientali					
31.8C	Cespuglieti a <i>Corylus avellana</i>	811,35	576,00	48,05	136,00	51,30
34.752b	Prati aridi submediterranei xerofili planiziali e prealpini	134,55	128,00	2,54	4,01	0,00
36.413a	Pascoli montani delle Alpi orientali a <i>Carex austroalpina</i>	10562,02	10048,00	199,23	314,79	0,00
36.52	Prati pingui e degradati delle alte quote	470,92	448,00	8,88	14,04	0,00
38.2	Prati da sfalcio planiziali e collinari	4574,63	4352,00	86,29	136,34	0,00
41.1C3a	Faggete calcifile illiriche submontane	50878,08	15694,00	26161,10	6801,89	2221,10
41.1C3b	Faggete calcifile illiriche montane	18362,02	5664,00	9441,60	2454,82	801,60
41.39	Formazioni postcolturali a frassino maggiore e nocciolo	1576,43	865,00	530,50	137,93	43,00
41.59	Foreste acidofile di querce dell'Italia orientale	1249,66	615,00	441,00	114,66	79,00
41.731	Querceto a roverella dell'Italia settentrionale e dell'Appennino centro-settentrionale	66107,01	32533,50	23328,90	6065,51	4179,10
41.81	Boschi di <i>Ostrya carpinifolia</i>	59678,40	33577,30	18843,45	4899,30	2358,35
41.9	Castagneti	5680,61	2346,30	2444,85	635,66	253,80
41.B3	Betuleti montani e subalpini	315,29	173,00	106,10	27,59	8,60
42.611	Pinete pioniere delle Alpi orientali di pino nero e pino silvestre	40503,96	20613,60	14238,00	4556,16	1096,20
44.13	Gallerie ripariali e boschi palustri a <i>Salix alba</i>	1510,32	1178,10	222,20	57,77	52,25
44.614	Boscaglie ripariali a galleria di pioppo italico	4393,66	3427,20	646,40	168,06	152,00
53.11	Canneti a <i>Phragmites australis</i>	493,50	448,00	17,64	27,86	0,00
61.31	Ghiaioni termofili perialpini calcarei	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
62.15a	Rupi calcaree montane	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
82.3	Colture di tipo estensivo e sistemi agricoli complessi	1024,00	1024,00	0,00	0,00	0,00
85.1	Grandi Parchi	3721,41	2291,00	371,91	1058,50	0,00
86.1	Città, Centri abitati	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
89.2	Bacini e canali artificiali delle acque dolci	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

In questo contesto, vale la pena menzionare che la produzione di energia idroelettrica da parte della centrale, se si assume un valore di produzione media annua di circa 400 GWh, corrisponde ad evitare l'emissione in atmosfera di circa 288.000 tonnellate di CO₂ generata da combustibili fossili (come riferimento per il calcolo si è considerato il potere calorifico inferiore dell'olio combustibile pari a 9.800 kcal/kg = 41,0 MJ/kg).

9. GESTIONE DEL MATERIALE FINE

Il tema del materiale fine in ingresso è sicuramente rilevante nel contesto complessivo della presente indagine conoscitiva sulla “salute” del lago di Cavazzo, e questo per un motivo molto semplice: il suo interrimento è un fenomeno irreversibile (il materiale depositato non può essere asportato, se non a fronte di costi proibitivi), che nella misura in cui viene incrementato nella sua consistenza dagli apporti provenienti dalla centrale di Somplago, comporta un'accelerazione nella riduzione del volume dello specchio d'acqua, e di conseguenza l'avvicinarsi del momento in cui tale volume sarà azzerato.

Anche il tema della torbidità dell'acqua e delle sue conseguenze a carico dell'ecosistema acquatico viene trattato in questa sede, dato che i due fenomeni sono strettamente collegati.

