

## FIUME CHERIO

# AREA DI ESONDAZIONE CONTROLLATA DELLE PIENE DEL FIUME CHERIO DI MOLINO DEI FRATI NEI COMUNI DI TRESORE BALNEARIO E ZANDOBBIO (BG)

BG.E.22.M

## PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

### RELAZIONE GEOLOGICA-IDROGEOLOGICA E CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDAZIONE	VERIFICA
00	PRIMA EMISSIONE	febbraio 2018	Ecogeo S.r.l.	
01				

RUP

Dott. Ing. Marco La Veglia

ATI:

#### MANDATARIO

**RAFFAELLO CATTANEO** | **LANDSCAPE AND ARCHITECTURE**  
 architetto e paesaggista

24069 TRESORE B. (BG) - via S. Ambrogio, 11  
 tel. 035945310, fax 035945310  
 E-Mail studio@architetturaepaesaggio.info

Dott. Arch. RAFFAELLO CATTANEO

#### MANDANTI

**ETATEC**  
**STUDIO PAOLETTI**  
 ETATEC STUDIO PAOLETTI S.r.l.  
 SOCIETA' DI INGEGNERIA



20133 MILANO - via Bassini, 23  
 tel. 0226681264, fax 0226681553  
 E-Mail: etatec@etatec.it

Prof. Ing. ALESSANDRO PAOLETTI  
 Dott. Ing. STEFANO CROCI



24126 BERGAMO - via Montale, 15  
 tel. 035312200  
 E-Mail: ydros@ydros.it

Dott. Ing. GIOVANNI PEZZUCCHI



Archeo Studi  
 Bergamo s.r.l.

24129 BERGAMO - via della Fara, 15  
 tel. 0352816562  
 E-Mail: archeostudi@bg@gmail.com

Dott.ssa MARIAGRAZIA VITALI



**HATTUSAS**  
 consulenze nel vasto campo  
 della geologia e dell'ambiente

24060 CASTELLI CALEPIO (BG) - via Roma, 37  
 tel. 0354425112  
 E-Mail info@hattusas.it

Dott. Geol. FABIO MASSIMO PLEBANI  
 Dott. Geol. ANDREA GRITTI



**ECOGEO s.r.l.**  
 TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE



24122 BERGAMO - Via F.lli Calvi, 2  
 tel. 035271155  
 E-Mail: info@ecogeo.net

Dott. Geol. DIEGO MARSETTI

#### CONSULENTI

Dott. For. STEFANO ENFISSE  
 Dott. Arch. GIOVANNI MAZZA  
 Dott. Nat. GIAMBATTISTA RIVELLINI

NUMERO

A.3.2

SCALA

-



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIAZZETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

## INDICE

1.	PREMESSA.....	2
2.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....	4
3.	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....	10
4.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	13
4.1	STRATIGRAFIA .....	13
4.2	CONTESTO TETTONICO - STRUTTURALE.....	55
4.3	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	60
5.	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO .....	62
5.1	IDROGRAFIA SUPERFICIALE DI ORIGINE NATURALE .....	62
5.2	IDROGRAFIA SUPERFICIALE DI ORIGINE ARTIFICIALE .....	66
6.	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	68
6.1	STRUTTURA IDROGEOLOGICA A SCALA REGIONALE .....	68
6.2	STRUTTURA IDROGEOLOGICA A SCALA LOCALE/DI DETTAGLIO .....	74
6.3	VULNERABILITÀ DELLA FALDA .....	77
6.4	ANDAMENTO DELLA FALDA SUPERFICIALE .....	80
6.5	QUALITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE .....	82
6.6	RISORGIVE .....	83
7.	QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO.....	86
7.1	VINCOLI A CARATTERE GEOLOGICO .....	86
7.2	QUADRO DEL DISSESTO PAI.....	90
7.3	FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO .....	92
7.4	VINCOLI A CARATTERE AMBIENTALE E URBANISTICO .....	96
8.	RILIEVO CON SAPR.....	100
8.1	ACQUISIZIONE DATI .....	101
8.2	RESTITUZIONE DATI .....	103
8.2.1	Ricostruzione modello 3D .....	103
8.2.2	Elaborazione modello 3D .....	104
8.2.3	Ricostruzione Ortofoto .....	107
8.2.4	Ricostruzione DEM .....	108
9.	CARATTERIZZAZIONE TERRENI .....	110
9.1	ATTIVITÀ DI CAMPIONAMENTO .....	110
9.2	PROCEDURE ANALITICHE .....	113
9.3	RISULTATI ANALITICI .....	114

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

## 1. PREMESSA

In seguito all'affidamento del servizio di progettazione di fattibilità tecnico economica dell'intervento (BG-E-22-M) – AREA DI ESONDAZIONE CONTROLLATA DELLE PIENE DEL FIUME CHERIO DI MOLINO DEI FRATI NEI COMUNI DI TRESORE BALNEARIO E ZANDOBBIO (BG) (CUP B64H17000010002 – CIG 69979857E7), si è redatta la presente relazione tecnica inerente lo studio geologico, geomorfologico, idrografico e idrogeologico delle aree interessate.

La presente relazione illustra i risultati emersi a seguito dell'indagine geologica, idrogeologica e ambientale di dettaglio effettuata, in generale, su tutta la tratta di fiume Cherio che insiste sul territorio comunale di Trescore Balneario e Zandobbio, e in particolare su due macro aree (settore Nord e settore Sud):

- il settore Nord (Loc.Calvarola- Via Macina) riguarda la tratta di alveo del fiume Cherio, ed il suo intorno, compreso tra la Strada Provinciale n.89 e la via Calvarola e limitata a Nord dal limite del territorio comunale di Entratico e a Sud dalla Via Macina.
- il settore Sud (Ponte di Via Cherio – Loc.Molino dei Frati), invece, riguarda la tratta di alveo del fiume Cherio e della ampia pianura alluvionale circostante, posta a Sud del ponte di Via Cherio, dalla quale si accede al paese di Zandobbio (nei pressi delle Terme di Trescore), fino al confine comunale di Gorlago (Località Molino dei Frati).

In particolare viene ricostruito il modello geologico delle aree di cui ne vengono evidenziate le principali caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrografiche e idrogeologiche, oltre che il quadro di riferimento programmatico di riferimento in ambito sia urbanistico sia geologico.

Inoltre, ai fini della progettazione degli interventi in questione si è resa necessaria un'attività di rilevamento con mezzi SAPR che ha reso possibile la restituzione di un Modello Digitale del Terreno (DTM) e di fotografie aeree dei luoghi aggiornate.



A.T.P.						Consulenti		
			 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS consultori nel vasto campo della gestione e dell'ambiente	 ECOGEO s.r.l. TECNICHE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

Infine si è ritenuto utile effettuare una prima caratterizzazione ambientale di massima dei terreni superficiali, quelli cioè che avranno un'interferenza diretta con le operazioni di scavo e rimodellamento.

In particolare sono stati raccolti N.4 campioni di terreni secondo quanto prescritto dalla norma UNI 10802:2013 i quali sono stati poi sottoposti a delle procedure di caratterizzazione ambientale secondo quanto specificato nell'Allegato IV del D.P.R. del 13.06.2017 n.120

Per la stesura della presente relazione sono stati considerati una serie di altri studi effettuati sul territorio oggetto della presente indagine negli anni passati.

In particolare si fa riferimento a:

- studio geologico a supporto del Piano di Governo del Territorio del comune di Trescore Balneario (GRIMALDI – 2012);
- studio geologico a supporto del Piano di Governo del Territorio del comune di Zandobbio (LOCATI – 2013);
- Progetto di accompagnamento a supporto del processo di revisione del Piano di Tutela delle Acque (Éupolis, 2015);
- altre pubblicazioni citate in seguito.

**Si fa presente, infine, che il professionista incaricato conserva i diritti d'autore sul lavoro presentato, elaborati cartografici compresi e che la committenza può utilizzare gli stessi una sola volta e soltanto per lo specifico fine per il quale essi sono stati eseguiti.**

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulting nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

## 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto del presente studio geologico di supporto al progetto per la realizzazione dell'Area di esondazione controllata delle piene del fiume Cherio di Molino dei Frati in comune di Trescore Balneario (BG) (BG-E-22-M) è rappresentata da un tratto del fiume Cherio posto a cavallo tra i territori comunali di Trescore Balneario (BG) e Zandobbio (BG), come riportato in **Figura 1** e **Figura 2**.

In generale i territori comunali di Trescore Balneario e di Zandobbio si collocano nella porzione orientale della Provincia di Bergamo, immediatamente a ridosso dei primi rilievi collinari del sistema prealpino bergamasco. Più in particolare si ubicano nel comparto geografico della Val Cavallina posto a sud rispetto al lago d'Endine, laddove scorre il fiume Cherio, affluente sinistro dell'Oglio.

Per quanto concerne il territorio comunale di Trescore Balneario, esso risulta avere un'estensione superficiale di 13,31 km<sup>2</sup> e una popolazione al 31 dicembre 2011 pari a 9.685 abitanti.

La quota minima riscontrabile sul territorio comunale è di 240 m sul livello del mare, mentre la quota massima è di 865 m s.l.m., con un'escursione quindi di 625 m.

Il nucleo originario del centro abitato è situato a ridosso della S.S. 42, in posizione prettamente pedemontana, nella zona quindi dove le quote iniziano ad elevarsi anche con gradienti abbastanza importanti, per dare inizio al sistema prealpino orobico.

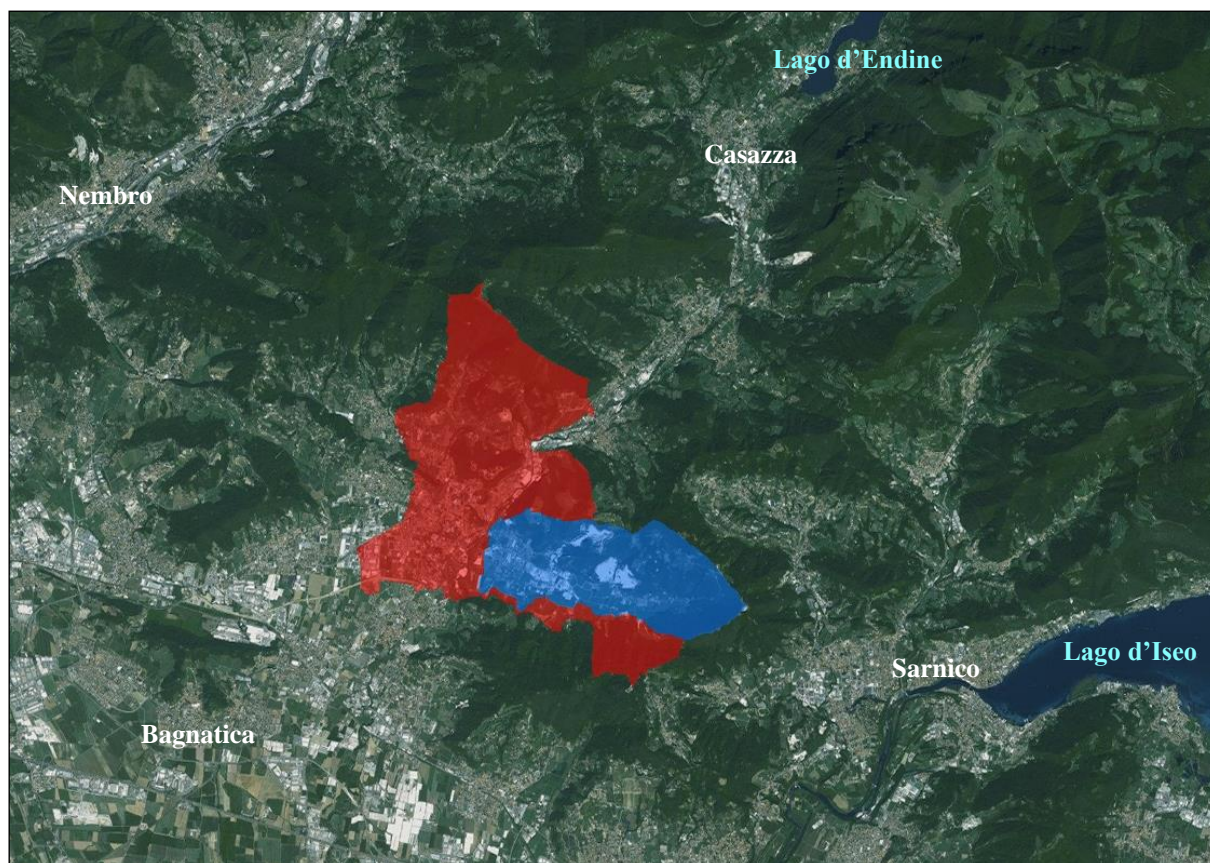
Il comune di Trescore Balneario confina con i territori comunali di Entratico, Zandobbio, Credaro, Gandosso, Carobbio degli Angeli, Gorlago, San Paolo d'Argon, Cenate Sotto, Cenate Sopra, Albino, e Luzzana.

Inoltre, per quanto concerne il territorio comunale di Zandobbio, esso risulta avere un'estensione superficiale di 6,46 km<sup>2</sup>. Esso si estende su una superficie piana che si sviluppa da ovest ad est quasi a forma ellissoidale ed è racchiusa a nord dal crinale monte Grena - monte Segà, a est dal monte San Giovanni delle Formiche, a sud dal crinale del monte Ingannolo, e, solo in brevi tratti, dal tracciato del torrente Malmera e del Rio Sei.

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>4dros</b> Ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulting nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

La piana alluvionale di Zandobbio ha quote comprese tra i 240 ed i 250 m slm mentre il monte più alto è il monte Sega che raggiunge si sviluppa sino a quota 717 m slm.

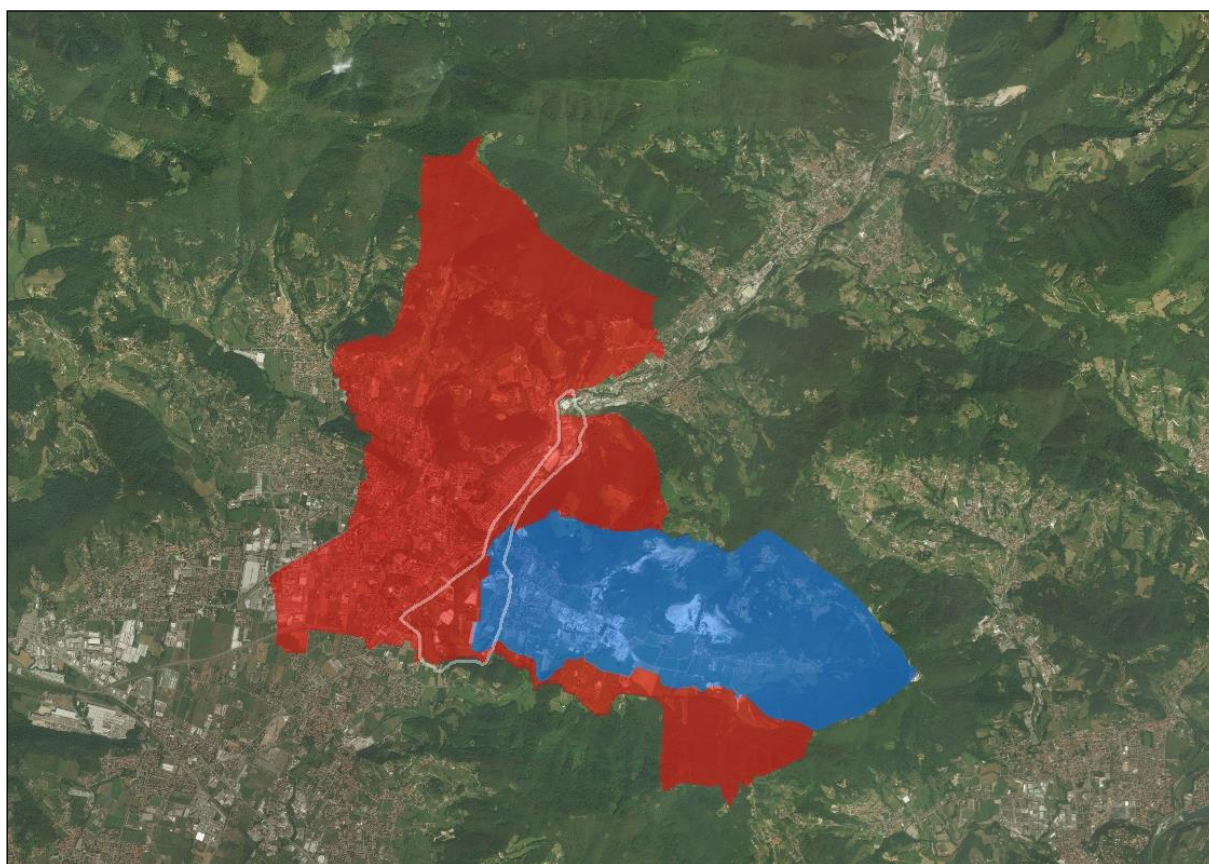
Dal punto di vista strettamente amministrativo il comune di Zandobbio confina con i territori comunali di Entratico, Foresto Sparso, Villongo, Credaro e Trescore Balneario.



**Figura 1 - Ubicazione su ortofoto dei territori comunali di Trescore Balneario (rosso) e di Zandobbio (blu)**



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ldros</b> Ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulting nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>



**Figura 2 – Dettaglio dell'ubicazione su base ortofoto dell'area oggetto di studio (in bianco); in rosso è indicato il territorio comunale di Trescore Balneario e in blu quello di Zandobbio.**

In particolare, come ben si può notare dalla **Figura 3**, l'area di studio è rappresentata da un tratto del fiume Cherio situato tra i centri abitati di Trescore Balneario e Zandobbio e appena a N della confluenza dei torrenti Tadone e Malmera nel più importante fiume Cherio.

Le quote di riferimento nell'area d'interesse, desunte dall'analisi della Carta Tecnica Regionale, variano da un valore massimo di 265 m s.l.m. circa, individuato nella porzione più settentrionale dell'area oggetto di studio, ad un valore minimo di circa 240 m s.l.m più a sud.



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PNOLETTI	 <b>ydros</b> Ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulting nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>



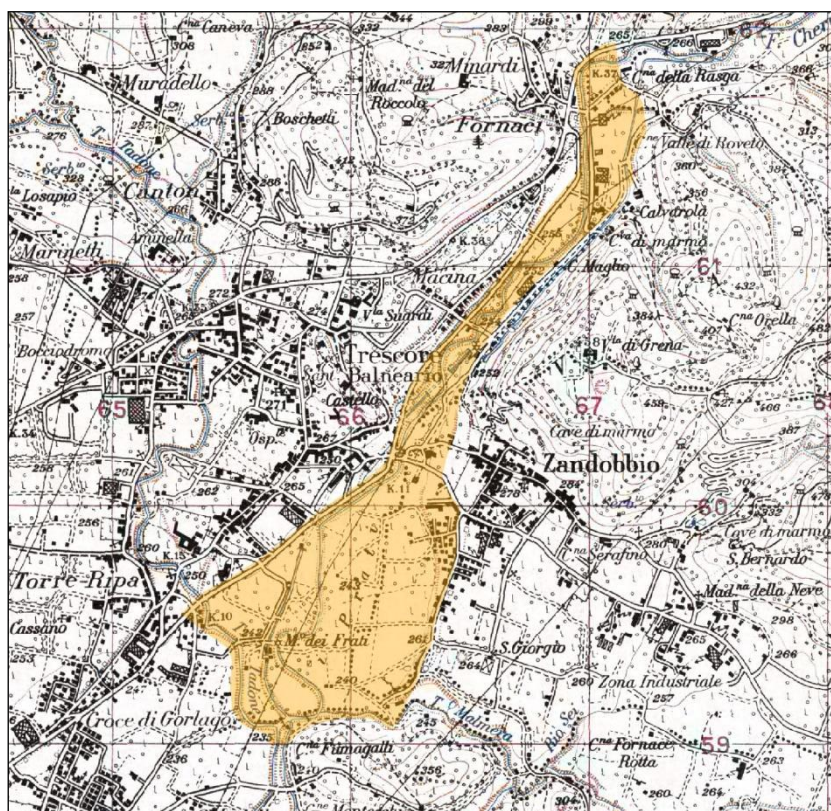
**Figura 3 – Ubicazione su base ortofoto dell'area oggetto di studio (arancio)**



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ldros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulting nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

Per quanto concerne le basi cartografiche di riferimento, l'area oggetto di studio ricade nelle seguenti sezioni:

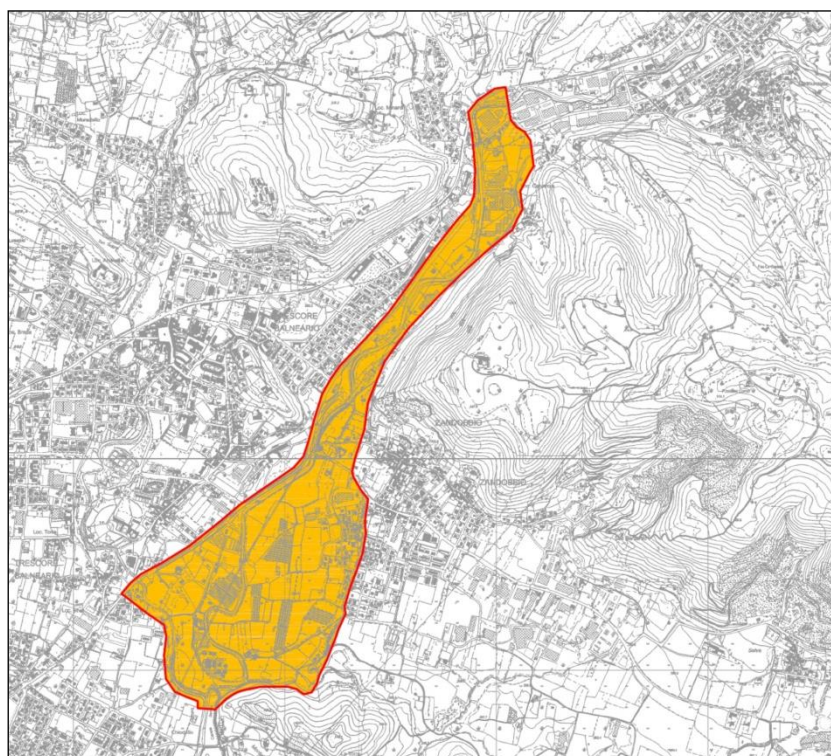
- su base IGM – Tavole serie 25v - **Figura 4**  
(F° 033 II S.E. – Trescore Balneario; F° 033 II S.O. – Alzano Maggiore);
- su base CTR - **Figura 5**  
(Sezione C5c2– Alzano Lombardo; C5c3 – Seriate; C5d2 – Trescore Balneario; C5d3 – Chiuduno);
- su base aerofotogrammetrica della Comunità Montana Valcavallina (1996) - **Figura 6**.



**Figura 4 – Ubicazione su base IGM dell'area oggetto di studio (in arancio)**



RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	ETATEC STUDIO PIAZZETTI	ydros Ingegneria	Archeo Studi Bergamo s.r.l.	HATTUSAS consulting nel vasto campo della gestione e dell'ambiente	ECOGEO s.r.l. TECNICHE AGRO AMBIENTALI INTEGRATE	Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi
--	----------------------------	---------------------	--------------------------------	--	---	---	----------------------------------	----------------------------------



**Figura 5 – Ubicazione su base CTR dell'area oggetto di studio (in arancio)**



**Figura 6 – Ubicazione su base aerofotogrammetrica comunale dell'area oggetto di studio (in arancio)**

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNICHE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

### 3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area oggetto di studio s'inquadra nel ambito geografico della Bassa Val Cavallina, appena a SW rispetto al Lago d'Endine e nel comparto geografico situato a N della confluenza dei torrenti Tadone e Malmera nel più importante Fiume Cherio.

La posizione della Val Cavallina, con la sua testata ampiamente dentro la fascia prealpina e a quote molto basse, è assai particolare, e questo ne ha condizionato il modellamento.

Durante le fasi fredde del Quaternario, infatti, essa non ha mai potuto sviluppare un ghiacciaio suo proprio; il valico che la mette in comunicazione con lo sbocco della limitrofa Val Borlezza nella Valcamonica è però a quota ben inferiore rispetto a quelle ripetutamente raggiunte dal grande ghiacciaio camuno, che in quest'area si attestava, durante le successive espansioni, fra i 400 e i 1200 m s.l.m.

Ciò ha reso possibile che una diffluenza laterale del ghiacciaio stesso scendesse lungo questa direttrice, occupando ripetutamente la valle del Cherio sino quasi allo sbocco in pianura.

Depositi glaciali delle fasi più antiche si ritrovano sino all'altezza di Entratico, mentre piccoli cordoni morenici laterali di varia età sono conservati lungo i versanti (Supersintema della Colma del Piano). Durante l'ultimo massimo glaciale (LGM), invece, la fronte della diffluenza camuna si attestava attorno ai 370 m a monte di Endine Gaiano, senza quasi lambire quindi la sella spartiacque.

Nelle fasi più antiche, i depositi fluvioglaciali hanno contribuito ad alimentare la sedimentazione alluvionale locale del fondovalle, dando ai conglomerati della Valle Cavallina una caratteristica impronta "camuna", con presenza di silicoclasti del basamento e della successione permiana non affioranti entro il suo bacino; mancando però qualsiasi correlazione diretta tra depositi glaciali e fluvioglaciali ad essi relativi, tutti i conglomerati alluvionali sono stati cartografati entro il supersintema del Cherio, senza ulteriori distinzioni.

Anche dall'analisi della cartografia di base del PGT di Trescore Balneario, riportata in stralcio in **Figura 7**, si può intuire come la dinamica geomorfologica che ne ha modellato il territorio comunale sia legata all'azione talora concomitante di più fattori morfogenetici: dalla dinamica alluvionale antica e recente, a quella glaciale.



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PINOLETTI	 <b>Idros</b> Ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consultoria nel vasto campo della gestione e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNICHE AGRO-AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

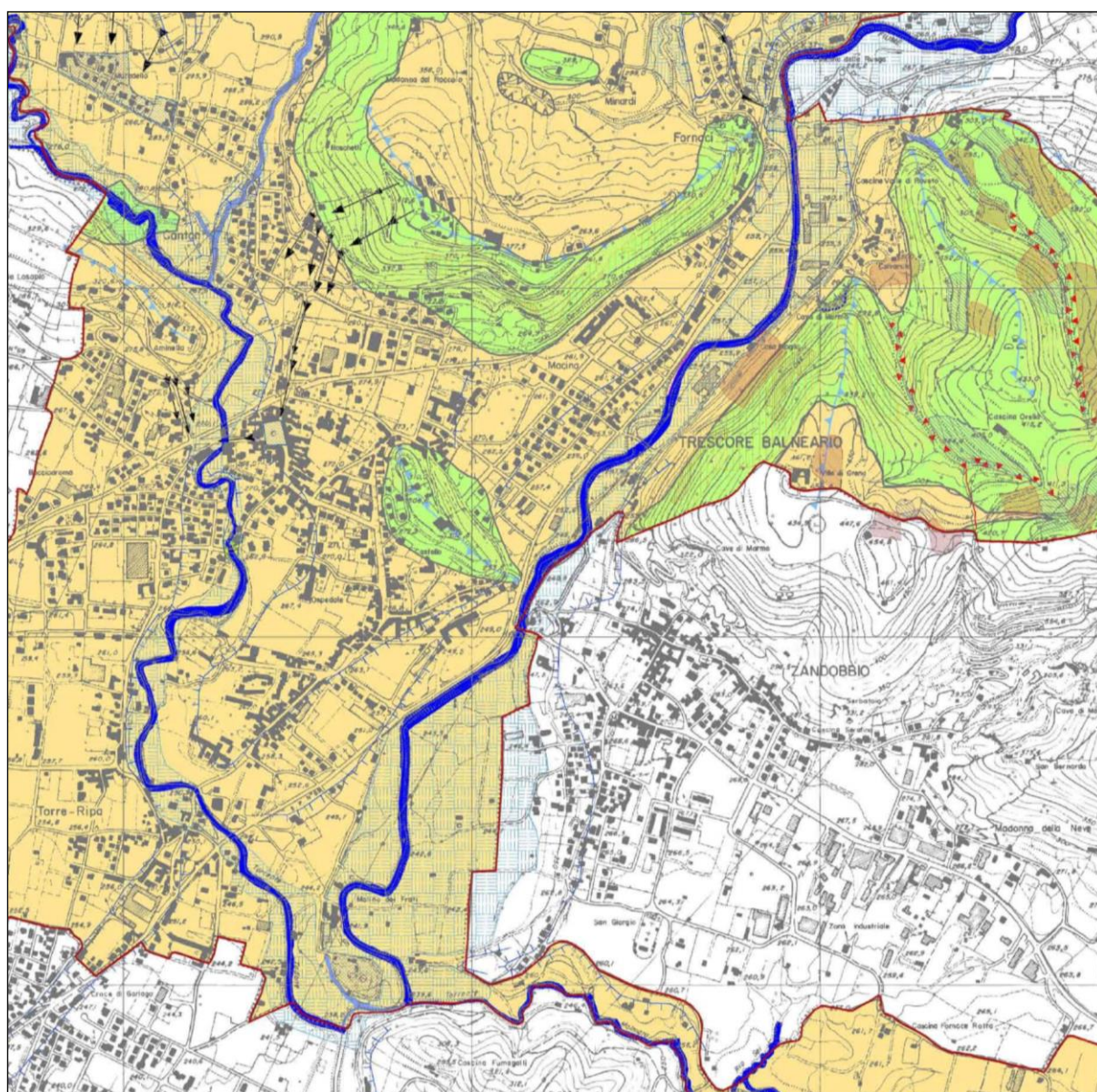
Inoltre, nel dettaglio dell'area oggetto di studio, vista la sua collocazione geografica nelle pianure alluvionali del fiume Cherio, del torrente Tadone e del torrente Malmera dove l'andamento di tali corpi idrici è prevalentemente meandriforme, viene segnalata la presenza di zone di ristagno idrico o di esondazione.

Sempre legate alla presenza dei corsi d'acqua, principali e secondari, si riscontra anche la presenza diffusa di forme terrazzate, dovute a cicli successivi di deposizione ed erosione: i terrazzamenti maggiormente evidenti sono quelli del fiume Cherio, soprattutto in sponda destra dove è ben evidente il dislivello topografico tra il centro abitato e la Via Gramsci.

L'impronta antropica che spesso condiziona la morfologia naturale del terreno può essere valutata in questo caso come considerevole.

