

Centro Studi Biologia e Ambiente s.n.c.

C.so XXV Aprile, 87
22036 Erba (CO)

Cod. Fisc. / P. I.V.A. 02754920136

Tel. / Fax 031.610.630 e - mail: csba.erba@virgilio.it



- Rilievi Ambientali
- Soluzioni GIS
- Elaborazioni Cartografiche
- Monitoraggio delle Acque
- Valutazioni di Impatto Ambientale
- Formazione e Divulgazione

Committente:

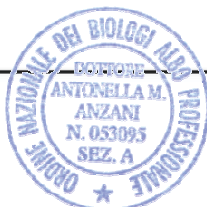


Oggetto:

PROGETTO DI GESTIONE DELL'INVASO DI CASSIGLIO (BG)

Titolo :

**AGGIORNAMENTO CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE
RELAZIONE TECNICA**



Antonella M. Anzani

CENTRO STUDI BIOLOGIA E AMBIENTE snc
di A.M. ANZANI ed A. MARIENI

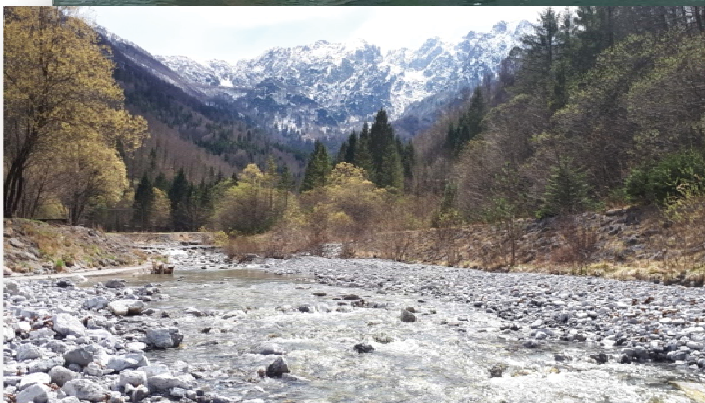
Alessandro Marieni

Dott.ssa Biol. Antonella Anzani
Dott. Sc. Amb. Alessandro Marieni

Data: Maggio 2019 – rev. Dicembre 2019



**PROGETTO DI GESTIONE
DELLA DIGA DI CASSIGLIO (BG)**



**AGGIORNAMENTO
CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE**

RELAZIONE TECNICA

INDICE

1. PREMESSA	pag. 3
2. BACINO IMBRIFERO SOTTESO	pag. 4
2.1 CARATTERIZZAZIONE DEL BACINO IMBRIFERO DEL TORRENTE CASSIGLIO	pag. 6
2.2 CARATTERIZZAZIONE DEL BACINO IMBRIFERO DEL TORRENTE STABINA	pag.10
2.3 ANALISI DEL TRASPORTO SOLIDO	pag.14
3. ANALISI DELL'INVASO	pag. 15
3.1 CARATTERI MORFOMETRICI	pag. 15
3.2 CARATTERIZZAZIONE DEL SEDIMENTO	pag. 19
3.2.1 CARATTERIZZAZIONE GRANULOMETRICA	pag. 24
3.2.2 CARATTERIZZAZIONE FISICO-CHIMICA	pag. 26
3.2.3 ANALISI CHIMICA DELL'ELUATO	pag. 27
3.2.4 SAGGIO ECOTOSSICOLOGICO SUL SEDIMENTO	pag. 28
4. ANALISI DELL'AREA D'INFLUENZA	pag. 29
4.1 ESTENSIONE DELL'AREA D'INFLUENZA	pag. 29
4.2 CARATTERIZZAZIONE QUALITATIVA DEI CORPI IDRICI COMPRESI NELL'AREA D'INFLUENZA	pag. 33
BIBLIOGRAFIA	pag. 35

1. PREMESSA

La scrivente società, Centro Studi Biologia e Ambiente snc, con sede ad Erba (CO), Corso XXV Aprile 87, C.F./P.IVA 02754920136, è stata incaricata da Italgen S.p.A. dell'aggiornamento della caratterizzazione ambientale della diga di Cassiglio, in comune di Cassiglio (BG), per l'adeguamento normativo del relativo progetto di gestione, per le parti di propria competenza relative al comparto idrobiologico ed agli aspetti morfologici dell'invaso. Tale attività è stata svolta in stretta collaborazione anche con lo Studio Frosio di Brescia, soggetto coordinatore tecnico del progetto di gestione. L'invaso di Cassiglio è una struttura di servizio annessa e funzionale all'impianto idroelettrico di Olmo al Brembo (BG) gestito da Italgen S.p.A.

Il progetto di gestione è lo strumento di pianificazione ed attuazione delle operazioni di gestione del materiale sedimentato nell'invaso (svaso, sfangamento/sghiaimento e spurgo), predisposto dal gestore dello sbarramento ed approvato dalla Regione. È finalizzato al recupero della capacità di vaso ed alla salvaguardia della qualità dell'acqua invasata e del corpo recettore.

Consta di una caratterizzazione di base, ovvero di un quadro conoscitivo dell'invaso, del bacino imbrifero sotteso e/o allacciato allo stesso e dei corpi idrici di valle, e di una parte operativa, che identifica le operazioni specifiche e sistematiche da effettuare per la gestione straordinaria dell'invaso e la riduzione dell'interrimento, le misure di prevenzione e tutela del corpo ricettore, dell'ecosistema acquatico, delle attività di pesca e delle risorse idriche invasate e rilasciate a valle dell'invaso durante le operazioni stesse (art. 114 d. lgs. 152/2006).

Le manovre di gestione dei sedimenti non devono pregiudicare gli usi in atto a valle dell'invaso, né gli obiettivi di qualità ambientale.

La presente relazione tecnica, coerentemente con quanto previsto dalla DGR 24 ottobre 2016 n. X/5736 di Regione Lombardia, *“Direttive tecniche per la predisposizione, l'approvazione e l'attuazione dei progetti di gestione degli invasi”*, espone i risultati delle indagini ambientali condotte nei mesi di marzo ed aprile 2019, sull'invaso di Cassiglio (BG) e sui corpi idrici compresi nell'area d'influenza, e precisamente:

- caratterizzazione di base dello stato attuale dell'invaso mediante indagine morfologica e batimetrica;
- caratterizzazione granulometrica del sedimento;
- caratterizzazione fisico-chimica ed ecotossicologica del sedimento a matrice fine;
- caratterizzazione chimica ed ecotossicologica dell'eluato acquoso del sedimento a matrice fine;
- caratterizzazione dei corpi idrici compresi nell'area d'influenza.

2. BACINO IMBRIFERO SOTTESO

L’invaso di Cassiglio è localizzato nell’omonimo comune, in provincia di Bergamo, nella media Valtorta percorsa dal torrente Stabina, affluente di destra del fiume Brembo di Mezzoldo, in alta Val Brembana (Fig. 2.1).



Fig. 2.1: Localizzazione geografica dell’invaso (in rosso) in alta Val Brembana, provincia di Bergamo.

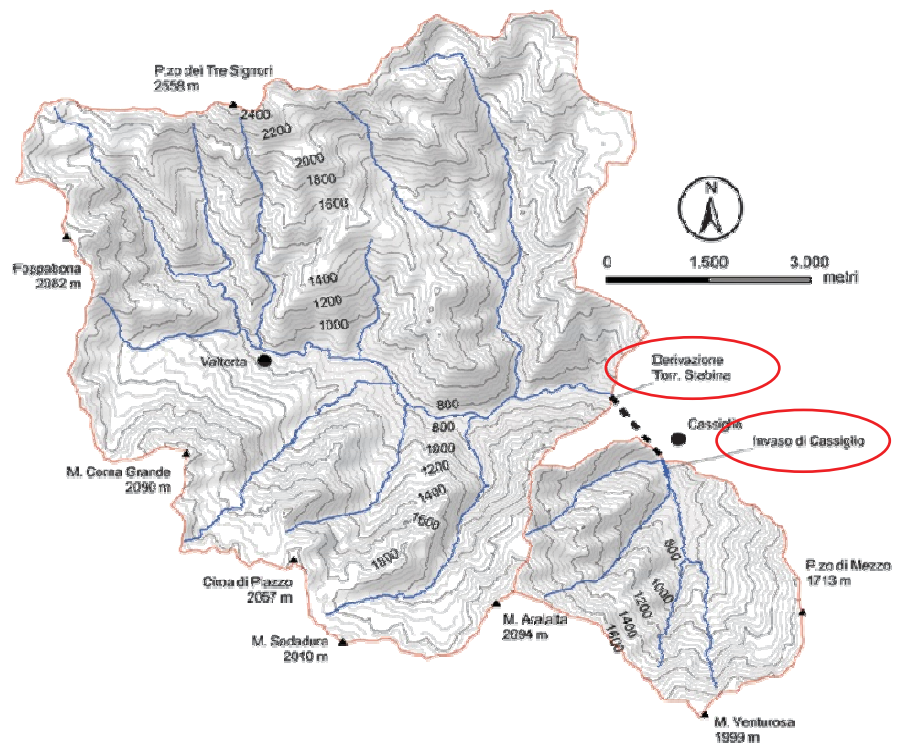


Fig. 2.2: Inquadramento del bacino imbrifero direttamente sotteso (Valle di Cassiglio) e di quello allacciato allo sbarramento (Valtorta).

Alimentato dai torrenti Stabina e Cassiglio, le acque che invasano il bacino provengono per la maggior parte dal torrente Stabina (Valtorta) dal quale sono prelevate tramite derivazione in alveo, con opera di presa situata in fregio alla Strada Provinciale n° 6 Cassiglio – Valtorta, circa 1 km a monte dell’abitato di Cassiglio, ed addotte al bacino tramite galleria. Il contributo idrologico in tempo secco della Valle di Cassiglio (con inclusa la Valle dei Faggi), risulta infatti decisamente minoritario rispetto alle portate addotte dal torrente Stabina (Tab. 2.1).

BACINO IMBRIFERO	Direttamente sotteso torrente Cassiglio (con Valle dei Faggi)	Allacciato allo sbarramento torrente Stabina
Area planimetrica	11,2 km ²	56,4 km ²
Area da DEM	14,0 km ²	70,0 km ²
Indice di montuosità	1,28	1,24
Quota massima	2.003,5 m slm	2.005 m slm
Quota media	1.224,0 m slm	1.473,0 m slm
Rete drenante	11,9 km	46,9 km

Tab. 2.1: Caratteristiche del bacino imbrifero direttamente sotteso dallo sbarramento di Cassiglio e di quello allacciato (tratto da A. Anzani e A. Marieni, 2006. *Analisi dei parametri idrobiologici dell’invaso Cassiglio*).

Ciò premesso, si evince che l’invaso di Cassiglio sottende un bacino imbrifero articolato e composto da uno direttamente sotteso, comprensivo della Valle dei Faggi, minoritario, e da uno allacciato prioritario (Fig. 2.2). Complessivamente il sistema appartiene al bacino imbrifero del fiume Brembo di Mezzoldo. Tre i comuni interessati per l’intero territorio: Cassiglio, Ornica e Valtorta. Mentre Cusio, Barzio e Vedeseta lo sono solo minimamente per la parte dei crinali (Fig. 2.3).

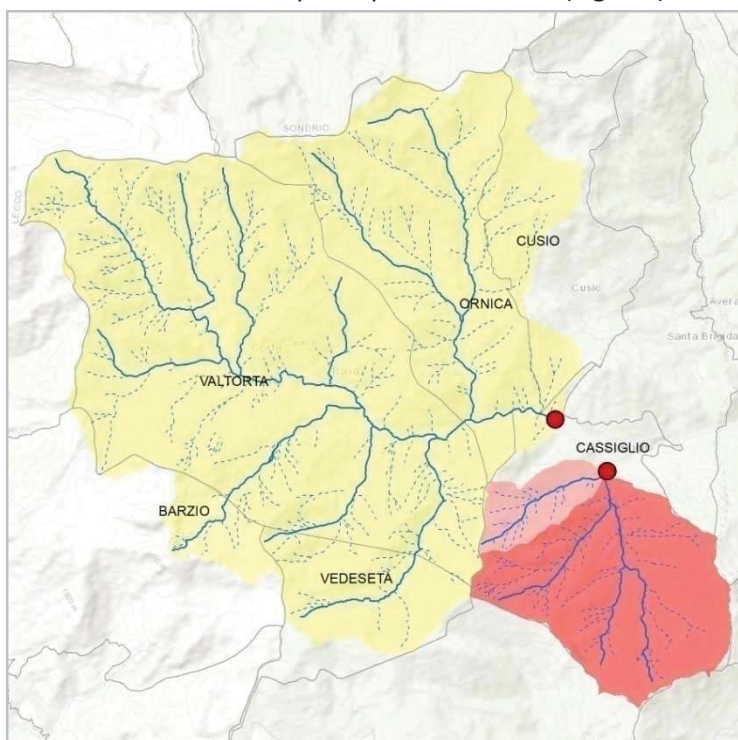


Fig. 2.3: Localizzazione dell’invaso, del suo bacino imbrifero e dei comuni interessati. In giallo il bacino imbrifero del torrente Stabina, in rosso quello del torrente Cassiglio ed in rosa quello della Valle dei Faggi (elaborazione CSBA).

Al fine dell'inquadramento delle attività antropiche che gravitano sul bacino sotteso ed allacciato dallo sbarramento, con relativa descrizione di quelle che potrebbero influenzare la qualità delle acque invasate e dei sedimenti, si procederà con l'analisi delle seguente documentazione:

- carta d'uso del suolo
- PGT dei comuni d'interesse, ove disponibili
- dati ISTAT
- siti internet comunali
- Piani di Gestione siti Natura 2000

2.1 Caratterizzazione del bacino imbrifero del torrente Cassiglio

Il torrente Cassiglio nasce sulle pendici del Monte Venturosa (1.999 m slm), nelle Alpi Orobie, dal Passo di Baciarmorti (1.540 m slm) che collega la Valle Stabina alla Val Taleggio. Percorre la valle omologa per circa 5 km e, dopo aver formato il lago artificiale, l'invaso Cassiglio appunto, e ricevute le acque provenienti dalla Valle dei Faggi, suo affluente di sinistra, confluisce in destra idrografica, all'altezza del paese, nel torrente Stabina. A valle dello sbarramento la portata del torrente è minima e costituita dalle perdite degli scarichi di fondo, deflusso incrementato periodicamente dallo sfioro della diga in ragione dell'entità delle precipitazioni.

Il torrente Cassiglio e la Valle dei Faggi risultano inseriti nell'elenco dei corsi d'acqua di competenza regionale in quanto appartenenti al Reticolo Idrico Principale.

L'intero corso d'acqua, comprensivo della Valle dei Faggi, ricade nel territorio comunale di Cassiglio, piccolo comune di montagna (classificazione ISTAT) dell'alta Val Brembana, posto a 600 m slm di altitudine; fa parte della Comunità Montana Valle Brembana e ricade interamente nel territorio del Parco Regionale delle Orobie Bergamasche (Fig. 2.5). Con un'estensione di 14 km² e 110 abitanti al 01/01/2018 (www.istat.it), la densità abitativa è pari a 7,86 abitanti per km². L'edificato più rilevante e conseguentemente l'area a maggiore densità abitativa, coincidono con il tratto di via Roma – SP 6 in corrispondenza della sede comunale e della Chiesa parrocchiale, posti a valle dello sbarramento. Non risultano attività produttive sull'intero territorio comunale; è presente un'area di gestione inerti (ghiaie e sabbie), ma localizzata a valle della confluenza tra i torrenti Cassiglio e Stabina, quindi al di fuori del territorio d'interesse.

Dall'analisi della carta d'Uso del Suolo (DUSAF) del bacino imbrifero del torrente Cassiglio (comprensivo della Valle dei Faggi) si evidenzia come la presenza antropica sia pressoché nulla (Fig. 2.4).