9.1 Meccanismi di introduzione del materiale fine al lago

Il materiale solido afferente al lago può avere due origini:

- 1) naturale, proveniente dai corsi d'acqua che versano nel lago e dai versanti
- 2) artificiale, proveniente dallo scarico della centrale di Somplago

In merito agli **apporti naturali**: i rii e i corsi d'acqua che dai versanti si gettano nel lago contribuiscono in varia misura all'apporto naturale di materiale in ingresso.

Quanto agli **apporti artificiali**: l'impianto di Somplago utilizza le acque del bacino a regolazione giornaliera di Verzegnis, che opera essenzialmente come desabbiatore; l'imbocco del condotto che porta le acque alla centrale di Somplago è posto oltre 16 metri più in alto del piede della diga.

Il materiale che è in grado di raggiungere l'imbocco è composto in realtà da particelle talmente fini da non consentirne la sedimentazione, e pertanto rimanere in sospensione nell'acqua che perviene al lago di Cavazzo e ne causa l'intorbidimento, avvertito solo in occasione di piogge abbondanti: in tali circostanze l'acqua scaricata dalla centrale forma un pennacchio biancastro che può arrivare a coprire buona parte della superficie del lago, con un successivo lento ripristino delle condizioni normali di acque limpide, favorito dal rapido ricambio delle acque

generato dal funzionamento dell'impianto. Il fenomeno dell'interrimento da materiale in sospensione proveniente dalla centrale, oltre all'intorbidimento, è comunque in grado di creare problematiche all'ecosistema lacuale: le hanno segnalate i ricercatori dell'Istituto di scienze marine del CNR di Bologna (Ismar-CNR), evidenziando che il fondale viene ricoperto di una lamina fangosa per cui le sostanze organiche vanno in anossia e, in quantità ridotte, producono gas metano: una specie di sterilizzazione, che impedisce alla vita di proliferare sul fondo del lago.

9.2 Velocità di sedimentazione nel lago

Un metodo per rilevare quanto il lago si riempie di materiale solido (e di conseguenza quanto diminuisce il volume) è la misura diretta del volume del lago mediante rilievo batimetrico del bacino, che rileva in ogni punto della superficie bagnata dal lago la profondità del fondo.

A partire dal rilievo batimetrico è possibile tracciare il diagramma denominato curva dei volumi, ovvero la curva che ad ogni quota topografica associa il volume d'acqua presente nel lago.

Le batimetrie più attendibili sono state eseguite negli anni dal 2011 al 2019 mediante ecoscandaglio.

La velocità di sedimentazione può essere stimata anche con un approccio totalmente diverso, ovvero l'analisi delle carote sedimentarie effettuato dal CNR-Ismar.

I risultati ottenuti con i due metodi mostrano valori di sedimentazione media annua che concordano nella sostanza su un valore di circa 8.000 m³/anno, dove la stima varia nel range tra 2.500 e 20.000 m³/anno.

Per stimare l'apporto solido naturale proveniente dai corsi d'acqua che si buttano nel lago si utilizza un metodo induttivo, che si serve di misurazioni dell'apporto solido stimato in particolari sezioni di bacini imbriferi analoghi a quello di studio, in genere chiusi da sbarramenti artificiali che consentono di misurare l'interrimento progressivo.

Questo metodo consente di attribuire al tasso di interrimento teorico per il bacino del lago di Cavazzo un apporto complessivo compreso tra 4.000 e 10.000 m³/anno.

9.3 Ricostruzione dell'evento di maggio 2023

Durante i sopralluoghi effettuati in situ si è assistito, a partire dalle ore 10 del 12 maggio 2023¹, al verificarsi di un fenomeno di intorbidimento della superficie del lago, conseguente alle forti piogge cadute a partire dal giorno precedente.

Il colore dell'acqua, ordinariamente turchese intenso, si è trasformato in lattiginoso, a partire dallo scarico della centrale. Alcune ore dopo i primi riscontri il fenomeno mostrava un'attenuazione; nei giorni successivi il lago ha ripreso il suo colore normale.