Il riscontro dell'esistenza di tale condizionamento è testimoniato sia dall'intensa urbanizzazione del fondovalle cavallino, sia dalla presenza di attività agricole di coltivazione in serra che hanno colonizzato in modo particolare l'area di espansione in sinistra idrografica del fiume Cherio, sia dalla presenza di alcuni siti estrattivi cessati e in corso di utilizzo.

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PNOLETTI	 <b>ldros</b> Ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>



#### LEGENDA

	ALVEO IN SOVRALLUVIONAMENTO		SUBSTRATO ROCCIOSO		FRANA NON FEDELMENTE CARTOGRAFABILE (QUIESCENTE)
	RUSCELLAMENTO CONCENTRATO		TERRENI SCIOLTI		AREA INTERESSATA DA SOLIFLUSSO (O CREEP)
	ZONA CON POSSIBILI FENOMENI DI RISTAGNO		SPONDE IN EROSIONE		AREA INTERESSATA DA SPROFONDAMENTO (CARSIISMO)
	OPERE DI REGIMAZIONE IDRALICA E/O DIFESA SPONDALE		CRESTE ROCCIOSE E/O CUCCUZZOLI (APPUNTITE E ARROTONDATE)		ORLI DI TERRAZZO
	SEZIONI DI DEFUSSO INSUFFICIENTI CONSEQUENTI FENOMENI DI ESONDAZIONE		AREE A FRANGOSITA' DIFFUSA (FRANA POTENZIALE)		PENDENZA COMPRESA TRA 20° E 35°
	CONOIDE DETRITICO TORRENTIZIO (O MISTO)		FRANA QUIESCENTE		PENDENZA COMPRESA TRA 35° E 45°
					PENDENZA MAGGIORE DI 45°

**Figura 7 - Stralcio della Carta Geomorfologica del PGT del comune di Trescore Balneario (GRIMALDI – 2012); indicata in rosso l'area oggetto di studio**

A.T.P.						Consulenti		
			 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS consultori nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 ECOGEO s.r.l. TECNICHE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

## 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

### 4.1 STRATIGRAFIA

L'area oggetto di studio s'inquadra nel contesto della Bassa Val Cavallina laddove affiorano le rocce carbonatiche della successione giurassico-cretacica del bacino lombardo ricoperte localmente dai depositi sciolti quaternari di varia origine (depositi di versante, alluvionali, glaciali, ecc...).

Secondo quanto riportato nelle note illustrative del foglio 098 (Bergamo) della Carta Geologica d'Italia del Nuovo Progetto CARG redatta in scala 1:50.000 e riportata in stralcio in **Figura 9**, la frammentazione della piattaforma regionale (Dolomia a Conchodon, oggi rinominata formazione dell'Albenza) durante la principale fase di rifting liassico, determina la nuova configurazione del Bacino Lombardo come sequenza di semigraben asimmetrici delimitati da faglie normali sinsedimentarie attualmente a direzione meridiana, e da faglie di trasferimento ad esse oblique (GAETANI – 1975; WINTERER & BOSELLINI – 1981; SARTI et alii – 1992; BERTOTTI et alii – 1993).

I sottobacini, ricostruibili attraverso l'integrazione dei dati di superficie e di sottosuolo, si configurano come solchi ampi 5 – 10 km in direzione ortogonale alle faglie normali e di dimensioni longitudinali plurichilometriche. Le successioni liassiche riflettono questa articolazione indicando una prima fase di approfondimento nell'ambito di un ciclo trasgressivo – regressivo completo (Calcare di Sedrina, GAETANI – 1970; Sequenza H di GAETANI et alii – 1998), seguito dalla deposizione di prismi cuneiformi, asimmetrici, di torbiditi carbonatiche intrabacinali e di pelagiti/emipelagiti, rappresentate dal Gruppo del Medolo. Una riorganizzazione generale del Bacino Lombardo si manifesta a partire dal Toarciano e precede la fase di approfondimento per subsidenza regionale. Tra il Toarciano e il Bathoniano, si estende il bacino di deposizione delle torbiditi calcaree della formazione di Concesio (BERSEZIO et alii – 1996), che si sviluppa tra l'alto strutturale del Monte del Cavallo (CASATI & GAETANI – 1968) e i margini dell'alto strutturale di Botticino (CASSINIS – 1968).

I sedimenti pelagici siliceo-argillosi del Selcifero Lombardo si drappeggiano sulla paleotopografia già in parte smussata dai potenti corpi risedimentati. La transizione verso una



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

lunga fase di sedimentazione bacinale pelagica, calcarea, con black shale (BERSEZIO et alii – 2002) è accompagnata dalle fasi iniziali di ristrutturazione crostale dell'intero Bacino Lombardo, durante il Cretacico inferiore. I lineamenti distensivi meridiani perdono definitivamente la propria evidenza in questa fase (BERSEZIO – 1993). A partire dall'Aptiano, il Bacino Lombardo assume la geometria di un solco asimmetrico - attualmente diretto circa E-W - con il margine settentrionale più ripido e attivo di quello meridionale che invece è caratterizzato nel sottosuolo da successioni pelagiche ridotte e lacunose, delimitate da strutture distensive E-W (Malossa, ERRICO et alii – 1979). Il margine orientale è un'ampia e articolata zona, caratterizzata da troncature e discontinuità, parzialmente esposta al M. S. Onofrio, al limite E del Foglio 098-Bergamo (BERSEZIO & MENSINI, 1992).

In questo solco si raccolgono i flysch del Cretacico superiore con spessori complessivi di circa 3000 m (VENZO – 1954; AUBOUIN et alii – 1970; GELATI et alii – 1982; BICHSEL & HAERING – 1981), alimentati dal primo smantellamento di falde Austro e Sudalpine, in concomitanza con le fasi tetto-genetiche eoalpine nelle Alpi Meridionali (DOGLIONI & BOSELLINI – 1987; BERSEZIO & FORNACIARI – 1987).

Il Bacino Lombardo viene così a configurarsi come bacino di avampaese rispetto alla porzione retrovergente della catena alpina (BERSEZIO et alii – 1993) che grava sulla crosta apula, flettendola e determinando la crescita di un rialzo periferico individuabile nell'area di Malossa.

In particolare, il comparto geografico in cui s'inserisce l'area di studio è caratterizzato dalla presenza delle seguenti unità del substrato roccioso :

- Dolomia di Zandobbio (ZAN);
- Calcare di Moltrasio (MOT);
- Calcare di Domaro (DOM);
- Sass de la Luna (SDL);
- Formazione di Sorisole (FSE<sub>a</sub>/FSE<sub>b</sub>);
- Flysch di Colle Cedrina (CDB);
- Flysch di Pontida (PTD).

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIVOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

## DOLOMIA DI ZANDOBBIO (ZAN)

Sinonimi. Nell'area di Zandobbio – Trescore Balneario, in corrispondenza di un'ampia culminazione dell'anticlinale regionale di Bergamo-Zandobbio (GAETANI et alii – 1981; BERSEZIO et alii – 1990), emerge una successione di carbonati giurassici, interamente circondata in affioramento dalle unità clastiche cretache e quindi isolata fisicamente dalle formazioni coeve. La successione è tipica di un contesto di paleoalto strutturale giurassico, da tempo noto come Alto di Zandobbio (GAETANI – 1975; BERSEZIO & CALCAGNI – 1994), di cui è preservata e esposta una porzione del margine settentrionale. L'alto si sviluppa frammentando un corpo di carbonati dolomitizzati di mare basso tradizionalmente noti come dolomia di Zandobbio, pietra di Zandobbio o calcare di Zandobbio (CARIMATI et alii – 1980), del tutto verosimilmente correlabile con la formazione dell'Albenza e con il Calcare di Sedrina, in facies dolomitizzata tardivamente. Nel sottosuolo i pozzi ENI (Cascina Riviera presso Trescore Balneario e vari altri) perforano successioni liassiche dolomitiche attribuite alla dolomia di Zandobbio e messe in relazione con le unità già citate ma anche con la parte inferiore dei prismi di pelagiti e torbiditi calcaree del Medolo l.s.. In affioramento queste unità sono solo localmente dolomitizzate e il limite con la dolomia di Zandobbio è agevolmente identificabile. Si è pertanto ritenuto di conservare l'identità di questa unità stratigrafica tradizionale, con la denominazione di dolomia di Zandobbio, la più rispondente alla litologia dominante.

Caratteri litologici di terreno. La dolomia di Zandobbio comprende tre litozone (BERSEZIO & CALCAGNI – 1994), non cartografate separatamente nel presente lavoro:

- a) dolomie bianche o rosate in banchi e strati spessi, alternati ad intervalli a stratificazione sottile. Questa litozona costituisce l'80% della successione e comprende: dolomicriti a fantasmi di peloidi, crinoidi, bivalvi, echinodermi, frequentemente ricristallizzate a grana grossolana; doloareniti a laminazione obliqua concava a piccola e media scala, con ooidi, peloidi, bioclasti; breccie intraformazionali con cavità riempite da cementi e fenestrae; rari livelli di calcari micritici solo parzialmente dolomitizzati, con foraminiferi, brachiopodi, bivalvi,

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIVOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulting nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

ostracodi. L'associazione di facies prevede lo sviluppo di sequenze ripetitive di dolomicriti e brecce, con o senza doloareniti intercalate;

- b) calcareniti oolitico-peloidali bianche o grigie a noduli di selce, in strati medi e spessi, cuneiformi, dolomitizzate e silicizzate, con laminazioni oblique concave a grande o piccola scala, a luoghi ricche in echinodermi, crinoidi, brachiopodi, bivalvi, gasteropodi;
- c) dolomicriti grigio-chiare o rosate, a stratificazione sottile, planare o ondulata, con sottili intercalazioni pelitiche grigie o rosate. All'interno del corpo dolomitico principale si sviluppano filoni sedimentari discordanti o strato-concordanti, decametrici, costituiti da corpi di brecce dolomitiche intraformazionali, associate a brecciatura in situ delle salbande. Questi filoni, sviluppati durante lo smembramento estensionale della piattaforma, sono cartografati insieme alla dolomia di Zandobbio, dalla quale sono spesso indistinguibili per la dolomitizzazione e per il carattere intraformazionale delle brecce.

Dati di laboratorio. Le microfacies della dolomia di Zandobbio sono pressoché sempre dolomitizzate, con dolomite limpida a mosaico ipidiotopico. Si riconoscono originari mudstone a peloidi; wackestone e packstone ad ooidi, peloidi, foraminiferi, echinodermi e crinoidi, bivalvi, ostracodi; grainstone oolitici a crinoidi. Nella litozona b) la silicizzazione - talora riconoscibile come pre-dolomitica - è ubiquitariamente diffusa.

Rapporti stratigrafici. La base dell'unità non è presente nell'area. Perforazioni e affioramenti urbani non più reperibili suggeriscono la presenza del Calcere di Zu non oltre qualche decina di metri sotto la base degli affioramenti della dolomia di Zandobbio. A tetto si sviluppa una discontinuità stratigrafica per mezzo della quale si passa dall'appoggio del calcare di Moltrasio sulla litozona c) (Trescore, Entratico), all'appoggio discordante di una successione toarciano-titoniana ridotta e condensata direttamente sulle litozone a) o b) (Selva di Zandobbio) fino alla troncatura più profonda con appoggio dei conglomerati titoniani direttamente sulla litozona a) (Buca del Corno).

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

**Fossili.** La dolomia di Zandobbio presenta associazioni a bivalvi, brachiopodi, echinodermi, crinoidi, ostracodi e foraminiferi, pressoché sempre indeterminabili a causa della dolomitizzazione. La ricca associazione tipica della litozona b) induce a correlare questo intervallo con la porzione regressiva sommitale del Calcare di Sedrina (GAETANI – 1970). Attribuzione cronologica. In base alla correlazione tra litozona b) e corpi sommitali del Calcare di Sedrina, e alla segnalazione di affioramenti del Calcare di Zu alla base dell'unità, si ritiene possibile attribuire la dolomia di Zandobbio all'Hettangiano. Non si può escludere un'età sinemuriana per la litozona silicizzata sommitale c), che è localmente coperta dal calcare di Moltrasio, qui datato al Sinemuriano–Pliensbachiano (BERSEZIO & CALCAGNI – 1994).

**Ambiente deposizionale.** La dolomia di Zandobbio rappresenta una successione di piattaforma carbonatica in condizioni tidali (litozona a), che evolve verso una successione di piattaforma esterna-rampa (sommità della litozona a) coperta da un intervallo regressivo con barre oolitiche (litozona b). L'annegamento della piattaforma è segnalato dallo sviluppo, forse già sinemuriano, della litozona c), di rampa carbonatica.

**Dominio paleogeografico di appartenenza.** La dolomia di Zandobbio appartiene al dominio di sviluppo delle piattaforme carbonatiche hettangiane (formazione dell'Albenza – Corna – Calcare di Sedrina) di cui riassume l'evoluzione in cicli trasgressivo-regressivi seguiti dall'annegamento sinemuriano. Nell'area di Zandobbio essa appartiene al margine settentrionale di un alto strutturale, che si sviluppa, frammentandola, tra il Sinemuriano e il Titoniano.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

## CALCARE DI MOLTRASIO (MOT)

Sinonimi. Il calcare di Moltrasio è un'unità stratigrafica informale la cui denominazione si deve a STOPPANI (1857) con il nome di “pietra di Moltrasio”. Essa corrisponde lateralmente a parte del Lombardische Kieselkalk affiorante nel Bacino del Monte Generoso (BERNOULLI – 1964) e a parte del calcare di Gardone Val Trompia (PARONA – 1897) che occupa la maggior parte del Foglio 099-Iseo ad E del Sebino. VECCHIA (1948 – 1949) include questa unità nella Formazione Clastica del Lago d'Iseo, denominazione poi non riutilizzata nella cartografia geologica ufficiale. In effetti nel Foglio 33-Bergamo alla scala 1:100.000 (SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA – 1954) l'unità compare classificata su base cronostratigrafica come “Sinemuriano”, nel Foglio 34-Breno (SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA – 1970) essa è definita come “calcare di Gardone Val Trompia - calcare di Moltrasio” (BIANCHI et alii – 1971); BONI & CASSINIS (1973) mantengono la denominazione di calcare di Gardone Val Trompia ad E del Sebino e di calcare di Moltrasio per gli affioramenti ad W dello stesso, così come è stato scelto da JADOUL et alii (2000) e da BERSEZIO et alii (1997). Questi ultimi associano alla formazione un'unità informale, riconosciuta dall'Albenza alla Val Cavallina, denominata “*Liassic Breccias (LB)*”, comprendente i principali corpi risedimentati in massa (brecce, paraconglomerati intraformazionali) ma anche alcuni limitati corpi di calcari microcristallini massivi associati a dolomie molto grossolane, che si collocano stratigraficamente interposti tra Calcare di Sadrina e calcare di Moltrasio, o si intercalano nella porzione inferiore di quest'ultimo. Queste unità nel Foglio 098-Bergamo vengono a costituire una litozona del calcare di Moltrasio (**MOT<sub>a</sub>**).

Caratteri litologici di terreno. Il calcare di Moltrasio è costituito complessivamente dall'associazione di 5 litozone, sovrapposte verticalmente o giustapposte lateralmente. Le litozone 1 e 2 nel foglio 098 sono cartografate con la denominazione di brecce liassiche (MOT<sub>a</sub>), le litozone 3, 4 e 5 costituiscono la parte principale dei diversi prismi sedimentari in cui si articola la formazione, cartografate complessivamente con la sigla MOT.

Ogni litozona è caratterizzata da una specifica associazione di litofacies, riassumibile



A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

sinteticamente come segue:

**Brecce liassiche (MOTa) Litozona 1** (unità LB p.p. in BERSEZIO et alii – 1997).

La litozona comprende corpi di breccia e megabreccia a supporto clastico, o di ortoconglomerato, con clasti di provenienza locale (Retico- Hettangiano) e intraclasti, talora non del tutto litificati. In alcuni casi le brecce hanno matrice interstiziale argillitica, di colore rosso (Grone); altrove (M. Poieto) le brecce sono intensamente silicizzate. A queste brecce si associano paraconglomerati intraformazionali a matrice micritica, calciruditi gradate in strati spessi, lenticolari e calcari selciferi microcristallini a crinoidi, bivalvi e altri bioclasti. Spesso i corpi di breccia riempiono tasche lenticolari. In alcuni casi costituiscono filoncelli sedimentari, inseriti nelle sottostanti formazioni retico-hettangiane.

**Brecce liassiche (MOTa) Litozona 2** (unità LB p.p. in BERSEZIO et alii – 1997) -

L'associazione di litofacies comprende calcari micritici e calcilutiti grigio-nocciola o rosate, prive di stratificazione, in corpi di spessore plurimetrico, talora ricchi di fossili e bioclasti, tra cui bivalvi, gasteropodi, brachiopodi, ammonoidi, crinoidi, echinodermi, poriferi. A queste si associano dolomie cristalline a grana grossa, massive o stratificate, localmente fossilifere (bivalvi) con passaggi gradualmente verticali o laterali.

**Litozona 3 (MOT) – Calcari marnosi e spongolitici** (comprendente le litozone 1 e 2 di JADOUL & DONISELLI, 1987). Questa litozona comprende calcari micritici e/o microcristallini, selciferi e spongolitici, grigio-scuri o neri, in strati sottili e medi, piano-paralleli o ondulati a piccola scala, con grandi bioturbazioni, associati a marne o marne argillose, grigie, in strati sottili e molto sottili, omogenei o laminati, talora molto ricchi di C organico. Sporadicamente in questa litozona possono comparire calcisiltiti gradate e laminate o slump di limitate dimensioni. Quasi ovunque i primi metri della litozona sono ricchissimi di selce nera in grandi noduli e liste, o diffusamente silicizzati. Questa silicizzazione costituisce un evento correlabile alla scala del foglio, in modo confrontabile a quanto avviene per il marker siliceo sommitale del Calcare di Sedrina.

**Litozona 4 (MOT) - Calcarenitico-marnosa.** Essa si caratterizza per la maggior frequenza degli strati risedimentati, costituiti da calciruditi, calcareniti e calcisiltiti, marnose, in strati di spessore variabile, da sottili a spessi, piano-paralleli, gradati e

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PNOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

laminati, associati a slump calcareomarnosi, con pieghe singenetiche e noduli di selce fluitata e rari paraconglomerati intraformazionali. Le litofacies risedimentate si associano a subordinati livelli di calcari micritici e/o microcristallini, selciferi e spongolitici, con interstrati di marne o marne argillose, grigie.

**Litozona 5 (MOT) – Calcari selciferi microcristallini.** Questa litozona caratterizza le successioni meno potenti del calcare di Moltrasio, comprendendo principalmente calcilutiti grigie parzialmente silicizzate, con noduli di selce talora concentrati e comunque molto abbondanti, a luoghi ricche di bioclasti (bivalvi a guscio sottile, crinoidi); a queste si associano interstrati molto sottili di marna argillosa.

Nelle successioni complete ove si raggiungono gli spessori massimi, il calcare di Moltrasio è costituito dalla sovrapposizione delle litozone 3 e 4. Questo è tipico dell'intera area che si sviluppa ad E del fiume Cherio e a N dell'allineamento Berzo San Fermo - Adrara S. Rocco - M. Bronzone. A S di questo allineamento, nella zona del Corno Buco - Valle del Duogo, il calcare di Moltrasio, estremamente ridotto in spessore, è interamente costituito dalla litozona 5 che sostituisce lateralmente le litozone 3 e 4 cui si deve l'apertura a ventaglio della formazione verso E, nella valle di Vigolo nell'adiacente Foglio 099-Iseo. Analoga relazione si realizza verso W, ove già presso Grone entrambe le litozone 3 e 4 si assottigliano gradualmente, passando all'associazione delle litozone 1 (MOTa) e 5. Questa associazione caratterizza l'intero settore Grone - M. Pranzà, ad W del quale, tra Costa Misma e il M. Misma, il calcare di Moltrasio è rappresentato prevalentemente dalle brecce della litozona 1, discordanti su differenti unità di substrato retico-hettangiano. L'associazione prevalente delle litozone 3 e 4 si riapre gradualmente a ventaglio solo a partire dal versante nord-occidentale del M. Misma, e da qui fino a Pradalunga. Questa successione caratterizza anche gli affioramenti del Graben di Selvino, dove però alla base della formazione è presente un corpo lenticolare appartenente alla litozona 2 delle brecce liassiche (MOTa), mentre ad W degli stessi, a M. Poieto, alla base della litozona 4 è presente un corpo di brecce che riciclano il sottostante Calcare di Sedrina. Una successione analoga caratterizza gli affioramenti esposti lungo la Flessura Pedemontana, tra Albino e Lonno, ove le brecce liassiche della litozona 1 (MOTa) sono seguite stratigraficamente verso l'alto da calcari marnosi risedimentati della litozona 4. Tra Lonno e Olera - M. Campanua, la litozona 4 si chiude

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIVOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

completamente ed all'interno delle breccie liassiche (MOTa) la litozona 1 è sostituita lateralmente dalla litozona 2, che copre in discordanza le formazioni retico-hettangiane. All'estremo occidentale del Foglio 098-Bergamo è esposta la chiusura orientale di un altro prisma cuneiforme, costituito dalle litozone 3 e 4 del calcare di Moltrasio, il cui depocentro si ritrova alcuni chilometri ad W, in bassa Val Brembana presso Ubiale (BERSEZIO et alii – 1997).

Dati di laboratorio. Le microfacies del calcare di Moltrasio variano nelle differenti litozone. Escludendo le megabreccie e le breccie, nella litozona 1 si osservano *rudstone* e *floatstone* ad intraclasti, litoclasti e bioclasti, talora intensamente silicizzate. La litozona 2 delle breccie liassiche (MOTa) è dominata dai *mudstone* a bioclasti e fossili (bivalvi, gasteropodi, ostracodi, crinoidi, poriferi, foraminiferi bentonici), cui si associano dolomie cristalline, con dolomitizzazione tardiva e massiva, a costituire un mosaico idiotopico a grana grossa. I calcari marnosi, bioturbati e selciferi, tipici della litozona 3 si presentano al microscopio come *mudstone* e *wackestone*, talora silicei, a spicole, radiolari, peloidi, bioclasti (bivalvi pelagici, crinoidi, rari ammonoidi non determinabili), foraminiferi bentonici, rarissime ooliti. E' frequente la presenza di framboidi o singoli individui euedrali di pirite e solfuri in genere. Gli strati risedimentati, calcareniti gradate e laminate tipiche della litozona 4, presentano microfacies di *packstone* e *wackestone* ad intraclasti, peloidi, spicole, radiolari, bioclasti, clasti silicei, con ampie plaghe di silicizzazione. Queste microfacies caratterizzano le basi gradate degli strati, e passano verso l'alto a *wackestone* e *mudstone* del tutto simili a quanto già descritto per la litozona 1 delle breccie liassiche (MOTa). Talora si rinvencono *floatstone* intraclastici, con bivalvi pelagici e crinoidi, nelle porzioni di strato che raccordano le calcisiltiti basali con le calcilutiti marnose sommitali. I calcari microcristallini tipici della litozona 5 sono costituiti prevalentemente da *mudstone* silicei, con spicole e radiolari (ove riconoscibili). Queste microfacies sono più frequentemente caratterizzate dalla presenza di ammonoidi e cefalopodi non determinabili, crinoidi e altri bioclasti, rispetto ai *mudstone/wackestone* tipici della litozona 3.

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIVOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulting nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

**Rapporti stratigrafici.** Nelle successioni complete il calcare di Moltrasio ricopre il Calcare di Sedrina con limite netto, caratterizzato dall'appoggio di calcari grigio-scuri o neri, selciferi, debolmente marnosi, a stratificazione parallela o ondulata, media o sottile (litozona 3), sulle sottostanti calcareniti oolitico-bioclastiche, silicizzate, in strati spessi o mal definiti. Nelle successioni ridotte, incomplete e discordanti, le diverse litozone del calcare di Moltrasio ricoprono differenti formazioni retico-hettangiane, troncate a tetto. Tra il Canto Alto e Albino, le breccie liassiche (MOTa) si alternano a ricoprire il Calcare di Zu, la formazione dell'Albenza o il Calcare di Sedrina, troncati a differenti livelli stratigrafici. Analogamente la litozona 1 delle breccie liassiche (MOTa) si appoggia in discordanza sul contatto tra formazione dell'Albenza e Calcare di Sedrina, troncato al Monte Poieto e più a N al Monte Cedrina e al Monte Cavlera, ove, in associazione con calcari micritici e dolomitizzati, sigillano troncature e faglie normali sinsedimentarie (BERSEZIO et alii – 1997). Ad E, tra il M. Misma e il M. Pranzà, sono ancora le breccie liassiche (MOTa, litozona 1) a sigillare la troncatura erosionale e le associate faglie sinsedimentarie, ricoprendo ora la formazione dell'Albenza, ora il Calcare di Zu. Analogamente a Grone, la stessa litozona ricopre la discontinuità a tetto della successione retico-liassica basculata e profondamente erosa. Il limite di tetto, con il Calcare di Domaro, può presentarsi graduale, per scomparsa dei livelli risedimentati e passaggio ad una successione di calcilutiti marnose e marne grigio-chiare, selcifere, a stratificazione pianoparallela. Questi caratteri sono tipici delle aree dove lo spessore di entrambe le formazioni è elevato. Nei settori ove si realizzano le già discusse riduzioni di spessori, il limite può essere netto e corrisponde al passaggio rapido tra le litofacies calcarenitico-marnose della litozona 4 e una successione ben stratificata di calcilutiti grigio-chiare o rosate fino a rosse e di argille marnose pure rosse o verdi a noduli calcilutitici grigi o rosati, della litozona inferiore del Calcare di Domaro nota in Bergamasca con la denominazione informale di membro di Botta (ROSSI RONCHETTI et alii – 1968).

**Fossili.** I macrofossili di significato biostratigrafico sono piuttosto rari e sparsi anche a causa dei processi di risedimentazione e di diluizione dovuti all'elevata velocità di sedimentazione. Sono comuni i bivalvi, frequentemente a guscio sottile, i crinoidi e gli echinodermi, sempre come bioclasti, rari e non determinabili gli ammonoidi; in

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulting nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

particolare non è stato possibile verificare la presenza di Schloteiimidae o di Arietitidi segnalati in precedenza (VECCHIA – 1948; GAETANI – 1970). A questi si aggiungono le spicole di poriferi, i radiolari e i foraminiferi bentonici. Di significato stratigrafico sono al contrario i nannofossili calcarei, tra i quali LOZAR (1992) identifica *Mitrolithus jansae* (WIEGAND) (prima comparsa presso il limite formazionale inferiore), *M. elegans* DEFLANDRE e *Parhabdolithus liasicus* DEFLANDRE. Segnalazioni di ammonoidi di età liassica, probabilmente sinemuriana e domeriana, difficilmente ubicabili in sezioni certe, si ricavano dai lavori di AIRAGHI (1897) e CERETTA (1938), in parte almeno riconducibili alle brecce liassiche (MOTa) dell'area di Lonno. All'interno di questa unità, le successioni calcareo-dolomitiche massive (litozona 2) presentano frequentemente bivalvi, gasteropodi e ammonoidi non determinabili, associati a poriferi e crinoidi.

Attribuzione cronologica. Il calcare di Moltrasio è attribuito in genere al Liassico, e più specificamente al Sinemuriano, sia in base alla posizione stratigrafica, soprastante i livelli a brachiopodi dell'Hettangiano superiore presenti alla sommità del Calcare di Sedrina (GAETANI – 1970), sia in base alla biostratigrafia a nannofossili calcarei (LOZAR – 1992, 1995). Nell'area in oggetto gli elementi utili a restringere l'età della formazione al solo Sinemuriano derivano principalmente da questi ultimi dati, raccolti nelle sezioni di Pradalunga e della Valle Adrara.

Ambiente deposizionale. La formazione è caratterizzata da un'associazione di facies interpretabili secondo differenti processi di sedimentazione:

- 1) decantazione pelagica e emipelagica di fanghi calcareo-silicei e di sedimenti terrigeni fini, in ambiente in grado di conservare il contenuto in C organico, e comunque a profondità superiori alla zona fotica;
- 2) risedimentazione di materiale pelagico con limitati apporti da piattaforma subtidale esterna, per mezzo di flussi torbidity ricchi in materiali fini;
- 3) risedimentazione in massa di materiali intraformazionali semiconsolidati, da parte di processi di scivolamento gravitativo sinsedimentario (slumping);
- 4) deposizione di brecce di piede pendio per mezzo di frane sottomarine;
- 5) sedimentazione fine, biogenica, in ambiente di bassa energia, subtidale, di bassa

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulting nel vasto campo della gestione e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNICHE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

profondità, tettonicamente instabile.

Questi caratteri indicano per il calcare di Moltrasio un ambiente di sedimentazione caratterizzato da forti contrasti tra zone di alto strutturale, tettonicamente mobile, con sviluppo localizzato di facies di mare basso, fangose (brecce liassiche, MOTa, litozona 2), e zone bacinali, con profondità superiori ai 200 metri, prossime a scarpate o a margini ripidi e tettonicamente attivi, in cui si accumulano brecce e megabrecce, slump e calcari risedimentati, associati a facies pelagiche e emipelagiche (brecce liassiche, MOTa, litozona 1, e litozone 3, 4 cartografate come MOT). I margini poco inclinati e tettonicamente meno attivi ospitano le successioni ridotte, con facies esclusivamente pelagiche (litozona 5, MOT)

*Dominio paleogeografico di appartenenza.* Il calcare di Moltrasio appartiene al Bacino Lombardo, nella configurazione sin-rift tipica del Lias. La formazione costituisce parte del riempimento di una serie di semigraben asimmetrici di dimensioni longitudinali chilometriche, separati da alti strutturali determinati dal sollevamento delle creste dei blocchi basculati (CASATI & GAETANI – 1968; GAETANI – 1975; JADOUL & DONISELLI – 1987; BERTOTTI et alii – 1993; BERSEZIO – 1994; BERSEZIO & CALCAGNI – 1994; BERSEZIO et alii – 2001).

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

## CALCARE DI DOMARO (DOM)

Sinonimi. La prima denominazione del Calcere di Domaro si deve a BONARELLI (1894), dopo un lungo periodo di attribuzione al Medolo, unitamente alle unità sinemuriane. VECCHIA (1948) inserisce la successione all'interno della Formazione Clastica del Lago d'Iseo. La definizione di Calcere di Domaro è utilizzato in tutte le carte geologiche recenti, con esclusione del Foglio 33-Bergamo (SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA – 1954) ove in base alla classificazione cronostratigrafica adottata, il Calcere di Domaro compare sotto la definizione di Domeriano–Pliensbachiano. L'unità è stata descritta da SCHIROLI (1997) e formalizzata dallo stesso nel 2002, con area-tipo compresa nella Provincia di Brescia, località-tipo in bassa Val Trompia e sezione-tipo al M. Domaro (anticamente “Domero”), ove è istituito lo strato-tipo del Domeriano. Nella Lombardia occidentale, unità equivalenti stratigraficamente appartengono al Lombardische Kieselkalke (BERNOULLI – 1964). Il Calcere di Domaro appartiene al Gruppo del Medolo formalizzato da SCHIROLI (2007) ed è stata inclusa nel catalogo delle formazioni da SCHIROLI (2002).