Nell'area d'interesse non sono presenti attività produttive, né di tipo industriale e neppure di tipo agricolo. Raro e discontinuo è il tessuto residenziale, che occupa lo 0,02% della superficie di analisi ed ha uno sviluppo di 0,003 km² su complessivi 11,2 km²: solo lungo la strada che costeggia l'invaso, sono presenti un bar-tavola calda e più a monte un gruppo di edifici ad uso residenziale, prevalentemente seconde case.

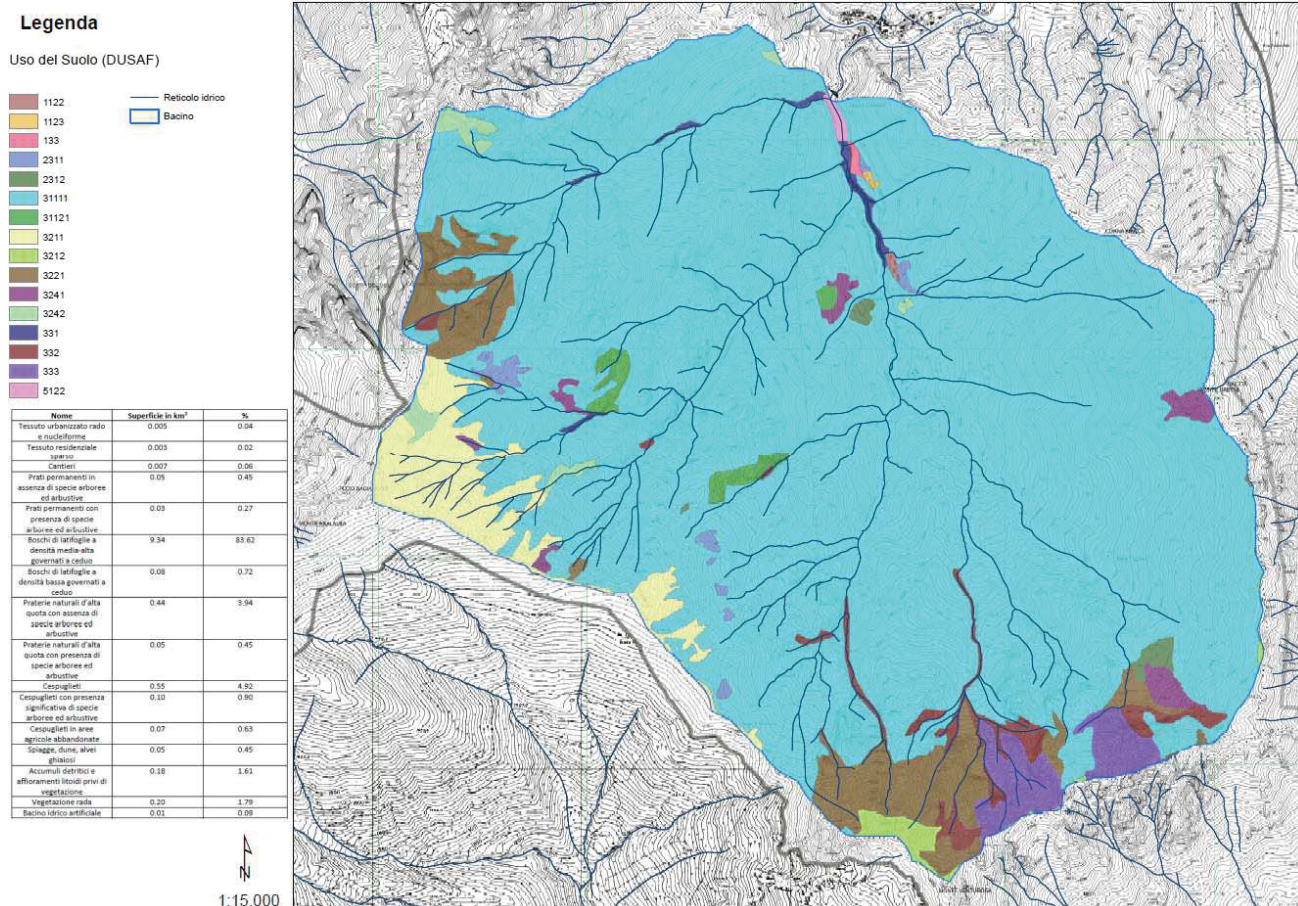


Fig. 2.4: Carta d'Uso del Suolo del bacino imbrifero direttamente sotteso (Valle di Cassiglio e Valle dei Faggi) (tratto da: F. Fenaroli, 2019. Impianto idroelettrico di Cassiglio. Studio geologico – Tav. 04).

Tutti gli edifici sono serviti da pubblica fognatura; nessun terminale è stato censito recapitante nell'invaso. Il tessuto urbanizzato rado e nucleiforme rappresenta lo 0,04% ovvero occupa 0,005 km².

La quasi totalità del bacino imbrifero è così interessata da formazioni naturali ovvero prati, boschi, cespuglieti e praterie, con prevalenza di boschi a latifoglie governati a ceduo (83,62 %, 9,34 km²) seguiti da cespuglieti (4,92%) e praterie d'alta quota (3,94%) (Fig. 2.4).

L'elevato grado di naturalità dell'area è confermato dalla sua totale appartenenza alla ZPS (Zona di Protezione Speciale) IT 2060401 - Parco Regionale delle Orobie Bergamasche, sito Rete Natura 2000 (Fig. 2.5). Dalla Carta degli Habitat, allegata al Piano di Gestione del Sito Rete Natura 2000, si evince che tutta l'area del bacino imbrifero dell'invaso di Cassiglio è interessata da formazioni vegetali naturali e coerentemente con la carta d'uso del suolo, l'habitat prevalente è il 9130 - faggeta mesofila (Fig. 2.6).

Dalla Tavola 4, Carta della qualità faunistica per anfibi e rettili, tutto il territorio è classificato in III classe, ovvero qualità molto alta (Fig. 2.7). Dalla Carta della qualità faunistica per mammiferi (Tavola 6), si ricade in classe III per la parte di fondovalle, mentre lungo i versanti ed in quota la qualità sale a classe IV, ovvero qualità massima (Fig. 2.8).

In conclusione dall'analisi condotta non sono emersi elementi di criticità nel bacino del torrente Cassiglio in grado di determinare un impatto negativo sulla qualità delle acque invase e dei sedimenti.

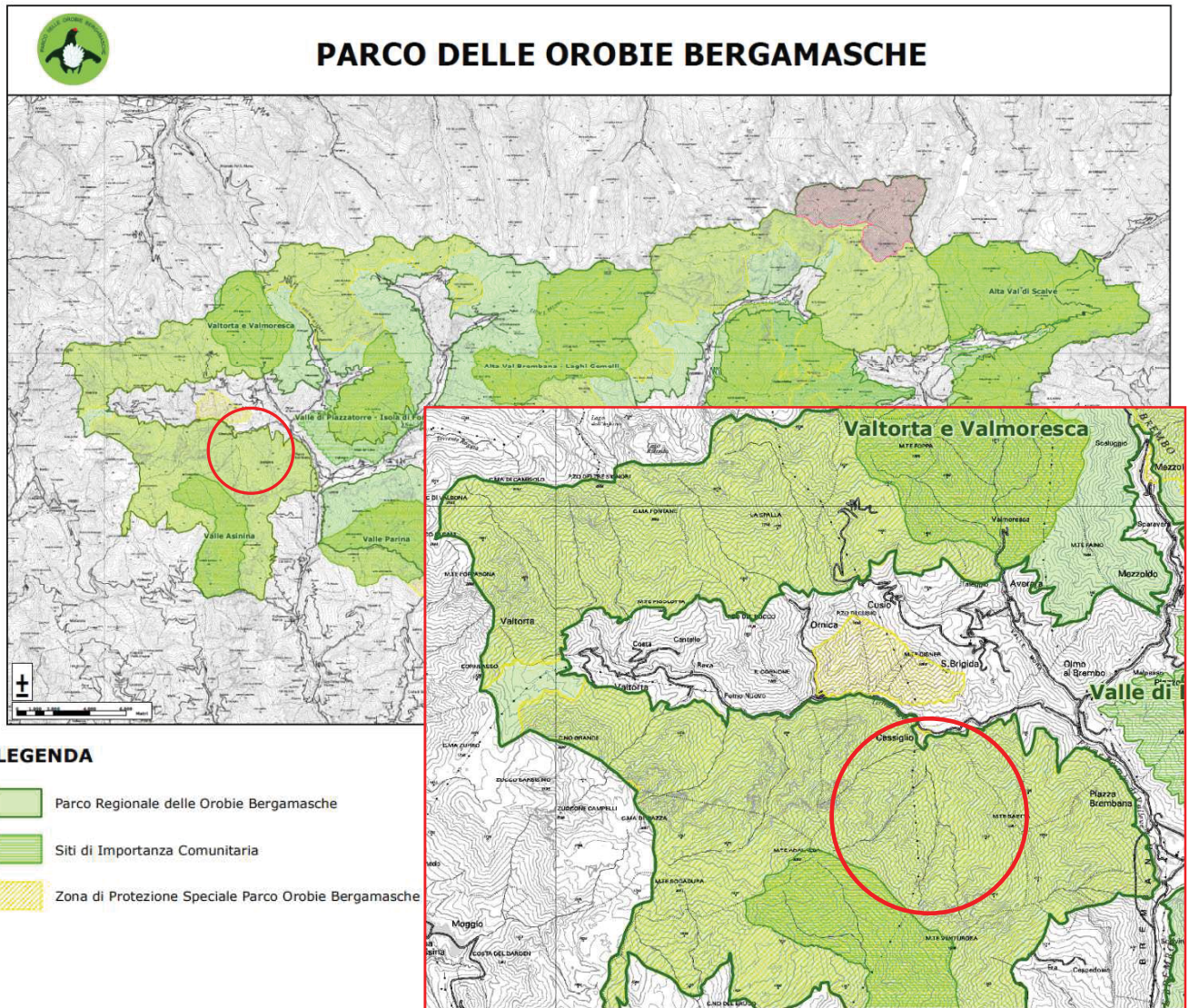


Fig. 2.5: Sistema aree protette – Rete Natura 2000. Evidenziata l’area d’interesse (elaborazione CSBA, tratto da PdG ZPS IT6040401, Tavola 1).

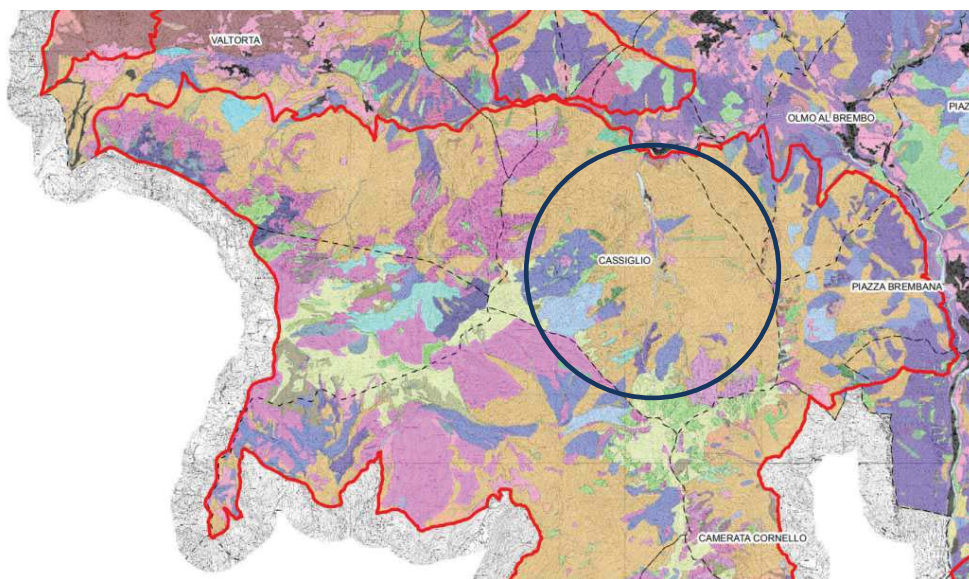
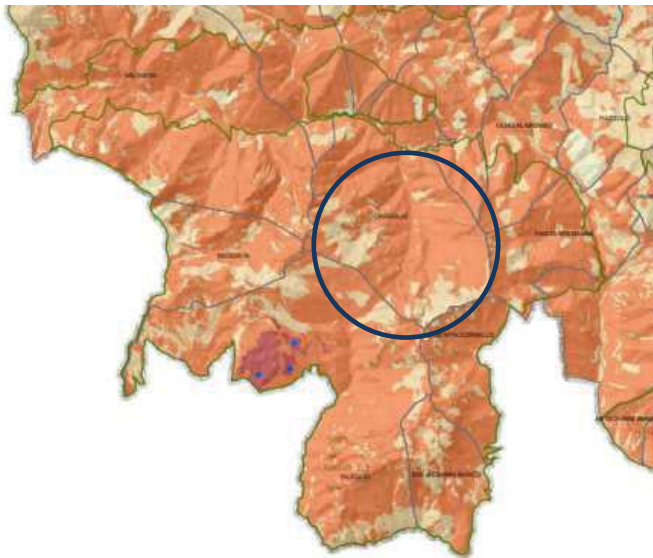


Fig. 2.6: Carta delle unità ambientali, estratto. Evidenziata l’area d’interesse (PdG ZPS IT6040401, Tavola 1).



DETERMINAZIONE DELLE CLASSI DI QUALITA' DEL MODELLO DI IDONEITA'

- I CLASSE: qualità MEDIA (0)
- II CLASSE: qualità ALTA (1 - 60)
- III CLASSE: qualità MOLTO ALTA (61 - 120)
- IV CLASSE: qualità MASSIMA (120 - 177)

Perimetro ambito territoriale e confini comunali
 ZPS

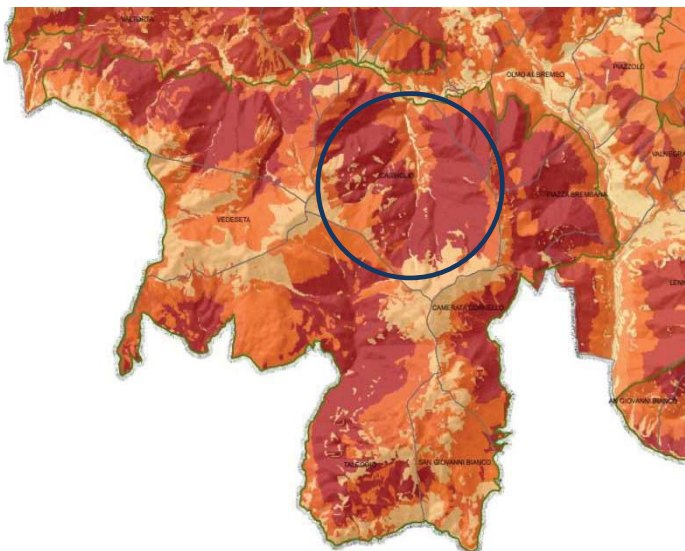
● Pozze in cui è stata verificata la presenza di almeno una delle specie prioritarie.
 Presenza verificata per:
 Ululone dal ventre giallo;
 Raganella italiana;
 Tritone crestato italiano

SPECIE PRIORITARIE

Specie utilizzate per la redazione della cartografia. Le cifre accanto ad ogni specie indicano l'indice di priorità secondo DGR Regione Lombardia 7/4345 del 20 aprile 2001

- Ululone dal ventre giallo - 12
Bombina variegata
- Coronella austriaca - 9
Colubro liscio
- Raganella italiana - 10
Hyla intermedia
- Salamandra alpina - 13
Salamandra atra
- Tritone crestato italiano - 10
Triturus carnifex
- Marasso - 11
Vipera Berus
- Saettone - 10
Zamenis longissimus
- Lucertola vivipara - 12
Zootoca vivipara

Fig. 2.7: Carta della qualità faunistica (anfibi e rettili), estratto. Evidenziata l'area d'interesse (PdG ZPS IT6040401, Tavola 4).