Da questi riscontri appare:

- assolutamente certa la provenienza di acqua torbida dallo scarico della centrale;
- presumibile un analogo fenomeno provocato dal Rio da Cout;
- presumibile che le particelle in sospensione non siano pervenute allo scarico, ma si siano lentamente depositate sul fondale.



Fig. 9.1: scarico della centrale

Appare evidente l'incapacità da parte del superiore lago di Verzegnis di trattenere le particelle più fini, tramite sedimentazione, in occasione delle piogge più importanti.

¹ Ora di inizio sopralluogo.

Questo non perché non sia possibile la sedimentazione in questo lago, quanto perché il tempo intercorrente tra l'immissione da monte e l'ingresso alla presa subacquea è troppo breve perché tale sedimentazione si completi.

Se ne deduce che il fenomeno in questi casi sarebbe sicuramente attenuato, se non addirittura eliminato, se si adottassero dei provvedimenti atti ad aumentare il tempo di permanenza dell'acqua torbida al lago di Verzegnis.

10. RICOSTRUZIONE DELLE PORTATE NATURALI IN INGRESSO AL LAGO

10.1 Bilancio idrologico attuale del Lago

Il bilancio idrologico del Lago di Cavazzo è legato alla soluzione della seguente equazione di continuità:

$$Q_{IN.LAGO} - Q_{OUT.LAGO} = \frac{\Delta H_{LAGO}}{\Delta t} \cdot S \quad [10.1]$$

in cui:

- $Q_{IN.LAGO}$ = portata in ingresso al Lago [espressa in metri cubi al secondo];
- $Q_{OUT.LAGO}$ = portata in uscita dal Lago [espressa in metri cubi al secondo];
- ΔH_{LAGO} = variazione di livello del pelo libero nel Lago [espressa in m];
- Δt = intervallo temporale entro il quale viene applicata l'equazione [in secondi];
- S = superficie del Lago [in metri quadri].

Nel caso specifico, la portata in ingresso $Q_{IN.LAGO}$ può essere ottenuta dalla sommatoria dei seguenti termini:

- Q_1 = portata scaricata dall'impianto idroelettrico della Società A2A tramite il canale immissario del Lago collocato nella porzione nord-occidentale;
- Q_2 = portata naturale proveniente dai corsi d'acqua superficiali appartenenti al bacino di alimentazione al Lago;
- Q_3 = portata che si infiltra nel subalveo dal Fiume Tagliamento e che giunge ad alimentare il Lago dopo un percorso sotterraneo relativamente breve.

Analogamente, la portata in uscita dal Lago $Q_{OUT.LAGO}$ può essere scomposta nei seguenti addendi:

- Q_4 = portata defluente nel canale emissario artificiale collocato nella porzione sud-orientale del Lago;
- Q_5 = portata di evaporazione dal Lago;
- Q_6 = portata che si infiltra nel subalveo del Lago e che giunge ad alimentare il Torrente Leale sito più a valle.

L'equazione di continuità diventa pertanto la seguente:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 - Q_4 - Q_5 - Q_6 = \frac{\Delta H_{LAGO}}{\Delta t} \cdot S \quad [10.2]$$

I termini Q_1 e Q_4 sono ottenuti sulla base del monitoraggio in continuo delle portate giornaliere, effettuato a partire dal 01.01.2008 da parte della Società titolare della

centrale di Somplago. La portata media annua in ingresso al Lago Q_1 , ottenuta a sua volta come media tra tutti gli anni di osservazione, è pari a **21,684** metri cubi al secondo; la portata media annua in uscita Q_4 risulta invece di **17,537** metri cubi al secondo. Si riscontra, quindi, un saldo negativo pari mediamente a **4,147** metri cubi al secondo.