Caratteri litologici di terreno. Il Calcere di Domaro è costituito dall'associazione di due litozone, che si susseguono verticalmente e si giustappongono lateralmente, determinando le variazioni laterali della formazione, in stretta correlazione con le variazioni di spessore. La litozona inferiore è nota informalmente come membro di Botta (ROSSI RONCHETTI et alii – 1968); il corpo principale dell'unità raggruppa i membri DOM1 e DOM2 definiti nel Foglio 099-Iseo.

Il membro di Botta (litozona inferiore) è presente in corrispondenza delle zone in cui lo spessore del Calcere di Domaro si riduce a poche decine di metri. Esso si sviluppa per uno spessore variabile da 5 a 50 metri circa, a partire dal limite formazionale inferiore. Esso è costituito da una peculiare associazione di facies, comprendente: calcilutiti grigio-chiare, bianco-rosate o rosso mattone, in strati sottili molto regolari, piano-paralleli, intercalati a marne argillose rosse o verdognole, con struttura flaser-nodulare, a noduletti di calcilutite grigia o nocciola. Negli stessi interstrati sono presenti livelli di bioclastiti a bivalvi, ammonoidi, belemniti, crinoidi. Localmente,



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIVOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

ove il membro e l'intera formazione presentano gli spessori minimi, a questi litotipi si associano paraconglomerati intraclastici, a matrice argillosomarnosa rossa e intraclasti molli o semilitificati di calcilutite grigio-chiara, con subordinati litici calcarei e silicei intrabacinali. Questa litofacies costituisce lenti di spessore variabile da centimetrico a metrico e di limitata estensione laterale, in associazione con litocalciruditi e ortoconglomerati fini, a litoclasti calcarei e intraclasti, in strati lenticolari di spessore variabile da decimetrico a metrico.

Il membro di Botta passa verticalmente e lateralmente, in modo graduale, prima ad una successione di calcilutiti regolarmente stratificate, selciferi, grigio-chiare, poi all'associazione prevalente delle litofacies a calcari marnosi selciferi. Ciò si verifica sia verso le successioni di spessore crescente, sia in corrispondenza dell'estremo assottigliamento od omissione della formazione, che si realizza in varie località tra cui M. del Cavallo - M. Colletto, M. Mismo - M. Pranzà - Grone, Corno Buco - Giogo - Valle del Duogo, Zandobbio. In questo modo il membro perde di individualità in poche centinaia di metri.

La litozona superiore, corpo principale del Calcere di Domaro, rappresenta la massima parte dello spessore e dell'estensione laterale dell'unità. Si tratta di una successione aciclica di strati piano-paralleli, calcareo-marnosi, selciferi, con interstrati marnoso-argillosi. La litozona è caratterizzata da un'articolata associazione di facies, che comprende: calcari marnosi grigiochiari, selciferi, con liste e noduli di selce grigio-chiara, ocra o rosata, in strati piano-paralleli o paralleli-ondulati, da medi a spessi, passanti con gradualità a tetto e letto agli interstrati marnoso-argillosi. Questa litozona è caratterizzata dalla fine dispersione delle bioturbazioni, che interessano gli strati uniformemente da tetto a letto. Localmente si ritrovano bivalvi, ammonoidi, rari crinoidi. Gli interstrati sono costituiti da marne e marne argillose, omogenee o laminate, di colore grigio chiaro, ocra o verdognolo, in strati variabili da molto sottili a medi. Alle facies descritte, interpretabili come sedimenti pelagico-emipelagici, si associano coppie calcarenite/marna di colore grigio, gradate e laminate, con liste di selce grigia, in strati pianoparalleli da sottili a molto spessi, talora interamente laminati, con gruppi di lamine parallele e/o ondulate a piccola scala; la bioturbazione, quando presente, è confinata nelle porzioni superiori dei singoli strati. Le basi sono nette e piane, il passaggio tra calcare e marna è graduale.



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

Principalmente nella parte superiore della litozona, si rinvencono corpi lenticolari di calcare marnoso stratificato, disturbati da pieghe singenetiche e convoluzioni (slump), talora contenenti intraclasti e litoclasti calcarei, di dimensioni fino a metriche. La presenza di gruppi di strati gradati e laminati, interpretabili come il prodotto di rideposizione intrabacinale, associati a slump e intervalli prevalentemente marnosi, punteggia la monotona successione della litozona superiore, suddividendola in pacchi di strati plurimetrici, ben individuabili ma difficilmente tracciabili lateralmente. Verso la sommità della formazione gli strati risedimentati divengono meno frequenti, per lasciare posto ad una regolare associazione di calcari marnosi e marne, a stratificazione media piano-parallela, che permane fino al limite formazionale superiore. I caratteri descritti sono tipici delle successioni di elevato spessore, ove la litozona inferiore non è riconoscibile. Allontanandosi da queste successioni, alla riduzione di spessore si associano la progressiva scomparsa degli strati risedimentati e la progressiva riduzione di spessore e frequenza delle marne interstrato.

Dati di laboratorio. Le microfacies del Calcare di Domaro sono piuttosto monotone e riflettono i caratteri dell'associazione di litofacies schematizzata in precedenza.

Nel membro di Botta si riconoscono:

- *mudstone e wackestone* selciferi, a radiolari, spicole di spugne silicee, bivalvi pelagici a guscio sottile, gasteropodi, ammonoidi, crinoidi, echinodermi;
- *packstone e rudstone* a litoclasti, intraclasti, bioclasti (crinoidi, echinodermi, bivalvi, ammonoidi).

Nella litozona superiore si riconoscono:

- *mudstone e wackestone*, marnosi e bioturbati (Chondrites, Planolites, Thalassinoides), con lamellibranchi, gasteropodi, rare ammonoidi, echinodermi, crinoidi, spicole silicee e calcaree, radiolari, foraminiferi bentonici, peloidi e pellet;
- *packstone* ad intraclasti, litoclasti, peloidi, pellet, rare ooliti, bioclasti degli stessi gruppi già elencati in precedenza, laminati o gradati, con passaggio a wackestone e mudstone a radiolari prevalenti;
- *grainstone* a bioclasti, intraclasti, litoclasti e ooliti, queste ultime piuttosto

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIVOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consultare nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNICHE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

abbondanti. Questa microfacies è tipica di alcuni gruppi di strati presenti in Bergamasca centrale presso il limite formazionale superiore.

**Rapporti stratigrafici.** Il Calcare di Domaro appoggia sul calcare di Moltrasio con limite netto ove è presente il membro di Botta. Questo caso si verifica ove inizia la tendenza all'assottigliamento della formazione, cioè sui fianchi degli alti strutturali liassici. I calcari marnosi grigio scuri, selciferi, del sottostante calcare di Moltrasio vengono sostituiti in modo brusco dai gruppi di strati di calcilutiti grigio-nocciola, rosse o rosate con intercalazioni di marne argillose a noduli calcilutitici. Questi passano in modo molto rapido alla soprastante litozona superiore del Calcare di Domaro, per scomparsa delle colorazioni rosse o rosate, degli interstrati di marne nodulari e per la variazione della geometria degli strati, che passano da piano-paralleli, sottili e medi, molto regolari, a paralleliondulati di spessore irregolarmente variabile. Il limite formazionale superiore è caratterizzato dall'appoggio netto di marne grigio-marrone, seguite da calcareniti e calciruditi bioclastiche (gruppo di Concesio) sulle alternanze calcareo-marnose, grigio-chiare e poco selcifere, tipiche della sommità del Calcare di Domaro. A Pradalunga lo stesso limite è sottolineato dalla presenza di potenti slump alla sommità del Domaro, associati a calcareniti oolitiche e encrinitiche, descritte in precedenza. Lungo il fianco settentrionale della sinclinale del Colle del Giogo, le marne grigie che costituiscono la base del gruppo di Concesio sono sostituite da marne argillose rosso mattone, con alcune intercalazioni di paraconglomerati intraformazionali a matrice argillosa e di marne calcaree nodulari (facies equivalenti al Rosso Ammonitico Lombardo). Anche in questo caso il limite di tetto del Calcare di Domaro si presenta netto.

**Fossili.** Il Calcare di Domaro presenta frequenti livelli fossiliferi e bioclastici risedimentati, con faune banali, di scarso significato stratigrafico, di cui si è dato conto in precedenza. Di importanza biostratigrafica sono le associazioni ad ammonoidi, ricche e ben studiate nella località-tipo, in Val Trompia (DOMMERGUES et alii – 1997; SCHIROLI – 2002, con referenze). Faune ad ammonoidi di età domeriana sono presenti principalmente nel membro di Botta e nelle unità ad essa equivalenti. ROSSI RONCHETTI et alii (1968) segnalano *Amaltheus margaritatus* DE MONTFORT,

A.T.P.						Consulenti		
			 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS consultoria nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 ECOGEO s.r.l. TECNICHE AGRICOLE E INTEGRATE	<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

*Reysenoceras ragazzoni* (HAUER) e *Arietoceras algovianum* OPPEL (zona a *Margaritatus*), *Pleuroceras spinatum* (BRUGUIERE) e *Pleuroceras solare* (PHILLIPS) (zona a *Spinatum*). VENZO (1954) segnala la presenza di *Becheiceras bechei* (SOWERBY) (Carixiano) presso Zandobbio. La biostratigrafia a nannofossili calcarei ha fornito una buona zonazione, con il riconoscimento delle associazioni tipiche delle biozone definite dalla prima comparsa di *M. jansae* (WIEGAND) (tardo Carixiano), *Lotharingius hauffii* GRÜN & ZWEILI (tardo Domeriano) e *L. sigillatus* (STRADNER) (limite Domeriano-Toarciano) (COBIANCHI, 1992).

Attribuzione cronologica. In base alla biostratigrafia ad ammoniti e a nannofossili calcarei, il Calcare di Domaro è attribuibile al Pliensbachiano (Carixiano p.p. – Domeriano).

Ambiente deposizionale. Il Calcare di Domaro costituisce corpi prismatici di spessore variabile, che affiancano aree in cui la formazione stessa è assente o estremamente ridotta. Queste aree sono da tempo note come “paleoalti strutturali” (M. del Cavallo, M. Misma, Corno Buco – Grone, Zandobbio). L’associazione di facies tipica di ciascun prisma evidenzia meccanismi deposizionali pelagici associati a processi di risedimentazione di varia natura (flussi granulari modificati, correnti torbide, frane sottomarine, mudflow, slumping) in ambienti bacinali, con profondità superiori alla base della zona fotica. Le facies nodulari, arrossate e ammonitiche del membro di Botta denotano profondità minori e influenza dei fattori climatico-orbitali nell’organizzazione della stratificazione. Queste successioni si ubicano invariabilmente nel settore di raccordo tra le successioni ridotte e lacunose (“di alto” o di margine) e le successioni potenti e complete delle aree depocentrali. Nel complesso l’ambiente di deposizione del Calcare di Domaro è pertanto costituito da una serie di bacini estensionali, asimmetrici, con margini sollevati e tettonicamente attivi durante la sedimentazione, di dimensioni longitudinali chilometriche. Si tratta degli stessi bacini già individuatisi durante il Sinemuriano ad accogliere i corpi prismatici del calcare di Moltrasio.

Dominio paleogeografico di appartenenza. Il Calcare di Domaro appartiene al Bacino Lombardo nella sua configurazione liassica, sin-rift. Il Foglio 098-Bergamo contiene

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

un settore complesso e articolato del bacino, caratterizzato dal susseguirsi, da W verso E, dell'Alto Strutturale del M. del Cavallo, del bacino del Serio, dell'Alto Strutturale di M. Misma - Grone – Corno Buco, del Bacino Sebino occidentale; a S degli stessi nell'Alto Strutturale di Zandobbio (BERSEZIO et alii – 2001) è conservato un limitato lembo del margine meridionale del Bacino Sebino occidentale.

## SASS DE LA LUNA (SDL)

*Sinonimi.* Il Sass de la Luna è un'unità litostratigrafica formale, costituita da una successione di marne e marne calcaree grigie. L'unità ha ricevuto la denominazione da VENZO (1954) ed è stata formalizzata da BERSEZIO – 2007. Il Sass de la Luna, tipico della Bergamasca e del Bresciano occidentale, corrisponde lateralmente nel Varesotto alla parte superiore della Scaglia Variegata.

*Caratteri litologici di terreno.* Il Sass de la Luna è stato suddiviso in due litozone informali (BERSEZIO – 1992) cartografate separatamente da BERSEZIO et alii (1990) nella Carta Geologica delle Colline Pedemontane tra Brianza e Lago d'Iseo, in scala 1:50.000. Le due litozone sono di seguito descritte.

- *Litozona inferiore.* Questa litozona comprende una successione di marne e marne calcaree grigie o grigio-brune, localmente rossastre, potente da 40 m a 120 m. E' costituita dall'associazione di tre litofacies:
  - 1) strati marnosi gradati e laminati, da medi a spessi, piano-paralleli;
  - 2) marne omogenee o laminate grigie o rossastre, in strati medi o sottili, piano-paralleli;
  - 3) calcilutiti a stratificazione sottile o molto sottile, piano-parallela, con abbondanti bioturbazioni e locale silicizzazione.

Nelle successioni meridionali, più potenti, come a Madonna del Mirabile, gli strati marnosi gradati e laminati si alternano regolarmente alle marne emipelagiche grigie o rossastre, talora sviluppando sequenze negative. Verso N e W, l'assottigliamento della litozona corrisponde alla riduzione di

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

frequenza e spessore degli strati gradati e laminati, fino alla loro totale sostituzione da parte dell'associazione di marne e calcilutiti, con colorazioni rossastre diffuse. Il limite inferiore della litozona è sempre graduale, per progressivo aumento della frazione calcarea e graduale scomparsa dei colori verdi, neri e infine rossi, che caratterizzano la sottostante marna di Bruntino.

- *Litozona superiore.* Questa litozona è costituita in prevalenza da calcari marnosi che presentano tutti i caratteri tipici dei depositi risedimentati con uno spessore che raggiunge i 250 m.

La litozona deriva dall'associazione aciclica delle seguenti litofacies:

- 1) calcareniti e marne calcaree gradate e laminate, in strati piano-paralleli, medi e spessi;
- 2) banchi calcareo-marnosi omogenei e fortemente bioturbati, il cui spessore può raggiungere i 10 m, con base piana e netta di solito sottolineata dalla presenza di un conglomerato intraclastico;
- 3) calcareniti a laminazione obliqua planare, in strati sottili a base netta e tetto ondulato;
- 4) marne emipelagiche grigie, omogenee o laminate, in strati sottili e medi intercalati agli strati risedimentati;
- 5) calcilutiti a stratificazione sottile, piano-parallele, omogenee, talora silicizzate.

La litozona superiore presenta i massimi spessori tra Bergamo e Villa di Serio-Zandobbio, cioè nella zona assiale della fascia di affioramento. In questo settore essa si configura come una successione monotona, priva di ciclicità, punteggiata dai banchi calcarei più potenti, la cui frequenza e spessore aumentano verso l'alto. Alla sommità, poco sotto il limite formazionale superiore, gli strati calcareo-marnosi risedimentati diminuiscono di numero e spessore; gli ultimi metri del Sass de la Luna sono quindi caratterizzati dall'alternanza di calcilutiti pelagiche e marne emipelagiche. Il limite di letto della litozona superiore è graduale, per progressivo aumento della frequenza e dello spessore degli strati calcareomarnosi risedimentati. Progressivamente la successione diviene decisamente più calcarea rispetto ai caratteri delle litofacies della litozona

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

inferiore.

**Dati di laboratorio.** Le microfacies degli strati calcarei gradati e laminati del Sass de la Luna sono principalmente *packstone* passanti a *wackestone* a foraminiferi planctonici e bentonici, radiolari, calcisfere, bivalvi a guscio sottile, rari ammonoidi non determinabili, rari crinoidi e intraclasti. Le basi ruditiche dei banchi marnosi omogenei sono rudstone e floatstone ad intraclasti calcarei e selciosi, con una microfauna corrispondente a quanto indicato per le calcareniti. Le calcareniti a lamine oblique planari sono caratterizzate da una frazione quarzosa, frammista a radiolari e foraminiferi planctonici, con ottima selezione granulometrica. Le calcilutiti pelagiche infine sono mudstone a radiolari e foraminiferi, talora silicizzate in quarzo microcristallino.

**Spessore dell'unità e sue variazioni.** Il Sass del la Luna presenta uno spessore complessivo variabile da 70/80 a circa 330 metri. Riduzioni di spessore più marcate si verificano ad W e ad E dell'area del foglio, ove la formazione si può ridurre a meno di 20 metri.

**Rapporti stratigrafici.** Il limite inferiore del Sass de la Luna è un passaggio graduale, sviluppato a tetto della marna di Bruntino. Il limite di tetto è un passaggio graduale alle marne rosse appartenenti alla formazione di Sorisole (Cenomaniano). Nel settore settentrionale della Bergamasca centro-orientale - comprendente l'intero costone di Gavarno tra Villa di Serio e Luzzana e il settore a N di Foresto sparso - il limite è sottolineato da una discontinuità dovuta alla mancanza delle marne rosse (FSEa) e al conseguente appoggio del banco caotico I (formazione di Sorisole, Cenomaniano superiore) sul tetto del Sass de la Luna. Se in questi casi sia incompleta anche la sommità della formazione in oggetto è difficile da definire, per la mancanza di discordanza geometrica o di evidenze di erosione e per la non sufficiente risoluzione biostratigrafica. Nella sola zona di Capriolo, a tetto del Sass de la Luna si ritrova una successione cenomaniana peculiare, il membro del Monte S. Onofrio (FSE2), con limite netto e discontinuo ad E, presso Mirabella, o graduale ad W, al M. S. Onofrio (BERSEZIO & MENSINI – 1992).

**Fossili.** Nel Sass de la Luna i macrofossili sono rari e di scarso significato, in quanto

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

generalmente alloctoni o banali (bivalvi, crinoidi, frammenti di brachiopodi). VENZO (1954) e AUBOUIN et alii (1970) segnalano la presenza di ammonoidi in ciò che considerano la sommità del Sass de la Luna. Questi livelli fossiliferi appartengono alle formazioni cenomaniane della formazione di Sorisole, coerentemente con l'età cenomaniana delle ammoniti rinvenutevi. Le microfaune a foraminiferi planctonici sono dominate da *Rotalipora appenninica* (RENZ), *R. ticinensis* (GANDOLFI), *Planomalina buxtorfi* (GANDOLFI), *Globigerinelloides spp.*, *Hedbergella spp.*

Attribuzione cronologica. In base alla biostratigrafia a foraminiferi planctonici, la litozona inferiore del Sass de la Luna è attribuita alle Zone a *R. subticinensis* e *R. ticinensis*, mentre la litozona superiore appartiene alla successiva zona a *R. appenninica* (BERSEZIO – 1992). Entrambe indicano l'Albiano superiore.

Ambiente deposizionale. Il Sass de la Luna costituisce il primo significativo prisma cuneiforme torbiditico del Bacino Lombardo, allungato in direzione E-W, con terminazioni marginali a N e a S e assottigliamento verso il margine orientale e il settore distale occidentale, entrambi esterni al foglio. L'alimentazione è pressoché esclusivamente pelagica; i processi di redistribuzione dei fanghi semiconsolidati albiani sono torbiditici o legati a flussi granulari modificati e mudflow, verosimilmente conseguenza di una continua attività sismica, in grado di mobilitare i sedimenti accumulati sugli altofondi pelagici circostanti il bacino.

Dominio paleogeografico di appartenenza. Il Sass de la Luna appartiene al Bacino Lombardo, che ha definitivamente acquisito la sua geometria con allungamento E-W, parallelo ai fronti in avvicinamento, e con tutta probabilità ancora sottomarini, della nascente catena sudalpina.



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

## FORMAZIONE DI SORISOLE (FSE<sub>a</sub>/FSE<sub>b</sub>)

Sinonimi. Con questa denominazione si intende indicare un intervallo stratigrafico molto complesso e articolato che nell'area bergamasca si sviluppa alla sommità del Sass de la Luna, e di cui ricorrono in letteratura diverse denominazioni, comunemente riferite ad aspetti specifici, confrontabili con difficoltà.

La formazione comprende la Scaglia argillosa rossa del Cenomaniano di VENZO (1954) ed è compresa nel Sass de la Luna da parte di AUBOUIN et alii (1970), che segnalano spessi strati calcarei a selce ad assetto caotico nella sua parte alta. Essa risulta per la prima volta stratigraficamente organizzata in BERSEZIO & FORNACIARI (1989) e informalmente definita come “Cenomanian turbiditic hemipelagic systems with chaotic deposits” in BERSEZIO et alii (1990).

La località e la sezione tipo della formazione di Sorisole sono ubicate in Bergamasca centrale immediatamente a N dell'abitato omonimo, in sinistra della Val Baderen ove la formazione su di uno spessore di circa 80 m risulta espressa dalla sue litozone più significative, che da qui possono essere seguite e cartografate negli altri settori della Bergamasca.

Caratteri litologici di terreno. La formazione di Sorisole, quando si sviluppa con continuità, è costituita da quattro litozone riconosciute da BERSEZIO & FORNACIARI, (1988) e cartografate separatamente. Nella sola zona di Capriolo parte di essa è sostituita da una successione definita membro del Monte S. Onofrio (FSE<sub>2</sub>).

Le litozone sono di seguito descritte dal basso verso l'alto.

**Le marne rosse (FSE<sub>a</sub>)** sono costituite da tre facies principali associate in modo vario nei settori del foglio:

- calcareniti a bioclasti passanti a calcilutiti o a marne bioturbate in strati gradati e laminati da sottili a medi;
- pebbly mudstone intraformazionali, con clasti calcarei e silicei, in strati medi discontinui talora grossolanamente gradati;
- marne rosse a stratificazione piano-parallela da media a molto spessa, bioturbate o laminate.



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

Un affioramento significativo si segnala nei pressi di Cascina dell'Ingannolo (360 m s.l.m.), a S di Selva (Zandobbio), con sequenze pelitico-arenacee al massimo decimetriche, in rapporto da 2/1 a 4/1, costituite rispettivamente da marne-argille grigio rossastre o da arenarie da medie a fini con frequenti laminazioni parallele e oblique.

I **banchi caotici (FSE<sub>b</sub>, FSE<sub>d</sub>)** sono rappresentati da due banchi di calcari micritici a struttura caotica abbracciati la litozona a Torbiditi Sottili, il primo (banco caotico I, FSE<sub>b</sub>) direttamente sovrastante le marne rosse, il secondo (banco caotico II, FSE<sub>d</sub>) a tetto della formazione.

La loro organizzazione interna risulta dalla diversa associazione di:

- sequenze calcaree stratificate (tipo Sass de la Luna) disturbate da pieghe disarmoniche e faglie, costituenti corpi potenti fino a 30-40 m e lateralmente estesi per diverse centinaia di metri;
- slumping a struttura interna caotica in cui la matrice calcilutitica e/o marnosa, a tessitura fluidale, conserva i relitti della originaria stratificazione sotto forma di elementi convoluti e ritorti; contiene inoltre boudin e clasti eterometrici arrotondati o deformati prevalentemente di calcilutiti, selci, calcari oolitici.
- pebbly mudstone completamente disorganizzati passanti gradualmente alla facies precedente, oppure grossolanamente gradati, che possono riempire tasche erosionali.

Le **torbiditi sottili (FSE<sub>c</sub>)** costituiscono una litozona caratterizzata da facies a composizione sia silicoclastica che carbonatica, comprensiva di:

- alternanze di arenarie medio fini e peliti in rapporto 3/1, in strati gradati e laminati con sequenze di Bouma complete, a geometria lenticolare o discontinua;
- arenarie medie o fini, a laminazione obliqua, in strati medi o sottili lenticolari frequentemente amalgamati a calcilutiti costituenti coppie caratteristiche;
- alternanze di arenarie fini e peliti in rapporto da 1/1 a 1/5, in strati pianoparalleli con sequenze T b-e e T c-e prevalenti;
- strati piano-paralleli a base siltosa e tetto pelitico o marnoso;
- calcareniti fini e calcilutiti spesso silicee in strati da sottili a medi gradati e laminate in livelli da sottili a medi che si intercalano alle facies precedenti.

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIVOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulting nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNICHE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

**Dati di laboratorio.** Le microfacies più significative si riferiscono ai banchi caotici (BERSEZIO & FORNACIARI – 1988). La matrice delle facies a slumping è data da wackestone a foraminiferi e radiolari risedimentati. Forme pelagiche profonde sono frammiste ad elementi di piattaforma o di pendio superiore, foraminiferi (Cuneolina, Orbitolina, Lenticulina), frammenti di echinodermi e di alghe calcaree, ooliti. Le arenarie delle torbiditi sottili (BERSEZIO & FORNACIARI – 1988) sono delle litareniti ibride a cemento calcitico. La frazione extrabacinal è data da Q=60% F=5% L=35% con grani di quarzo policristallino e litici interamente derivati da rocce metamorfiche. La componente intrabacinal carbonatica è composta in prevalenza da foraminiferi planctonici e subordinatamente bentonici e assieme ai “clasti molli” rappresenta in media il 12% della composizione totale. La matrice, se presente in origine, risulta completamente sostituita da calcite tardiva.

**Rapporti stratigrafici.** La formazione di Sorisole è compresa tra il Sass de la Luna e il membro delle peliti nere della formazione di Gavarno. I rapporti con il Sass de la Luna sono espressi dalle marne rosse e in genere sottolineati dalla presenza di un intervallo plurimetrico di calcilutiti a stratificazione sottile arrossate già nella parte alta del Sass de la Luna. È un contatto netto di paraconcordanza in corrispondenza dell'allineamento più settentrionale di affioramenti, e relativamente graduale negli affioramenti in posizione più meridionale. I rapporti con il membro delle peliti nere della formazione di Gavarno sono espressi dal banco caotico II; è un contatto piuttosto immediato, comunque esprime continuità di sedimentazione. Nel settore orientale del foglio il limite superiore della formazione di Sorisole è rappresentato dal contatto tra il banco caotico II e unità turoniane progressivamente più recenti verso NE: membro delle peliti rosse (GVR<sub>2</sub>) a Madonna del Mirabile e a Colle Guina, flysch di Colle Cedrina (CDB) a Col Croce e S. Giovanni delle Formiche, e infine dal contatto tra lo stesso banco e l'arenaria di Sarnico (SAR) coniaciana in Valle Adrara (località Colle Piano - Villa Zucletto/Pizzigoni). In quest'ultima zona, da San Carlo verso Chinelli, tra il banco caotico e il flysch di Colle Cedrina si interpongono un orizzonte di 20 cm di materiale argilloso da rosso cupo ad ocre (paleosuolo?) e una breccia (1 m) a clasti calcarei e pelitici rossi eterometrici a matrice argillosa rossastra.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

Fossili. Significative microfaune provengono dagli intervalli pelitici (BERSEZIO & FORNACIARI, 1988).

Alla base delle marne rosse sono segnalate: *Rotalipora brotzeni* (SIGAL), *R. gandolfi* LUTERBACHER & PREMOLI SILVA, *R. appenninica* (RENZ), *Praeglobotruncana delrioensis* (PLUMMER), *P. stephani* (GANDOLFI), *Heterohelix spp.*

Il tetto delle marne rosse contiene: *Rotalipora cushmani* (MORROW), *R. montsalvensis* MORNOD, *Praeglobotruncana gibba* KLAUS, *Whiteinella archaeocretacea* PESSAGNO.

La parte restante della successione è caratterizzata da: *Rotalipora cushmani* (MORROW) *R. greenhornensi* (MORROW), *R. deecke* (FRANKE), *Praeglobotruncana gibba* KLAUS, *Whiteinella baltica* DOUGLAS & RANKIN.

Attribuzione cronologica. La formazione di Sorisole nelle sezioni più complete comprenderebbe le zone a *Rotalipora brotzeni*, *R. reicheli*, *R. cushmani* e *Whiteinella archaeocretacea*, che ne consentono la datazione al Cenomaniano, in particolare, le marne rosse sono riferibili al Cenomaniano inferiore e a parte del Cenomaniano medio, la parte restante della successione al Cenomaniano medio e superiore. Nel settore orientale localmente (Madonna del Mirabile) tra marne rosse e Sass de la Luna la mancanza della zona a *Rotalipora brotzeni* sottolineerebbe la presenza di una lacuna relativa al Cenomaniano inferiore (BERSEZIO & FORNACIARI – 1988).

Ambiente deposizionale. Le varie litozone della formazione di Sorisole si sono deposte in ambiente marino profondo e registrano la transizione tra un regime torbiditico pelagico (marne rosse ) e uno silicoclastico (torbiditi sottili). Si tratterebbe di un bacino orientato secondo una direzione attualmente E-W, nel quale si accumulano, nella forma di banchi caotici, anche i depositi pelagici franati dal margine settentrionale in seguito alla mobilità tettonica del margine stesso. Tale attività potrebbe essere in relazione con le prime fasi di deformazione della catena alpina durante il Cretacico.

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>Hydros</b> Ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulting nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

**Dominio paleogeografico di appartenenza.** La formazione di Sorisole sottolinea un intervallo-tempo, il Cenomaniano, in cui si registra una radicale modificazione dell'assetto paleogeografico del Bacino Lombardo. Le strutture distensive giurassiche, con graben e semigraben orientati N-S, sono riprese e sostituite da bacini orientati all'incirca E-W in coordinate attuali. Nell'ambito delle Alpi Meridionali il bacino occupato dalla successione cenomaniana della formazione di Sorisole si configura come il primo bacino orientato E-W. In base alle evidenze stratigrafiche l'evoluzione del margine settentrionale di tale bacino risulterebbe prodotta da tettonica compressiva (BERSEZIO & FORNACIARI – 1988).

## FLYSCH DI COLLE CEDRINA (CDB)

**Sinonimi.** Questa denominazione è introdotta da GELATI et alii (1982). Si riferisce a una formazione compresa da VENZO (1954) nel “*Flysch scistosoargilloso grigio*” e indicata da PIAT (1963) e AUBOUIN et alii (1970) come “*Flysch pélito-gréseux*” eteropico del Sass de la Luna. La formazione è cartografata come flysch di Colle Cedrina da BERSEZIO et alii (1990). La sezione-tipo può essere segnalata a N di Villongo, sul versante meridionale del M. Dratto lungo la strada che sale a Case del Dratto.