DETERMINAZIONE DELLE CLASSI DI QUALITA' DEL MODELLO DI IDONEITA'

- I CLASSE: qualità MEDIA (0)
- II CLASSE: qualità ALTA (1 - 100)
- III CLASSE: qualità MOLTO ALTA (101 - 140)
- IV CLASSE: qualità MASSIMA (141 - 180)

Perimetro ambito territoriale e confini comunali
 ZPS

SPECIE PRIORITARIE

Specie utilizzate per la redazione della cartografia. Le cifre accanto ad ogni specie indicano l'indice di priorità secondo DGR Regione Lombardia 7/4345 del 20 aprile 2001

- Lupo - 11
Canis lupus
- Stambecco - 11
Capra ibex
- Lepre variabile - 9
Lepus timidus
- Marmotta - 10
Marmota marmota
- Martora - 9
Martes martes
- Moscardino - 9
Muscardinus avellanarius
- Rinolofa maggiore - 10
Rhinolophus ferrumequinum
- Rinolofa minore - 11
Rhinolophus hipposideros
- Camoscio - 9
Ruicapra ruiacapra
- Orso - senza indice
Ursus arctos

Fig. 2.8: Carta della qualità faunistica (mammiferi), estratto. Evidenziata l'area d'interesse (PdG ZPS IT6040401, Tavola 6).

2.2 Caratterizzazione del bacino imbrifero del torrente Stabina

Il torrente Stabina nasce dalla Cima di Camisolo (2.554 m slm), sulle Alpi Orobie. Affluente di destra del fiume Brembo di Mezzoldo a Cugno di Sotto (Olmo al Brembo - BG), scende lungo la Valtorta, bagnando i paesi di Valtorta e Cassiglio. Ha come principali affluenti di sinistra il torrente Ornica e di destra i torrenti Ancogna e Cassiglio; tutto il suo corso è classificato come reticolo idrico principale.

Con un'opera di presa situata in fregio alla Strada Provinciale n° 6 Cassiglio – Valtorta, circa 1 km a monte dell'abitato di Cassiglio, parte delle sue acque vengono derivate e convogliate tramite galleria fino all'invaso di Cassiglio. Questo determina la creazione di un bacino imbrifero allacciato allo sbarramento, che interessa tutta la testata della Valtorta, dell'estensione di 56,4 km², ricadente nei comuni di Barzio (LC), Vedeseta (BG) e Cusio (BG) per la sola parte dei crinali, e includendo completamente Valtorta (BG) e Ornica (BG).

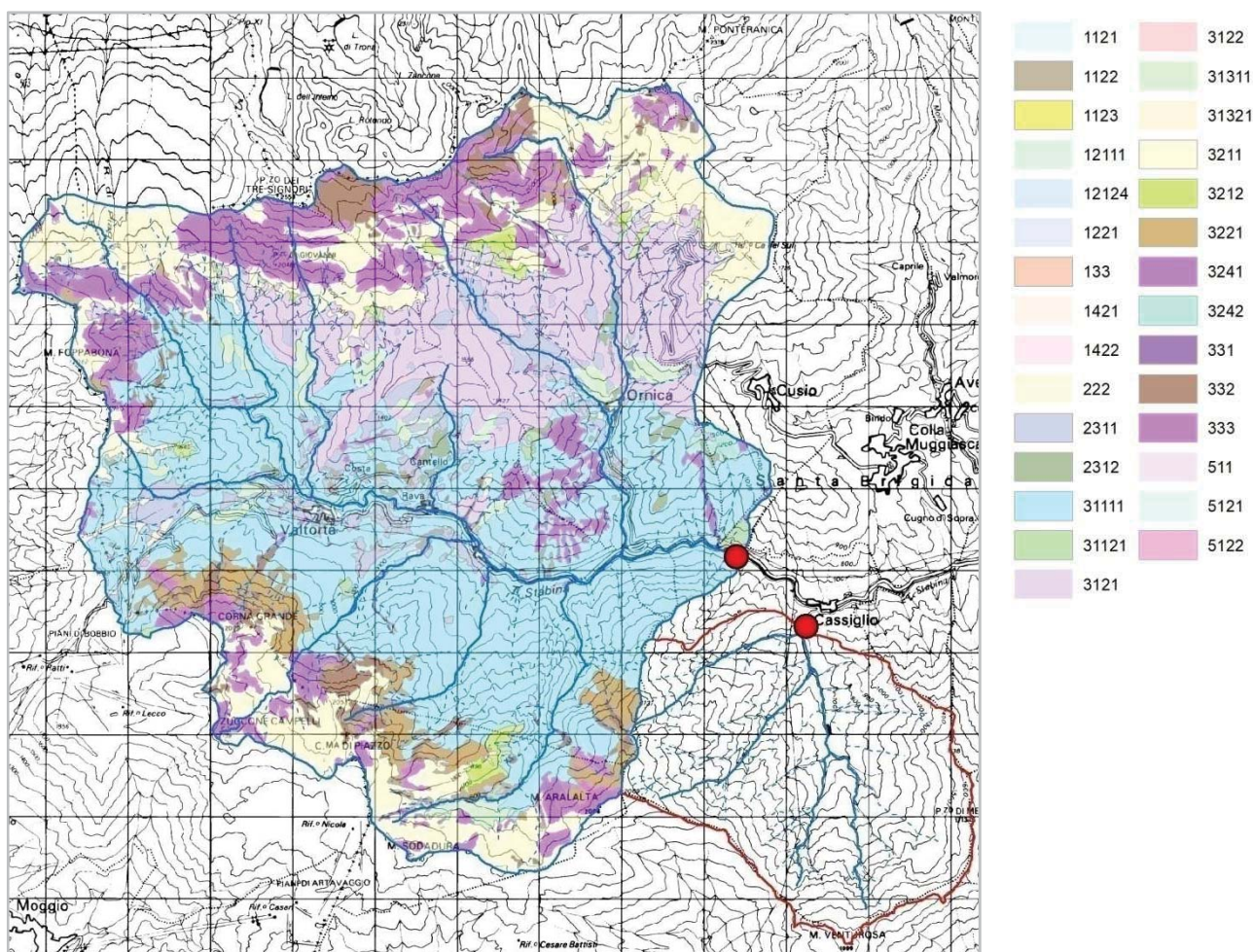


Fig. 2.9: Carta d'Uso del Suolo del bacino imbrifero del torrente Stabina allacciato allo sbarramento. In rosso sul torrente Stabina la posizione dello sbarramento (elaborazione CSBA).

Il comune di Valtorta è posto alla testa dell'omonima valle, così detta per il suo tortuoso tracciato. Classificato comune di montagna, è costituito da otto frazioni distribuite lungo entrambi i versanti della valle. Si estende per 30,59 km², tra quota 692 m slm e 2.553 m slm del Pizzo dei Tre Signori.

Al 31/12/2017 i residenti erano 270 (www.istat.it) e ne consegue una densità abitativa di 8,83 abitanti per km². Dalla consultazione del sito istituzionale del comune (www.comune.valtorta.bg.it) si legge che il numero delle abitazioni è pari a 410. L'economia della valle è basata prevalentemente sul turismo sia invernale, per la presenza degli impianti sciistici di Valtorta Piani di Bobbio, che estivo grazie all'estesa rete sentieristica del Parco Regionale delle Orobie Bergamasche, nel quale è inclusa una buona parte del suo territorio. Dall'analisi della documentazione disponibile, non emergono attività produttive di rilievo oltre agli impianti sciistici ed alle strutture commerciali ad essi associate.

Anche il territorio comunale di Ornica è situato in un contesto naturalistico d'alto profilo; si estende per 14,29 km² ad una altitudine compresa tra i 638 m s.l.m. ed i 2500 m s.l.m., sul versante di sinistra idrografica del torrente Stabina. Oltre al nucleo principale sono presenti tre località: Rasega, Sirta e Fusinetta.

L'andamento demografico della popolazione residente evidenzia una sensibile contrazione nel tempo: da 308 abitanti nel 1861, a 172 nel 2011 e a 152 al 01/01/2018 (www.istat.it), il che equivale ad una densità abitativa pari a 10,64 abitanti per km². Il numero delle abitazioni è pari a 285 (www.comune.ornica.bg.it).

La struttura economica è principalmente fondata sui settori dell'agricoltura, delle attività manifatturiere, delle costruzioni e del commercio. Al 2012 il numero complessivo delle attività insediate era pari a 11. Sul territorio comunale è presente un singolo ambito produttivo-artigianale di modesto rilievo, già individuato nel precedente PRG e mantenuto inalterato dal PGT (tratto da *Relazione illustrativa*, Documento di Piano, PGT, anno 2016).

L'esiguità dell'urbanizzato e degli ambiti produttivi-artigianali sui territori dei comuni di Valtorta ed Ornica si evince anche dalla consultazione della Carta d'Uso del Suolo (Fig. 2.9): l'estensione complessiva del tessuto urbano rado e nucleiforme e del tessuto residenziale sparso è pari complessivamente allo 0,14% della superficie del bacino sotteso, ovvero a 0,1 km², mentre gli insediamenti industriali/artigianali/commerciali occupano lo 0,04% cioè 0,02 km² nei quali sono compresi anche gli spazi adibiti a parcheggio per gli impianti sciistici e le relative strutture ricettive.

La quasi totalità del bacino imbrifero è interessata da formazioni vegetali naturali: la prevalente sono i boschi a latifoglie (codici 31111 e 31121) che coprono il 44,96% della superficie (29,9 km²), seguiti dalle praterie d'alta quota (codici 3211 e 3212) con il 16,87% (11,24 km²), dai boschi di conifere 12,16% (8,11 km²) e dai prati permanenti 4,85% (3,24 km²) (Fig. 2.9), formazioni confermate anche dalla Carta delle Unità Ambientali del Parco Regionale delle Orobie Bergamasche (Fig. 2.11).

Analoghe considerazioni vanno fatte anche per le porzioni dei territori comunali di Barzio (LC), Vedeseta (BG) e Cusio (BG) ricadenti nella porzione di bacino imbrifero del torrente Stabina analizzato nel presente studio: trattandosi di aree di crinale, poste in alta quota, sono interessate solo da formazioni naturali quali rocce (codice 332), praterie d'alta quota (codici 3211 e 3212) e cespuglieti (codici 3221 e 3241) (Fig. 2.9).

Il bacino d'interesse è in buona parte compreso nel Parco Regionale delle Orobie Bergamasche e nell'omonima ZPS oltre che a confinare con la ZSC Valtorta e Valmoresca (Fig. 2.10).

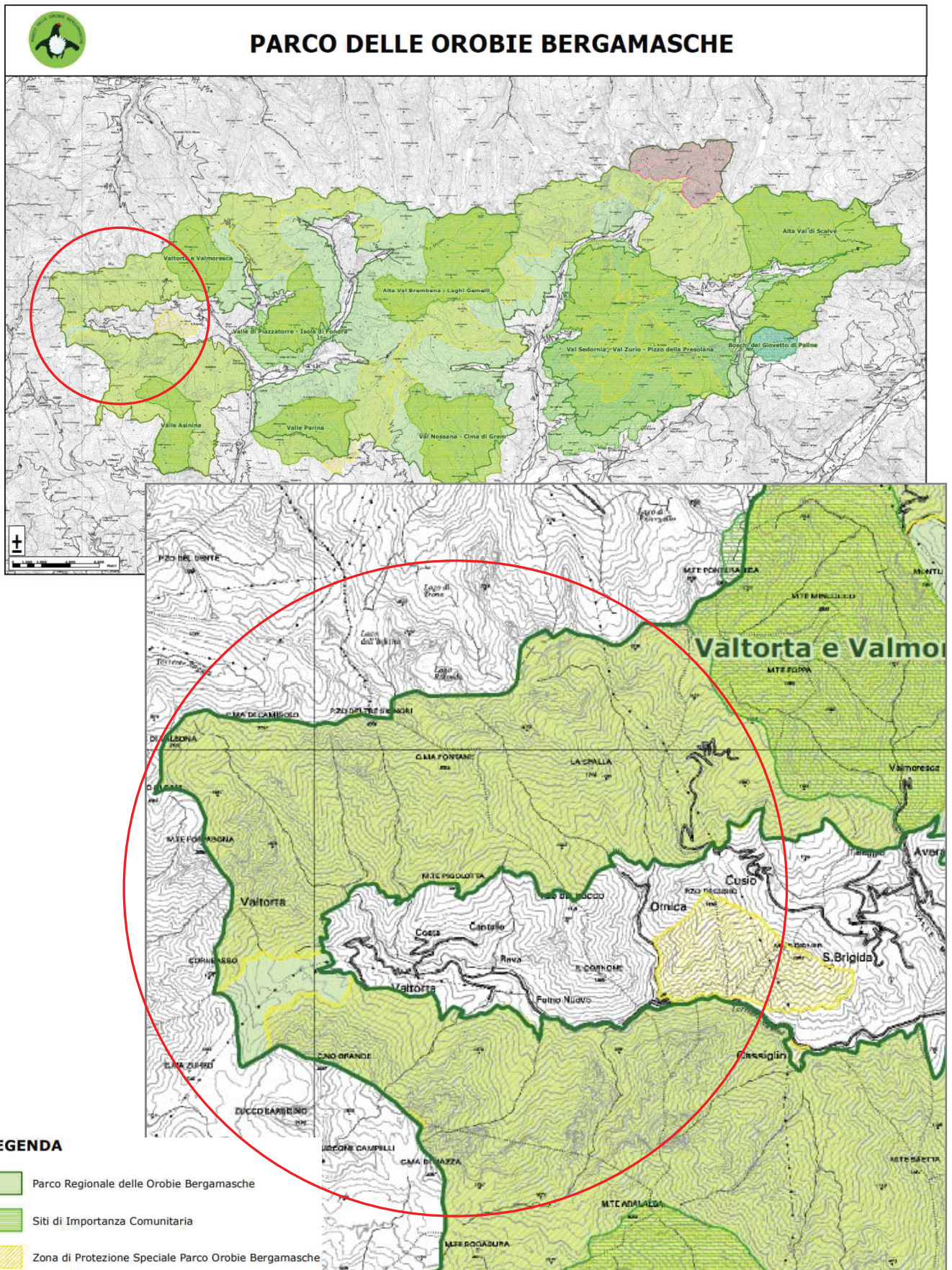


Fig. 2.10: Sistema aree protette – Rete Natura 2000. Evidenziata l’area d’interesse (elaborazione CSBA, tratto da PdG ZPS IT6040401, Tavola 1).