La portata Q_2 , in assenza di stazioni di misurazione in continuo della portata sui corsi d'acqua che alimentano il Lago di Cavazzo, può essere ricavata operando una "trasformazione afflussi-deflussi". Il procedimento consiste, innanzitutto, nell'analisi dei dati registrati dalle stazioni pluviometriche installate dalla Regione sul territorio e nel calcolo della piovosità media (afflussi) del bacino di alimentazione del Lago, pari a 2.334 mm. In seguito, si calcola la superficie di bacino (20,46 chilometri quadrati) e si esegue una stima del coefficiente che esprime la quota parte di afflussi che si trasforma in deflussi superficiali, in funzione principalmente alla permeabilità dei terreni (nel caso specifico, pari a 0,766). Si ottiene così una portata media annua proveniente dagli immissari naturali del Lago (Rio Schiasazze e Rio da Cout) pari a **1,160** metri cubi al secondo.

Il termine Q_5 viene altresì stimato in base alle formule sperimentali disponibili in letteratura (come la Formula di Hargreaves), che mettono in relazione la portata di evaporazione di un bacno lacustre con le temperature massime e minime registrate: si ottiene una portata media annua di **0,114** metri cubi al secondo.

In merito alla quota H_{LAGO} e alle sue variazioni nel tempo ($\Delta H_{LAGO}/\Delta t$), i dati di quota idrica del Lago forniti dalla Società titolare della centrale idroelettrica di Somplago negli anni tra il 2015 ed il 2022 oscillano tra un massimo di 195,20 m s.l.m. ed un minimo di 194,20 m s.l.m., attestandosi su un valore medio costante. Nell'arco di un intervallo temporale pari ad 1 anno, il termine ΔH_{LAGO} risulta pertanto **nullo**, così come l'intero secondo membro dell'equazione.

Sostituendo i valori dei parametri calcolati o stimati si ottiene quindi:

$$21,684 + 1,160 + Q_3 - 17,537 - 0,114 - Q_6 = 0 \rightarrow Q_3 - Q_6 = -5,193 \quad [10.3]$$

In pratica, si registra un saldo negativo tra le portate di infiltrazione che provengono dal bacino del Fiume Tagliamento (Q_3) e le portate che si infiltrano in direzione del Torrente Leale (Q_6). In mancanza di altre possibili spiegazioni, si deve accettare l'ipotesi che le perdite nel substrato del Lago superino mediamente di **5,193** metri cubi al secondo gli apporti subalvei provenienti dal corso d'acqua principale del

territorio.

In passato, numerosi studiosi indagarono entrambi i fenomeni, appurando la presenza di numerose sorgenti subacquee di alimentazione del Lago (denominate “polle” dal dott. Fabiani nel documento *“Il lago di Cavazzo”*), e di deflussi sotterranei al di sotto del fondo Lago, ma nessuno di essi fu in grado di avvicinarsi ad una loro definizione in termini di portata.

In effetti, per la quantificazione precisa dei deflussi subalvei, con identificazione dei valori numerici da associare alle grandezze Q_3 e Q_6 , si renderebbe necessaria la realizzazione di un modello complesso di circolazione idrica sotterranea, con approfondimenti in sito per la valutazione della permeabilità, da estendere a tutto il territorio compreso, appunto, tra il Fiume Tagliamento ed il Torrente Leale. In aggiunta, potrebbe risultare molto utile procedere all'implementazione del sistema delle misurazioni, con introduzione di ulteriori sensori dislocati quanto meno in corrispondenza degli immissari principali del Lago di Cavazzo. Una taratura ancora più frequente rispetto allo stato attuale dei misuratori di portata di immissione e di emissione già installati, infine, sgombrerebbe il campo da eventuali imprecisioni nella determinazione delle portate.

In assenza di una “quantificazione precisa”, al momento risulta già molto significativo il dato delle infiltrazioni ottenuto (5,193 metri cubi al secondo), che al netto delle tolleranze dei misuratori e delle ipotesi assunte per la stima delle portate naturali e dell'evaporazione, risulta di entità molto consistente.