**Caratteri litologici di terreno.** Il flysch di Colle Cedrina è costituito da una successione di alternanze marnoso-siltose in strati gradati e laminati o massivi talora ricchi in clay chip, in cui la porzione più grossolana basale si sviluppa con spessori al massimo di 40 cm, normalmente sui 25-30 cm, quella marnosa in intervalli da 1-3 m, talora fino a 10 m. Sono presenti livelli conglomeratici lenticolari e *slumping*.

Le facies più significative sono organizzate come segue da FORNACIARI (1989):

- banchi marnoso-siltosi grigi, disorganizzati, omogenei e massivi, a struttura caotica;
- banchi marnosi-siltosi gradati con microconglomerato basale, laminazioni piano-parallele e oblique verso l'alto;
- banchi marnosi-siltosi organizzati, finemente gradati con lamine pianoparallele

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>Idros</b> Ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

alla base;

- conglomerati disorganizzati a supporto clastico in lenti, costituiti di norma solo da ciottoli di rocce sedimentarie (calcari oolitici, calcilutiti, selci, encriniti e dolomie);
- marne e peliti emipelagiche gialle e rosse ad aspetto omogeneo.

A Foresto Sparso, in località Cave di Pietra, il flysch di Colle Cedrina, con 200 m di spessore, presenta una successione di strati spessi o molto spessi marnoso-calcarei, gradati e laminati, cui si alternano banchi di spessore plurimetrico calcareo-marnosi, massivi, e livelli lenticolari a struttura disturbata con ciottoli sparsi. Nella parte media dell'unità si intercala una lente conglomeratica potente fino a 2,5 m, con ciottoli comprendenti litologie sedimentarie mesozoiche tra cui calcari oolitici, calcilutiti, selci e calcari marnosi in facies tipo Scaglia .

*Dati di laboratorio.* I banchi marnosi a struttura caotica sono mudstone o wackestone a foraminiferi planctonici (FORNACIARI – 1989). I microconglomerati alla base di certi banchi contengono bioclasti di piattaforma/pendio, echinidi, alghe rosse, foraminiferi planctonici, glauconite con associati grani di quarzo mono- e policristallino.

*Rapporti stratigrafici.* Il flysch di Colle Cedrina, pur occupando una significativa posizione stratigrafica, mostra relazioni diversificate con le unità adiacenti. In tutta l'area del Foglio 098-Bergamo esso appoggia con un contatto netto e discontinuo sul banco caotico II della formazione di Sorisole. Verso l'alto passa al membro delle peliti rosse della formazione Gavarno ad W, sul Costone di Gavarno, e al flysch di Pontida o direttamente all'arenaria di Sarnico ad E del fiume Cherio. Anche il passaggio all'arenaria di Sarnico può essere caratterizzato da una superficie erosiva di discontinuità sottolineata talora da un orizzonte di conglomerati residuali in matrice pelitica.

Verso W il flysch di Colle Cedrina presenta un rapporto di eteropia rispetto al membro delle peliti rosse e al flysch di Pontida. Particolarmente significativa è la ricostruzione del litosoma che si può fare in corrispondenza di sezioni N-S trasversali alla Sinclinale di Foresto Sparso. Alla chiusura W di questa struttura, tra Colle Guina

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>Idros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulting nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

e M. Sega, il flysch di Colle Cedrina si interpone tra il banco caotico II e il flysch di Pontida in facies prevalentemente pelitica, conservando uno spessore di qualche decina di metri.

Nel settore centrale della sinclinale, da S verso N tra la zona dell'Ingannolo e la Costa dei Ronchi, il flysch di Colle Cedrina si va gradualmente chiudendo, andando a disporsi in rapporti di onlap rispetto al sottostante banco caotico II (FSEd); la stessa cosa si osserva ancora più ad E, dal M. Dratto verso la valle Adrara.

L'eteropia tra il flysch di Colle Cedrina e il membro delle peliti rosse (GVR2) può essere apprezzata sia da E verso W che da N verso S in corrispondenza degli affioramenti più occidentali del medesimo (Casa d'Alto, Ca' Pessino, Piazze). L'eteropia sia nell'una che nell'altra direzione è marcata dalla progressiva comparsa di marne emipelagiche rosse, che si accompagna anche alla riduzione in spessore dei banchi marnosi.

Fossili. Si segnala la presenza diffusa di microfaune a foraminiferi planctonici nella matrice dei paraconglomerati alla base della formazione presso S. Giovanni della Formiche e a Colle Guina: *Marginotruncana pseudolinneina* PESSAGNO, *M. coronata* (BOLLI), *M. renzi* (GANDOLFI) e *Helvetoglobotruncana helvetica* (BOLLI). Le stesse microfaune, con aggiunta di *Marginotruncana sigali* (REICHEL) e *M. schneegansi* (SIGAL) sono pure segnalate in diversi campioni da FORNACIARI (1989).

Attribuzione cronologica. L'associazione a foraminiferi planctonici suggerisce il riferimento del flysch di Colle Cedrina al Turoniano mediosuperiore. Questa datazione consente di circoscrivere almeno al Turoniano inferiore, senza escludere parte del Turoniano medio, la lacuna tra questa formazione e il sottostante banco caotico cenomaniano.

Ambiente deposizionale. Il flysch di Colle Cedrina deriverebbe da franamenti sottomarini originati da un pendio con caratteristiche di margine collocato in posizione nord-orientale, e accumulati all'interno del bacino di sedimentazione del flysch di Pontida. Si tratterebbe di apporti trasversali intrabacinali che si interdigitano con quelli

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIVOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulting nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

extrabacinali longitudinali espressi proprio dal flysch di Pontida. I franamenti sarebbero prodotti dalla crescita del margine suaccennato, provocata verosimilmente da tettonica compressiva (BERSEZIO & FORNACIARI – 1987). Questo fatto sarebbe provato dall'assenza della successione turoniana tra il banco caotico II e l'arenaria di Sarnico al bordo orientale della Sinclinale di Foresto Sparso, e dalla presenza di facies caotiche turoniane immediatamente più a S dell'area presumibilmente denudata.

Dominio paleogeografico di appartenenza. L'area di margine in cui si collocherebbe il flysch di Colle Cedrina va collegata all'avanfossa meridionale dell'incipiente catena alpina, la cui individualità durante il Turoniano è suggerita in particolare dal flysch di Pontida (BERSEZIO & FORNACIARI – 1994).

## FLYSCH DI PONTIDA (PTD)

Sinonimi. Si tratta di una formazione alla cui identità si riferiscono diverse denominazioni; corrisponde sostanzialmente al *Flysch scistoso-argilloso grigio* di VENZO (1954) e al *Flysch gris* di AUBOUIN et alii (1970). Il termine *Flysch di Pontida* è introdotto da DE ROSA & RIZZINI (1967), e successivamente modificato in *Formazione di Pontida* da GNACCOLINI (1968) e BICHSEL & HAERING (1981). La formazione è cartografata come *Flysch di Pontida* da BERSEZIO et alii (1990) in tutta la sua area di affioramento.

La Bergamasca occidentale è l'area di più significativo sviluppo della formazione; gli affioramenti più significativi si trovano nelle zone di Torre de' Busi e Pontida, fino a Calolziocorte nel Lecchese. Un taglio stradale che intendeva collegare Gromlongo con Brocchione aveva messo in luce quella che poteva essere una buona sezione-tipo del flysch di Pontida; purtroppo l'abbandono dello stesso ha precluso tale possibilità.

Caratteri litologici di terreno. Il flysch di Pontida è costituito da alternanze marnoso-arenacee a stratificazione da sottile a spessa, cui si alternano strati e banchi calcareo-



A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

marnosi potenti fino ad alcuni metri, talora gradati e con base conglomeratica.

Esso presenta una associazione di facies relativamente monotona, costituita per la maggior parte da strati arenacei di origine torbiditica, incompleti alla base (Tb-e), a geometria piano-parallela. Prevalgono: alternanze di peliti e arenarie molto fini sino a silt in strati da sottili a spessi, con l'intervallo pelitico-marnoso molto più spesso di quello arenitico; coppie siltiti e peliti giallastre in strati di vario spessore; coppie calcareniti / calcilutiti gradate in strati da sottili a molto spessi.

Il rapporto arenaria/pelite cresce nella parte alta della formazione, in prossimità del passaggio all'arenaria di Sarnico. La distribuzione dei corpi calcareo-marnosi è irregolare e non mostra alcuna ciclicità; la loro frequenza e spessore decrescono verso l'alto della formazione. L'indicazione della paleocorrente (flute cast e parting lineation, in particolare) suggerirebbe una provenienza degli apporti da E (BERSEZIO & FORNACIARI – 1987).

Dati di laboratorio. Le arenarie del flysch di Pontida sono litareniti molto fini, immature, a cemento calcitico tardivo (BERSEZIO & FORNACIARI – 1987). Il quarzo monocristallino è nettamente più abbondante di quello policristallino, mentre tra i litici sono dominanti i frammenti di rocce metamorfiche, scarsi quelli di rocce sedimentarie.

La frazione intrabacinale è costituita da foraminiferi planctonici e clasti pelitici. La calcite tardiva sostituisce sia il materiale intergranulare che i clasti dell'ossatura.

Rapporti stratigrafici. In Bergamasca centrale e occidentale (Foglio 097- Vimercate) il flysch di Pontida si interpone tra le peliti posse e l'arenaria di Sarnico. Nel Foglio 098-Bergamo si interpone normalmente tra il flysch di Colle Cedrina e l'arenaria di Sarnico; con il flysch di Colle Cedrina verso E presenta inoltre rapporti di eteropia. L'unità viene comunque a mancare anche per lacuna verso la valle di Adrara.

Fossili. Già VENZO (1954) segnalava microfaune a foraminiferi ma soprattutto Fucoidi (*Zoophycus*), e una ricca associazione floristica a *Condrites*.

Significative associazioni microfaunistiche si trovano nella parte basale e sommitale della formazione. Alla base, sul T. Sommaschio nel "Livello 8" di VENZO (1954), si

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

segnala una microfauna riferibile alla zona a *Helvetoglobotruncana helvetica*; nella parte superiore, nella zona di passaggio all'arenaria di Sarnico, è segnalata (*ibid.*) un'associazione riferibile alla zona a *Marginotruncana sigali* contenente, oltre all'indicatore zonale *Hedbergella delrioensis* (CARSEY), *Heterohelix reussi* (CUSHMAN), *H. moremani* (CUSHMAN).

ERBA & FORNACIARI (1988) segnalano nella parte superiore della formazione una associazione a nannofossili riferibile alla zona *Eiffellithus eximius*.

Attribuzione cronologica. Le microfaune segnalate, discusse anche in relazione alla posizione stratigrafica, consentirebbero il riferimento della formazione al Turoniano medio-superiore.

Ambiente deposizionale. Il flysch di Pontida rappresenta un sistema torbidoitico alimentato da E e progradante verso W di cui si ritiene che quanto affiorante costituisca solo una piccola parte dell'intero sistema deposizionale (FORNACIARI – 1989). La generale disposizione degli affioramenti consente di localizzare l'area di maggiore accumulo in Bergamasca occidentale e Brianza e collocare l'area nord-marginale del bacino nel settore orientale del Foglio 098-Bergamo, dove il sistema si assottiglia andando a sovrapporsi in *onlap* laterale sulla successione di margine rappresentata dal flysch di Colle Cedrina.

Dominio paleogeografico di appartenenza. Con il flysch di Pontida inizia la principale fase di riempimento dell'avanfossa meridionale dell'incipiente catena alpina, collocata al fronte di unità sud-vergenti.

Il sistema di alimentazione del flysch di Pontida convoglia nel bacino sedimenti derivati dall'erosione di unità austroalpine, la cui deformazione durante il Cretacico è documentata da lungo tempo.

A.T.P.						Consulenti		
			 Archeo Studi Bergamo s.r.l.			<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

Inoltre, visto il contesto di fondovalle del Fiume Cherio in cui è inserita, l'area di studio e il suo immediato intorno è caratterizzata dalla presenza dei depositi quaternari più o meno recenti di origine alluvionale legati all'azione erosiva e deposizionale di questo corso d'acqua.

Nell'area di studio e nelle sue immediate vicinanze affiorano:

- Conglomerato di Ripa-Torre (CTP)
- Supersintema del Cherio (CH)
- Supersintema di Palazzago (PA)
- Sintema del Po (POI);

## CONGLOMERATO DI RIPA - TORRE (CTP)

Definizione. Definizione. Conglomerati grossolanamente stratificati, a supporto clastico e matrice arenacea, clasti arrotondati costituiti da rocce carbonatiche locali, con subordinate rocce provenienti dalla Val Camonica; cementazione buona.

Sinonimi. Unità di nuova istituzione, precedentemente cartografata come Ceppo dell'interglaciale Mindel-Riss e Ceppo dell'interglaciale Riss-Würm (VENZO – 1945), Ceppo dell'Anaglacia I-II (VENZO – 1949), Ceppo (SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA – 1954).

Area di affioramento. Entro l'asse della Val Cavallina l'unità costituisce limitati affioramenti, non cartografabili alla scala della carta, lungo le scarpate dei principali terrazzi, da Colognola sino a Berzo S. Fermo ove affiora più estesamente; in affioramenti arealmente modesti si osserva anche a S di Grone e sul fondovalle tra Borgo di Terzo e Luzzana. Affiora inoltre lungo l'incisione fluviale del Torrente Tadone e, in piccoli lembi, lungo l'alveo attuale del Cherio.

Superfici limite e rapporti stratigrafici. Limite inferiore osservato solo entro la valle, ove l'unità poggia direttamente sul substrato. Verso S, i dati delle stratigrafie dei pozzi

A.T.P.						Consulenti		
			 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS consultori nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 ECOGEO s.r.l. TECNICHE AMBIENTALI INTEGRATE	Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi

per acqua mostrano situazioni molto variabili: zone dove i conglomerati raggiungono spessori anche di 50 m, altre dove sono intercalati con lenti di argilla e ghiaia ed altre ancora dove mancano totalmente; in tutte le stratigrafie sufficientemente profonde i conglomerati non appoggiano mai su roccia - che compare solo in alcune stratigrafie nella zona di Gorlago a profondità di circa 90 m - ma su argille o alternanze argilloso-ghiaiose con blocchi, delineando quindi una situazione complessa e di difficile interpretazione alla luce dei dati noti.

Rappresentando fasi di sedimentazione in cui una diffidenza del ghiacciaio camuno era già affacciata nella valle, lateralmente verso N l'unità deve far passaggio laterale a un'unità glaciale compresa nel supersistema della Colma del Piano indistinto; tale correlazione non è però conservata. Entro l'asse vallivo, su di essa appoggiano depositi di unità glaciali comprese nel supersistema della Colma del Piano indistinto; su di essa appoggiano inoltre i depositi alluvionali del supersistema del Cherio e le alluvioni del sistema del Po.

**Litologia.** L'unità comprende depositi alluvionali costituiti da conglomerati con grossolana stratificazione suborizzontale, a supporto clastico o, localmente, a supporto di matrice arenaceo-siltitica, clasti da arrotondati a subspigolosi con dimensioni medie tra 2 e 7 cm e dimensione massima osservata di 40 cm, prevalentemente carbonatici di alimentazione dal bacino della Val Cavallina con massimo 10% di elementi silicoclastici di provenienza camuna. Cementazione da buona ad ottima.

**Paleogeografia.** L'unità raduna depositi conglomeratici probabilmente di diversa età, accomunati dalla cementazione e da una ridotta percentuale di silicoclasti di alimentazione camuna, che possono derivare sia da un'alimentazione glaciale diretta, sia dal rimaneggiamento di depositi glaciali più antichi, durante una fase non glacializzata; la forte dominanza dei litotipi derivanti dalle successioni sedimentarie calcaree affioranti lungo la bassa Val Cavallina, indicano comunque una alimentazione da parte della Valcamonica estremamente ridotta, dando così all'unità una connotazione molto locale. Entro la valle, i conglomerati formano l'ossatura della porzione centrosettentrionale del principale terrazzo della Val Cavallina (Colognola e Berzo S. Fermo). Verso S, l'unità testimonia eventi alluvionali che hanno interessato

A.T.P.						Consulenti		
			 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS consultori nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 ECOGEO s.r.l. TECNICHE AGRICOLE E INTEGRATE	Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi

lo sbocco in pianura del Cherio, non necessariamente coevi a quelli entro la valle stessa. L'unità non sembra qui essere il più antico evento sedimentario continentale dell'area, vista la presenza alla sua base - nelle stratigrafie dei pozzi - di depositi argilloso-ghiaiosi; la profondità cui si ritrova il substrato roccioso inoltre indica la presenza di una forte incisione esistente già prima della sua messa in posto.

Età. I dati a disposizione non permettono una precisa attribuzione cronologica; sulla base dei rapporti stratigrafici si propone un'età dubitativamente a partire dalla prima avanzata glaciale (Gelasiano) sino Pleistocene medio.;

## **SUPERSINTEMA DEL CHERIO (CH)**

Definizione. Ghiaie a supporto clastico o di matrice con clasti da subarrotondati ad arrotondati; clasti prevalentemente carbonatici locali, in netto subordine i litotipi siliceo-quarzosi di provenienza camuna (depositi alluvionali); diamicton a supporto di matrice, clasti locali da subangolosi a subarrotondati e matrice argilloso-limosa (depositi di debris flow). Profilo di alterazione di spessore variabile, massimo 1.8 m, e colori tra 5 e 10YR; copertura loessica assente. Comprende le unità di Trescore, di Gorlago e di Chiuduno, non distinte cartograficamente.

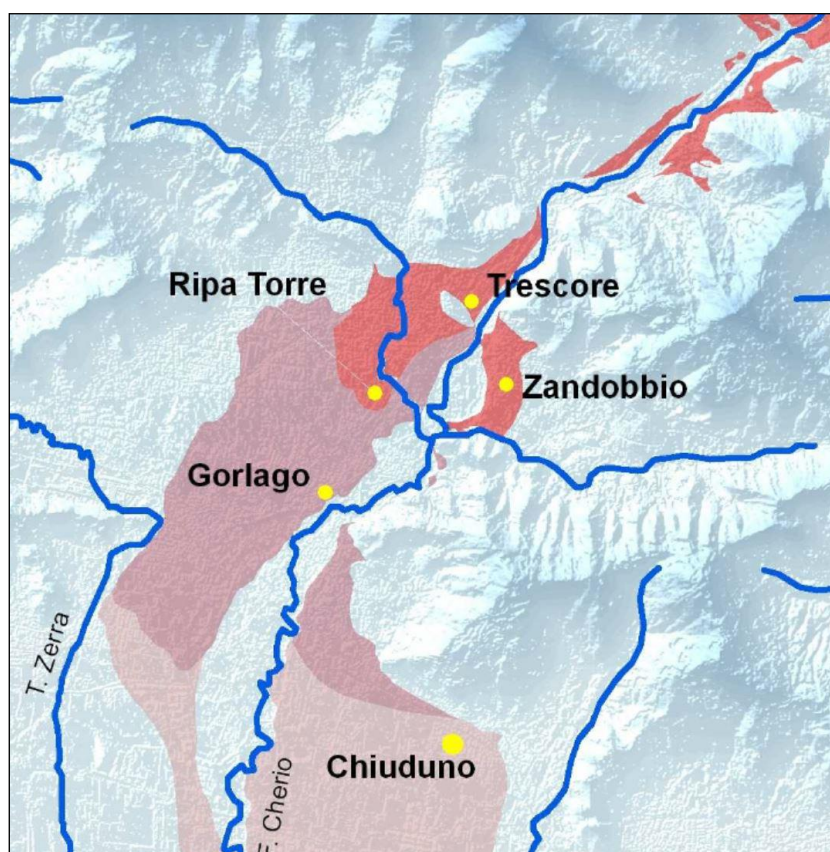
Sinonimi. Unità di nuova istituzione, comprendente le unità indicate dagli autori precedenti come Fluvioglaciale ghiaioso alterato per circa 1 m "livello fondamentale della Pianura" (Riss) p.p. (SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA – 1954), Würm p.p. (CHARDON – 1975), Livello fondamentale della Pianura p.p. (Pleistocene superiore) (CREMASCHI – 1987), Unità di Spinone (Complesso dell'Oglio) p.p. e Unità di Trescore p.p. (FERLIGA et alii – 2000).

Area di affioramento. Lembi isolati entro la valle del Cherio da Grone sino allo sbocco in pianura; da Gorlago e Carobbio in destra e sinistra dell'alveo attuale sino al margine meridionale del foglio 098. ;



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulting nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

**Superfici limite e rapporti stratigrafici.** Limite inferiore non osservato; entro la valle l'unità poggia su di una superficie erosionale polifasica che tronca la successione mesozoica, il conglomerato di Ripa-Torre e depositi glaciali di unità del supersintema della Colma del Piano indistinto. Rappresentando in parte la sedimentazione fluvioglaciale durante le avanzate della diffluenza camuna, parte del supersintema è da considerarsi eteropica a unità glaciali del supersintema della Colma del Piano indistinto, anche se tali relazioni non sono attualmente conservate. Limite superiore poligenico e polifasico, caratterizzato da alterazione via via decrescente dalle superfici più alte, nettamente troncate e sospese, a quelle più recenti del fondovalle. Il supersintema comprende tre diverse unità, non distinte cartograficamente, incassate l'una nell'altra e rappresentative di fasi successive dell'evoluzione della valle: unità di Trescore, unità di Gorlago, unità di Chiuduno.



**Figura 8 – Ubicazione e limiti delle unità distinguibili per geometrie, quote, morfologie e profili di alterazione entro il supersintema del Cherio; da N verso S: unità di Trescore, unità di Gorlago, unità di Chiuduno (Base topografica DSM – Blom-CGR- Parma; elaborazione grafica: F. Torri.)**

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

**Litologia.** Depositi alluvionali: ghiaie e conglomerati massivi o stratificati, con intercalazioni di sabbie o di arenarie, limi, silt; clasti carbonatici locali prevalenti e silicatici derivati da depositi glaciali camuni; cementazione da buona ad ottima per i litosomi più antichi, sino a scarsa o assente in corrispondenza dei livelli più recenti. Depositi di debris-flow: diamicton a supporto di matrice con clasti di alimentazione locale, da subangolosi a subarrotondati; cementazione assente.

**Morfologia e paleogeografia.** Morfologie ben conservate, con orli di terrazzo netti sino allo sbocco della valle, via via meno evidenti scendendo verso S.

Il supersintema riunisce almeno tre ordini di superfici morfologicamente e pedologicamente ben distinguibili, e rappresenta quindi più fasi di deposizione alluvionale e/o fluvioglaciale, ben distinguibili a scala locale.

**Età.** L'unità comprende depositi alluvionali terrazzati presenti entro il bacino del Cherio, e caratterizzati dalla presenza di silicoclasti di alimentazione camuna; la sua età può quindi estendersi entro tutto il Pleistocene, dubitativamente dalla prima avanzata glaciale.

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

## SUPERSINTEMA DI PALAZZAGO (PA)

**Definizione.** Limi e argille limose, massivi o rozzamente stratificati, con clasti di provenienza locale da millimetrici a centimetrici (depositi di versante); diamicton con abbondante matrice sabbioso-limosa e argillosa e clasti locali sino a centimetrici (depositi di debris flow). Superficie limite superiore poligenica e polifasica, con morfologie da ben conservate ad erose, profilo di alterazione con profondità molto variabile.

**Sinonimi.** Complesso di Palazzago (ROSSI et alii – 2000).

**Area di affioramento.** Valli tra Ranica e Torre Boldone; vallecule al raccordo fra margine pedemontano e pianura fra Scanzorosciate, Brusaporto e Cenate Sopra; valle di Zandobbio; area fra Grumello del Monte e Telgate.

**Superfici limite e rapporti stratigrafici.** La superficie di appoggio basale del supersintema è erosiva, ondulata e a vario angolo; i depositi ammantano direttamente la successione mesozoica o depositi continentali neogenicoquaternari.

La superficie limite superiore coincide solitamente con la superficie topografica e presenta caratteri molto variabili: da situazioni in cui questa è ben conservata, erosa solamente dai processi sedimentari legati al sintema del Po, ad altre in cui è stata ripetutamente erosa e smembrata. I caratteri dell'alterazione sono anch'essi variabili, con situazioni molto dissimili fra di loro, pur nel quadro di una pedogenesi che determina un fronte di decarbonatazione solitamente superiore ad 1 m - quando il profilo non risulti troncato - e con caratteri idromorfi comuni. Spesso la determinazione del parametro alterazione risulta di difficile valutazione in quanto i depositi del supersintema derivano dalla mobilizzazione e successiva sedimentazione di suoli evoluti su substrato nel corso del Terziario, o ne ricevono un significativo apporto; essi registrano quindi la somma della precedente alterazione del substrato, nonché della pedogenesi subita successivamente alla loro messa in posto come veri e propri sedimenti.

**Litologia.** Il supersintema è costituito da depositi di versante nel senso più ampio del termine, che rielaborano materiali prevalentemente fini derivati dall'alterazione e dalla

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>Idros</b> Ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consultare nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

pedogenesi delle unità presenti a monte - siano essi litotipi mesozoici più o meno competenti, depositi neogenico-quadernari incoerenti e pedogenizzati o coltri di origine eolica (loess) - e clasti residuali, spesso già alterati, delle medesime provenienze. Esso comprende quindi depositi colluviali, di debris-flow e di frana.

- Depositi colluviali: limi e argille limose massivi o rozzamente stratificati, con sparsi clasti di provenienza locale da millimetrici a centimetrici, da subangolosi ad angolosi, spesso concentrati in orizzonti planari a debole inclinazione.
- Depositi di debris flow: diamicton massivi o rozzamente stratificati, a supporto di matrice sabbioso-limosa e argillosa e clasti locali sino a centimetrici.

All'interno dell'unità si intercalano talvolta livelli di ghiaie a supporto clastico o di matrice con clasti a selezione discreta, da centimetrici a decimetrici, da subangolosi a subarrotondati, legati all'azione di correnti trattive: si tratta di episodi alluvionali a scala locale e di durata limitata, non cartografabili separatamente, e che comunque rientrano nelle dinamiche caratteristiche delle fasce di raccordo fra rilievi pedemontani e pianura.

La petrografia dei depositi rispecchia quella dei versanti di alimentazione, ivi comprendendo anche clasti non locali ma derivati dalla rielaborazione di precedenti depositi alluvionali o glaciali, con prevalenza dei litotipi più resistenti all'alterazione.

Morfologia e paleogeografia. Morfologia ben conservata, con coni e lobi di colata spesso coalescenti, che ammantano le morfologie preesistenti annegadole; superfici lateralmente continue, con inclinazione entro pochi gradi (tipo glacis d'accumulo); spesso reincisi e terrazzati, con cicli di sedimenti successivi incassati entro le superfici più vecchie.

I processi responsabili della genesi e messa in posto di questi depositi sono in relazione a condizioni periglaciali e di denudamento dei versanti, e pertanto si sarebbero ripetuti nel corso di ogni glaciazione, con complesse dinamiche di interazione e sovrapposizione. La polifasicità delle superfici e l'omogeneità sedimentologica e pedologica dei depositi non consentono quindi una correlazione ragionevolmente certa con le altre unità continentali presenti a scala locale. In molti casi inoltre colluvi legati all'attività antropica (disboscamento dei versanti, attivo almeno dall'Età del Bronzo), quindi di età olocenica non risultano distinguibili dai

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ydros</b> Ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulting nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

sottostanti depositi del supersintema; vengono pertanto compresi cartograficamente entro esso.

Nel settore orientale del foglio, i depositi del supersintema assumono forma di colate, con superfici a basso angolo che colmano quasi completamente la valle dello Zerra fra Albano S. Alessandro e Montello, la valle di Cenate, la valle di Zandobbio; essi inoltre annegano, con netta discordanza, le scarpate dei terrazzi presenti fra San Paolo d'Argon e Cenate; fra Carobbio e Chiuduno e nell'area di Grumello-Telgate infine, le colate del supersintema di Palazzago ammantano superfici più alte rispetto all'antistante pianura, e sono a loro volta terrazzate da depositi delle fasi più recenti del supersintema del Cherio e da depositi del supersintema di Monterotondo.

Età. Il supersintema di Palazzago comprende sedimenti messi in posto in un intervallo di tempo esteso dal Pliocene sino a tutto il Pleistocene.

## **SINTEMA DEL PO (POI);**

Definizione. Diamicton e ghiaie con clasti spigolosi (depositi di versante, di frana e di debris flow); ghiaie e sabbie stratificate (depositi alluvionali); limi laminati, argille, torbe (depositi lacustri e di torbiera). Superficie limite superiore caratterizzata da alterazione assente e morfologie ben conservate o ancora in evoluzione.

Sinonimi. Alluvioni attuali, recenti, antiche e tardive, Torbe e terreni torbosi recenti (BONI & CASSINIS – 1973); Alluvioni sabbioso ghiaiose, terrazzate, postglaciali antiche (SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA – 1970); Alluvioni di fondovalle localmente passanti a depositi lacustri, Detrito sciolto e cementato p.p., Unità postglaciale (ROSSI et alii – 2000).

Area di affioramento. Seppure in modo non continuo i depositi riferibili all'unità sono presenti in modo diffuso su tutta l'area del foglio, dal fondovalle attivo dei principali corsi d'acqua sino alle falde detritiche presenti alla base e lungo le pendici di tutte le principali scarpate e pareti in roccia; analogamente avviene per i corpi di frana.



A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

*Superfici limite e rapporti stratigrafici.* Superficie limite superiore con caratteri variabili in funzione dell'ambiente considerato e dei processi sedimentari e pedologici in atto. In generale si osserva alterazione dei clasti molto ridotta, con cortex millimetrico sui clasti carbonatici e blanda alterazione di micascisti e filladi, profondità del fronte di decarbonatazione solitamente inferiore a 0,5 m, colore della matrice 10YR-2.5Y; localmente è possibile però trovare suoli maggiormente rubefatti. I suoli sviluppati sulla superficie limite superiore variano da entisuoli ad inceptisuoli sino ad alfisuoli poco evoluti, tipici delle superfici più antiche e stabili.

Dato che rappresenta l'ultimo evento sedimentario, il sintema del Po non è coperto da altri depositi, mentre ricopre tutte le altre unità presenti nel foglio.