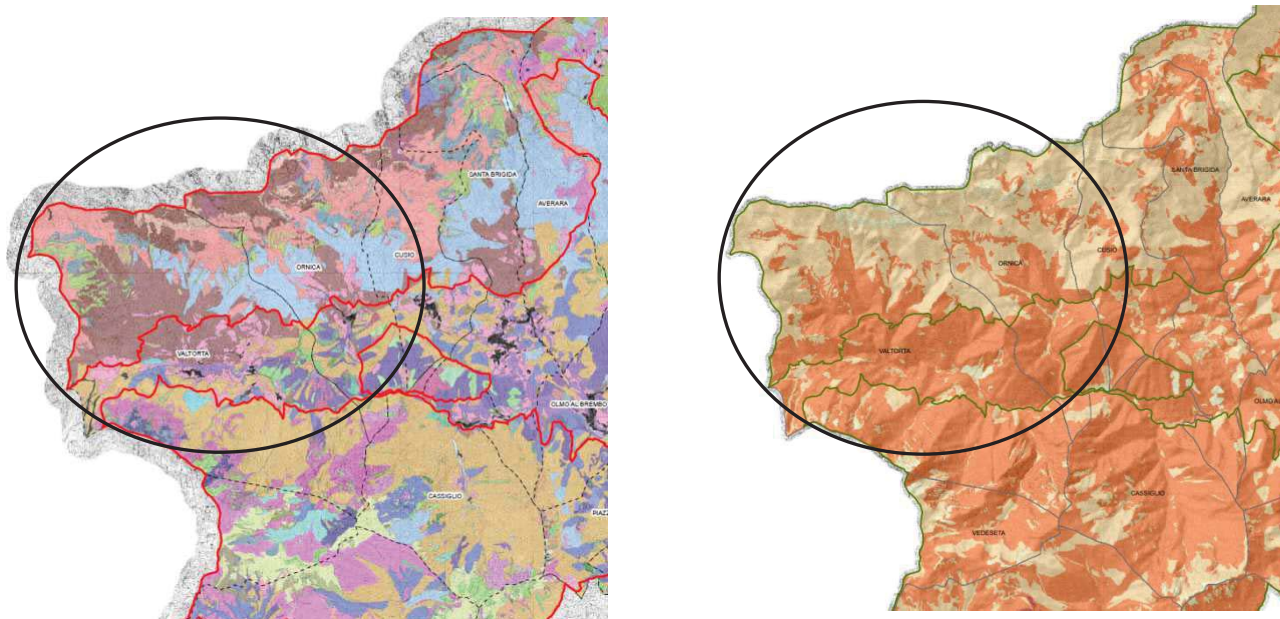


Fig. 2.11: A destra. Carta delle unità ambientali, estratto. Evidenziata l'area d'interesse (PdG ZPS IT6040401, Tavola 1). Per la legenda si rimanda alla figura 2.9.

A sinistra. Carta della qualità faunistica (anfibi e rettili), estratto. Evidenziata l'area d'interesse (PdG ZPS IT6040401, Tavola 4). Per la legenda si rimanda alla figura 2.7.

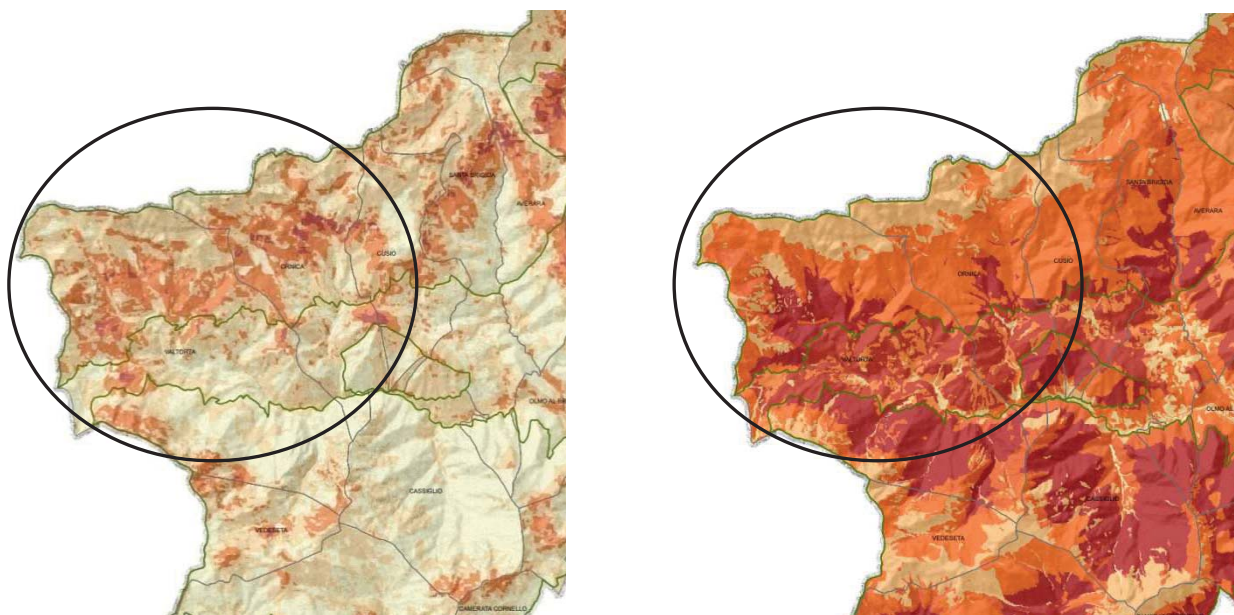


Fig. 2.12: A destra. Carta della qualità faunistica (avifauna), estratto. Evidenziata l'area d'interesse (PdG ZPS IT6040401, Tavola 5).

A sinistra. Carta della qualità faunistica (mammiferi), estratto. Evidenziata l'area d'interesse (PdG ZPS IT6040401, Tavola 6). Per la legenda si rimanda alla figura 2.8.

Dall'analisi dei Piani di Gestione dei siti Rete Natura 2000 e nello specifico di quello della ZPS Parco Orobic Bergamasche (Carta delle Unità Ambientali e Carta della Qualità Faunistica) emerge la forte naturalità di questi luoghi (Figg. 2.11, 2.12). Relativamente alla distribuzione della fauna, erpetofauna, avifauna e

mammalofauna, e delle relative densità è ben evidente come tutto il territorio d'interesse, anche il fondovalle seppur parzialmente interessato dalla presenza antropica, sia idoneo a supportare popolazioni faunistiche significative e ben strutturate, indice di assenza di impatti negativi derivanti direttamente ed indirettamente dalle attività antropiche.

In conclusione, sulla scorta dei dati disponibili, è indubbia l'assenza di attività che gravitano sul bacino allacciato allo sbarramento, che possano influenzare la qualità delle acque invase e dei sedimenti.

2.3 Analisi del trasporto solido

Per valutare le caratteristiche associate al trasporto solido dei corpi idrici sottesi ed allacciati all'invaso di Cassiglio sono state effettuate analisi specifiche di laboratorio volte a determinare la concentrazione di solidi sospesi presenti nelle acque, in condizioni differenti di esercizio dell'impianto idroelettrico.

A questo proposito, in ottemperanza a quanto stabilito in merito dalla DGR 10/5736 di Regione Lombardia, si è provveduto ad analizzare due serie di campioni d'acqua raccolti in momenti idrologici di magra e di morbida. Dal momento che all'invaso di Cassiglio è allacciata anche la derivazione dal torrente Stabina, le due serie di campioni sono state raccolte rispettivamente sia lungo il torrente Cassiglio a monte dell'invaso e nel tratto a valle di esso, che lungo il torrente Stabina a monte e a valle della traversa di presa della derivazione. In data 19 marzo 2019, in occasione di un prolungato periodo di magra, sono stati raccolti i campioni per caratterizzare il trasporto solido in condizioni di normale esercizio. In data 9 aprile 2019, invece, sono stati raccolti i campioni caratteristici di una fase di morbida. Le risultanze sono riportate nella tabella seguente:

Campione	Condizioni di esercizio dell'impianto	Valore di Solidi Sospesi (mg/l)
Cassiglio Monte	Normale	<0.50
Cassiglio Valle	Normale	<0.50
Stabina Monte	Normale	2.0
Stabina Valle	Normale	<0.50
Cassiglio Monte	Morbida	<0.50
Cassiglio Valle	Morbida	<0.50
Stabina Monte	Morbida	<0.50
Stabina Valle	Morbida	<0.50

Tab. 2.2: Concentrazione dei solidi sospesi dei torrenti Cassiglio e Stabina in condizioni di magra e di morbida.

Come si evince dalla tabella 2.2, sia in condizioni di esercizio dell'impianto in momenti idrologici di magra che di morbida, il trasporto solido di questi corsi d'acqua non è significativo, come del resto indicato dall'elevata trasparenza delle acque dell'invaso. La presenza della diga sul torrente Cassiglio e della traversa di presa sul torrente Stabina, inoltre, non alterano da questo punto di vista le caratteristiche dei due corpi idrici.

3. ANALISI DELL'INVASO

La diga di Cassiglio ha generato un invaso artificiale per sbarramento che attualmente interessa il torrente omonimo, nel tratto a monte di una piccola forra originariamente presente tra la confluenza della Valle di Cassiglio e della Valle dei Faggi.

Al lago provengono anche le acque addotte tramite una condotta sotterranea, prelevate dal torrente Stabina.

In occasione del rilievo batimetrico e morfologico del fondale effettuato in data 19/03/2019 si è provveduto anche alla misurazione di alcuni parametri chimici e fisici lungo la colonna d'acqua mediante impiego di sonda multiparametrica da campo (YSI Professional PLUS). I dati rilevati sono riportati nella tabella 3.1

Lago di Cassiglio – 18 marzo 2019							
Coordinate punto di prelievo (UTM-WGS84): Fuso 32N 547167;5090206							
Profondità al punto di prelievo: 7.3 m							
Trasparenza: fondo							
Profondità	Temperatura °C	Ossigeno disciolto mg/l	Ossigeno disciolto % di sat.	pH	Conducibilità elettrica µS/cm	Salinità psu	TDS mg/l
0 m	6.1	10.81	90.4	8.34	141.5	0.11	144
1 m	6.1	10.49	87.5	8.26	141.4	0.11	144
2 m	6.1	10.50	87.7	8.19	141.2	0.11	144
3 m	6.1	10.56	88.1	8.09	141.2	0.11	144
4 m	6.1	10.52	87.7	8.11	141.2	0.11	144
5 m	6.1	10.43	88.1	8.06	141.7	0.11	144
6 m	6.1	10.47	87.4	8.07	141.6	0.11	144
7 m	6.1	10.42	87.2	8.01	141.3	0.11	144

Osservazioni: Temperatura aria: +11.5°C - Meteo: sereno - Ora rilievo: 10.30

Tab. 3.1: Risultati del monitoraggio chimico-fisico delle acque mediante sonda.

Il lago è apparso omogeneo sotto il profilo termico e non si evidenzia alcuna stratificazione delle acque. I valori rilevati indicano una situazione pienamente coerente con il quadro atteso e non si rilevano indizi di alterazione del chimismo imputabili ad attività antropiche.

3.1 Caratteri morfometrici del bacino lacustre e del fondale.

Trattandosi di un lago artificiale, i caratteri morfometrici del corpo idrico sono funzione della quota di invaso determinata dall'esercizio della diga. La quota di sfioro delle acque dall'apposito manufatto dello

sbarramento è determinata dalla quota 626 m slm. I dati di seguito riportati sono invece riferiti alla quota di invaso 625,1 al fine di poter effettuare un confronto immediato con la situazione osservata in occasione della caratterizzazione morfologica svolta nel 2005 e riferita a questa quota.

Alla quota di riferimento indicata, il lago attualmente ha una superficie di 0.011 km² (11416 m²) ed un perimetro di 662 m. Confrontando il dato con quanto rilevato nel corso della pregressa indagine, si conferma una superficie sostanzialmente invariata, mentre si rileva un incremento dello sviluppo del perimetro associato ad una diversa geometria dei depositi posti in testa al bacino che al momento della presente indagine determinavano una forma diversa della linea di costa, più frastagliata ed irregolare rispetto a quanto osservato in precedenza. Tale osservazione giustifica la variazione dell'indice di sinuosità, leggermente incrementato dal valore di 1,67 del 2005 al valore di 1,74 del 2019.

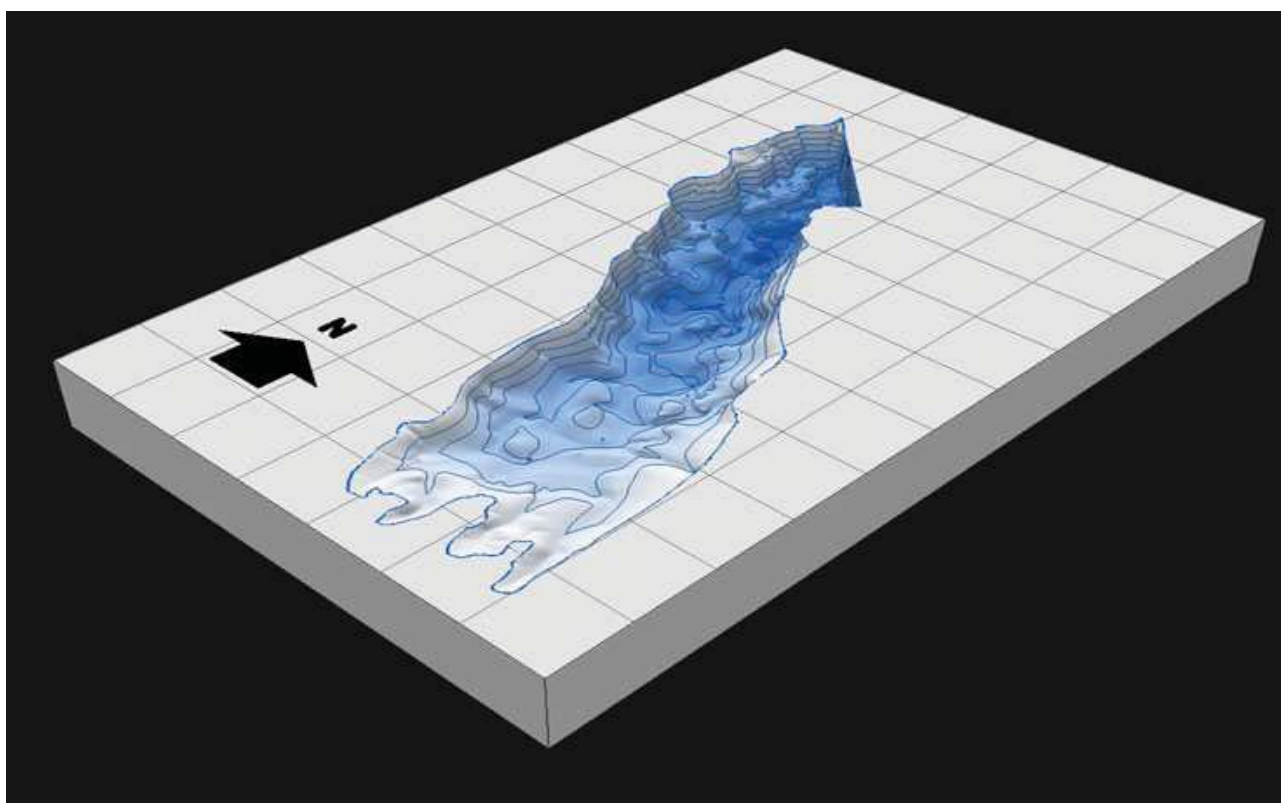


Fig. 3.1: Modello 3D del fondale e isobate derivate (scala delle altezze x2)

La forma del lago è allungata in senso longitudinale rispetto allo sviluppo della valle di Cassiglio, secondo una direzione Sud-Est Nord-Ovest, con asse 344°N, per poi piegare direzione di circa 80°, assumendo come direzione di sviluppo 64°N. La lunghezza massima è di 241 m mentre la larghezza varia dai 68 m della zona di testa ai 35 m della zona più stretta, dopo la quale si registra il cambio di direzione.