Del resto, il Lago di Cavazzo si trova in un'area caratterizzata da terreni costituiti da rocce carbonatiche, entro le quali la permeabilità è piuttosto elevata, tali da poter giustificare valori di infiltrazione di tali proporzioni.

10.2 Comportamento del Lago in caso di mancati apporti dall'impianto

In una fase precedente rispetto alla realizzazione dell'impianto idroelettrico attualmente di proprietà della Società A2A, gli apporti idrici al Lago di Cavazzo erano legati solo ai contributi dei corsi d'acqua del bacino afferente, come ad esempio il Rio Schiasazze ed il Rio da Cout. Non era presente un vero e proprio emissario del Lago, bensì solamente uno sfioratore posto lungo la sponda meridionale che alimentava un canale scolmatore, attivato esclusivamente durante il corso degli eventi di piena. Se ne deduce che, in condizioni ordinarie, la totalità

della portata in ingresso al Lago tendeva a disperdersi per infiltrazione ed evaporazione.

La prima analisi in merito a detto fenomeno fu pubblicata nel 1892 dal Prof. Olinto Marinelli (Professore di geografia, Presidente della Società Alpina Friulana e Direttore della Rivista Geografica Italiana), che all'interno della Rivista *"In Alto-Cronaca bimestrale della Società Alpina Friulana"* descriveva un'oscillazione nel Lago compresa tra **4 e 5 metri**; nel 1946 nel documento *"Il lago di Cavazzo"* il succitato dott. Fabiani parlava di 6 metri di escursione. Anche l'ing. Di Bra, in un articolo pubblicato sulla Rivista *"L'Energia Elettrica (edizione n. 5 del 1968)"*, confermava che prima della realizzazione della centrale *"Il lago non aveva un vero e proprio emissario, bensì un canale sfioratore che entrava in funzione solamente in occasione di grandi piene, poiché normalmente l'acqua si disperdeva attraverso il fondo e soprattutto lungo le sponde"*.

Le oscillazioni di livello nel Lago di Cavazzo prima della realizzazione dell'impianto furono monitorate nel periodo precedente la realizzazione della centrale idroelettrica di Somplago da parte del Servizio Idrografico Mareografico Nazionale (SIMN), che aveva installato allo scopo la stazione di Interneppo. I dati disponibili del SIMN (relativi agli anni 1935, 1936, 1937, 1938 e 1957) mostrano un andamento del livello molto variabile tra gli anni idrologici e all'interno dello stesso anno, con una differenza massima tra il valore minimo ed il valore massimo annuo di **4,52 metri**. Dal confronto di tali oscillazioni con i valori di piovosità registrati nel medesimo periodo presso la stazione pluviometrica di Alesso (appena a valle del Lago), emerge che negli anni caratterizzati da elevata piovosità (con valori cumulati annui superiori a 3.600 mm) gli apporti furono tali da superare le perdite per evaporazione ed infiltrazione, determinando livelli crescenti nel Lago, mentre negli anni a piovosità inferiore (compresa tra 2.000 e 2.700 mm) il Lago subì progressivamente un abbassamento del livello della sua superficie libera.

Anche durante il corso dell'estate 2003, così siccitosa da costringere la Società di gestione della centrale idroelettrica di Somplago a rimanere per un lungo periodo totalmente inattiva (quindi senza fornire apporti idrici al Lago), si verificò un abbassamento del livello nel bacino lacustre, evidentemente legato alle perdite per infiltrazione ed evaporazione.

Considerando l'equazione di continuità [10.2], infatti, qualora il sistema idroelettrico

venisse disattivato i termini Q_1 e Q_4 diventerebbero **nulli**, mentre la portata Q_2 rimarrebbe pari a **1,160** metri cubi al secondo e la differenza tra Q_3 e Q_6 pari a **-5,193** metri cubi al secondo; non risulterebbe nullo, invece, il secondo membro dell'equazione:

$$1,160 - 5,193 = \frac{\Delta H_{LAGO}}{\Delta t} \cdot S \quad [10.4]$$

In presenza di perdite per infiltrazione prevalenti in termini quantitativi rispetto agli apporti superficiali a partire dal bacino afferente, inevitabilmente il Lago, in assenza di immissioni dall'impianto idroelettrico, subirebbe una perdita di volume e quindi un abbassamento del livello del pelo libero H_{LAGO} .