### *Litologia.*

- Depositi alluvionali: ghiaie stratificate a supporto clastico con matrice sabbiosa; ghiaie stratificate a supporto di matrice, con clasti da centimetrici a decimetrici da subspigolosi ad arrotondati e tabulari; corpi lenticolari di sabbie; limi e argille di esondazione. Clasti che rispecchiano le petrografie presenti a monte.
- Depositi di debris flow: diamicton massivi o rozzamente stratificati, a prevalente supporto di matrice e clasti da centimetrici sino a blocchi, spigolosi o subspigolosi.
- Depositi di versante: diamicton talora stratificati parallelamente al pendio, a supporto sia clastico che di matrice sabbioso-limosa; matrice argillosa quando derivata da rimaneggiamento di sedimenti più antichi pedogenizzati; clasti eterometrici, sino a blocchi metrici, in genere spigolosi, arrotondati solo se provenienti da precedenti depositi glaciali o alluvionali, alimentati dai versanti soprastanti di cui riflettono le litologie.
- Depositi colluviali: limi e limi argillosi con sparsi clasti spigolosi;
- Depositi lacustri e di torbiera: limi, limi argillosi e argille laminati e talora gradati; limi di colore scuro ricchi in materia organica; torbe in banchi sino a metrici.

A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	 ETATEC STUDIO PINO LETTI	 Idros Ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS consultare nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 ECOGEO s.r.l. TECNICHE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

**Morfologia e paleogeografia.** Morfologie nette e ben conservate, anche terrazzate, il più delle volte ancora in evoluzione

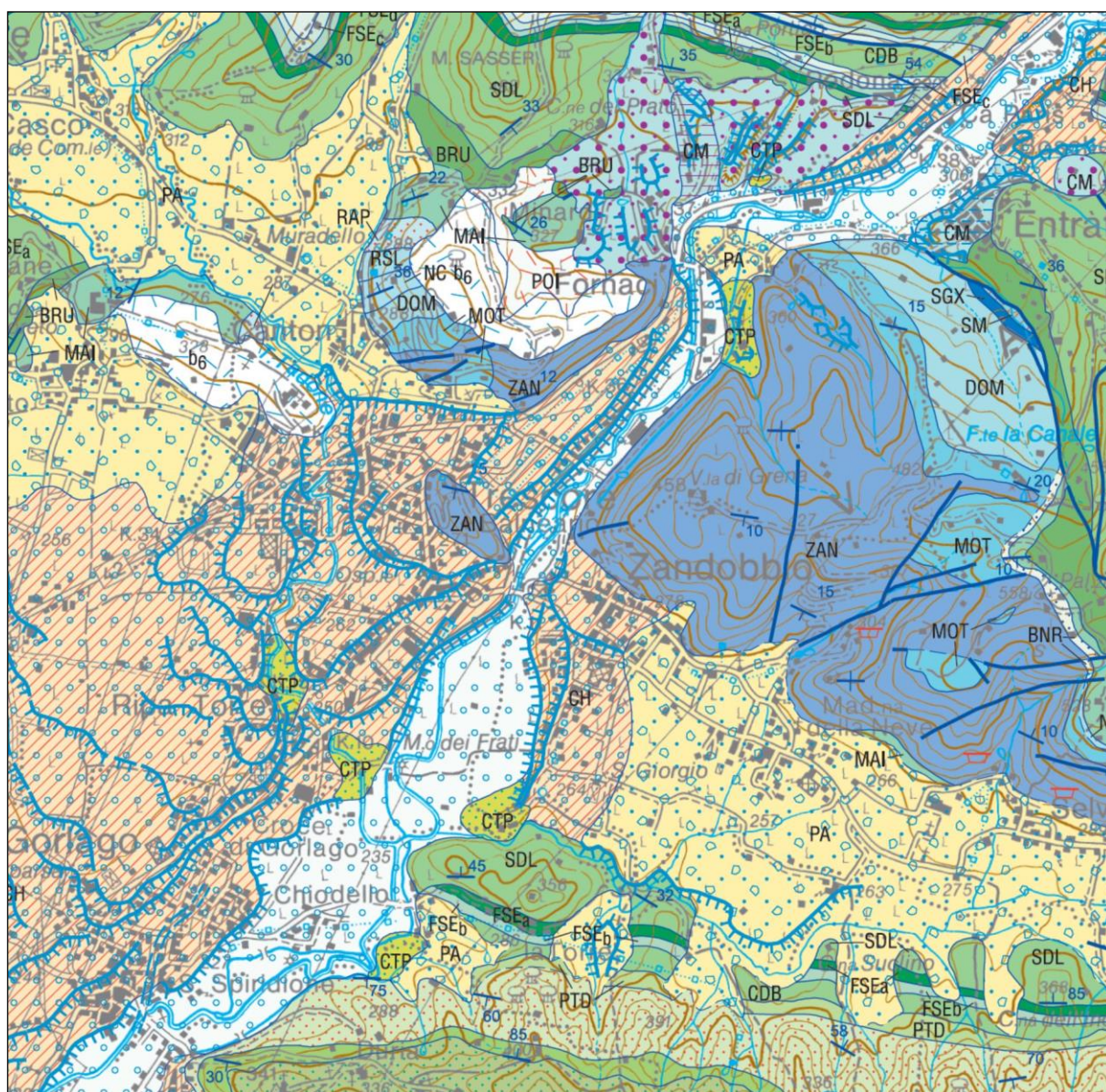
L'unità struttura le superfici recenti e attuali, in un articolato insieme di ambienti e di depositi in stretta connessione fra di loro, sia per eteropia sia secondo superfici erosive di vario ordine. Essa registra l'evoluzione del territorio a partire dal termine dell'ultimo evento glaciale e nel corso dell'Olocene. Buona parte di queste superfici sono attualmente urbanizzate e presentano chiare evidenze di rimaneggiamento antropico che però quasi sempre non arriva a rendere del tutto irriconoscibile la morfologia originaria.

Lungo l'alveo del Serio i depositi appaiono discontinui e spesso molto mobili entro il tratto montano; allo sbocco in pianura, a S di Seriate la piana alluvionale attuale diviene evidente e continua, incassata al massimo di un paio di metri entro la superficie del supersintema della Selva di Clusone.

Nella valle del Cherio molto evidenti sono le ampie falde di detrito di versante presenti a N del Lago di Endine, mentre lungo i versanti sono diffusi i fenomeni di colata e trasporto in massa, spesso con piccoli conoidi impostati allo sbocco delle valli. La piana a N di Casazza è solo parzialmente attribuibile a dinamiche fluviali, in quanto buona parte del riempimento è dovuto all'attività del versante. A N del Lago di Endine vengono attribuiti al sintema del Po l'intera piana lacustre e i due grandi conoidi che si raccordano ad essa.

**Età.** Pleistocene superiore - Olocene.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>



**Figura 9 - Stralcio foglio 098 (Bergamo) della Carta Geologica d'Italia - Nuovo progetto CARG 1:50.000;**

*POI – Sintema del Po (Unità Postglaciale); CM – Supersintema della Colma del Piano; PA – Supersintema di Palazzago; b6 - Alteriti; CH – Supersintema del Cherio; CTP – Conglomerato di Ripa-Torre; PTD – Flysch di Pontida; CDB – Flysch di Colle Cedrina; FSEa/FSEb – Formazione di Sorisole; SDL – Sass de la Luna; BRU – Marne di Bruntino; MAI - Maiolica; SM – Selcifero Lombardo; RAP – Rosso ad Aptici; RSL – Radiolariti del Selcifero Lombardo; SGX – Successione Giurassica Ridotta e Condensata; NC – Gruppo di Concesio; DOM – Calcare di Domaro; MOT – Calcare di Moltrasio; ZAN – Dolomia di Zandobbio*



A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

## 4.2 CONTESTO TETTONICO - STRUTTURALE

La struttura a pieghe e sovrascorrimenti del Sudalpino Lombardo risulta chiaramente esposta nei settori montuoso e collinare del Foglio 098- Bergamo, sino al contatto con i sedimenti pleistocenici e olocenici della pianura. Essa si manifesta nella forma di una pila di embrici, coinvolgenti le unità triassico-cretaciche scollate a vari livelli e traslate verso S e/o SSE durante differenti fasi di accavallamento, comprese tra il Cretacico superiore e il Miocene superiore (GAETANI et alii – 1981; LAUBSCHER – 1985; PIERI & GROPPi – 1981; DOGLIONI & BOSELLINI – 1987). La terminologia delle unità strutturali affioranti segue gli schemi proposti in GAETANI et alii (1981) e più recentemente in BERSEZIO et alii (1990, 1997) e nella Carta Geologica della Provincia di Bergamo (FORCELLA & JADOUL – 2000). Per quanto riguarda la struttura sepolta nel sottosuolo della pianura, la terminologia descrittiva si basa fondamentalmente sui dati AGIP, pubblicati in PIERI & GROPPi (1981), CASSANO et alii (1986), recentemente dettagliati da BERSEZIO et alii (2001).

Nella porzione del territorio bergamasco descritto nel Foglio 098-Bergamo sono state definite differenti unità strutturali alpine, disposte in fasce a direzione circa E-W, delimitate da superfici di accavallamento, scollamento e/o da zone di taglio e intensa deformazione, parallele o trasversali agli allineamenti tettonici prevalenti.

Da N verso S, nel foglio 098 Bergamo si riconoscono le unità tettoniche descritte di seguito:

- 1) **Parautoctono delle Prealpi** (GAETANI & JADOUL – 1979; GAETANI et alii – 1981); costituito da un sistema di embrici sud-vergenti nell'ambito del quale sono ben individuati quelli relativi ai sovrascorrimenti di Albino e di Gaverina-M. Bronzone.
  - Sovrascorrimento di Albino; una struttura il cui fronte meridionale decorre con direzione N110 dal M.Canto Alto fino ad Albino, presso il Fiume Serio. Essa conserva in posizione alloctona il Graben di Selvino, struttura distensiva a direzione meridiana intersecata da filoni di porfiriti terziarie (FANTONI et alii – 1999).
  - Sovrascorrimento di Gaverina - M.Bronzone; estremo occidentale del Sovrascorrimento di Predore (GAETANI et alii – 1981). Si tratta di accavallamenti sud-vergenti che proseguono verso oriente la struttura meridionale del Parautoctono, coinvolgendo, oltre alla Dolomia Principale, le formazioni

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

bacinali noriche (gruppo dell'Aralalta) e le successioni norico-retiche, scollate e scomposte in lembi alloctoni embricati di minore spessore e estensione laterale.

- 2) **Flessura Pedemontana**; a ridosso dei sovrascorrimenti del Parautoctono la Flessura comprende gli sciami di pieghe di trascinamento, già definite come fascio delle pieghe di Ubiale - Lonno (GAETANI et alii – 1981), del M. Misma - M. Pranzà e della Valle Adrara. Questo sciame di pieghe-faglie, rovesciate verso SSW, coinvolge le formazioni giurassiche e rideforma le strutture distensive legate alla principale fase di rifting (Liassico), preservata nel Sudalpino Lombardo. Le stesse si traducono in una complessa zona di faglie inverse, pieghe e sovrascorrimenti S-vergenti e N-vergenti (retroscorrimenti), accavallate sul prisma clastico del Cretacico superiore, che possono esprimere raccorciamenti anche notevoli, giustappponendo domini paleogeografici non adiacenti in origine. E' il caso dei sovrascorrimenti impostati alle pendici meridionali del M. Misma, dove differenti embrici S-vergenti contengono successioni turoniane di ambiente prossimale, altrove ignote, a contatto con i propri equivalenti distali (BERSEZIO et alii – 1989). In generale questo sciame di faglie si imposta in corrispondenza della marna di Bruntino, costituenti il principale livello, affiorante, di scollamento tra le formazioni cretache e la successione mesozoica più antica. Il fascio di strutture della Flessura Pedemontana risulta scomposto in differenti segmenti delimitati e connessi da zone di trasferimento dirette NNW-SSE, lungo le quali spesso si impostano gli assi vallivi trasversali alla catena (Val Seriana, Val Cavallina, Valle Adrara).
- 3) **Zona a pieghe e sovrascorrimenti delle Colline Pedemontane** (BERSEZIO & FORNACIARI – 1987); si sviluppa a S della Flessura Pedemontana ed è costituita dalla successione cretacea caratterizzata da una struttura pellicolare con pieghe sinformi-antiformi, regionali, vergenti verso i quadranti meridionali, con lunghezza d'onda chilometrica e dimensioni longitudinali di alcuni chilometri. Le tracce delle superfici assiali di queste strutture presentano direzione prevalente da E-W a WNW-ESE e anche gli assi delle mesopieghe associate si conformano a questo andamento. È possibile la distinzione di tre aree: un'area settentrionale, direttamente connessa alla Flessura Pedemontana, un'area centrale), sviluppata all'altezza di Zandobbio, un'area meridionale che si va affondando sotto i sedimenti plio-quadernari della pianura.



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIAZZETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

- L'area settentrionale mostra caratteri diversi in destra e in sinistra del Cherio. In destra, verso il Fiume Serio, adiacente alla Flessura presso il M. Misma, domina una struttura a pieghe e pieghe fagliate, dirette da N90 a N110, chiaramente sovrascorsa verso i quadranti meridionali. Tra Bocche del Gavarno e Sant'Ambrogio risultano chiaramente delineati i nuclei turoniani di strutture sinclinaliche, ripetute per faglie inverse, immerse a N. Nella sinclinale settentrionale, sviluppata subito a meridione del M. Misma, le unità turoniane ricoprono in discontinuità la Maiolica. In sinistra del Cherio, verso la Valle Adrara, la struttura perde l'identità sopra descritta, per dar luogo ad una serie di embrici retrovergenti che coinvolgono in particolare le formazioni aptiano-albiane.
- L'area centrale è dominata da una struttura antiforme aperta, con superficie assiale diretta N110/N130, con assi immergenti verso WNW e ESE: l'anticlinale di Zandobbio. Questa struttura culmina nella zona di Zandobbio, ove presenta il fianco meridionale verticalizzato, portando in affioramento unità carbonatiche giurassiche. A NE di Zandobbio, tra l'anticlinale di Zandobbio e gli embrici dell'area settentrionale, si interpone la sinclinale di Foresto Sparso. E' una struttura aperta, diretta N110, simmetrica, con al nucleo le unità coniaciane, scollata alla base al livello delle peliti albiane e leggermente retroscorsa in corrispondenza del fianco settentrionale. La struttura di Zandobbio - Foresto Sparso è svincolata verso E dall'anticlinale serrata del M. Dratto, per mezzo della linea di Credaro, trasversale agli assi strutturali con direzione NNW-SSE, che interseca anche le strutture dell'area meridionale.
- L'area meridionale è caratterizzata da pieghe aperte e chilometriche, asimmetriche, con fianchi settentrionali verticalizzati; sinformi e antiformi, tra cui la sinclinale di Carobbio - Gandosso, seguita a S dall'anticlinale di Chiuduno-Grumello, con assi diretti tra N110 e E-W. Le pieghe coinvolgono le unità cretache fino alla pietra di Credaro (Campaniano), immergendosi sotto i depositi clastici della piana del Cherio e dell'Oglio. La sinclinale di Carobbio - Gandosso è scomposta da un sistema di faglie normali con direzione circa N-S che determinano lo sviluppo di strutture che isolano in particolare un alto strutturale

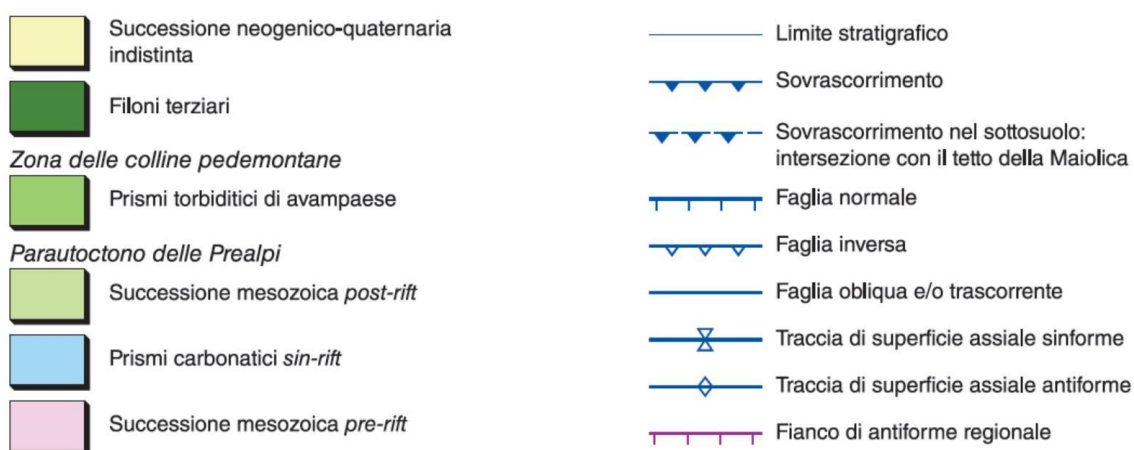
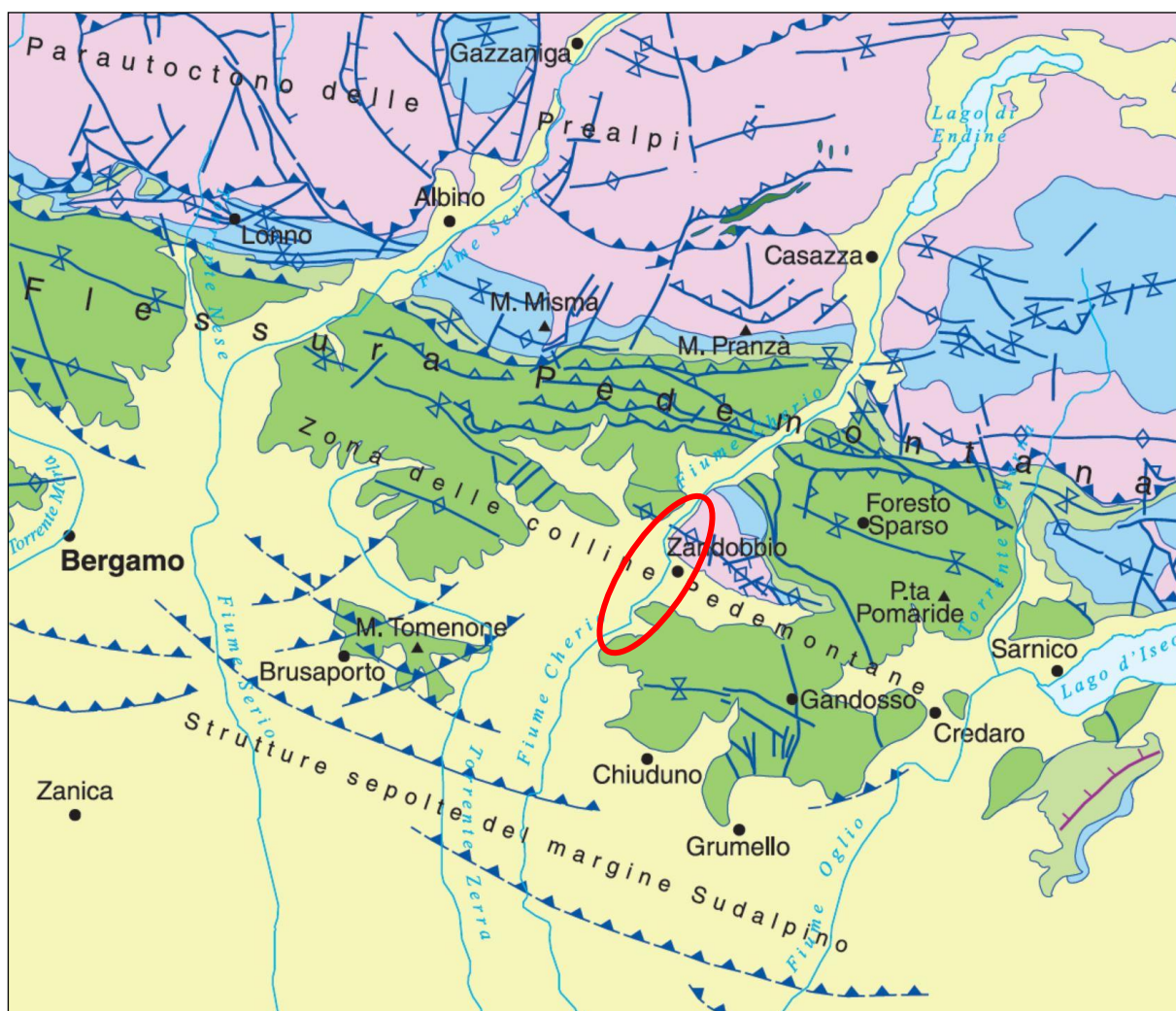
A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>Idros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

nella zona di Monte della Croce, rispetto al quale sono ribassati i settori occidentale e orientale. Nel sottosuolo di questo settore l'interferenza tra fronti di limitato sovrascorrimento e pieghe, osservati in sismica, determina una struttura complessa con orientazioni degli elementi tettonici in direzione WNW-ESE e WSW-ENE, cui è riconducibile la struttura monoclinale affiorante al M.Tomenone, presso Brusaporto.

- 4) Strutture sepolte del margine meridionale della catena sudalpina; unità terziarie embricate del sottosuolo (FANTONI et alii – 1999; BERSEZIO et alii – 2001). Nel sottosuolo della zona meridionale del Foglio 098-Bergamo si sviluppa il raccordo tra la pila affiorante degli embrici sudalpini e l'avampaese padano, ben rappresentato dalla sismica petrolifera (PIERI & GROPPi – 1981). Si tratta di una fascia contigua e parallela al margine sudalpino, sottostante alle unità pleistoceniche e oloceniche della piana del Serio e del Cherio. Ampia circa 15 km, è caratterizzata dalla deformazione ad embrici del prisma clastico terziario della Gonfolite e delle unità equivalenti, a tetto di un substrato mesozoico fortemente ribassato verso S. La struttura ad embrici è sostenuta da un livello di scollamento ubicato al tetto della Scaglia paleocenica e/o entro le Marne di Gallare (BERSEZIO et alii – 2001). Il livello di scollamento appare geneticamente correlato alle superfici che al margine sudalpino deformano la successione mesozoica.

Come ben riportato in **Figura 10**, l'area oggetto del presente progetto si inquadra da un punto di vista tettonico-strutturale nell'ambito della *Zona a pieghe e sovrascorrimenti delle Colline Pedemontane* e, in particolare, si colloca a cavallo delle due subaree più meridionali: quella centrale dell'anticlinale di Zandobbio e quella meridionale caratterizzata da pieghe aperte e chilometriche, asimmetriche.

A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	 ETATEC STUDIO PIOLETTI	 ldros Ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS consulting nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 ECOGEO s.r.l. TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>



**Figura 10 - Stralcio dello schema tettonico del foglio 098 (Bergamo) della Carta Geologica d'Italia - Nuovo progetto CARG 1:50.000; indicata in rosso la posizione indicativa dell'area oggetto di studio**

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

### 4.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

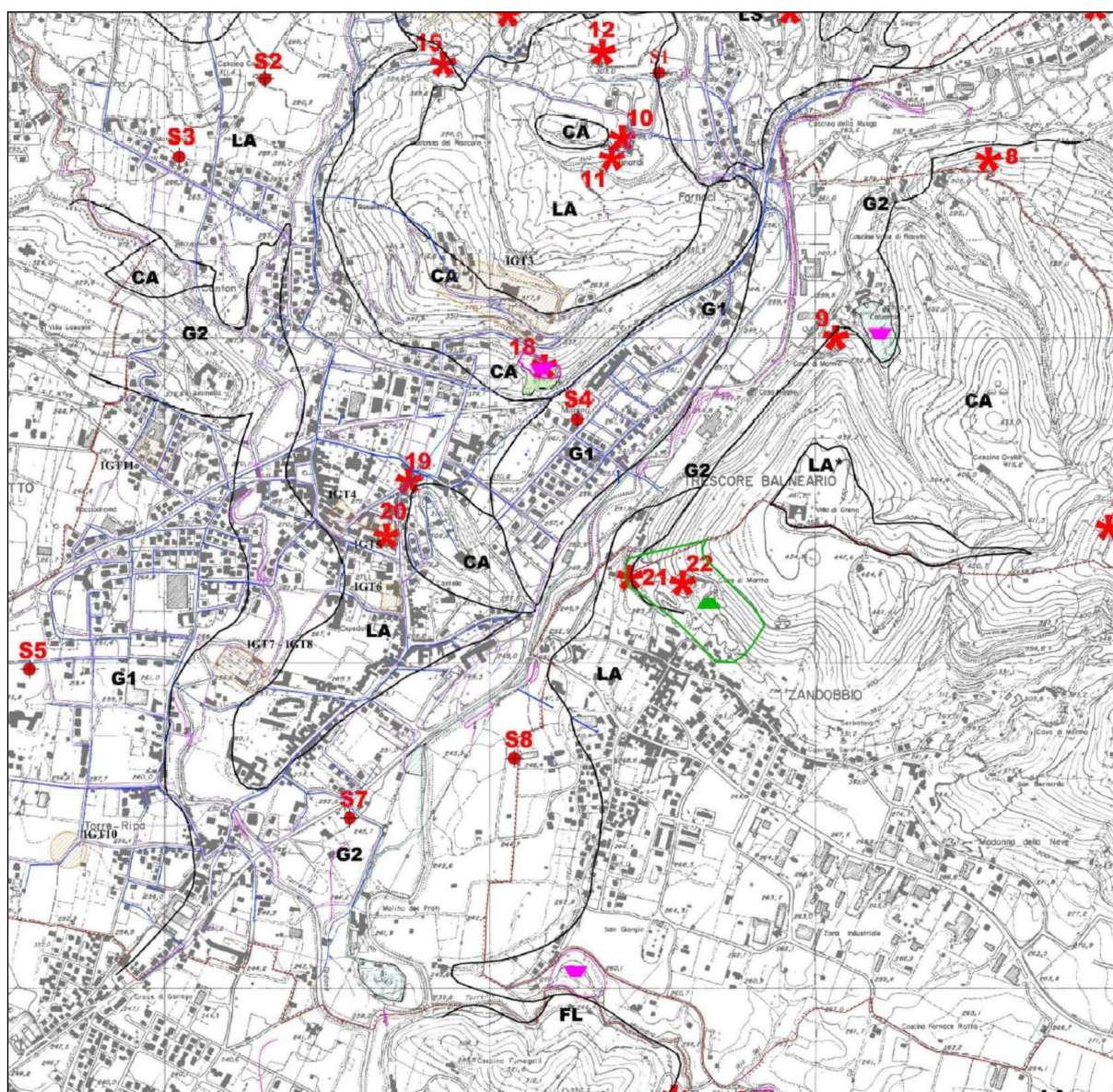
La caratterizzazione geotecnica di massima dell'area oggetto di studio si basa su quanto riportato all'interno dello studio geologico del PGT di Trescore Balneario (GRIMALDI – 2012).

Tuttavia per una caratterizzazione geotecnica dei depositi del sottosuolo dell'area oggetto di studio si rimanda al relativo specifico elaborato (Cfr. **A.3.3 – Relazione geologico-tecnica**)

Trattandosi di *Aree appartenenti ad un contesto morfologico pianeggiante, pedecollinare terrazzato e collinare*, le aree oggetto del presente progetto sono classificate nello studio geologico da un punto di vista geotecnico come *Area G2*, come ben indicato nella tavola *B.04–Caratteristiche geologico-tecniche ed opere antropiche* dello studio geologico comunale riportata in stralcio in **Figura 11**.

Tali aree sono caratterizzate dalla presenza di depositi costituiti litologicamente da ghiaie grossolane con ciottoli, mediamente alterate, in matrice limoso sabbiosa, con livello sommitale limoso argilloso dello spessore medio di circa 1,5 - 2,0 m; localmente lo strato limoso raggiunge spessori massimi di 4,5m. I relativi suoli che si sviluppano sono mediamente profondi (0,5 - 2 m). Da un punto di vista geotecnico, si tratta di terreni granulari con stato di addensamento da medio ad addensato e caratteristiche geotecniche discrete, sottostanti un primo livello limoso argilloso poco consistente; sono dotati di una permeabilità generale da bassa a molto bassa in superficie, passante a media ed alta in profondità. Il drenaggio delle acque è generalmente discreto in profondità ma difficoltoso in superficie, soprattutto in corrispondenza dei maggiori spessori limosi che riducono la capacità di infiltrazione delle acque meteoriche.





## LEGENDA

	1	PUNTI DI OSSERVAZIONE (AFFIORAMENTI NATURALI E/O SCAVI EDILI)		AMBITO DI CAVA CESSATA
	S1	PUNTI DI OSSERVAZIONE (ASSAGGI CON ESCAVATORE)		AREA OGGETTO DI CONFERIMENTO DI INERTI - NON CONTROLLATA
	IGT1	AREA OGGETTO DI INDAGINI GEOLOGICO-TECNICHE SPECIFICHE		AREA OGGETTO DI CONFERIMENTO DI INERTI - CONTROLLATA
		LIMITI TRA UNITA' GEOTECNICHE		AREA OGGETTO DI BONIFICA AGRARIA MEDIANTE RIPORTO DI TERRENO
		OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA E/O DIFESA SPONDALE		IMPIANTO DI DEPURAZIONE DEL CONSORZIO DELLA COMUNITA' MONTANA
		AMBITO DI CAVA ATTIVA		EX AREA DI DISCARICA RSU (in fase di bonifica)

**Figura 11 - Stralcio tavola B.04–Caratteristiche geologico-tecniche ed opere antropiche  
del PGT del comune di Trescore Balneario (GRIMALDI – 2012)**



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>Hydros</b> Ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

## 5. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

Da un punto di visto idrografico, l'elemento che caratterizza maggiormente il comparto geografico in cui è inserita l'area in esame, oltre al lago di Endine, è il fiume Cherio, suo emissario, che si snoda nel fondovalle cavallino e rappresenta uno dei principali corsi d'acqua che scorrono nel territorio bergamasco modificandone nel tempo la morfologia in modo attivo. Inoltre, nelle vicinanze dell'area di studio sono presenti anche gli alvei attivi di altri due torrenti di minore importanza ma comunque degni di nota: il torrente Tadone e il torrente Malmera.

In generale, è opportuno osservare come la Val Cavallina, che accoglie le acque del fiume Cherio, sia una valle senza "testata": essa non è chiusa a nord da un anfiteatro di monti e rilievi che costituiscono il bacino di formazione del torrente o del fiume che la percorre. La Val Cavallina è come un "corridoio" ampio e facilmente percorribile che mette in comunicazione l'alta pianura bergamasca orientale e la città di Bergamo, con il settore alto del Sebino e la Valle Camonica.