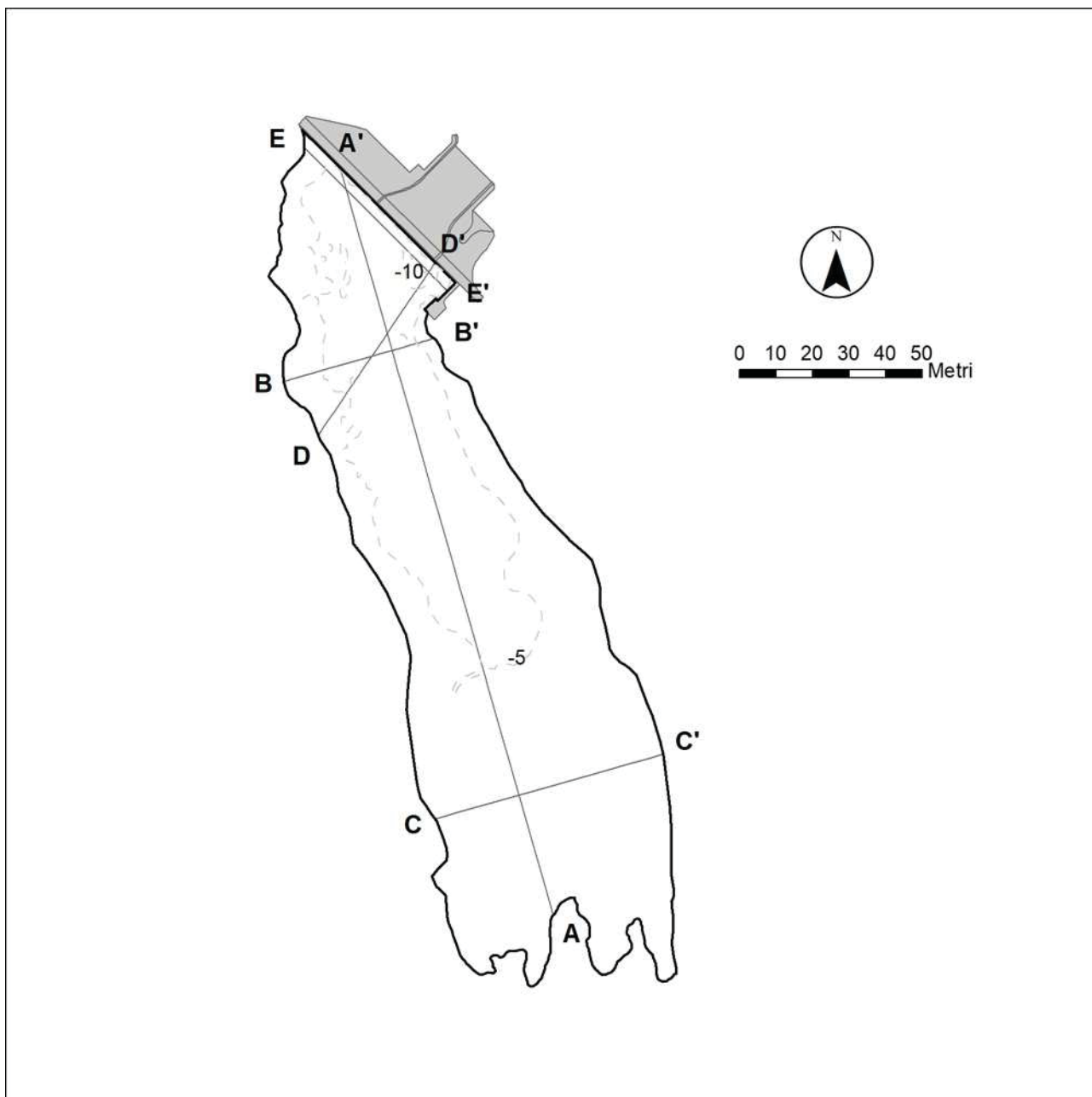


Fig. 3.2: Tracciati delle sezioni lungo le quali sono stati elaborati i profili batimetrici.

Nel corso della presente indagine è stato effettuato un rilievo batimetrico del fondale al fine di descrivere assetto e morfologia dei depositi di fondo. Il rilievo è stato effettuato impiegando una strumentazione combinata GPS-Echosounder che ha consentito di georeferenziare nel sistema di proiezione UTM(WGS84) una serie di punti batimetrici acquisiti secondo rotte di navigazione predefinite e con risoluzione spaziale adeguata a coprire l'intero fondale del bacino. I punti di rilievo sono stati infittiti in corrispondenza di morfologie accidentate o particolarmente significative la cui descrizione ha richiesto un maggior dettaglio. Planimetricamente i punti sono stati acquisiti con precisione centimetrica in modalità Mapping-GIS mentre le profondità sono state acquisite mediante elaborazione simultanea di segnali rilevati in doppia frequenza (50 – 200 hz) con precisione 0,1 m. Successivamente la postelaborazione dei dati tridimensionali ha

consentito di generale un modello 3D interpolato del fondale, con risoluzione spaziale 0,1 m (Fig. 3.2). Per lo scopo è stato utilizzato il modello ANUDEM v5.3 (Hutchinson et al. 2009, 2011). Dal modello digitale del fondale sono state poi derivate le isobate 1 m ed è stata redatta la carta batimetrica alla scala 1:500. Il dato ricavato con echosounder è in parte affetto da deviazioni dovute alla turbolenza. In occasione del rilievo sono state rilevate anomalie solo in corrispondenza dell'aera della presa. Queste informazioni sono state compensate utilizzando sia riscontri diretti da video ispezione subacquea che considerando i dati progettuali della localizzazione degli organi di presa. Sempre dal modello tridimensionale del fondale sono stati ricavati 5 profili significativi secondo le sezioni indicate in figura 3.3.

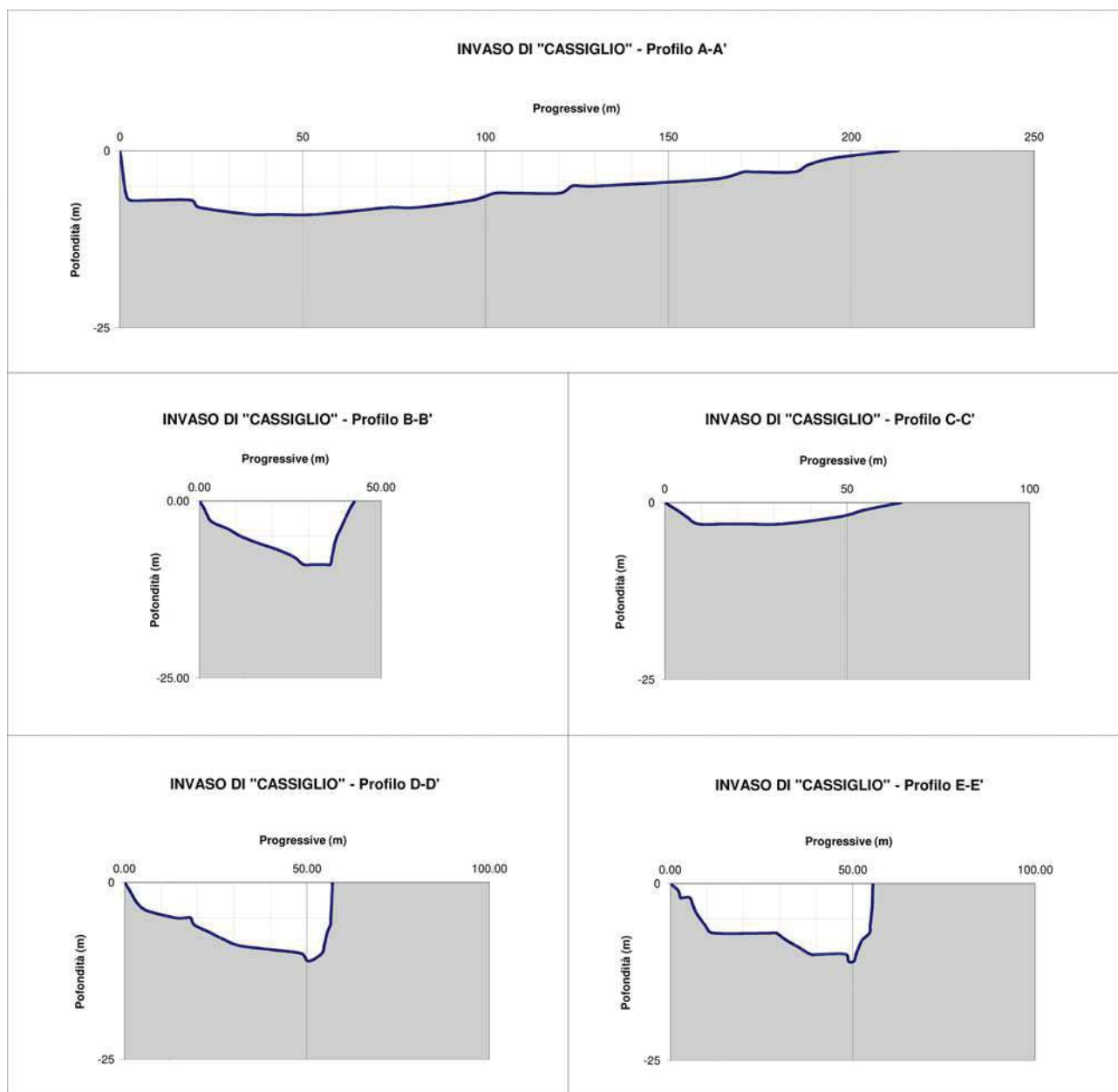


Fig. 3.3: Principali profili descrittivi della morfologia della parte sommersa dell'invaso.

Il profilo longitudinale AA' evidenzia un andamento regolare con pendenze del fondale costanti dalla sponda meridionale fino al paramento della diga. Risulta particolarmente evidente un gradino morfologico localizzato presso la progressiva 185 che identifica il massimo avanzamento della conoide di depositi provenienti dal torrente Cassiglio e sedimentati nel lago. La sezione CC' è caratteristica della testata dell'invaso, contraddistinta da ampiezze maggiori e bassi fondali, con batimetriche maggiori verso la sponda Ovest. La sezione BB' è realizzata in corrispondenza del restringimento della valle oltre il quale l'asse longitudinale dell'invaso cambia direzione. I due versanti della cuvetta lacustre sono asimmetrici, con pendenze più marcate e maggiori profondità a ridosso della sponda orientale. La sezione DD', invece, intercetta l'ara di massima profondità, localizzata attorno alle batimetriche 10 – 11 m dove si trova sia l'imbocco della condotta di prelievo che lo scarico di fondo. Infine la sezione EE' descrive l'andamento del fondale secondo un profilo parallelo al muro di diga, pochi metri discosto da esso. Anche questo profilo evidenzia l'asimmetria della valle, con pareti sub verticali presso la sponda orientale e maggiori profondità.

3.2 Caratteristiche del sedimento

Analizzando congiuntamente i dati relativi alla topografia originale della valle e le informazioni morfologiche del fondale attuale, è stato possibile effettuare una stima del materiale attualmente sedimentato. I rilievi batimetrici operati con echosounder a doppia frequenza hanno altresì fornito indicazioni circa la consistenza dei depositi. Infine le analisi granulometriche effettuate sui campioni di sedimento prelevati e le osservazioni dirette della porzione superficiale dei sedimenti stessi, hanno consentito di disporre dei dati necessari per la caratterizzazione del materiale attualmente sedimentato all'interno del lago di Cassiglio. Morfologicamente si riconoscono tre diverse geometrie caratteristiche di aree del bacino ben identificate (Figg. 3.4, 3.5).

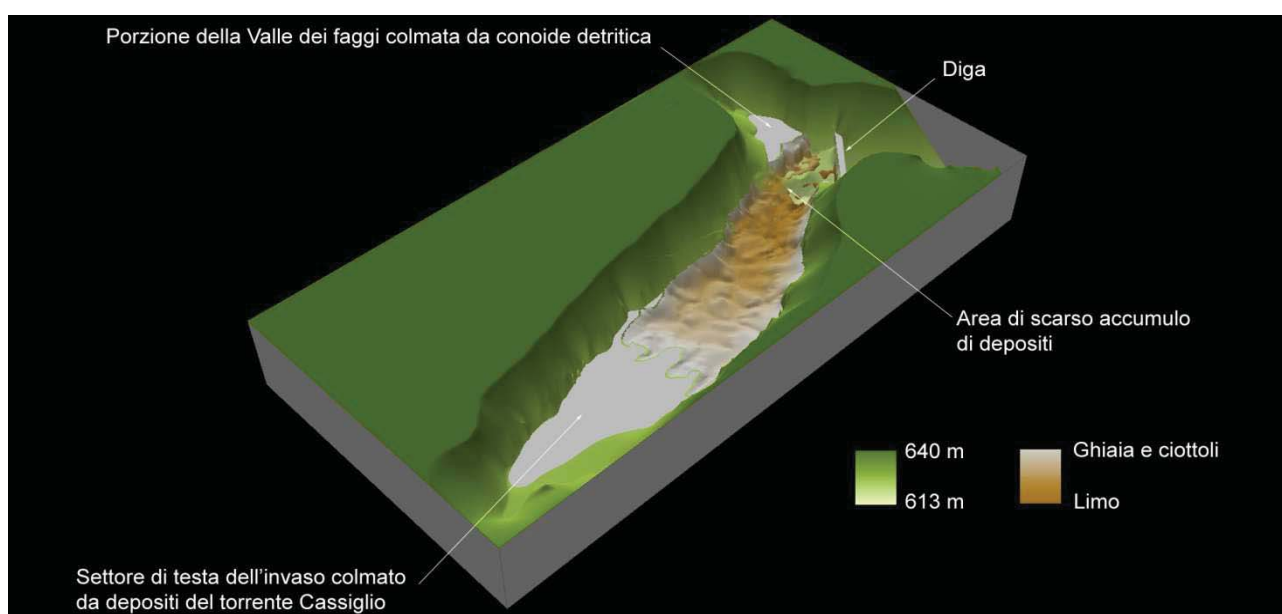


Fig. 3.4: Modello 3D del fondale con rappresentazione delle diverse geometrie dei depositi (scala delle altezze x2).

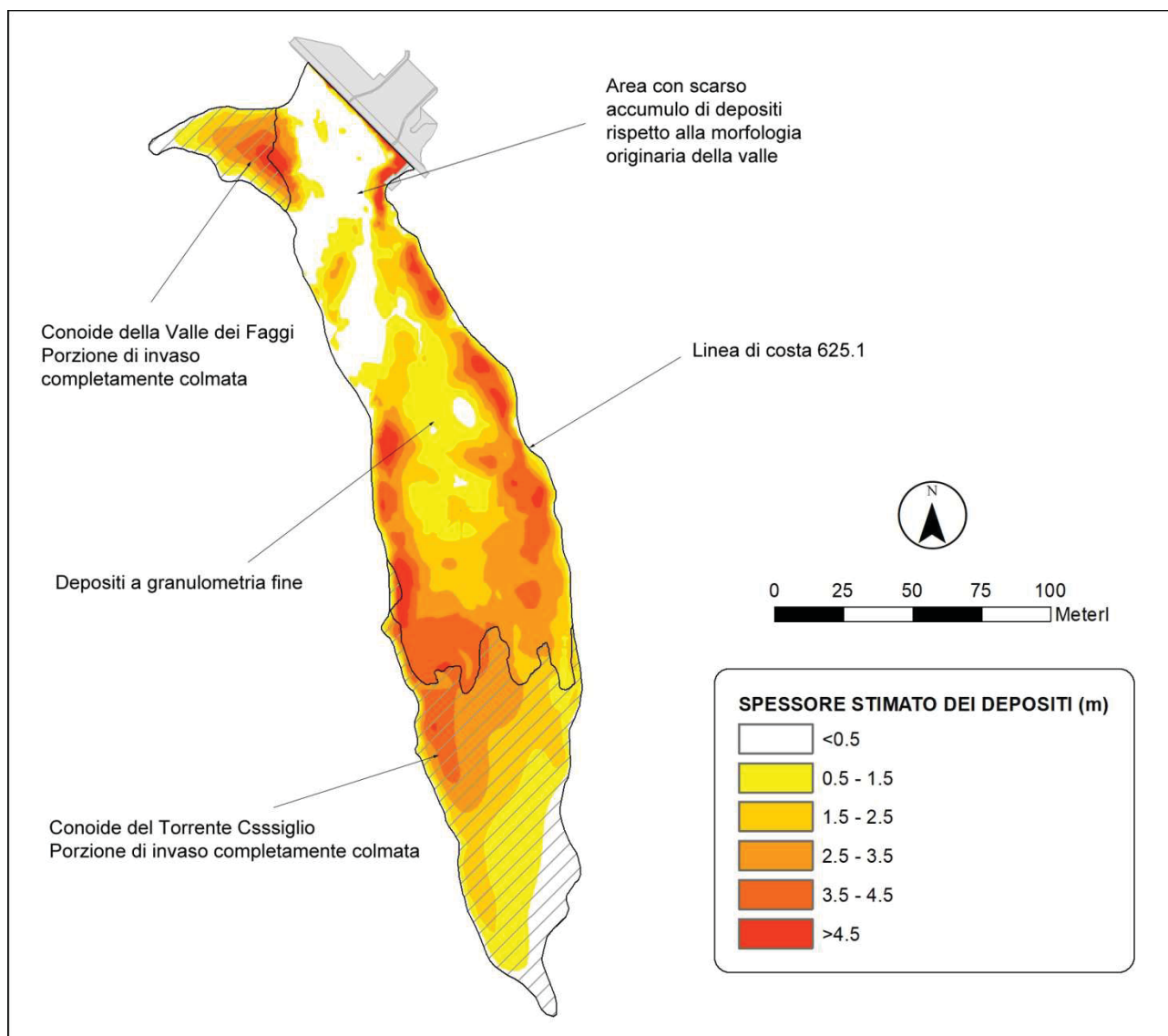


Fig. 3.5: Stima degli spessori di sedimento presente all'interno dell'invaso. Le aree tratteggiate indicano le zone completamente colmate dai depositi.