Entro un intervallo temporale Δt scelto pari ad 1 mese a partire da un'ipotetica data di interruzione degli apporti provenienti dall'impianto idroelettrico, considerando una condizione iniziale di quota del pelo libero del Lago pari a 194,90 m s.l.m. (funzionamento ordinario dell'impianto), si otterrebbero abbassamenti del livello diversi in funzione del mese di riferimento, compresi tra un minimo di **0,99 metri** (a novembre, quando i cospicui apporti superficiali rimpinguano le perdite) ed un massimo di ben **11,10 metri** (a giugno, quando le infiltrazioni, in base ai dati, risultano maggiori). Tali diminuzioni di livello risulterebbero quindi più marcate nei mesi primaverili ed estivi e meno rilevanti nel periodo autunnale.

In generale, la tendenza del Lago in presenza dei soli apporti provenienti dai corsi d'acqua superficiali facenti parte del bacino di alimentazione (Rio Schiasazze e Rio da Cout, principalmente), determinati da un afflusso medio annuo stimato di 2.334 mm, sarebbe quella di un progressivo svuotamento.

Tale valutazione è almeno parzialmente coerente con quanto emerso dall'analisi dei dati registrati dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale nella fase ante-operam (prima della realizzazione dell'impianto idroelettrico): all'epoca delle rilevazioni appariva evidente il comportamento del Lago, il quale innalzava il proprio livello durante gli anni di piovosità "elevata" (superiore a 3.600 mm), e subiva importanti abbassamenti durante gli anni di piovosità "ordinaria", ovvero compresa nell'intervallo 2.000-2.700 mm.

D'altro canto, è necessario sottolineare che negli anni tra il 1935 e il 1957 caratterizzati da una piovosità di entità paragonabile con quella attuale, l'oscillazione massima registrata fu inferiore a 5 m, a fronte degli oltre 11 m

(nell'arco di un solo mese) oggetto del calcolo tramite l'equazione [10.4].

A parità di afflussi meteorici, la spiegazione di tale fatto può essere ricondotta ad una maggiore infiltrazione rispetto al passato nel substrato nel Lago o ad una diminuzione degli apporti dal Tagliamento (oppure, eventualmente, ad entrambi i fenomeni).

In merito alla prima possibile causa, non si ha notizia di eventi che abbiano incrementato la permeabilità del subalveo entro il quale si infiltra la portata proveniente dal Lago.

Sul secondo punto sono opportune alcune riflessioni, partendo dal principio per cui le infiltrazioni idriche in ingresso al Lago, alimentanti le “polle” subacquee citate in precedenza, sono legate alle portate idriche superficiali del Fiume Tagliamento.

Il sistema idroelettrico realizzato nella porzione alta della Valle in una data successiva rispetto alle osservazioni del SIMN, si compone di numerose opere di derivazione su Torrenti minori, tutti affluenti del corso d'acqua principale. Non essendo prevista, per un lungo tratto, alcuna restituzione, nel Fiume Tagliamento si verifica un ammanco di portata superficiale, il quale probabilmente determina la riduzione delle infiltrazioni subalvee e quindi degli apporti delle “polle”. In sostanza, rispetto alle osservazioni degli anni compresi tra il 1935 e il 1957, la realizzazione delle strutture e delle infrastrutture per la produzione energetica comportò una modifica della circolazione idrica superficiale e quindi sotterranea, modificandone gli equilibri.