### 5.1 IDROGRAFIA SUPERFICIALE DI ORIGINE NATURALE

Il reticolo idrografico presente sul territorio comunale possiede un andamento subdentrítico, ovvero avente una forma arborescente sviluppatasi con direzione preferenziale più o meno parallela dei rami che si suddividono dal canale principale, aventi un'importanza minore procedendo verso monte. Questo tipo di andamento del reticolo è tipico di terreni omogenei, impermeabili, a limitata acclività e indica un certo controllo tettonico di un sistema di fratture più o meno parallele.

Gli spartiacque dei bacini idrografici sono definiti dalle creste presenti sul confine comunale e la cresta del Monte Sassen.

Gli elementi idrografici di origine naturale esistenti nelle vicinanze dell'area oggetto di studio vengono riportati nella tavola dello studio di individuazione del Reticolo Idrico Minore del comune Trescore Balneario (GRIMALDI – 2012), riportata in stralcio in **Figura 12**, e vengono di seguito descritti.

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

## Fiume Cherio

Il corso d'acqua perenne più significativo è certamente il Fiume Cherio, che attraversa il territorio da nord a sud, inserito in un contesto quasi completamente urbanizzato, tanto che in alcuni tratti è stato coperto.

Il fiume Cherio, emissario del lago di Endine, è uno dei principali corsi d'acqua che scorrono sul territorio della bergamasca dopo i fiumi Brembo e Serio, con una lunghezza di 29,6 chilometri dal lago alla sua confluenza con il fiume Oglio, in cui si immette nel territorio comunale di Palosco.

Trae origine dal lago di Endine, piccolo bacino di origine glaciale, di superficie pari a 2,34 km<sup>2</sup> circa, formato a seguito dell'attività di una lingua laterale del ghiacciaio che nel Pleistocene (circa 2 milioni di anni fa), occupava la valle del fiume Oglio. Tale lingua laterale, superando l'attuale blando spartiacque tra la testata della Valle Cavallina e la valle del torrente Borlezza, si è spinta fino alla zona dove sorge l'abitato di Monasterolo del Castello, in prossimità del quale sono visibili i resti della morena frontale.

Il bacino idrografico del fiume Cherio ha una superficie di circa 148 km<sup>2</sup> e un perimetro di 77,6 km.

Il Cherio è un corso d'acqua a carattere torrentizio, capace di trascorrere lunghi periodi con scarsità d'acqua oppure di gonfiarsi repentinamente mettendo in grave rischio di esondazione le aree prossime all'alveo. Tra le piene che hanno interessato il Cherio, viene ricordata la piena eccezionale nel luglio 1932 che “interessò le campagne nel tratto tra il lago di Endine e la strada provinciale Bergamo-Sarnico, sommergendo anche gli abitati di Gorlago e Carobbio degli Angeli”, nonché “la piena del settembre 1979, con esondazioni in più punti nella tratta tra Luzzana e lo sbocco del fiume in pianura, alla Croce di Gorlago, appena a valle della confluenza del torrente Tadone” (Consorzio di Bonifica Media Pianura Bergamasca, Le acque della Bergamasca, 2001). Più recentemente, fenomeni di piena si sono succeduti anche frequentemente, fino all'evento dell'estate 2016, con esondazioni e danni fino a Gorlago.

L'assetto attuale del fiume Cherio risente profondamente delle sistemazioni a cui è stato sottoposto soprattutto negli ultimi decenni, anche, ma non solo, in seguito a fenomeni di esondazione particolarmente rilevanti.

Negli ultimi anni, a più riprese, il corso d'acqua è stato oggetto d'interventi di sistemazione idraulica per il potenziamento delle difese spondali in modo da ridurre o eliminare i rischi

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIVOLETTI	 <b>Idros</b> Ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulting nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

connessi con eventuali fenomeni alluvionali di eccezionale intensità. Lo stesso costituisce un elemento idrologico di particolare importanza in quanto esercita un elevatissimo effetto di laminazione delle piene sottraendo al Fiume Cherio la quasi totalità degli afflussi idrici dovuti alle piogge ricadenti nella parte alta del bacino.

### **Torrente Tadone**

Il torrente Tadone è un corso d'acqua di minore importanza rispetto al Fiume Cherio ma comunque appartenente al Reticolo Idrico Principale di competenza regionale.

Questo corso d'acqua nasce dal Monte Misma e confluisce dopo 8 km in destra idrografica nel fiume Cherio a Trescore Balneario, attraversando i comuni di Cenate Sopra, Cenate Sotto e Trescore Balneario.

Il torrente ha una modesta portata (circa 0,400 m<sup>3</sup>/s alla foce nel Cherio), che tuttavia non è mai costante tutto l'anno, per colpa dei prelievi massicci d'acqua della centrale idroelettrica di Trescore Balneario, che nell'ultimo tratto in paese fino alla foce, lo prosciugano totalmente.

### **Torrente Malmera**

Analogamente al torrente Tadone, il Malmera è un corso d'acqua di minore importanza rispetto al Fiume Cherio ma comunque appartenente al Reticolo Idrico Principale di competenza regionale.

Il torrente Malmera riceve le acque da diverse vallette poste in testata di valle (quota spartiacque 612 m s.l.m. S. Giovanni delle Formiche) e prosegue poi in direzione ovest dove incontra altri piccoli tributari di sinistra che provengono da vallette incassate ma comunque ricche di sorgenti, mentre da destra riceve le acque del Rio Sei.

Superato il punto di immissione del Rio Sei, il Malmera costeggia la collina in località Montecchi (comune di Gorlago) e si immette nel fiume Cherio come tributario di sinistra a 239 m s.l.m...

### **Sistema idrografico di Fornaci-Minardi**

Il complesso sistema idrografico di Fornaci-Minardi è ubicato in destra idrografica del fiume Cherio. Esso incide profondamente e drena l'ampia concavità di Cascina Minardi, la cui morfologia è stata condizionata dall'azione glaciale e dalla profonda alterazione dei

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIVOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

depositi, con una forte prevalenza di materiali terrigeni a granulometria fine.

Il ventaglio di valli che scendono dalle pendici del Mirabile e della Costa del Colle, per una superficie complessiva del bacino idrografico pari a circa 2,5 km<sup>2</sup>, convergono tutte sul tratto di Cherio a monte dell'antico ponte in località Tiro a Segno, nello spazio di poche centinaia di metri.

### Valle Roveto

La Valle Roveto scorre in sinistra idrografica del fiume Cherio ed è caratterizzata da un bacino limitato (circa 0,5 kmq) e in condizioni normali povera d'acque, confluiva nel Cherio in corrispondenza della grande ansa ormai da tempo scomparsa (probabilmente tra il 1902 e il 1913).

A testimonianza della posizione e dell'andamento dell'antica ansa del Cherio rimane un canale, ancora ben disegnato sulla carta IGM del 1931, in corrispondenza del quale si attestava la valle di Roveto e per qualche breve tratto forse ancora oggi riconoscibile alle spalle degli insediamenti sorti allo sbocco di via Val Roveto e comunque non più presente nelle successive cartografie.

La Val Roveto confluisce nel Cherio mediante un tratto, già presente nel 1954, oggi interamente tombinato al di sotto di fabbricati e piazzali a destinazione commerciale e produttiva.

### Valle di Calvarola

Anche la valle di Calvarola (superficie di circa 0,5 kmq) non ha un vero e proprio recapito nel fiume Cherio: solo sulla cartografia IGM del 1889 pare che essa confluisca direttamente in un canale non più riconoscibile nelle successive rappresentazioni cartografiche, parallelo al corso del Cherio, al tempo caratterizzato da un andamento ancora marcatamente sinuoso.

Oggi la valle Calvarola non ha un recapito in reticolo idrografico organizzato chiaramente definibile.

### Corso d'acqua piana alluvionale

Sulla piana alluvionale a sud del ponte di Zandobbio, ampia ed ancora in gran parte a destinazione agricola, nel settore di competenza del Comune di Zandobbio, viene

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

riconosciuto (come tale considerato a pieno titolo appartenente al reticolo idrico minore) un piccolo corso d'acqua che prende origine da alcune scaturigini alla base del terrazzo morfologico di Zandobbio, a monte delle vecchie terme: si tratta di acque mineralizzate che scorrono in un rivo piccolo, ma ben segnato, ancora a fondo naturale tranne che per brevi tratti intubati in corrispondenza di aree urbanizzate, che arriva a lambire la base del pendio del terrazzo principale di Zandobbio, aggirandolo a nord per poi confluire nel Cherio. Tratti di antichi percorsi di corsi d'acqua di origine locale sono ancora ricordati, più che dalle evidenze di terreno o da residue funzioni idrauliche, dalle mappe catastali e dalle vecchie carte topografiche.

## 5.2 IDROGRAFIA SUPERFICIALE DI ORIGINE ARTIFICIALE

Inoltre, nel comparto geografico ubicato a S della località Calvarola, dove la Val Cavallina si stringe a causa della presenza dei rilievi rocciosi di Grena, del Colle e del Castello di Niardo, il reticolo idrografico non vede più la presenza di corsi d'acqua naturali, ma piuttosto il tracciato di due canali di origine artificiale, ormai desueti e per lunghi tratti quasi irriconoscibili, utilizzati soprattutto per il funzionamento di opifici, magli e mulini e, in epoca più recente, piccole centrali elettriche.

Il più antico, in destra idrografica, ancora in parte su brevi tratti riconoscibile, aveva origine sulla sponda esterna dell'ansa fluviale a monte dell'attuale ponte di via Calvarola, dirigendosi poi verso le Terme e ritornando al fiume poco a valle di esse; oggi, in occasione di piene particolarmente significative, il canale, o quanto di esso rimane, viene ancora parzialmente riattivato provocando l'allagamento delle aree più depresse al margine della SS42.

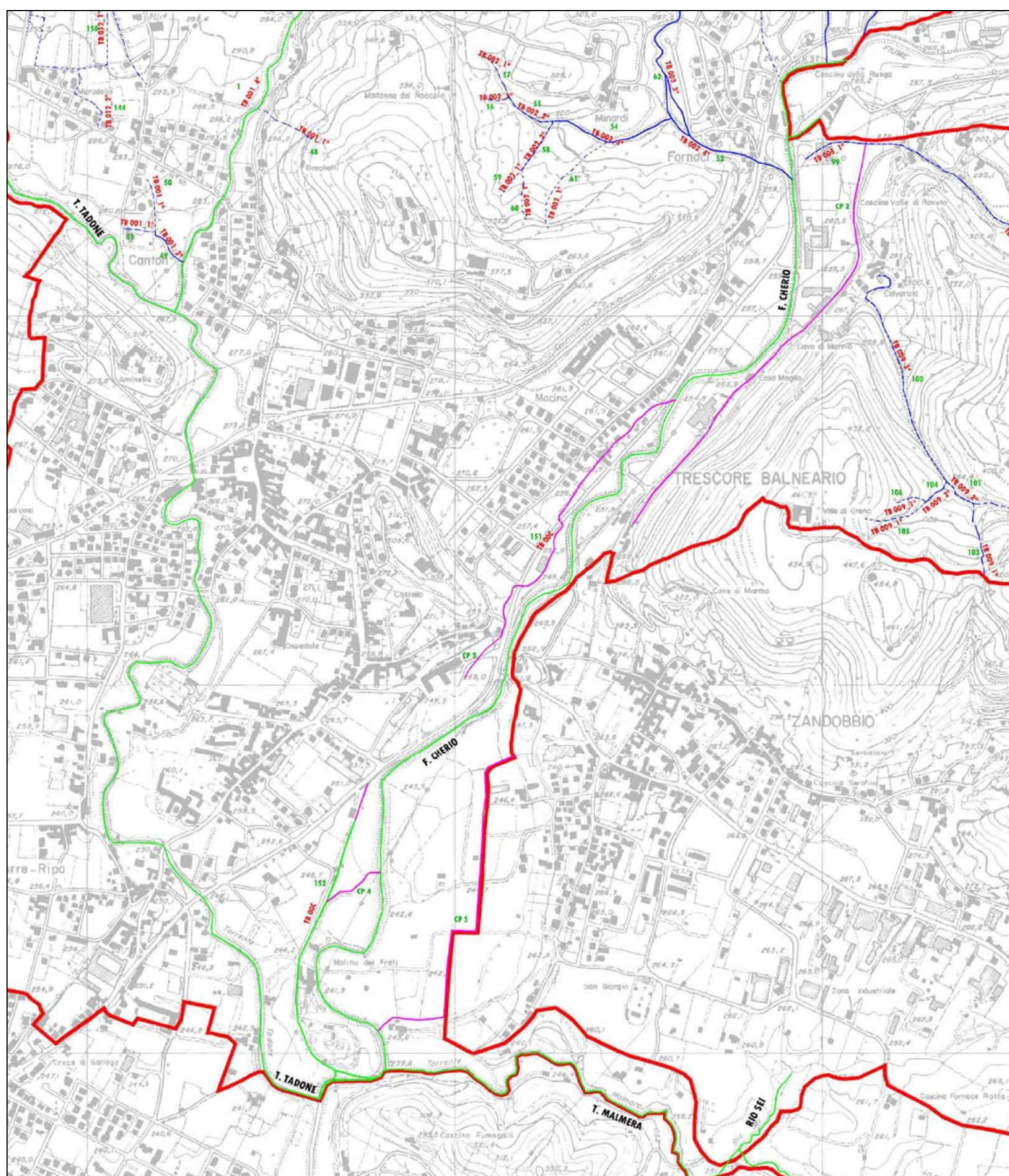
Un secondo canale, in sinistra idrografica, più lungo e più recente, sebbene almeno in parte ricavato su tratti di precedenti canali d'adduzione a magli e molini antiche, anch'esso ormai abbandonato, veniva derivato dal Cherio in territorio di Entratico e seguiva per lungo tratto a monte la via Calvarola, alimentando una piccola centrale di produzione elettrica, ancora oggi esistente, ma come sola centrale di trasformazione, contribuendo almeno in parte e per un tratto limitato a laminare le piene.

Tali canali sono stati riconosciuti come appartenenti al reticolo idrico minore del comune Trescore Balneario (GRIMALDI – 2012), riportata in stralcio in **Figura 12**, ma senza il



A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

vincolo delle fasce di rispetto in quanto non più completamente rintracciabili e non più riconducibili alle originarie funzioni idrauliche.



**Figura 12 - Stralcio tavola B.10–Reticolo Idrico Minore  
del PGT del comune di Trescore Balneario (GRIMALDI – 2012)**

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

## 6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

La presente indagine idrogeologica è stata articolata partendo da un'analisi preliminare della bibliografia scientifica disponibile per fornire un quadro generale del contesto idrogeologico padano:

- Note illustrative della *Carta Geologica d'Italia, foglio 098 - Bergamo* del nuovo progetto CARG redatta in scala 1:50.000;
- *Geologia degli Acquiferi Padani della regione Lombardia* (Regione Lombardia & ENI divisione AGIP, 2002).
- *Progetto di accompagnamento a supporto del processo di revisione del piano di tutela delle acque* (Éupolis, 2015)
- Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT del comune di Trescore Balneario (GRIMALDI – 2012).

### 6.1 STRUTTURA IDROGEOLOGICA A SCALA REGIONALE

Per quanto concerne l'assetto stratigrafico regionale, l'ultimo stato di avanzamento della ricostruzione idrostratigrafica del sottosuolo regionale è riconducibile al *Progetto di accompagnamento a supporto del processo di revisione del piano di tutela delle acque* (Éupolis, 2015).

Contestualmente a questo progetto, l'individuazione dei corpi idrici sotterranei del settore di pianura e di fondovalle della Regione Lombardia è stata condotta, a partire dalla classificazione del Gruppi Acquiferi ENI AGIP 2002, attraverso l'identificazione delle principali idrostrutture ovvero del sistema di relazioni tra i complessi idrogeologici tridimensionali, omogenei al loro interno, identificati per le modalità con cui si attua la circolazione idrica, e per i limiti che la separano dai complessi adiacenti.

Nell'ambito di pianura, le unità idrostratigrafiche sono state definite a partire dalla classificazione di Regione Lombardia, Eni Divisione Agip, 2002, che identifica i seguenti complessi idrogeologici:

- **Gruppo Acquifero A (Olocene-Pleistocene Medio);**
- **Gruppo Acquifero B (Pleistocene Medio);**

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIAZZETTI	 <b>Idros</b> Ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

– **Gruppo Acquifero C (Pleistocene Medio).**

Il gruppo acquifero D non è stato preso in esame nell'ambito dello studio di Éupolis poiché posto a profondità molto maggiori rispetto a quelle raggiunte dalle normali tecniche di perforazione a scopo di ricerca idrica.

Dunque, sono state riconosciute tre idrostrutture differenziabili tra loro per presenza di limiti fisici laterali netti (corsi d'acqua o spartiacque sotterranei) o gradualali (di natura sedimentologica e idrogeologica degli acquiferi).

All'interno di ciascuna idrostruttura sono stati individuati limiti il più possibile oggettivi e riconoscibili, tali da permettere la successiva definizione di corpi idrici sotterranei ai sensi del D.Lgs. 152/06.

I confini delle principali idrostrutture dei settori di pianura sono stati identificati nel contatto tra la piana lombarda e le forme di origine glaciale pedemontane (sistemi morenici).

La definizione dei limiti drenanti è stata condotta, in analogia a quanto già effettuato in sede di redazione del PTUA 2006 attraverso la ricostruzione delle linee isopiezometriche e l'intersezione delle stesse con i database topografici (punti quotati della Carta Tecnica Regionale e del Progetto Lidar - Light Detection and Raging) e con i livelli delle stazioni idrometrografiche della rete ARPA Lombardia.

La definizione degli spartiacque idrogeologici di interesse regionale è invece stata fatta individuando preliminarmente gli spartiacque nelle diverse condizioni piezometriche (marzo 2003, aprile-maggio 2014 e settembre 2014), ed identificando tra di essi quelli mantenutisi sostanzialmente stabili nel tempo.

Talvolta le variazioni tra corpi idrici, in particolare nel caso delle idrostrutture intermedie e profonde, sono di tipo graduale (variazioni nelle litofacies o nei rapporti d'interscambio); in questi casi i limiti sono stati fatti coincidere convenzionalmente con elementi fisici superficiali.

A partire dal piano campagna si susseguono nell'ambito di pianura di Regione Lombardia le seguenti idrostrutture:



A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	 ETATEC STUDIO PIVOLETTI	 ydros ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 ECOGEO s.r.l. TECNICHE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

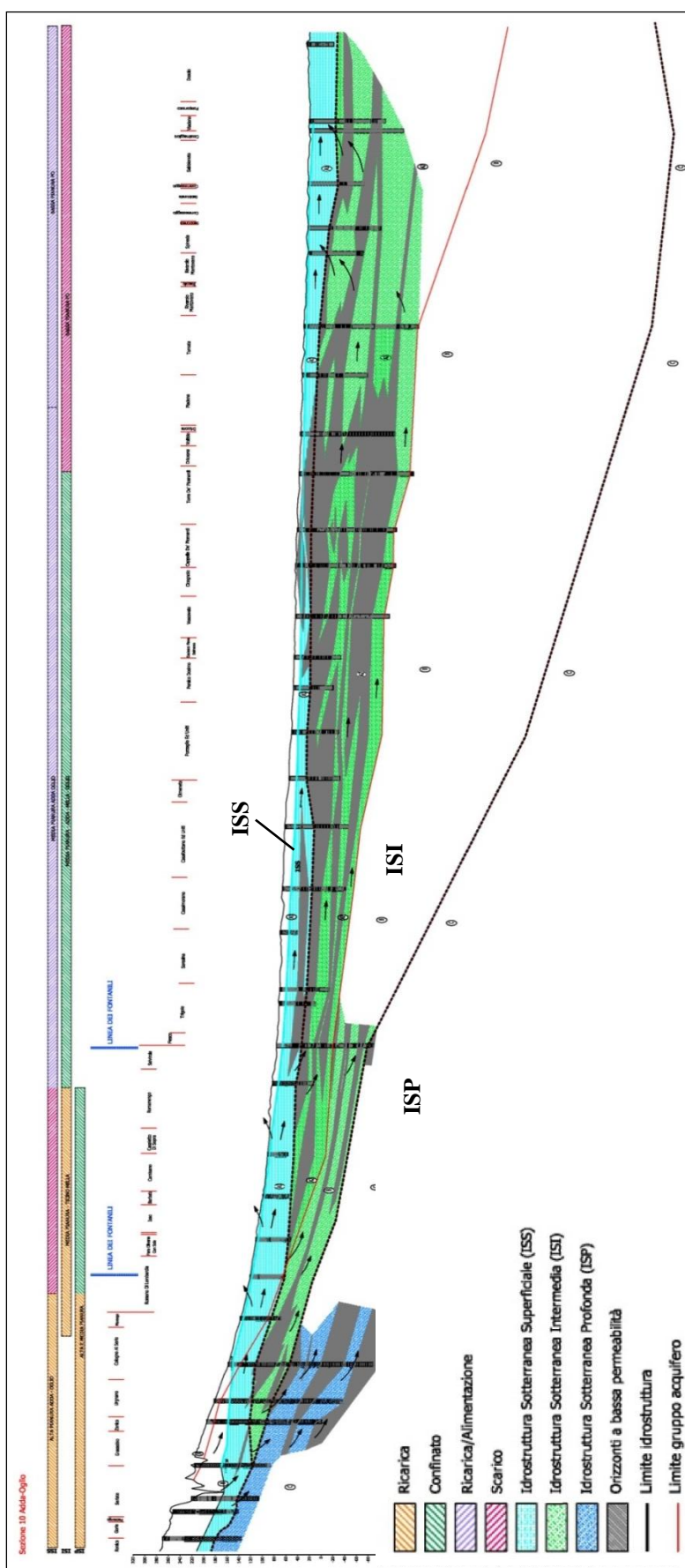


Figura 13 - Schema idrogeologico del settore Adda – Oglio  
(da Progetto di accompagnamento a supporto del processo di revisione del piano di tutela delle acque - Éupolis, 2015)

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

## ISS - Idrostruttura Sotterranea Superficiale

Tale idrostruttura è sede dell'acquifero libero, comprendente il Gruppo Acquifero A e B nei settori di alta pianura Lombarda e la porzione superiore del Gruppo Acquifero A nella media e bassa pianura.

In genere l'ISS costituisce il corpo idrico maggiormente vulnerabile sia da un punto di vista quantitativo che qualitativo, essendo posto in diretta comunicazione con la superficie topografica e con i corsi d'acqua superficiali che localmente ne riducono lo spessore complessivo. L'idrostruttura costituisce corpo idrico serbatoio attraverso cui i sottostanti acquiferi (ISI e ISP) sono ricaricati/scaricati.

Il limite di base dell'Idrostruttura Sotterranea Superficiale (ISS) è posto alla base del Gruppo acquifero B nell'alta pianura e alla base del sottogruppo A1 nella media e bassa pianura lombarda.

L'idrostruttura è caratterizzata da spessori minimi (20-30 m) in alcuni settori della bassa pianura lombarda (aree alla confluenza tra Po e Ticino, nel basso cremonese e nel medio bresciano) e da un ispessimento nell'alta pianura con spessori massimi superiori ai 100 m

## ISI - Idrostruttura Sotterranea Intermedia

Tale idrostruttura è sede di acquiferi da semiconfinati a confinati, comprendente la porzione profonda del Gruppo Acquifero A e il Gruppo Acquifero B presenti nella media e bassa pianura.

L'ISI comprende corpi idrici di significativo interesse idrogeologico sia da un punto di vista quantitativo sia qualitativo. Esso rappresenta infatti un serbatoio idrico per la media e bassa pianura, caratterizzato da condizioni di sostanziale equilibrio nel periodo di indagine (1980 -2014) e che, in genere meno vulnerabile alle contaminazioni idroveicolate. Localmente può essere sede di acquiferi caratterizzati da scarsa qualità naturale (presenza di Ferro, Manganese, Arsenico, Azoto Ammoniacale).

Comunica per drenanza con il soprastante ISS in corrispondenza di paleoalvei e/o eteropie presenti all'interno dell'acquitardo posto a separazione delle due idrostrutture. Il limite di base dell'Idrostruttura Sotterranea Superficiale (ISI) è posto in corrispondenza del limite basale del Gruppo acquifero B, nella media e bassa pianura lombarda. L'unità è assente in buona parte dell'alta pianura a causa della chiusura laterale conseguente all'innalzamento del tetto dell'ISP.



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PNOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulting nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNICHE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

La superficie basale dell'ISI è posta a quote comprese tra +200 (alta pianura lombarda) e - 600 m s.l.m in corrispondenza della bassa pianura cremonese e della media pianura mantovana. L'idrostruttura è caratterizzata da spessori crescenti dall'alta pianura (50-100 m mediamente) alla bassa pianura, con massimi di circa 600 m all'altezza dell'asse Gussola Marcaria.

In corrispondenza dell'alto di San Colombano le evidenze idrostratigrafiche testimoniano un significativo assottigliamento dell'idrostruttura caratterizzata da litotipi prevalentemente impermeabili, dovute alla risalita del corpo idrico ISP.

Nella definizione dei corpi idrici sotterranei la porzione di ISI impermeabile è stata accorpata al sottostante ISP in quanto essa ne rappresenta aquitardo di separazione dal soprastante ISS.

Contestualmente a tale studio è stata identificata la superficie al di sotto della quale non si hanno più dati idrogeologici diretti (base della porzione conosciuta dell'ISI). Tale superficie è stata presa come riferimento per definire le caratteristiche dei corpi idrici sotterranei nella bassa pianura lombarda. La parte profonda dell'ISI non è quindi stata attualmente ricompresa nei corpi idrici di media e bassa pianura, non essendo oggi caratterizzabile da un punto di vista geochimico e litostratigrafico.

### **ISP - Idrostruttura Sotterranea Profonda**

Tale idrostruttura è sede di acquiferi confinati comprendente il Gruppo Acquifero C nei settori di pianura in cui esso è conosciuto tramite indagini dirette e captato, presente esclusivamente nell'alta pianura.

L'ISP, al pari dell'ISI, costituisce corpo idrico di significativo interesse idrogeologico sia da un punto di vista quantitativo che qualitativo, perché rappresenta il serbatoio idrico dell'alta pianura che ha evidenziato condizioni di equilibrio nel periodo di indagine (1980 - 2014) e che, in genere è meno vulnerabile alle contaminazioni idrovelicolate. Può tuttavia essere localmente interessato da scarsa qualità di base delle acque in esso circolanti a causa di fenomeni naturali (presenza di Ferro Manganese Arsenico, Azoto Ammoniacale).

Comunica per drenanza con l'idrostruttura dell'ISS in corrispondenza di paleovalvei e/o nei settori in cui l'unità tende a risalire per motivi neotettonici e si pone in discordanza angolare con i soprastanti depositi appartenenti all'ISS.

Sulla base dei dati stratigrafici puntuali e delle sezioni idrogeologiche sono state ricostruite

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>Idros</b> Ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulting nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

le mappe della base dell'Idrostruttura Superficiale (ISS) e la base dell'Idrostruttura Intermedia (ISI).

La base dell'Idrostruttura Profonda (ISP) non è stata ricostruita a causa delle elevate profondità dell'idrostruttura nella media e bassa pianura lombarda.

Inoltre, Regione Lombardia ha identificato 8 settori di fondovalle (Valtellina, Val Chiavenna, Val Seriana, Val Brembana, Val Cavallina, Val Camonica, Val Trompia e Val Sabbia) entro i quali sono ubicati acquiferi di interesse regionale: tutti acquiferi nastriformi, con piccole propaggini nelle valli laterali tributarie.

Lo studio Progetto di accompagnamento a supporto del processo di revisione del PTA. Attività di approfondimento specialistico relativo ai corpi idrici sotterranei di Éupolis del 2015, in cui sono stati definiti alcuni acquiferi vallivi di interesse regionale, è stato svolto raccogliendo e organizzando i dati stratigrafici disponibili, che tuttavia si sono rivelati frequentemente troppo scarsi in termini di profondità e di frequenza, soprattutto in considerazione della notevole eterogeneità del sottosuolo in contesto montano.

Il numero relativamente basso di stratigrafie è determinato anche dalle modalità prevalenti di utilizzo della risorsa idrica; solitamente infatti vengono privilegiate le captazioni di acque superficiali o sorgive sui versanti piuttosto che la perforazione di pozzi nei fondovalle.

Dunque la geometria dei fondovalle, la necessità di basi geologiche accurate e l'esiguità di dati stratigrafici non hanno permesso una ricostruzione di dettaglio delle caratteristiche idrostratigrafiche e idrostrutturali.

Tuttavia Regione Lombardia ha potuto delimitare le idrostrutture di fondovalle e suddividerle in settori, principalmente in base alla presenza riconosciuta di livelli acquiferi sovrapposti.

Verso monte è stato posto un limite alle idrostrutture dove le valli divengono strette e non è più riconoscibile la continuità stratigrafica dei depositi alluvionali. In queste condizioni è spesso possibile accertare la presenza di acquiferi di fondovalle altamente produttivi per l'elevata granulometria dei depositi, ma essi sono configurabili come di interesse locale anche per la connessione diretta con la rete idrografica superficiale.

Il limite laterale è stato posto in corrispondenza della rottura di pendio alla base del versante. Le conoidi laterali, la cui funzione idrogeologica è rilevante e variabile in funzione delle loro

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

caratteristiche specifiche, non sempre sono state ricomprese nell'idrostruttura di fondovalle.

Il limite verso valle delle idrostrutture è rappresentato, ove presente, da una linea a potenziale fisso (ad esempio, il lago di Como) o dalla comparsa nel sottosuolo di depositi afferenti al sistema deposizionale dell'alta pianura.

Ad ogni ambito vallivo di significativo interesse viene associato un singolo corpo idrico ad eccezione della Valtellina, la quale invece risulta suddivisa in tre porzioni.

## 6.2 STRUTTURA IDROGEOLOGICA A SCALA LOCALE/DI DETTAGLIO

Per quanto concerne l'assetto idrogeologico di dettaglio dell'area oggetto di studio, essa si colloca nel settore di fondovalle della Bassa Val Cavallina, e in particolare nel comparto geografico terminale laddove questa si affaccia sulla pianura padana.

In riferimento all'Elaborato 2 del Programma di Tutela e Uso delle Acque (Regione Lombardia), la Val Cavallina è la terza valle definita come nuovo corpo idrico sotterraneo nell'Idrostruttura Sotterranea di Fondovalle.

La geometria di tale corpo idrico è stata tracciata da Regione Lombardia prettamente su base litologica avvalendosi dello strumento di conoscenza scientifica più recente: la Carta Geologica d'Italia del Nuovo Progetto CARG in scala 1 : 50.000.