Si tratta essenzialmente dei due depositi originatisi in corrispondenza delle aree in cui il torrente Carssiglio e la Valle dei Faggi raggiungono lo specchio lacustre e del deposito che caratterizza la parte centrale dell'invaso e quella prossima alla diga. Nei primi due casi si tratta di depositi di natura grossolana, a granulometria decrescente procedendo verso il centro dell'invaso. In corrispondenza della linea di costa, infatti, l'energia di trasporto dei due corsi d'acqua subisce un brusco e repentino calo, determinando la deposizione di tipiche conoidi detritiche. Nel caso del torrente Cassiglio la conoide è ampia ed occupa l'intera larghezza della valle. Considerando la superficie del lago alla quota di invaso 625,1 attualmente questa conoide ha colmato interamente l'invaso per una lunghezza di circa 130 m, con spessori variabili tra i 0,5 ed i 4 m. La parte colmata dell'invaso ha una superficie piuttosto regolare, solcata dai torrente che su di essa si imposta con canali di scorrimento ramificati (delta fluviale). Gli spessori maggiori si registrano nel settore di sinistra del fondovalle, dove in origine era presente l'asse principale di scorrimento del

torrente. Il deposito prosegue con geometria regolare anche nella parte attualmente sommersa, estendendosi per ulteriori 50 m oltre la linea di costa. Lo spessore di questo deposito tende ad assottigliarsi verso il centro del lago terminando con un profilo di forma convessa che ne identifica il limite. Al suo interno la granulometria diminuisce gradualmente. La linea di costa presso questa conoide ha una forma variabile in funzione degli eventi di piena del Cassiglio che tendono a riorganizzare di volta in volta forme e spessori degli accumuli di materiale mobile e non consolidato (ghiaie e sabbie incoerenti) (Figg. 3.6, 3.7).



Fig. 3.6: Morfologia dei depositi della conoide del torrente Cassiglio in corrispondenza della linea di costa (Aprile 2019).



Fig. 3.7: Morfologia della conoide di depositi del torrente Cassiglio: a sinistra parte sommersa, a destra parte emersa (Marzo 2019).

In corrispondenza dello sbocco della Valle di Faggi si trova una seconda conoide che per tipologia di materiale è sostanzialmente analoga a quella del torrente Cassiglio, ma differisce da essa per la morfologia del deposito. In questo caso, infatti, la forma della Valle dei Faggi, stretta ed incassata, ha determinato la deposizione nel lago di una conoide dalla forma a ventaglio che occupa interamente la forra che

originariamente si trovava in questo punto. Questa conoide fa registrare un brusco cambio di pendenza tra il complesso parte emersa/parte sommersa prossimale (profilo longitudinale a basso angolo) e la parte sommersa distale (profilo longitudinale ad alto angolo) (Figg. 3.8, 3.9).



Fig. 3.8: Aspetto della parte emersa della conoide della Valle dei Faggi (marzo 2019).

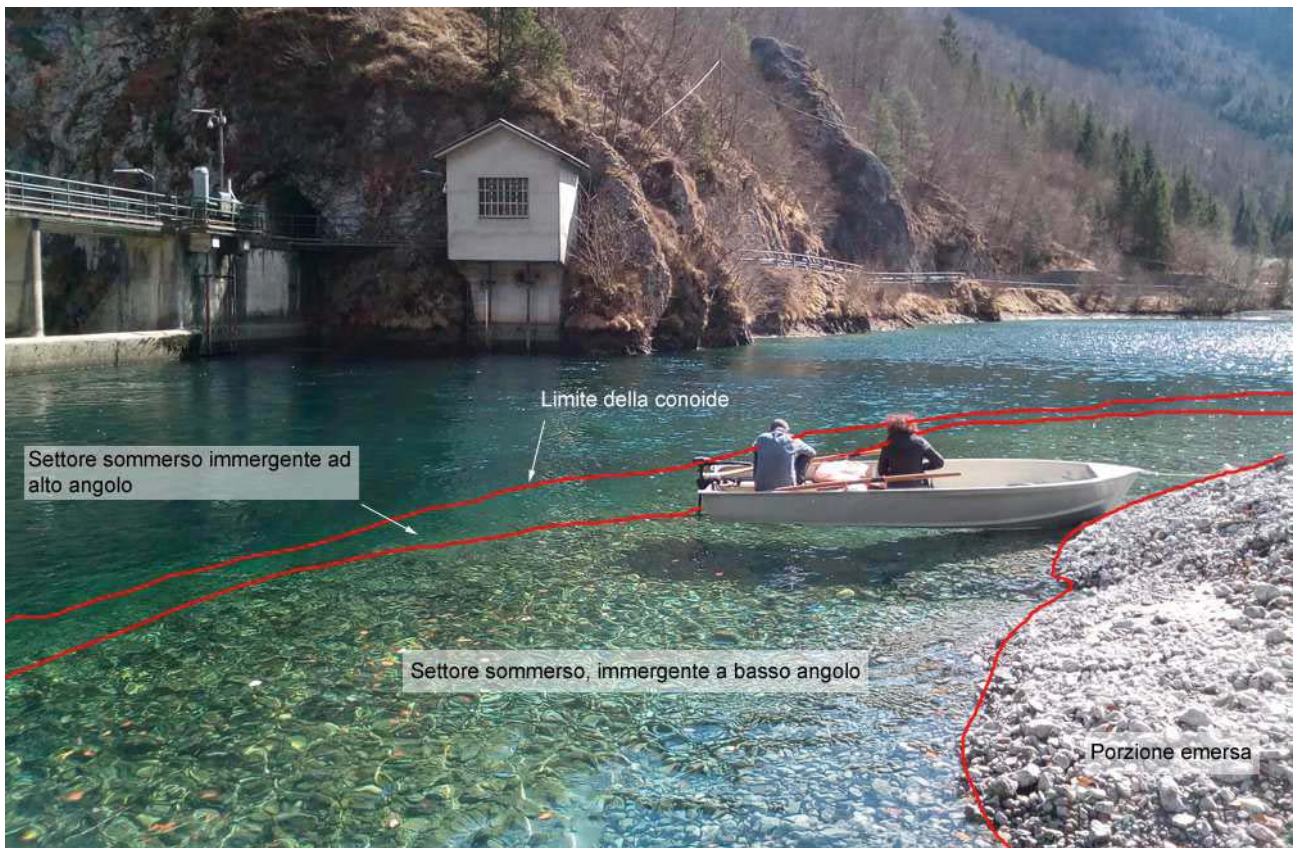


Fig. 3.9: Morfologia della conoide di depositi della Valle dei Faggi (marzo 2019).

Gli spessori nella parte centrale della conoide, quella che ha colmato la forra, hanno una potenza che mediamente le stime del modello indicano essere superiori ai 4 m, con punte massime attorno ai 6 m in corrispondenza dell'asse vallivo originario. Questa conoide sembrerebbe mantellare una struttura sedimentaria precedente alla costruzione della diga che costituisce il fondo attuale dell'invaso. Le batimetriche maggiori sono state rilevate presso gli organi dello scarico di fondo il quale è stato impostato ad una quota grossomodo corrispondente all'antico fondovalle del torrente Cassiglio. Il fondovalle originario è in questa zona ancora ben riconoscibile e, oltre a conservarne grossomodo la morfologia, permette di osservare i resti di antiche opere murarie trasversali e longitudinali lungo il torrente.

La porzione centrale dell'invaso, infine, è caratterizzata dalla presenza di depositi fini con spessori variabili compresi tra 0,5 e 4 m, con accumuli maggiori nella fascia litoranea.

Effettuando un raffronto con la situazione osservata nel 2005, si rileva come le due conoidi di materiale grossolano siano state interessate da un incremento di sviluppo sia all'interno del lago che in termini di spessore della porzione emersa. La parte centrale dell'invaso, invece, non ha subito un incremento di accumulo da parte di materiale fine. Al contrario questa zona ha subito una parziale riduzione del deposito verosimilmente correlata allo svaso del bacino effettuato nel dicembre 2013. In occasione di questa manovra le acque fluenti hanno in parte eroso, in corrispondenza delle linee di deflusso, il deposito di fondo rilevato nel 2005. Nel periodo intercorso tra lo svaso del 2013 e la presente indagine, la sedimentazione di materiale fine ha interessato nuovamente queste aree le quali, sebbene obliterate, risultano tuttavia morfologicamente ancora riconoscibili. La stima quantitativa dei volumi dei sedimenti in termini assoluti dipende in larga misura dalle tecniche modellistiche applicate. Secondo il modello di interpolazione applicato nel 2005 (generazione di TIN e successiva conversione in Raster a maglia quadrata) il volume di sedimento presente è risultato essere di circa 25000 m³. Gli strumenti attualmente a disposizione, invece, hanno consentito di effettuare una analisi modellistica più fine, adottando un metodo più performante. Nello specifico, come già riportato in precedenza, è stato generato direttamente un raster a maglia quadrata con risoluzione 0,1 m utilizzando l'algoritmo ANUDEM v5.3. Per completezza nell'analisi, si è provveduto quindi ad aggiornare l'elaborazione con i dati di input del 2005, ottenendo un volume di circa 28100 m³. Si è quindi provveduto ad effettuare il calcolo con entrambi i metodi anche in base ai dati di input del 2019. Utilizzando la metodica di calcolo del 2005 (TIN to Raster) è stato stimato un volume di circa 29000 m³, mentre con il modello ANUDEM il volume stimato è di circa 32400 m³.

Al netto delle perdite di materiale occorse durante lo svaso del 2013 e delle differenze modellistiche in termini di valori assoluti, l'evoluzione delle due conoidi avvenuta nel periodo 2005-2019 ha comunque determinato un incremento del materiale sedimentato all'interno del lago ed associato a questi corpi sedimentari.

Nella tabella seguente vengono riassunti gli esiti dei calcoli secondo i due diversi metodi applicati.

Parametro stimato	Procedura di calcolo 1	Procedura di calcolo 2
Volume libero della valle sotto quota 625.1	63152 m ³	72714 m ³
Volume invasabile alla quota 625.1 (dati di input 2005)	38175 m ³	44576 m ³
Quantità di sedimenti presenti alla quota di invaso 625.1 (dati di input 2005)	24977 m ³	28138 m ³
Volume invasabile alla quota 625.1 (dati di input 2019)	34149 m ³	40296 m ³
Quantità di sedimenti presenti alla quota di invaso 625.1 (dati di input 2019)	29003 m ³	32418 m ³
Variazione quantitativa del deposito nel periodo 2005 – 2019 (confronto tra le due batimetrie)	4026 m ³	4280 m ³
Variazione % del deposito nel periodo 2005 – 2019 (confronto tra le due batimetrie)	10.5 %	15.2 %

Tab. 3.2: Risultati delle elaborazioni modellistiche applicate alla morfologia dell'invaso.

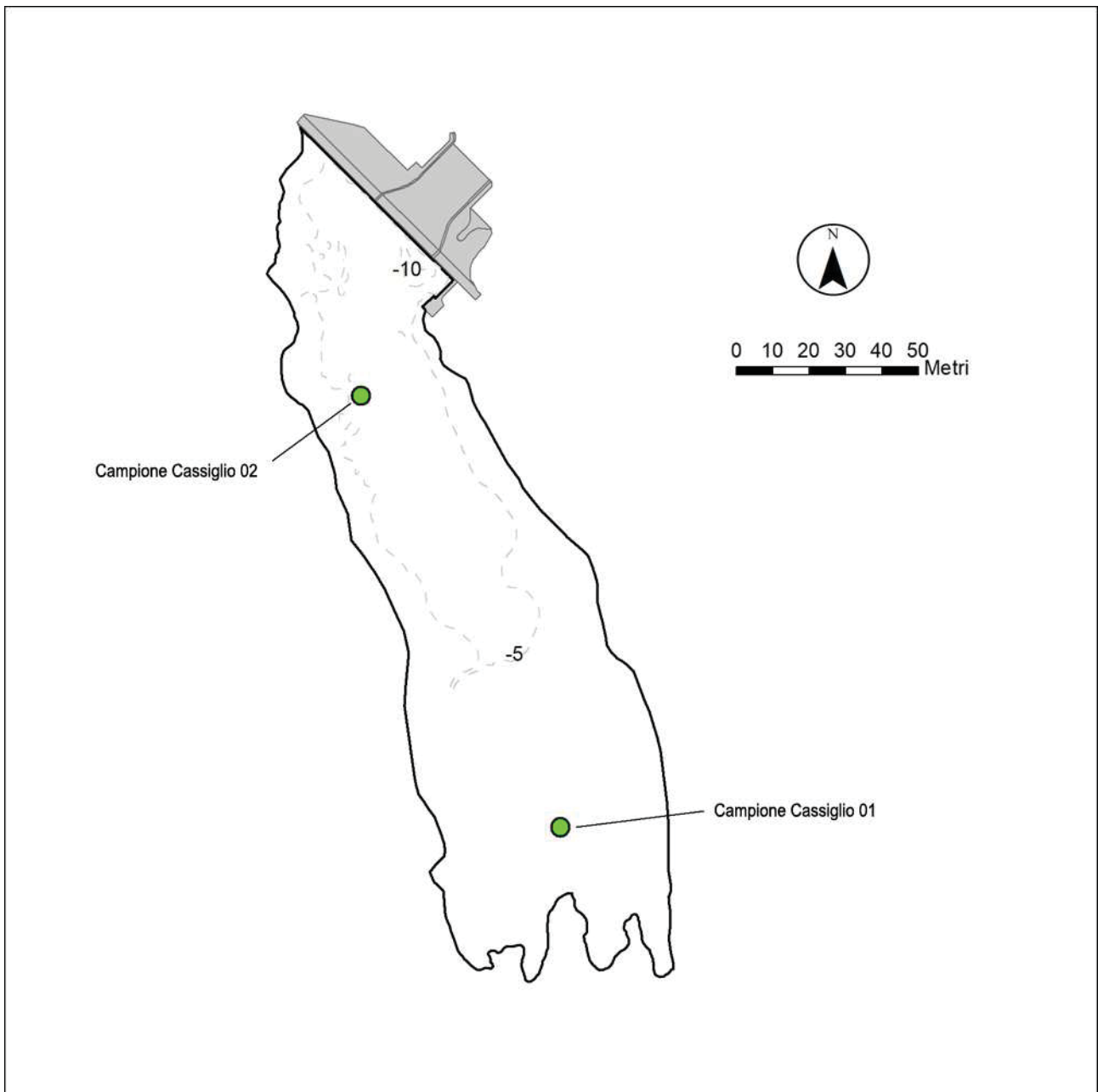
3.2.1 Caratterizzazione granulometrica

In base all'analisi della tipologia dei sedimenti presenti nell'invaso esposta nel paragrafo precedente ed in considerazione delle informazioni pregresse disponibili in merito, è stato possibile confermare come nell'invaso siano presenti due principali gruppi sedimentari costituiti da sedimenti che hanno caratteristiche diverse e ben distinte.