Si precisa che la simulazione condotta con l'equazione [10.4] non ha tenuto conto (e non avrebbe potuto farlo, in mancanza di dati) delle eventuali maggiori infiltrazioni a partire dal Tagliamento conseguenti alle maggiori portate naturali che defluirebbero nello stesso in assenza di derivazione dalle opere di presa di monte da parte del sistema idroelettrico, ovvero in caso di spegnimento della centrale di Somplago. È comunque da segnalare che la risposta in termini di apporti dal Tagliamento al Lago di Cavazzo di un mancato prelievo a monte avverrebbe sicuramente in tempi superiori al mese considerato.

In ogni caso, si ritiene che la ricostruzione prospettata, estesa alla scala spaziale dell'intero bacino del Tagliamento, possa fornire una spiegazione del perché, allo stato attuale, il Lago di Cavazzo non potrebbe “sopravvivere” in assenza degli apporti provenienti dallo scarico degli impianti idroelettrici dell'alto Tagliamento.

11. CONCLUSIONI

Si riassumono qui di seguito i risultati principali dell'analisi preliminare.

Gli studi effettuati hanno rilevato un **netto cambiamento nelle condizioni del lago**; tale cambiamento coinvolge:

1. temperatura dell'acqua e livello trofico
2. specie ittiofaunistiche e pescosità
3. vegetazione ripariale
4. fruibilità ricreativa e turistica
5. torbidità e caratteristiche del sedimento
6. idrologia e livello del lago

Gli studi hanno anche accertato, con un ottimo grado di evidenza, che **tale cambiamento è avvenuto a partire dagli anni in cui è stato realizzato l'impianto di Somplago, ed è stato determinato, per tutte le componenti in elenco, dal funzionamento dell'impianto stesso.**

In merito alle singole componenti si è rilevato che:

- la temperatura dell'acqua si è notevolmente abbassata, in particolare nel periodo estivo (§ 5.1);
- il livello trofico è decisamente diminuito (§ 5.2.2), al punto che il lago può essere classificato come ultraoligotrofico;
- la comunità ittica si è modificata, virando verso specie frigofile, ed è diminuita fortemente la biomassa complessiva, e di conseguenza la pescosità del lago (§ 4.);
- analogo effetto, per quanto riguarda le specie, è stato riscontrato sulla vegetazione acquatica, mentre sulla biomassa complessiva non ci sono stime precise (§ 3.1);
- l'elevata torbidità del lago riguarda dei transitori, frequenti ma limitati nel tempo, legati agli eventi di pioggia abbondante nei bacini derivati a monte dell'invaso di Verzegnis (§ 9.3), mentre in condizioni ordinarie il lago presenta un buon grado di limpidezza (§ 5.3 e § 9.1);
- la fruibilità a fini ricreativi e turistici è limitata dalla diminuzione della temperatura dell'acqua già citata, che dissuade i potenziali frequentatori dalla

balneazione, e dalla pesca sportiva a causa della diminuzione della biomassa (§ 7.1);

- la velocità di sedimentazione non ha subito accelerazioni evidenti (§ 9.2) ma il deposito di materiale ultra fine ha generato condizioni di anossia sul fondale (§ 9.1);
- il flusso idrico immesso nel lago dalla centrale di Somplago ha diminuito fortemente il tempo di ricambio del lago, impedendo possibili fenomeni di eutrofizzazione (§ 5.2.2);
- la misura in continuo delle portate in ingresso e in uscita dal lago effettuata nell'arco degli ultimi 15 anni da Edipower prima ed A2A dopo, ha evidenziato un bilancio idrologico del lago fortemente in negativo, probabilmente causato dalla diminuzione dei deflussi nell'alveo del medio Tagliamento, con conseguente depauperamento della falda che un tempo alimentava il lago (§ 10.2); queste perdite sono appianate dagli apporti di centrale, cosicché si è creata una sorta di simbiosi tra la centrale e il lago;
- il livello nel lago, un tempo variabile in un range ampio (5-6 metri), viene ora mantenuto sensibilmente costante, con diminuzione ad 1 metro (§ 10.2).