Il fondovalle della Val Cavallina, relativamente ampio e a decorso NE-SW, è occupato nella porzione settentrionale dal bacino lacustre di Endine, di modesta profondità (non superiore ai 10 m) e soggetto ad interrimento

La quota del fondovalle si mantiene fra i 350 m presso Endine e i 260 m allo sbocco in pianura (Trescore), mentre lo spartiacque è posto quasi sempre al di sopra dei 600 m, tranne alla testata della valle ove scende a quota 355 m.

Il raccordo fra i versanti e il fondovalle è caratterizzato dalla presenza di ampi lembi di terrazzi alluvionali, prevalentemente conglomeratici, sulla cui superficie è costruito il nucleo storico di molti centri abitati (Grone, Berzo, Entratico, Zandobbio).

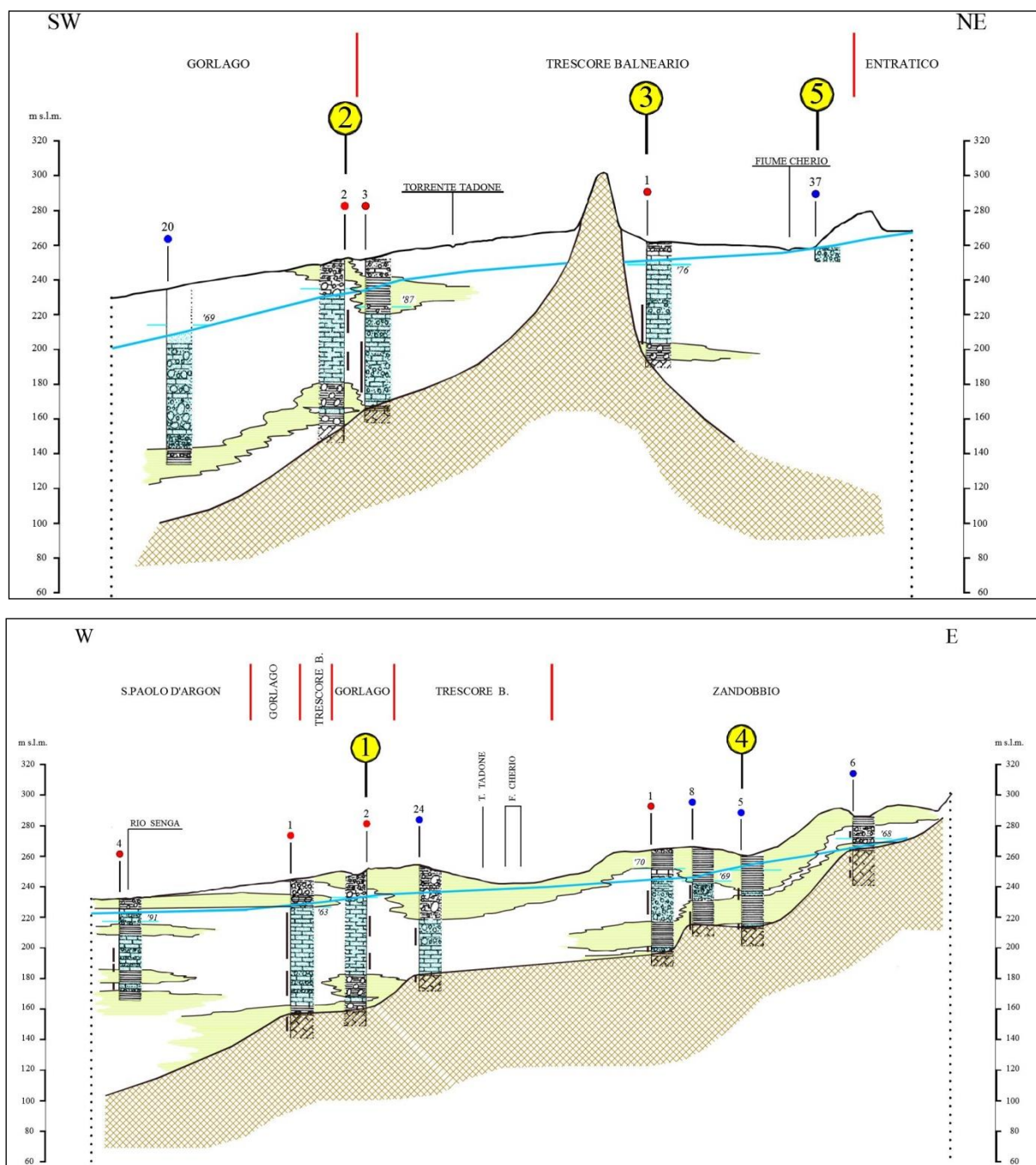
A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIAZZETTI	 <b>ydros</b> Ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenza nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNICHE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

In particolare, il settore montano del comune di Trescore Balneario rappresenta il bacino di alimentazione e ricarica delle falde idriche del fondovalle, anche attraverso fenomeni di travaso delle acque dal sistema acquifero fessurato al sistema acquifero poroso di fondovalle. Tale sistema acquifero è costituito da materiale ghiaioso in alternanza a depositi più fini e poco permeabili, la cui produttività media può essere stimata dalle portate di esercizio dei pozzi dei pubblici acquedotti che variano da 10 a 20 l/s.

Dunque, in riferimento allo studio geologico comunale, nell'area oggetto di studio viene definita l'*Unità dei terreni quaternari ghiaiosi e limoso argillosi* costituita da depositi ghiaiosi alternati a depositi limoso argillosi che colmano le depressioni vallive del substrato roccioso e presentano successioni via via più spesse e stratificate dell'alta pianura bergamasca. I suddetti depositi contengono falde idriche di tipo libero, con ridotta soggiacenza dalla superficie topografica, che in qualche caso acquisiscono carattere di falde localmente semiconfinare, laddove si trovano protette superiormente da depositi più fini che determinano un isolamento idraulico

In particolare, per meglio comprendere la situazione idrostratigrafica del sottosuolo in questione, si riportano in **Figura 14** due sezioni idrogeologiche contenute nello studio geologico a supporto del PRG di Trescore Balneario.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>



#### CLASSIFICAZIONE DELLE UNITÀ IDROGEOLOGICHE

- Unità del substrato roccioso**  
Substrato roccioso che costituisce il basamento su cui poggiano i terreni quaternari, caratterizzato da circolazione idrica nelle unità carbonatiche con elevata permeabilità secondaria (fratturazione e carsismo). Possibile alimentazione locale dell'acquifero nei depositi quaternari.
- Unità dei terreni quaternari ghiaiosi e limoso argillosi**  
Depositi ghiaiosi alternati a depositi limoso argillosi che colmano le depressioni vallive del substrato roccioso e presentano successioni via via più potenti e stratificate dell'alta pianura bergamasca. Contengono falde idriche di tipo libero con ridotta soggiacenza dalla superficie e localmente falde semiconfinite.

Alternanze limoso-argillose contenute nell'unità dei terreni quaternari caratterizzate da scarsa o assente produttività.

Strati acquiferi

1 Incrocio tra sezioni

Limite tra unità idrogeologiche

Possibile alimentazione dal substrato

Limiti comunali

**Figura 14 – Sezioni idrogeologiche dello studio geologico a supporto del PRG del comune di Trescore Balneario (PARMIGIANI – 2001)**



A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

### 6.3 VULNERABILITÀ DELLA FALDA

Nell'ambito dello studio geologico a supporto del PGT del comune di Trescore Balneario (GRIMALDI – 2012) è stato definito il grado di vulnerabilità all'inquinamento della falda idrica sotterranea.

Inizialmente è stato definito il *grado di vulnerabilità intrinseca* che rappresenta l'attitudine della falda acquifera ad essere raggiunta e compromessa da apporti inquinanti che giungono dalla superficie topografica o dal primo sottosuolo. Il grado di vulnerabilità intrinseca è stato determinato sulla base di una valutazione incrociata di più fattori riferendosi alla *Legenda unificata per le carte della vulnerabilità all'inquinamento dei corpi idrici sotterranei* messa a punto da Civita M. (1990) nell'ambito del progetto VAZAR (Vulnerabilità degli acquiferi ad alto rischio) del CNR:

- la soggiacenza della falda nel sottosuolo,
- la natura litologica dei depositi costituenti l'acquifero e
- la permeabilità dei depositi superficiali che esercitano protezione della falda stessa.

A tale metodologia, che prevede una scala di classificazione comprendente sei termini (vulnerabilità estremamente elevata, elevata, alta, media, bassa, molto bassa), sono state apportate alcune modifiche ed affinamenti suggeriti dalla peculiarità delle situazioni idrogeologiche riscontrate.

L'applicazione del metodo ha permesso di riconoscere sul territorio di Trescore Balneario le seguenti classi omogenee:

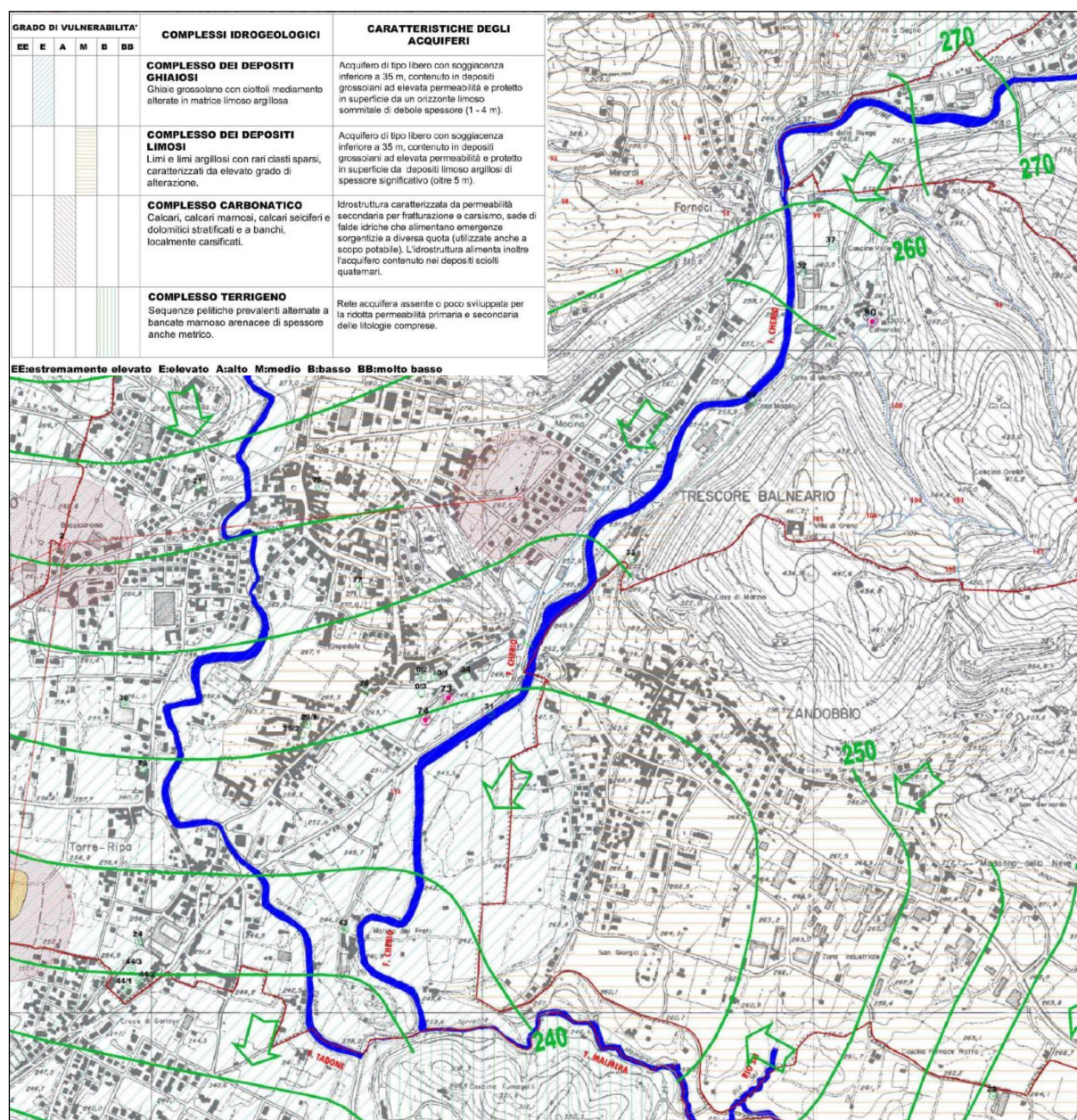
- **Complesso dei depositi ghiaiosi:** acquifero di tipo libero con soggiacenza inferiore a 35 m, contenuto in depositi grossolani ad elevata permeabilità e protetto in superficie da un orizzonte limoso sommitale di debole spessore (1 - 4 m) appartenente all'unità delle ghiaie grossolane mediamente alterate con ciottoli, in matrice limoso argillosa. A tale complesso è attribuito un grado di vulnerabilità elevato.
- **Complesso dei depositi limosi:** acquifero di tipo libero con soggiacenza inferiore a 35 m, contenuto in depositi grossolani ad elevata permeabilità e protetto in superficie da depositi limoso argillosi di spessore significativo (oltre 5 m) appartenenti all'unità dei limi e limi argillosi con rari clasti sparsi, caratterizzati da elevato grado di alterazione.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

A tale complesso è attribuito un grado di vulnerabilità medio.

- **Complesso carbonatico:** idrostruttura caratterizzata da permeabilità secondaria per fratturazione e carsismo, sede di falde idriche che alimentano emergenze sorgentizie a diversa quota (utilizzate anche a scopo potabile) e, per travaso, l'acquifero contenuto nei depositi sciolti quaternari. La zona di alimentazione si situa in corrispondenza delle unità dei calcari, calcari marnosi, calcari selciferi e dolomitici stratificati e a banchi, localmente carsificati. A tale complesso è attribuito un grado di vulnerabilità alto.
- **Complesso terrigeno:** rete acquifera assente o poco sviluppata per la ridotta permeabilità primaria e secondaria delle litologie costituenti il complesso, per lo più rappresentate da: sequenze pelitiche prevalenti alternate a bancate marnoso arenacee di spessore anche metrico. A tale complesso è attribuito un grado di vulnerabilità basso.

Come ben evidente dallo stralcio della tavola *B.03 - Carta Idrogeologica e Idrologica* dello studio geologico a supporto del PGT del comune di Trescore Balneario (GRIMALDI – 2012) di **Figura 15**, l'area oggetto di studio è ubicata sul complesso dei depositi ghiaiosi a cui è associato un **grado di vulnerabilità idrogeologica elevato**.



## LEGENDA

	CORSI D'ACQUA DEL RETICOLO IDRICO MINORE		POZZO PUBBLICO PER USO IDROPOTABILE
	CORSI D'ACQUA DEL RETICOLO IDRICO PRINCIPALE		POZZI PUBBLICI E PRIVATI PER UTILIZZI DIVERSI (ir=irriguo, d=domestico, in=industriale, ps=piscicoltura, z=zootecnico, a=altri usi, pz=piezometro, df=derivazione fiume)
	DENOMINAZIONE CORSO D'ACQUA		ZONA DI RISPETTO CAPTAZIONI AD USO IDROPOTABILE (raggio=200 m)
	LINEE ISOPIEZOMETRICHE E QUOTE IN m. s.l.m.		ZONA DI RISPETTO DEI POZZI AD USO IDROPOTABILE (criterio cronologico)
	DIREZIONE E VERSO DI SCORRIMENTO DI FLUSSO DELLA FALDA (PROBABILE)		TRACCE DELLE SEZIONI IDROGEOLOGICHE
	SORGENTI CAPTATE		CONFINI COMUNALI

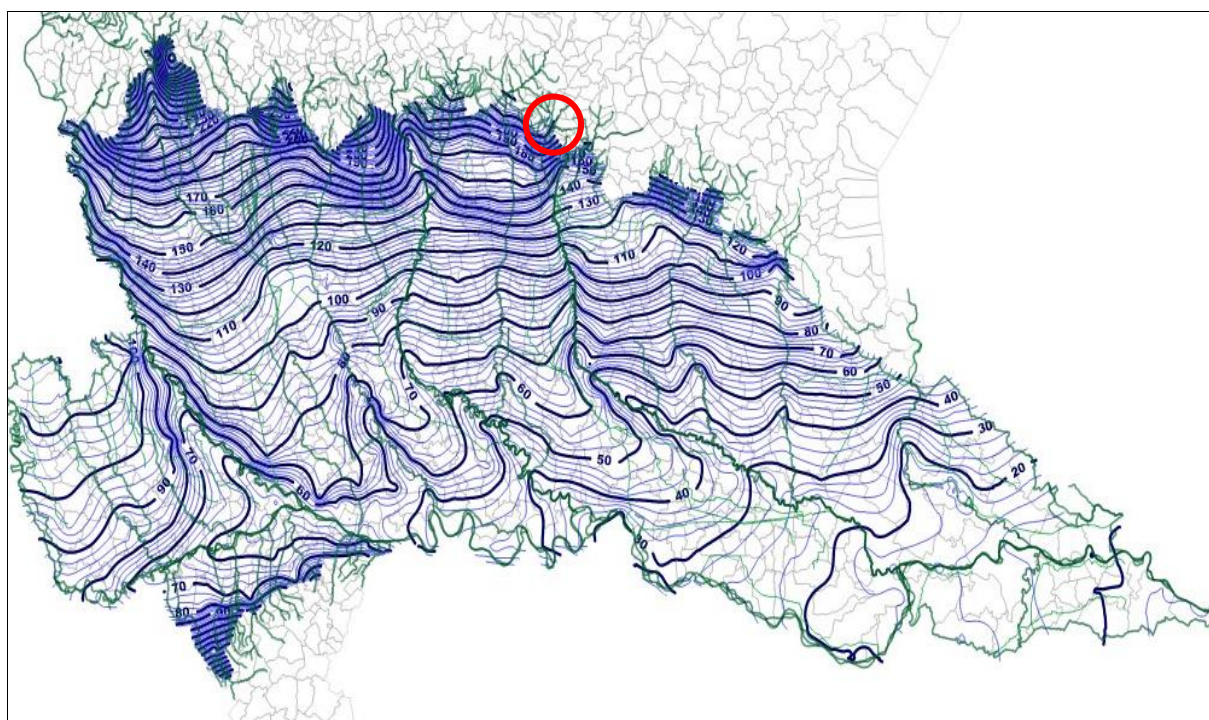
**Figura 15 - Stralcio tavola B.03 – Carta Idrogeologica e Idrologica del PGT del comune di Trescore Balneario (GRIMALDI – 2012)**



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

## 6.4 ANDAMENTO DELLA FALDA SUPERFICIALE

In linea generale, osservando la piezometria che si riferisce all'anno 2014, ricostruita a scala regionale nell'ambito del *Progetto di accompagnamento a supporto del processo di revisione del piano di tutela delle acque* (Éupolis, 2015), riportata in **Figura 16**, l'andamento delle isopiezometriche risulta abbastanza regolare e scarsamente influenzato dal vicino fiume Oglio, con andamento grossomodo Nord-Sud.



**Figura 16 - Ricostruzione della piezometria a scala regionale nell'ambito del Progetto di accompagnamento a supporto del processo di revisione del Piano di Tutela delle Acque (Éupolis, 2015); indicata in blu le rogge oggetto di studio**

Si osserva una maggiore regolarità nell'andamento piezometrico caratterizzato da quote che variano da 260 a 230 m s.l.m. e con deflusso verso S delle acque sotterranee e gradiente idraulico maggiore nella parte pedemontana che decresce generalmente verso meridione, ma che subisce un relativo incremento in relazione alla riduzione dello spessore del Gruppo acquifero B (Regione Lombardia & Eni divisione Agip, 2001) più trasmissivo.

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PINOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consultare nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

Più in dettaglio, dallo studio geologico comunale di Trescore Balneario si evince che la morfologia della superficie piezometrica, descritta dalle linee isopiezometriche (curve di livello della falda acquifera), indica la presenza di distinti canali acquiferi rispettivamente con flusso lungo la valle del Fiume Cherio, la valle del Torrente Malmera e la piana del Torrente Tadone.

In particolare lungo il fiume Cherio si osservano zone con bassa soggiacenza della superficie piezometrica (circa 2,5 m.s.l.m.), in falda libera e non sospesa come evidenziato dalle tipologie di pozzi presenti, tutti scavati ad una profondità molto limitata.

Il reticolo di flusso sotterraneo tende a confluire in corrispondenza dell'abitato di Trescore Balneario e, più a sud, raggiunge una condizione di più ampio equilibrio confluendo e alimentando la falda superiore dell'alta pianura bergamasca.

Per l'area oggetto di studio, anche la ricostruzione della superficie piezometrica della falda libera che abita i depositi alluvionali del Cherio riportata nella tavola *B.03 - Carta Idrogeologica e Idrologica* dello studio geologico a supporto del PGT del comune di Trescore Balneario (GRIMALDI – 2012) di **Figura 15**, fornisce valori che decrescono da Nord verso Sud da un valore massimo di 260 m s.l.m. ad un valore minimo di 230 m s.l.m.



A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

## 6.5 QUALITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE

A livello regionale, il documento principe che fornisce un quadro complessivo dello stato ambientale degli acquiferi di pianura e di fondovalle dell'intera Regione Lombardia è rappresentato dal Programma di Tutela ed Uso delle Acque, ormai al suo primo aggiornamento sessennale.

In corrispondenza del sito oggetto di studio è stato definito, contestualmente al primo aggiornamento sessennale (2017), il Corpo idrico sotterraneo in acquifero di Fondovalle Val Cavallina (IT03GWBFCV). Trattandosi di un nuovo corpo idrico su di esso non è stata svolta da parte degli Enti preposti alcuna attività di monitoraggio quali-quantitativa.

Pertanto per definire la qualità delle acque sotterranee nel territorio di Trescore Balneario è stato consultato lo studio geologico comunale (GRIMALDI – 2012) che, al suo interno, definisce le acque emunte dai pozzi n.1 di Via Benti - e n.3 di S. Cassiano sulla base di analisi effettuate da laboratori privati per conto della Val Cavallina Servizi.

I caratteri chimici delle acque sotterranee sono in stretto rapporto con la tipologia ed i caratteri di vulnerabilità degli acquiferi captati.

La distribuzione delle unità idrogeologiche e le caratteristiche strutturali dei pozzi dell'Acquedotto Comunale di Trescore Balneario individuano una situazione che trova riscontro nella "facies" idrochimica delle acque.

Le caratteristiche qualitative delle acque evidenziano una **facies idrochimica carbonato-calcica**, caratterizzata da un medio grado di mineralizzazione complessiva, medi valori di conducibilità (379 e 391  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), valori di nitrati medio-bassi (9,2 e 8,2 mg/l) ed assenza o minime concentrazioni di parametri indicatori di contaminazioni di origine industriale (cromati, solventi clorurati).

La qualità complessiva delle acque appare discreta, con lievissime differenze nei vari parametri considerati a fronte di una evidente omogeneità dei componenti.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

## 6.6 RISORGIVE

Le aree limitrofe al settore nord dell'area oggetto di studio (vallette laterali indicate in **Figura 17**) sono caratterizzate da forte presenza di risorgive sia esse di origine sotterranea che influenzate da regime pluviometrico.

In particolare le emergenze idriche, individuate nell'area oggetto di studio sono nella maggior parte dei casi allineate lungo fratture di origine carsico e tettonico. Caratteristiche sono la presenza (in quota rispetto all'area di indagine) di manifestazioni di superficie di "doline". Queste macroforme carsiche sono presenti nella zona di Zandobbio e precisamente in località Sommi e sui Colli di S. Fermo, ove la loro persistenza caratterizza la bellezza del paesaggio. L'origine della dolina è probabilmente dovuta all'esistenza di un punto di assorbimento in cui si infiltra l'acqua meteorica trattenuta dalla depressione attraverso una concentrazione con moto centripeto che accelera l'individuazione e l'approfondimento della conca carsica. Dal rilevamento geologico e dall'analisi strutturale effettuata su alcuni affioramenti, si è riscontrato che la disposizione delle doline non è casuale, ma riflette precise discontinuità litologiche e strutturali con andamento pressoché NW-SE; NNW-SSE. A Zandobbio, in località Sommi, sono presenti anche le "Uvale" cioè due o più doline coalescenti.

In linea generale si è potuto constatare come la circolazione idrica sotterranea, nei corpi rocciosi, avvenga secondo le modalità riconducibili al seguente schema:

- in una prima fase parte delle acque meteoriche si infiltra nel sottosuolo attraverso le discontinuità delle rocce e raggiunge la zona satura (moti prevalentemente verticali, gravitativi);
- successivamente tali acque prima di raggiungere il recapito naturale subiscono una serie di deviazioni dovute alla presenza di importanti discontinuità tettoniche e carsiche (fase dinamica con moti prevalentemente orizzontali).

Sovente la combinazione delle giaciture di queste discontinuità è tale da determinare o zone d'accumulo d'acqua (effetto barriera) o zone favorevoli al deflusso idrico (effetto collettore drenante); ed è proprio di preferenza nelle aree di incrocio tra le discontinuità caratterizzate da differente comportamento (barriera o dreno) con la superficie topografica che si verificano le emergenze idriche (sorgenti). In particolare dove i sistemi di fratturazione sono più frequenti

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIVOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

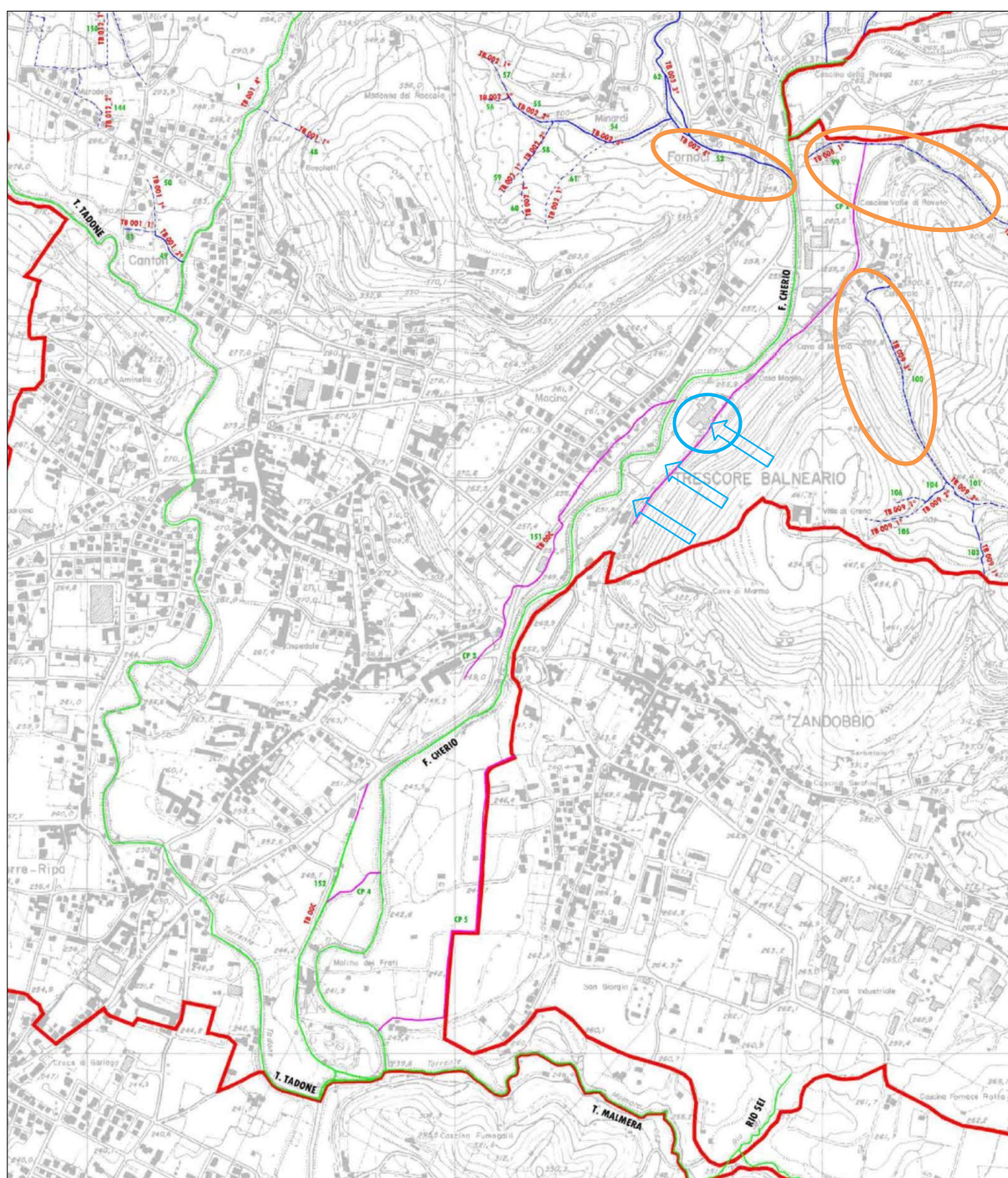
si osservano allineamenti di sorgenti caratterizzate anche da valori relativamente elevati di portata.

In particolare nella zona Calvarola esiste una stretta correlazione tra ubicazione delle sorgenti ed assetto geologico-strutturale del territorio. Difatti queste sorgenti più produttive sono impostate proprio lungo queste discontinuità ed a volte, in casi di elevato carico idraulico superano a volte i 5 l/s. Il recapito di dette acque è il Fiume Cherio. Questi eventi di carico idraulico sorgentizi avvengono soprattutto durante i fenomeni piovosi intensi ove le sorgenti acquisiscono alimentazione direttamente dai condotti carsici e con sbocco finale alla base dei rilievi montuosi e nel nostro caso specifico lungo la sponda sinistra del Fiume Cherio in zona Calvarola. Questi eventi ovviamente non sono da sottovalutare e purtroppo non sono neppure cartografati sulle carte tematiche a supporto dei vari PGT territoriali.

In zona Calvarola sono presenti presso l'insediamento produttivo "Marmi Calvarola" ove la ditta ha anche in atto delle captazioni da detta sorgente. Inoltre è presente uno scarico sorgentizio derivante dal Monte Grena verso valle nel settore "campo nomadi". In presenza di pluviometria continuata la sorgente eroga portante di acqua abbastanza consistenti con recapito finale in Fiume Cherio.