Sulla base di ciò, si è provveduto al reperimento di due campioni raccolti in punti rappresentativi delle caratteristiche dei diversi corpi sedimentari.

Il primo campione è rappresentativo della caratteristiche dei sedimenti associati alle conoidi (Cassiglio e Valle dei Faggi) ed è stato raccolto presso la grande conoide detritica del torrente Cassiglio, che occupa la porzione meridionale dell'invaso. Pur in un contesto in cui la granulometria del sedimento tende a diminuire longitudinalmente con lo sviluppo della struttura sedimentaria e benché siano presenti facies con caratteristiche diverse dovute alla diversa energia di trasporto dei rami del torrente che costituiscono il delta del Cassiglio nell'invaso, a mesoscala il deposito presenta caratteristiche piuttosto omogenee. Si è quindi provveduto alla raccolta di un campione di sedimento rappresentativo nei pressi della porzione intermedia della parte sommersa della conoide.

L'altro corpo sedimentario significativo è costituito dall'accumulo di materiale fine che mantella il fondale dell'invaso. In questo caso si tratta di un sedimento omogeneo, prodotto dal deposito del particolato fine in condizioni di bassa turbolenza. Anche in questo caso si è provveduto alla raccolta di un campione rappresentativo per le successive analisi granulometriche di laboratorio.



Campione	Coordinate (UTM WGS84)
Cassiglio 01 – conoide Identificativo per laboratorio: Integrato testa Cassiglio	Fuso32N 547219E 50290053N
Cassiglio 02 – lago Identificativo per laboratorio: Integrato fine	Fuso32N 547217E 5090117N

Tab. 3.3: Punti di prelievo dei campioni di sedimento per le analisi granulometriche.

Le analisi sui campioni, condotte secondo la normativa di riferimento ASTM D422/90 dal laboratorio Istituto Sperimentale Modelli Geotecnici (ISMGEO) di Seriate (BG) hanno restituito la seguente caratterizzazione (AGI 1977):

Cassiglio 01: Ghiaia debolmente sabbiosa con tracce di limo

Cassiglio 02: Limo con sabbia ghiaioso con tracce di argilla.

3.2.2 Caratterizzazione fisico chimica

Le analisi chimiche e fisiche sul sedimento, in questa fase, sono state condotte sul deposito a granulometria più fine. Questa tipologia di sedimento infatti, rappresenta la matrice nella quale maggiormente possono concentrarsi gli inquinanti e pertanto, d'accordo con il Gestore dell'invaso, si è ritenuto opportuno procedere con gli approfondimenti analitici del caso. Le analisi sono state effettuate dal laboratorio LabAnalysis di Casanova Lonati (PV) Accreditato Accredia n.0077L. Per i riferimenti normativi si è fatto esplicito riferimento a quanto previsto dalla DGR 10/5736 del 24 Ottobre 2016 di Regione Lombardia e a quanto previsto da Dlgs 152/2006 P IV All 5 ai fini del riuso (limiti colonna A). Nella tabella seguente vengono riportati gli esiti analitici.

Lago di Cassiglio – 18 marzo 2019							
Coordinate punto di prelievo (UTM-WGS84): Fuso 32N 547217;5090117							
Profondità al punto di prelievo: 6.1 m							
Trasparenza: fondo							
Parametro	Valore	Parametro	Valore	Parametro	Valore	Parametro	Valore
Residuo a 105°C	58.5%	Rame	54 mg/kg	Dibenzo(a,h) antracene	0.000233 mg/kg	Clordano	<0.00032 mg/kg
pH	7.49	Zinco	96 mg/kg	Indeno[1.2.3-c,d] pirene	0.00123 mg/kg	o,p'-DDD	<0.00034 mg/kg
Carbonio organico totale	6.35%	Benzo(a) antracene	0.00036 mg/kg	Pirene	0.00091 mg/kg	p,p'-DDD	<0.00042 mg/kg
Esaclorobenzene	<0.00011 mg/kg	Benzo(a) pirene	0.00083 mg/kg	Sommatoria policiclici arom.	0.00761 mg/kg	o,p'-DDE	<0.00033 mg/kg
PCB	0.00323 mg/kg	Benzo(b) fluorantene	0.00169 mg/kg	Alaclor	<0.00032 mg/kg	p,p'-DDE	<0.0004 mg/kg
Idrocarburi	49.5 mg/kg	Benzo(k) fluorantene	0.00047 mg/kg	Aldrin	<0.00052 mg/kg	o,p'-DDT	<0.00029 mg/kg
Arsenico	13.5 mg/kg	Benzo(g,h,i) perilene	0.0155 mg/kg	Atrazina	<0.00033 mg/kg	p,p'-DDT	<0.00028 mg/kg
Cadmio	0.57 mg/kg	Crisene	0.00169 mg/kg	Alfa-HCH	<0.00038 mg/kg	DDD,DDT,DDE	<0.00042 mg/kg
Cromo totale	28.4 mg/kg	Dibenzo(a,e) pirene	0.00045 mg/kg	Beta-HCH	<0.00033 mg/kg	Dieldrin	<0.00085 mg/kg
Mercurio	0.0528 mg/kg	Dibenzo(a,l) pirene	0.000227 mg/kg	Gamma-HCH	<0.0004 mg/kg	Endrin	<0.0004 mg/kg
Nichel	6.2 mg/kg	Dibenzo(a,i) pirene	0.000346 mg/kg	CIS-clordano (alfa)	<0.00031 mg/kg		
Piombo	51 mg/kg	Dibenzo(a,h) pirene	<0.000093 mg/kg	Trans-clordano (gamma)	<0.00032 mg/kg		

Tab. 3.4: Sintesi delle risultanze analitiche sui sedimenti.

In riferimento ai parametri analitici previsti per legge non si rileva il superamento di nessuna soglia di concentrazione. Il sedimento analizzato è pertanto da considerarsi completamente naturale e non affetto da alcun accumulo o concentrazione pericolosa di sostanze inquinanti.

3.2.3 Analisi chimica dell'eluato

Come previsto dalla già citata DGR 10/5736, il campione di sedimento fine è stato sottoposto anche ad analisi chimica dell'eluato. La procedura analitica è stata condotta dal medesimo laboratorio (LabAnalysis) su un sub campione del sedimento codificato come Cassiglio 02.

Le tabelle seguenti riassumono le risultanze delle analisi di laboratorio effettuate

Lago di Cassiglio – 18 marzo 2019	
Coordinate punto di prelievo (UTM-WGS84): Fuso 32N 547217;5090117	
Profondità al punto di prelievo: 6.1 m	
Trasparenza: fondo	
Dati di preparazione dell'eluato (UNI EN 12457-2:2004)	
Peso del campione: 2000g	
Metodo di riduzione delle dimensioni: martello	
Frazione di non macinabile: <0.1%	
Frazione di dimensioni eccedenti i 4mm: 25%	
Massa della porzione di prova: 155g	
Volume di agente lisciviante: 824.4 ml	
Temperatura: 20°C	

Tab. 3.5: Informazioni relative al campione ed alla sua preparazione

Parametro	Valore	Parametro	Valore	Parametro	Valore	Parametro	Valore
Conducibilità elettrica a 20°C	275 µS/cm	PCB totali	<0.0000042 mg/l	Benzo(k) fluorantene	<0.0000011 mg/l	Indeno[1.2.3-c,d] pirene	<0.000001 mg/l
pH	7.48	Acenaftene	<0.0000011 mg/l	Crisene	<0.0000011 mg/l	Naftalene	0.00000367 mg/l
COD	22.7 mg/l	Acenaftilene	<0.0000012 mg/l	Dibenzo(a,e) pirene	<0.000001 mg/l	Perilene	<0.000001 mg/l
Arsenico	0.00251 mg/l	Antracene	<0.0000011 mg/l	Dibenzo(a,h) antracene	<0.000001 mg/l	Pirene	<0.0000012 mg/l
Cadmio	0.000149 mg/l	Benzo(a) antracene	<0.0000011 mg/l	Dibenzo(a,h) pirene	<0.0000011 mg/l	Cianuri totali	<0.015 mg/l
Cromo	0.000951 mg/l	Benzo(a) pirene	<0.000001 mg/l	Dibenzo(a,i) pirene	<0.0000014 mg/l	Fluoruri	<0.15 mg/l
Nichel	0.00202 mg/l	Benzo(b) fluorantene	<0.0000012 mg/l	Dibenzo(a,l) pirene	<0.0000011 mg/l	Cloruri	<0.58 mg/l
Piombo	0.00404 mg/l	Benzo(e) pirene	<0.0000011 mg/l	Fenantrene	<0.0000011 mg/l	Solfati	4.36 mg/l
Rame	0.00227 mg/l	Benzo(g,h,i) perilene	<0.000001 mg/l	Fluorantene	<0.0000011 mg/l		
Zinco	0.00719 mg/l	Benzo(j) fluorantene	<0.0000011 mg/l	Fluorene	<0.0000011 mg/l		

Tab. 3.6: Sintesi delle risultanze analitiche sull'eluato del sedimento.

Analogamente a quanto emerso per le analisi sul sedimento, nessuno dei parametri presi in esame evidenzia sintomi di inquinamento o di alterazione delle caratteristiche naturali.

3.2.4 Saggio ecotossicologico sul sedimento

A completamento delle analisi volte alla caratterizzazione del sedimento ed alla valutazione della sua potenziale pericolosità, sul campione Cassiglio 02 è stato effettuato un test di tossicità. Per lo scopo è stata valutata la tossicità acuta nei confronti di *Daphnia magna* avvalendosi del laboratorio LabAnalysis. Il test è stato condotto secondo le metodica OECD di riferimento (202) dal giorno 8 aprile al giorno 17 aprile 2019. L'esito del test è risultato negativo, confermando anche da questo punto di vista la totale assenza di sostanze pericolose nei sedimenti dell'invaso di Cassiglio.

4. ANALISI DELL'AREA D'INFLUENZA

Nella caratterizzazione di base dell'invaso è prevista dalla norma di riferimento (DGR 24 ottobre 2016, n. X/5736) la definizione dell'estensione dell'area d'influenza ovvero *“dell'estensione dei corpi idrici a valle dell'invaso su cui si prevede, o si è misurato in precedenza, un effetto delle operazioni di svaso, sfangamento e spurgo in termini di uno o più dei seguenti aspetti:*

- *incremento delle concentrazioni di solidi sospesi durante le operazioni, diminuzione delle concentrazioni di ossigeno disciolto, o, in generale, modifiche alla qualità delle acque;*
- *modifiche alla morfologia e/o agli habitat del corpo idrico;*
- *influenza sugli usi delle acque;*
- *effetti sull'ecosistema di valle”.*

4.1 Estensione dell'area d'influenza

Al fine della definizione dell'estensione dell'area di influenza sono stati presi in considerazione i dati ottenuti dal monitoraggio condotto nel dicembre 2013 in occasione dello svuotamento del bacino di Cassiglio per lavori di manutenzione (G. Gentili, B. Mascioni, GRAIA srl, 2013. *Svuotamento del bacino di Cassiglio per lavori di manutenzione. Periodo 02-10 dicembre 2013. Monitoraggio solidi sospesi*), monitoraggio che seguì l'andamento dei solidi sospesi totali nel torrente Stabina, a valle della confluenza del torrente Cassiglio nei giorni compresi tra l'apertura dello scarico di fondo e la chiusura del medesimo e il completamento delle operazioni di riempimento dell'invaso. Il monitoraggio venne condotto nel primo punto ritenuto significativo a valle della confluenza tra i due corpi idrici (Fig. 4.1).

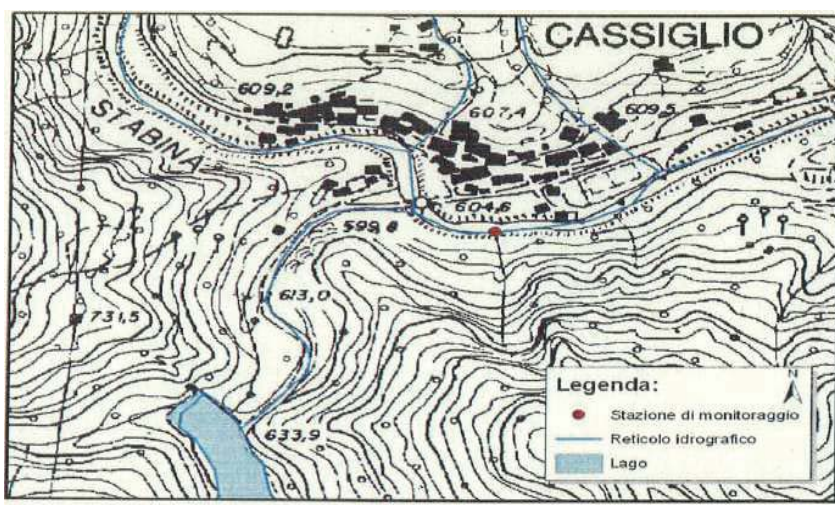


Fig. 4.1: Area di monitoraggio (tratto da Gentili, B. Mascioni, GRAIA srl, 2013).

Il monitoraggio dei solidi sospesi, individuati come principale parametro di valutazione delle attività, venne condotto utilizzando tre modalità operative (sonde mobili, con Imhoff, determinazione in laboratorio di

campioni prelevati) e realizzato in continuo fino alla stabilizzazione del valore di torbidità (dalle ore 12.00 alle ore 15.15 del 02/12/2013). Successivamente si procedette mediante prelievo di 2 campioni al giorno.

I risultati dell'indagine permisero di individuare 2 periodi distinti:

1. il primo compreso tra le ore 12.00 e le ore 14.30 del giorno 02/12/2013, ovvero da poco prima l'apertura dello scarico di fondo, avvenuta alle ore 12.30, a circa due ore dopo (Fig. 4.2);
2. il secondo comprendente i giorni successivi fino alla chiusura dello scarico di fondo (dal 03 al 10 dicembre 2013) (Fig. 4.3).

L'andamento delle concentrazioni durante l'evento di apertura dello scarico di fondo "... è stato caratterizzato da un unico importante picco di concentrazione (26,21 g/l), coincidente con la fluitazione a valle del sedimento accumulato a ridosso dello scarico di fondo appena dopo l'apertura; la durata complessiva del picco è stata di 15 minuti. Al termine di tale picco i valori si sono ristabiliti velocemente attorno a concentrazioni medie di 0,58 g/l" (G. Gentili, B. Mascioni, GRAIA srl, 2013) (Fig. 4.2).

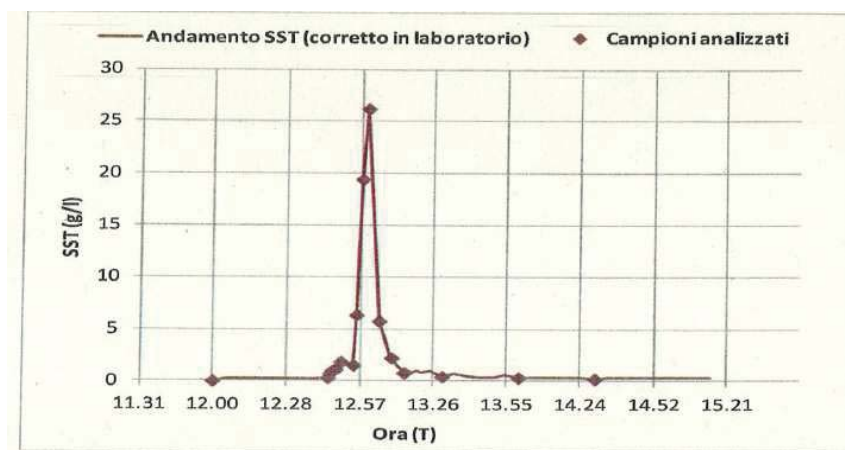


Fig. 4.2: Andamento delle concentrazioni dei solidi sospesi nella stazione a valle della confluenza – 02/12/2013 (tratto da Gentili, B. Mascioni, GRAIA srl, 2013).

Il secondo periodo, comprendente i giorni dal 3 al 10 dicembre 2013, giorno di fine lavori e chiusura dello scarico di fondo, l'andamento delle concentrazioni scesero, già a partire dal giorno successivo all'apertura dello scarico, sotto il mezzo g/l; a partire dal terzo giorno i valori si dimezzarono ulteriormente a 0,25 g/l e dal quarto giorno in poi si mantennero al di sotto degli 0,05 g/l (G. Gentili, B. Mascioni, GRAIA srl, 2013) (Fig. 4.3).

Il monitoraggio condotto permise di concludere che "I dati rilevati nel monitoraggio hanno presentato valori di Solidi Sospesi Totali molto bassi, superando infatti il valore di 1 g/l per soli 30 minuti circa, nella fase terminale dello svuotamento. Durante gli altri momenti e nei giorni successivi i valori sono risultati poco superiori alla soglia di misura. Nel complesso l'operazione è risultata, dal punto di vista dell'effetto sui corpi idrici di valle, pienamente compatibile" (G. Gentili, B. Mascioni, GRAIA srl, 2013).

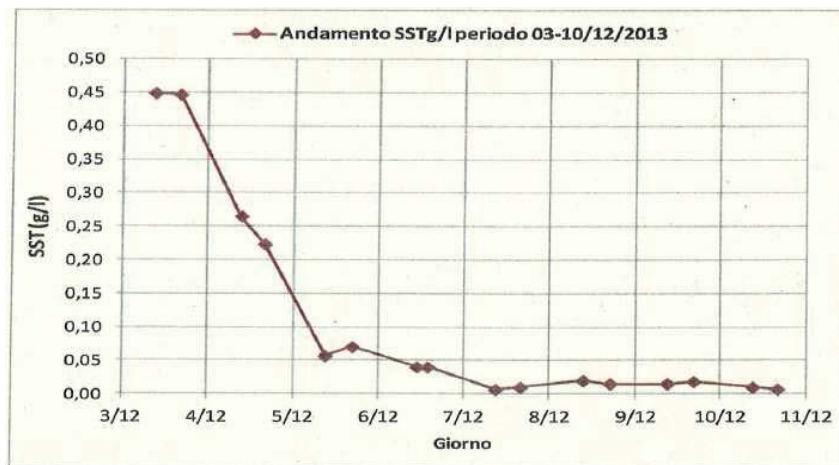


Fig. 4.3: Andamento delle concentrazioni dei solidi sospesi nella stazione a valle della confluenza – 03-10/12/2013 (tratto da Gentili, B. Mascioni, GRAIA srl, 2013).

In seguito a quelle operazioni fino ad oggi non risulta presso gli uffici del gestore dell'invaso, alcuna documentazione che abbia lamentato danni ovvero problematiche insorte, di qualsiasi natura, a conseguenza delle operazioni di svaso.

A questo scenario già definito ed analizzato, che rappresenta una base di partenza indiscutibile per la programmazione delle attività future, è importante considerare anche che:

- le future operazioni di svaso si effettueranno dopo un intervallo di tempo minore dall'ultima apertura dello scarico di fondo (verosimilmente 7 anni dopo se si ipotizza come possibile data il 2020 contro i 13 anni trascorsi tra lo svaso del 1995 e quello del 2013). Ciò fa ritenere plausibilmente una movimentazione di sedimenti più contenuta;
- le modalità di svuotamento dell'invaso previste nel Progetto di Gestione, avverranno secondo procedure diverse rispetto al 2013, ovvero lo svaso vero e proprio, inteso come *svuotamento totale o parziale mediante l'apertura degli organi di scarico o degli organi di scarico e di presa*, inizierà solamente dopo aver abbassato il livello dell'invaso fino alla quota di 620,50 m s.l.m., tramite convogliamento delle acque verso l'opera di presa. Le fasi di svuotamento dell'invaso sono dunque due e separate tra di loro dall'apertura dello scarico di fondo. Solo nella seconda fase avverrà il trasporto dei sedimenti verso valle, fase alla quale i modelli previsionali utilizzati, riconoscono una durata di 2,5 ore con una portata iniziale pari a $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$, sensibilmente inferiore al valore di piena ordinaria (pari a circa $2 \div 3 \text{ m}^3/\text{s}$) (cfr. Progetto di Gestione invaso di Cassiglio (BG) - Parte Operativa, cap. 4.1.4);
- il modello previsionale adottato nel Progetto di Gestione per stimare la quantità di sedimenti che viene espulsa dallo scarico di fondo durante l'operazione di svaso (software del Genio Militare Americano HEC-RAS) si basa, per scelta consapevole, su ipotesi semplificative che sovrastimano il trasporto solido, affinché non venga sottostimato l'impatto negativo che quest'ultimo potrebbe

causare a valle (cfr. Progetto di Gestione invaso di Cassiglio (BG) - Parte Operativa, cap. 4.1.5). La modellistica utilizzata, che, come si è detto è a favore di sicurezza, porta alle seguenti stime (Tab. 4.1):

Volume sedimenti trasportati a valle [m³]	~121
Massa sedimenti trasportati a valle [kg]	~131.000
Volume acqua da rilasciare [m³]	~ 11.600
Portata massima [m³/s]	1,50
Portata media [m³/s]	1,29
Concentrazione media [g/l]	~11,4

Tab. 4.1: Valori stimati relativi al trasporto solido durante lo svaso (fase 2) (Progetto di Gestione invaso di Cassiglio (BG) - Parte Operativa, cap. 4.1.5).

La concentrazione media stimata di solidi sospesi totali, pari a 11,4 g/l, rispetta ampiamente il valore limite individuato per il corpo idrico a valle. Infatti secondo la tabella riportata nell'Allegato 2 della D.G.R. X/5736 del 24/10/2016, la concentrazione massima di solidi sospesi che deve essere rispettata a valle, dipende dalla durata dello svaso e dalle caratteristiche del corpo idrico comprese nell'area di influenza (Fig. 4.4).

Durata delle operazioni	Caratteristiche del corpo idrico compreso nell'area di influenza			
	A	B	C	D
Poche ore	10	20	30	50
1 - 2 giorni	5	10	20	30
1- 2 settimane	1,5	3	5	10

Fig. 4.4: Valori di concentrazione massima di riferimento per i solidi sospesi totali (g/l), calcolata come media sul periodo di riferimento (Allegato 2 della D.G.R. X/5736 del 24/10/2016)

Indagini pregresse condotte sulla fauna ittica dei torrenti Cassiglio e Stabina (A. Anzani, A. Marieni, CSBA snc, 2008. *Progetto di gestione invaso di Cassiglio (BG). Indagini idrobiologiche torrente Cassiglio e torrente Stabina*), permettono di classificare rispettivamente il Cassiglio di tipo C e lo Stabina di tipo B. Per entrambe le tipologie, vista la durata della fase 2 stimata in circa 2,5 ore, i valori di concentrazione massima di riferimento, previsti dalla norma, sono abbondantemente rispettati dal modello previsionale.

In seguito allo svuotamento (dalle 2,5 ore in poi) si ha solamente il ruscellamento delle acque provenienti dal torrente Cassiglio e dal torrente canale dei Faggi, responsabile di un trasporto solido residuo, che continua anche oltre lo svuotamento dell'invaso. La media della concentrazione valutata dopo il termine dello svuotamento (tra le 2,5 e le 10 ore dopo l'apertura dello scarico di fondo) è pari a 7,1 g/l.

Considerando che tali valori di concentrazione media sono stati calcolati utilizzando un modello previsionale a favore di sicurezza (sovrastima del trasporto solido) e che si riferiscono alle acque in uscita dall'invaso non ancora confluite nello Stabina, è coerente ritenere che si possa configurare uno scenario più

cautelativo di quello del 2013 e conseguentemente appare ragionevole identificare il limite dell'area d'influenza nella stazione sullo Stabina, posta a valle della confluenza con il Cassiglio, già individuata nello svaso del 2013.

È possibile inoltre suggerire quanto segue per minimizzare ulteriormente gli eventuali impatti sull'ecosistema acquatico sotteso dall'invaso:

- coordinare le operazioni di svaso in modo da evitare il periodo riproduttivo dei Salmonidi, specie d'elezione per i corpi idrici interessati, ovvero il periodo invernale. L'ideale sarebbe poter operare nei mesi di maggio-giugno;
- ampliare i tempi di svaso in modo da ridurre la portata e diminuire il trasporto solido.

4.2 Caratterizzazione qualitativa dei corpi idrici compresi nell'area d'influenza

Come argomentato nel precedente paragrafo 4.1 l'area d'influenza per le operazioni di svaso interessa il torrente Cassiglio nel tratto posto a valle dell'invaso fino alla confluenza con lo Stabina, e lo Stabina dalla confluenza con il Cassiglio fino alla stazione di monitoraggio individuata durante lo svaso del 2013, in comune di Cassiglio (BG) (Fig. 4.1).

Per una loro caratterizzazione qualitativa è possibile fare riferimento alle indagini idrobiologiche condotte sia dalla scrivente società nel 2008 (A. Anzani, A. Marieni, Centro Studi Biologia e Ambiente snc, 2008. *Progetto di gestione invaso di Cassiglio (BG). Indagini idrobiologiche torrente Cassiglio e torrente Stabina*) che a quelle, più recenti, condotte dalla società GRAIA nel triennio 2014-2016 (G. Gentili *et al.*, Graia, 2017. *Monitoraggio ecologico dei torrenti Stabina e Cassiglio. Sintesi complessiva dell'attività con particolare dettaglio sul terzo anno (2016) di attività*). In entrambe le occasioni i monitoraggi avevano interessato, per entrambi i corpi idrici, la comunità dei macroinvertebrati bentonici e la caratterizzazione fisico-chimica delle acque, mentre lo studio della comunità ittica e l'applicazione dell'indice di funzionalità fluviale I.F.F. erano stati svolti solo nel 2008. Il monitoraggio più recente, infine, ha aggiunto lo studio delle diatomee consentendo così di avere un quadro informativo estremamente esaustivo sullo stato qualitativo dei corpi idrici.

Al fine della valutazione dello stato qualitativo dei torrenti, si prendono in considerazione i risultati emersi dalle indagini più recenti.

Dal monitoraggio della qualità chimico-fisica e microbiologia delle acque condotto nel triennio 2014-2016, sia il torrente Cassiglio, nel tratto posto a monte della confluenza con lo Stabina, che il torrente Stabina, subito a valle della traversa, hanno sempre conservato un livello qualitativo ottimo (Indice LIMeco, giudizio elevato). Medesimo giudizio di qualità ecologica elevata anche per le diatomee (applicazione indice ICMi).

Relativamente alla comunità macrobentonica, per entrambe le stazioni il giudizio è sempre stato buono (Indice STAR_ICMi).

Analoghi giudizi di qualità ecologica sono emersi presso la stazione di monitoraggio posta sullo Stabina a monte della sua confluenza con il fiume Brembo: qualità delle acque elevata come per le diatomee, giudizio di qualità buona per la comunità macrobentonica.

Ne emerge un quadro generale di elevata qualità dell'intero ecosistema acquatico, con assenza di alterazioni e di fenomeni d'inquinamento in atto.

Per informazioni più puntuali si rimanda alle specifiche relazioni.

Stazione		T. Stabina		T. Cassiglio
Indicatore	Data	STA-01	STA-02	CAS-01
LIMeco	mag-14	elevato	elevato	elevato
	ago-14	elevato	elevato	elevato
	dic-14	elevato	elevato	elevato
	feb-15	elevato	elevato	elevato
	mar-15	elevato	buono	elevato
	giu-15	elevato	elevato	elevato
	set-15	elevato	elevato	elevato
	dic-15	elevato	elevato	elevato
	mar-16	elevato	elevato	elevato
	giu-16	elevato	elevato	elevato
	set-16	elevato	elevato	elevato
	dic-16	elevato	elevato	elevato
ICMi	mag-14	elevato	elevato	elevato
	ago-14	elevato	elevato	elevato
	giu-15	elevato	elevato	elevato
	set-15	buono	elevato	elevato
	giu-16	buono	elevato	elevato
	set-16	elevato	elevato	elevato
STAR_ICMi	mag-14	buono	sufficiente	sufficiente
	ago-14	buono	buono	buono
	dic-14	buono	buono	buono
	mar-15	buono	buono	buono
	giu-15	sufficiente	buono	buono
	set-15	buono	buono	buono
	mar-16	buono	buono	buono
	giu-16	buono	buono	buono
set-16	buono	buono	buono	

Fig. 4.5: Sintesi dei risultati del monitoraggio 2014-2016 (G. Gentili et al., Graia, 2017. *Monitoraggio ecologico dei torrenti Stabina e Cassiglio. Sintesi complessiva dell'attività con particolare dettaglio sul terzo anno (2016) di attività*).

TESTI

- A.A.V.V., 2010. *Piano di Gestione del Bacino Idrografico del Fiume Po*. Autorità di Bacino del Fiume Po.
- A.A.V.V., 2013. *Rapporto annuale 2012. Stato delle acque superficiali. Bacino del fiume Adda e lago di Como*. ARPA Lombardia.
- A.A.V.V., 2014. *Rapporto annuale 2013. Stato delle acque superficiali. Bacino del fiume Adda e lago di Como*. ARPA Lombardia.
- A.A.V.V., 2015. *Rapporto annuale 2014. Stato delle acque superficiali. Bacino del fiume Adda e lago di Como*. ARPA Lombardia.
- A.A.V.V., 2004. *Il processo di interrimento degli invasi: genesi, effetti ed interventi per la tutela dell'ambiente – Volume 4*. Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata – Università degli Studi della Basilicata: parte I e parte II , 127 pp.
- A.A.V.V., 2004. *Qualità delle acque lacustri in Lombardia. Invasi. 1° rapporto OLL 2004*. Regione Lombardia, ARPA Lombardia, Fondazione Lombardia per l'Ambiente, Istituto di Ricerca sulle Acque-CNR, Milano: 351 pp.
- Carta Tecnica Regionale Scala 1:50.000, Fogli B3, B4, C3, C4.
- Carta Tecnica Regionale Scala 1:10.000, Fogli B3e5, B4e1, B4e2, B4e3, B4e4, C3a5, C3b5, C4a1, C4a2, C4a3, C4a4, C4b1, C4b2, C4b3, C4b4.
- Centro Studi Biologia e Ambiente snc, 2005. *Adempimenti normativi secondo quanto previsto dal D.M. 30.06.2004 e dall'art. 40 D.Lgs 152/99 e succ. mod e int. Progetto di gestione dell'Invaso Cassiglio (Comune di Cassiglio – BG)*.
- Centro Studi Biologia e Ambiente snc, 2008. *Progetto di gestione invaso di Cassiglio (BG). Indagini idrobiologiche torrente Cassiglio e torrente Stabina*.
- Documentazione interna Italgen. Dati non pubblicati
- Studio Frosio, 2019. *Progetto di Gestione Invaso di Cassiglio – Piano di Caratterizzazione*
- Studio Frosio, 2019. *Progetto di Gestione Invaso di Cassiglio – Parte Operativa*
- Tonolli V., 1975. *Introduzione allo studio della limnologia*. Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto Italiano di Idrobiologia – Pallanza: 385 pp.

NORMATIVA

- D.Lvo 3 aprile 2006, n.152: Norme in materia ambientale.
- D. M. 8 novembre 2010, n. 260: Criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali.
- DGR 10/5736 Regione Lombardia: Direttive tecniche per la predisposizione, l'approvazione e l'attuazione dei progetti di gestione degli invasi
- D.M. 30 giugno 2004: Criteri per la redazione del progetto di gestione degli invasi, ai sensi dell'Art.40, comma 2, del D.L.vo 11 maggio 1999, n.152, e successive modifiche e integrazioni, nel rispetto degli obiettivi di qualità fissati dal medesimo decreto legislativo.