Altri fenomeni sorgentizi legati alla tettonica e fenomeni di sbarramento sono presenti nella zona Fornaci e valle Rovato e Via Donzelli. In questo settore abbiamo la presenza di fenomeni sorgivi derivanti dalla valle del Mirabile con debole scorrimento sotterraneo che confluiscono nella piana di fondovalle con Fiume Cherio. Fenomeni di piccoli paleovalvi. In particolare tra Entratico e le Fornaci sulla sponda destra del Cherio al di là della state 42 sono presenti campi pozzi che prelevano acqua negli strati superficiali del terreno e quota parte sotterranea per approvvigionamento idrico al complesso Madonna del Mirabile. In casi di piena del Fiume Cherio anche questi settori subiscono in sotterraneo innalzamenti del carico idraulico non favorendo il regolare deflusso sotterraneo

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ldros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenti nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>



**Figura 17 – Indicazione delle risorgive sullo stralcio della tavola B.10 – Reticolo Idrico Minore del PGT del comune di Trescore Balneario (GRIMALDI – 2012)**



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

## 7. QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO

Per quanto concerne la disamina della vincolistica insistente sul comparto geografico oggetto d'interesse, sono stati consultati gli strumenti normativi di riferimento sia della pianificazione quadro sia di quella generale.

I vincoli presi in esame sono rappresentati dalle limitazioni d'uso che insistono all'interno del territorio analizzato e derivano dalle normative attualmente in vigore.

Dunque, visto che l'area oggetto di studio è posta a cavallo tra i territori comunali di Trescore Balneario e Zandobbio, sono stati consultati gli strumenti di pianificazione territoriale urbanistici e geologici di entrambi i comuni.

### 7.1 VINCOLI A CARATTERE GEOLOGICO

Dalla consultazione della *tavola B.09 – Quadro del dissesto* dello studio geologico a supporto del PGT del comune di Trescore Balneario (GRIMALDI – 2012) riportata in stralcio in **Figura 19** emerge che sono presenti i seguenti vincoli a carattere geologico:

- **Vincolo di cui all'articolo 96 del T.U. sulle opere idrauliche – Regio Decreto 25 luglio 1904 n° 523 – Fascia di rispetto e di inedificabilità assoluta a partire dalle rive dei corsi d'acqua ascrivibili al reticolo idrografico minore e principale.**

Sono ascrivibili al reticolo idrografico principale (fiume Cherio, torrenti Tadone e Malmera). Sono invece ascrivibili al reticolo idrografico minore tutti gli altri corsi d'acqua.

Il vincolo a carattere idrogeologico imposto dal Regio Decreto n° 523/1904 *Testo unico delle leggi sulle opere idrauliche*, il quale impone limitazioni alla destinazione d'uso del territorio entro un limite di 5 o 10 metri a partire dalla sponda di alvei interessati dal passaggio di acque pubbliche comporta il divieto assoluto di edificazione e di alterazione morfologica delle zone ricomprese all'interno del perimetro precedentemente indicato.

- **Vincolo di cui al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) approvato con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 24 maggio 2001.**

Due piccole aree ubicate in corrispondenza della confluenza nel Cherio dei torrenti



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PINOLETTI	 <b>Idros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulting nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

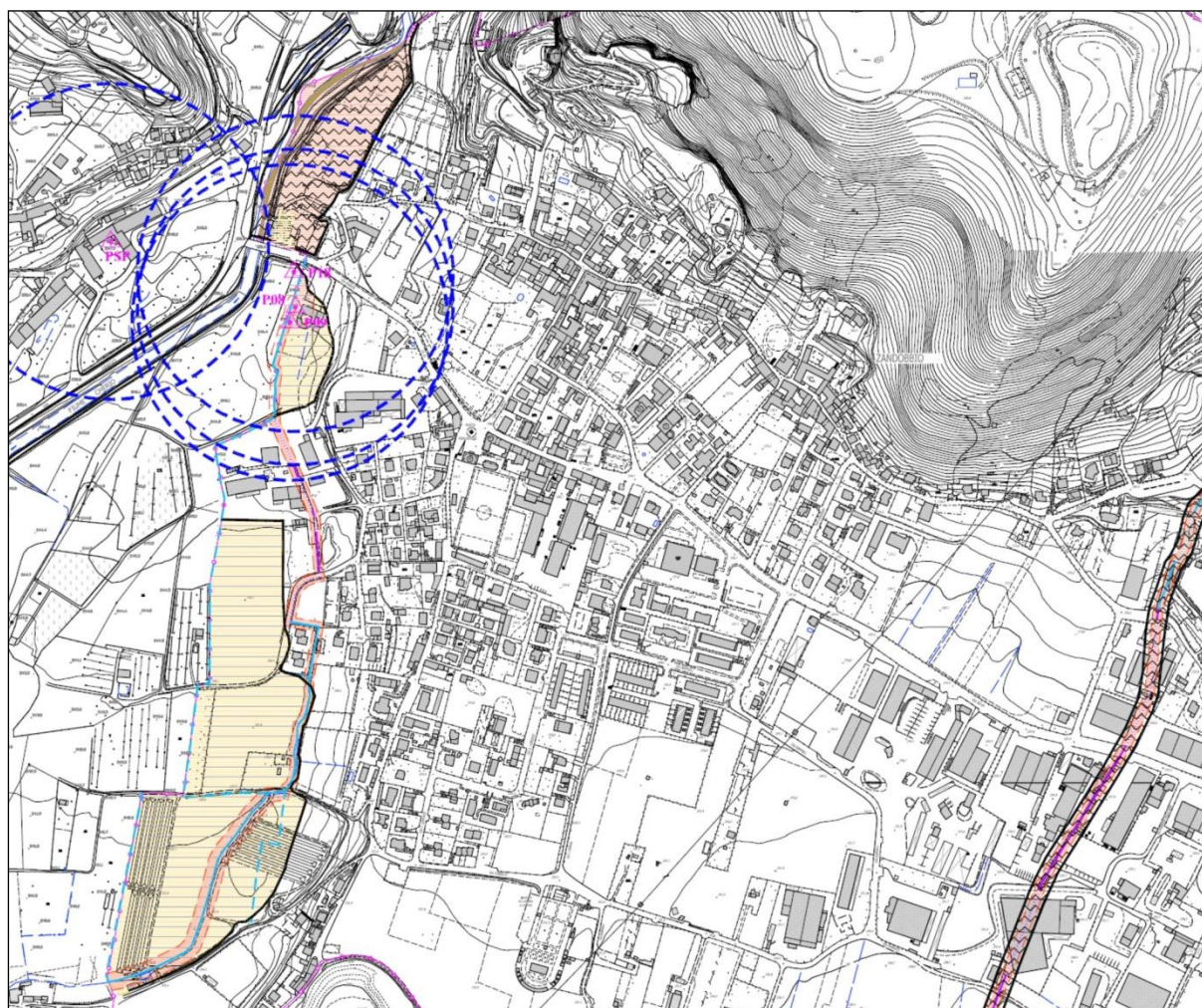
Tadone e Malmera sono classificate come *Aree coinvolgibili dai fenomeni esondativi Ee - pericolosità molto elevata* a cui sono applicate le prescrizioni di cui all'articolo 9 comma 5 delle NTA del PAI.

Inoltre, è stata consultata anche la tavola *D05 – Sintesi dei vincoli a carattere prettamente geologico* dello studio geologico a supporto del PGT del comune di Zandobbio (LOCATI – 2013) riportata in stralcio in:

- **Vincolo relativo alle aree di salvaguardia delle captazioni ad uso termale: aree di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile o termale (LR 44/1980; D.Lgs 258/2000);**
- **Fascia di rispetto NA:** collocata lungo ambo i lati dei corsi d'acqua del reticolo idrico minore, è sempre presente ed è individuata in base a ragioni d'interesse generale, di protezione del demanio idrico e fluviale e/o di tutela della pubblica incolumità. Ha larghezza minima cinque metri (misura effettuata secondo quanto stabilito dall'articolo 13 del Regolamento) laddove è già stata verificata la compatibilità idraulica (limitatamente al centro storico e/o edificato), in tutti gli altri casi è minimo 10 metri;
- **Fascia di rispetto NB:** collocata esternamente alla fascia NA del reticolo idrico minore, può essere assente, non ha ampiezza minima ed è individuata in base a ragioni di protezione del demanio idrico e tutela della pubblica incolumità.
- **Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/89 – Quadro del dissesto con legenda uniformata P.A.I.:**

Esondazioni e dissesti morfologici a carattere torrentizio - Aree a pericolosità elevata (Eb) e a pericolosità media o moderata (Em).

<b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	<b>ETATEC</b> STUDIO PIAZZETTI	<b>ldros</b> ingegneria	<b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	<b>HATTUSAS</b> consulenti nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	<b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNICHE DI AMBIENTE E TERRITORIO	<b>Dott. Nat.</b> <b>Giambattista</b> <b>Rivellini</b>	<b>Dott. Arch.</b> <b>Giovanni</b> <b>Mazza</b>	<b>Dott. For.</b> <b>Stefano</b> <b>Enfissi</b>
---	-----------------------------------	----------------------------	---------------------------------------	---	---	--	---	---



VINCOLI DERIVANTI DALLA PIANIFICAZIONE DI BACINO AI SENSI DELLA L. 183/89  
QUADRO DEL DISSESTO CON LEGENDA UNIFICATA P.A.I.

Esondazioni e dissesti morfologici a carattere torrentizio

- Area a pericolosità molto elevata (Ee)
- Area a pericolosità elevata (Eb)
- Area a pericolosità media o moderata (Em)

VINCOLI RELATIVI ALLE AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI AD USO TERMAL

- Pozzo privato - ATTIVO - ad uso termale
- Perimetro area di rispetto captazioni idropotabili o termali (LR 44/1980, d.lgs 258/2000).  
L'area di tutela assoluta non è rappresentata per via della scala dell'elaborato

VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA

**CORSI D'ACQUA APPARTENENTI AL RETICOLO PRINCIPALE**

Andamento alveo di corso d'acqua appartenente al reticolo principale

**CORSI D'ACQUA APPARTENENTI AL RETICOLO MINORE**

A cielo aperto	Teminate	
		Alveo di corso d'acqua con andamento coincidente rispetto a quanto riportato sulla base catastale
		Alveo di corso d'acqua non coincidente (deviazione per cause naturali e/o antropiche) rispetto a quanto riportato sulla base catastale, oppure porzione di corso d'acqua non riportato su tale base cartografica. L'alveo è però in continuità, a monte e/o a valle, con quanto riportato sulla base catastale.

**ELEMENTI CORRELABILI AL RETICOLO MINORE MA PRIVI DI FUNZIONALITA' IDRAULICA**

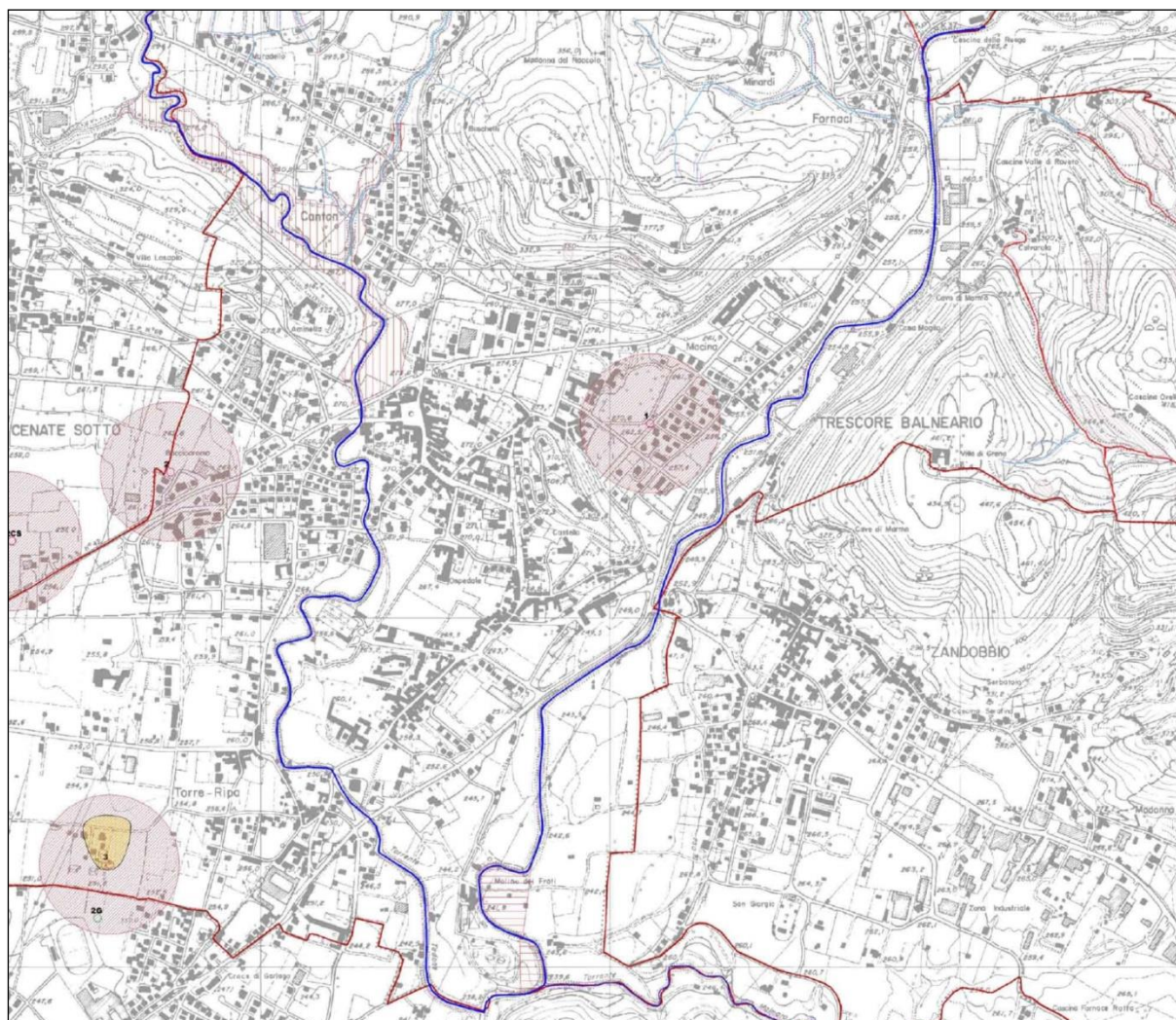
A cielo aperto	
	Alveo di corso d'acqua riportato sulla base catastale, ma privo di funzione idraulica. Per le aree ancora iscritte alla partita catastale "Acque esenti da estimo" vi sono i presupposti per la sdemianizzazione.

#### FASCE DI RISPETTO

- Fascia NA:** collocata lungo ambo i lati dei corsi d'acqua del reticolo idrico minore, è sempre presente ed è individuata in base a ragioni di interesse generale, di protezione del demanio idrico e fluviale e/o di tutela della pubblica incolumità. Ha larghezza minima cinque metri (misura effettuata secondo quanto stabilito dall'articolo 13 del Regolamento) laddove è già stata verificata la compatibilità idraulica (limitatamente al centro storico e/o edificato), in tutti gli altri casi è minimo 10,00 metri.
- Fascia NA:** collocata lungo il reticolo idrico principale. E' sempre presente, ha larghezza minima dieci metri ed è individuata in base a ragioni di interesse generale, di protezione del demanio idrico e fluviale e/o di tutela della pubblica incolumità.
- Limite di progetto fascia NA:** È indicato con apposito segno grafico il perimetro esterno della fascia NA legato alla realizzazione di opere di regimazione idraulica. Allorché dette opere saranno realizzate, la larghezza della fascia potrà divenire 5 metri (misura effettuata secondo quanto stabilito dall'articolo 13 del Regolamento) solo a seguito di parere preventivo positivo dello STER, da esprimersi successivamente la realizzazione delle opere e presentazione del Certificato di Regolare Esecuzione.
- Fascia NB:** collocata esternamente alla fascia NA del reticolo idrico minore, può essere assente, non ha ampiezza minima ed è individuata in base a ragioni di protezione del demanio idrico e tutela della pubblica incolumità.
- Fascia NB:** collocata lungo il reticolo idrico principale, può essere assente, non ha ampiezza minima ed è individuata in base a ragioni di protezione del demanio idrico e tutela della pubblica incolumità.
- Fascia E:** questa fascia, quando presente, si sviluppa entro l'alveo, su una od entrambe le sponde ed aree contigue al corso d'acqua. Non ha ampiezza minima. È individuata in base a ragioni di conservazione e protezione dei caratteri primigeni, ecologici / biologici dei corsi d'acqua e delle relative pertinenze e/o di aree in cui sono ammissibili interventi per la valorizzazione / fruizione dell'ambiente fluviale.

**Figura 18 – Stralcio tavola D05 – Sintesi dei vincoli a carattere prettamente geologico  
a supporto del PGT del comune di Zandobbio (LOCATI – 2013) ;**





## LEGENDA

CORSI D'ACQUA DEL RETICOLO IDRICO MINORE

CORSI D'ACQUA DEL RETICOLO IDRICO PRINCIPALE

ALVEI DA MEDIAMENTE A PROFONDAMENTE INCISI - CLASSIFICAZIONE PAI Ee

FASCE DI RISPETTO DEI CORSI D'ACQUA DEL RETICOLO IDRICO MINORE E PRINCIPALE

Vincolo di cui all'articolo 96 del T.U. sulle opere idrauliche - Regione Decreto 23 luglio 1904 n° 523 - Fascia di rispetto e di in edificabilità assoluta a partire dalle rive dei corsi d'acqua soggetti al reticolo idrografico minore

ZONA DI RISPETTO DEI POZZI AD USO IDROPOTABILE (Individuazione con criterio geometrico rag)

ZONA DI RISPETTO DEI POZZI AD USO IDROPOTABILE (Individuazione con criterio cronologico t=6 15137/96)

VINCOLO DI CUI AL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) APPROVATO CON DPR MAGGIO 2001 - AREA DI FRANA ATTIVA (Fa)

VINCOLO DI CUI AL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) APPROVATO CON DPR MAGGIO 2001 - AREA DI FRANA QUIESCENTE (Fq)

VINCOLO DI CUI AL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) APPROVATO CON DPR MAGGIO 2001 - AREA DI ESONDAZIONE A PERICOLOSITA' MOLTO ELEVATA Ee

VINCOLO DI CUI AL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) APPROVATO CON DPR MAGGIO 2001 - AREA DI ESONDAZIONE A PERICOLOSITA' ELEVATA Eb

VINCOLO DI CUI AL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) APPROVATO CON DPR MAGGIO 2001 - AREA DI CONOIDE ATTIVO NON PROTETTA Ca

VINCOLO DI CUI AL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) APPROVATO CON DPR MAGGIO 2001 - AREA DI CONOIDE ATTIVO PARZIALMENTE PROTETTA Cp

SORGENTI CAPTATE

POZZO PUBBLICO PER USO IDROPOTABILE

CONFINE COMUNALE

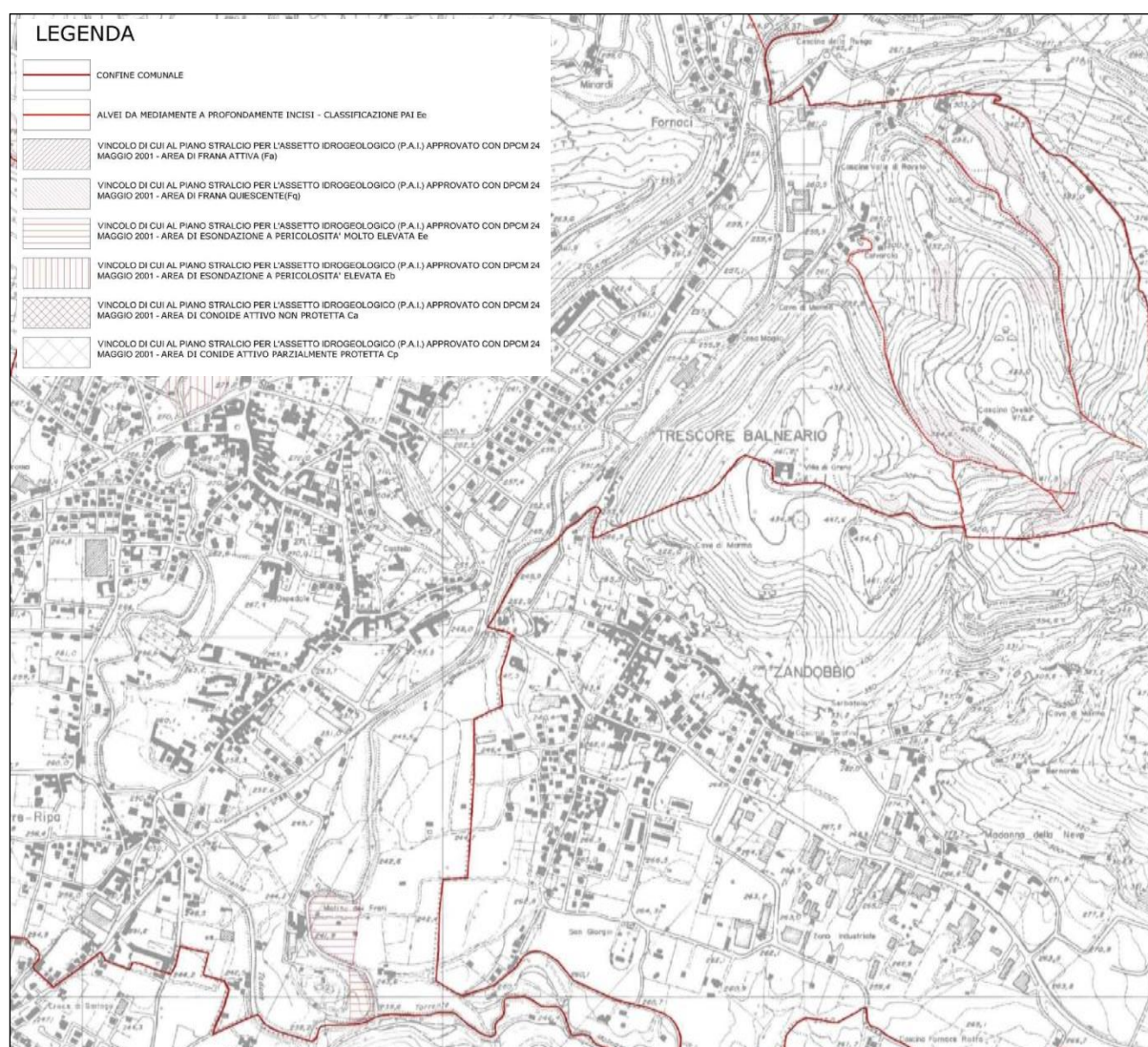
**Figura 19 – Stralcio tavola B.06 – Carta dei vincoli dello studio geologico a supporto del PGT del comune di Trescore Balneario (GRIMALDI – 2012)**



A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

## 7.2 QUADRO DEL DISSESTO PAI

Dalla consultazione della *tavola B.09 – Quadro del dissesto* dello studio geologico a supporto del PGT del comune di Trescore Balneario (GRIMALDI – 2012) riportata in stralcio in **Figura 20**, emerge che solamente due piccole aree ubicate in corrispondenza della confluenza nel Cherio dei torrenti Tadone e Malmera sono classificate come **aree di esondazione a pericolosità molto elevata Ee** ai sensi del vincolo di cui al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico.

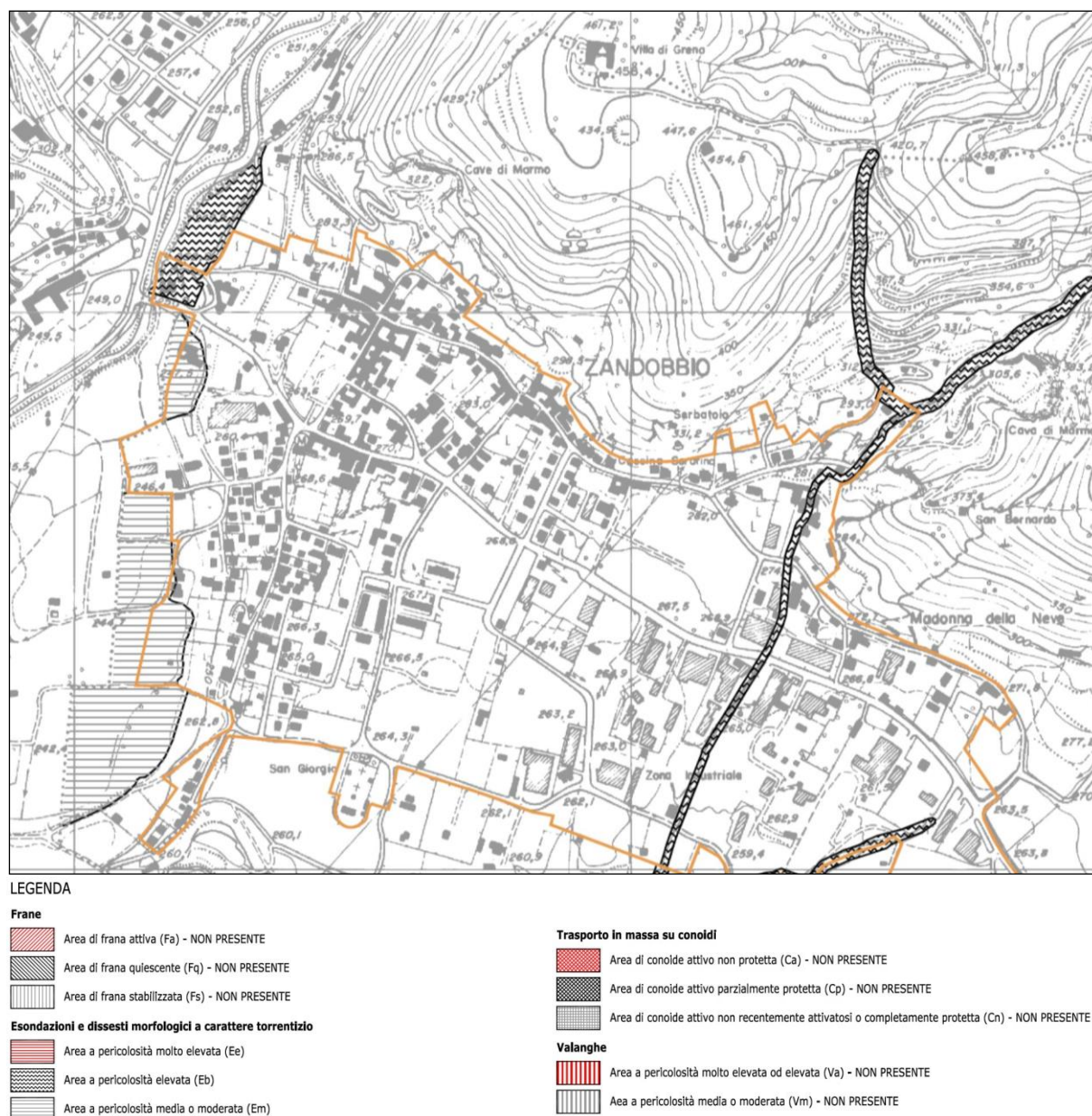


**Figura 20 – Stralcio tavola B.09 – Quadro del dissesto dello studio geologico a supporto del PGT del comune di Trescore Balneario (GRIMALDI – 2012)**

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

Inoltre, è stata consultata anche la *tavola D09 – Carta del dissesto con legenda uniformata PAI* dello studio geologico a supporto del PGT del comune di Zandobbio (LOCATI – 2013) riportata in stralcio in **Figura 21**, per quanto concerne alcune porzioni limitate.

Dalla disamina di tale cartografia emerge che le due aree indicate in figura sono state classificate come **aree di esondazione a pericolosità elevata Eb** e **aree di esondazione a pericolosità media o moderata Em**.



**Figura 21 – Stralcio tavola D09 – Carta del dissesto con legenda uniformata PAI dello studio geologico a supporto del PGT del comune di Zandobbio (LOCATI – 2013);**



A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

### 7.3 FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO

Dalla consultazione della *tavola B.08 – Fattibilità Geologica* dello studio geologico a supporto del PGT del comune di Trescore Balneario (GRIMALDI – 2012) riportata in stralcio in **Figura 22**, emerge che la fattibilità geologica delle aree oggetto del presente progetto è stata così definita nelle seguenti classi di fattibilità:

– **Classe di fattibilità 2 – Fattibilità con modeste limitazioni**

Aree pianeggianti, variamente terrazzate e aree collinari a debole acclività (<20°), appartenenti al contesto morfologico pedecollinare e collinare, caratterizzate da presenza di depositi fluvioglaciali e fluviali. Possibili problematiche di natura geotecnica e idrogeologica

– **Sottoclasse 3I – Aree situate in prossimità di aree esondabili**

Aree situate in prossimità dei corsi d'acqua del reticolo idrografico principale e minore potenzialmente esondabili. Possibile presenza di ristagni d'acqua e di saturazione dei terreni superficiali. Problematiche idrauliche e idrogeologiche.

– **Sottoclasse 3F – Aree con propensione alla franosità**

Aree di versante in cui è accentuata l'azione di agenti geomorfologici di varia natura (ruscellamenti, interventi antropici), attualmente stabili ma con propensione all'innescio di fenomeni franosi. Problematiche geotecniche e di stabilità dei versanti.

– **Sottoclasse 4Id – Fasce di rispetto del reticolo idrografico principale e minore**

Fasce di rispetto del reticolo idrografico principale e minore, per le quali vigono le limitazioni di trasformazione del territorio stabilite dal regolamento di polizia idraulica approvato dall'Amministrazione Comunale per quanto riguarda il reticolo minore e dell'articolo 96 del R.D. 25 luglio 1904 n.523. Problematiche idrauliche.

– **Sottoclasse 4Ie – Fattibilità con gravi limitazioni per motivi idraulici**

Aree in prossimità del torrente Cherio a pericolosità di esondazione elevata (Eb) in base alle definizioni di cui all'articolo 9.1 delle norme tecniche di attuazione del PAI, delimitate mediante apposito studio idraulico. Problematiche idrauliche e idrogeologiche.

– **Sottoclasse 4E – Fattibilità con gravi limitazioni per motivi idraulici**

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

Aree in prossimità del torrente Cherio a pericolosità di esondazione molto elevata in base a informazioni derivanti da studi dell'Autorità di Bacino ed elaborate secondo le metodologie di cui all'allegato 4 della DGR 2616/2011. Problematiche idrauliche e idrogeologiche.

Inoltre, è stata consultata anche la *tavola D08 – Carta di fattibilità geologica delle azioni di piano* dello studio geologico a supporto del PGT del comune di Zandobbio (LOCATI – 2013) riportata in stralcio in **Figura 23**, per quanto concerne alcune porzioni limitate.

Dalla disamina di tale cartografia emerge che le aree oggetto di studio sono state classificate:

– **Sottoclasse di fattibilità 4CA – Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico**

Aree ripetutamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente inondabili (indicativamente con tempi di ritorno inferiori a 20 – 50 anni), con significativi valori di velocità e/o altezze d'acqua o con consistenti fenomeni di trasporto solido.

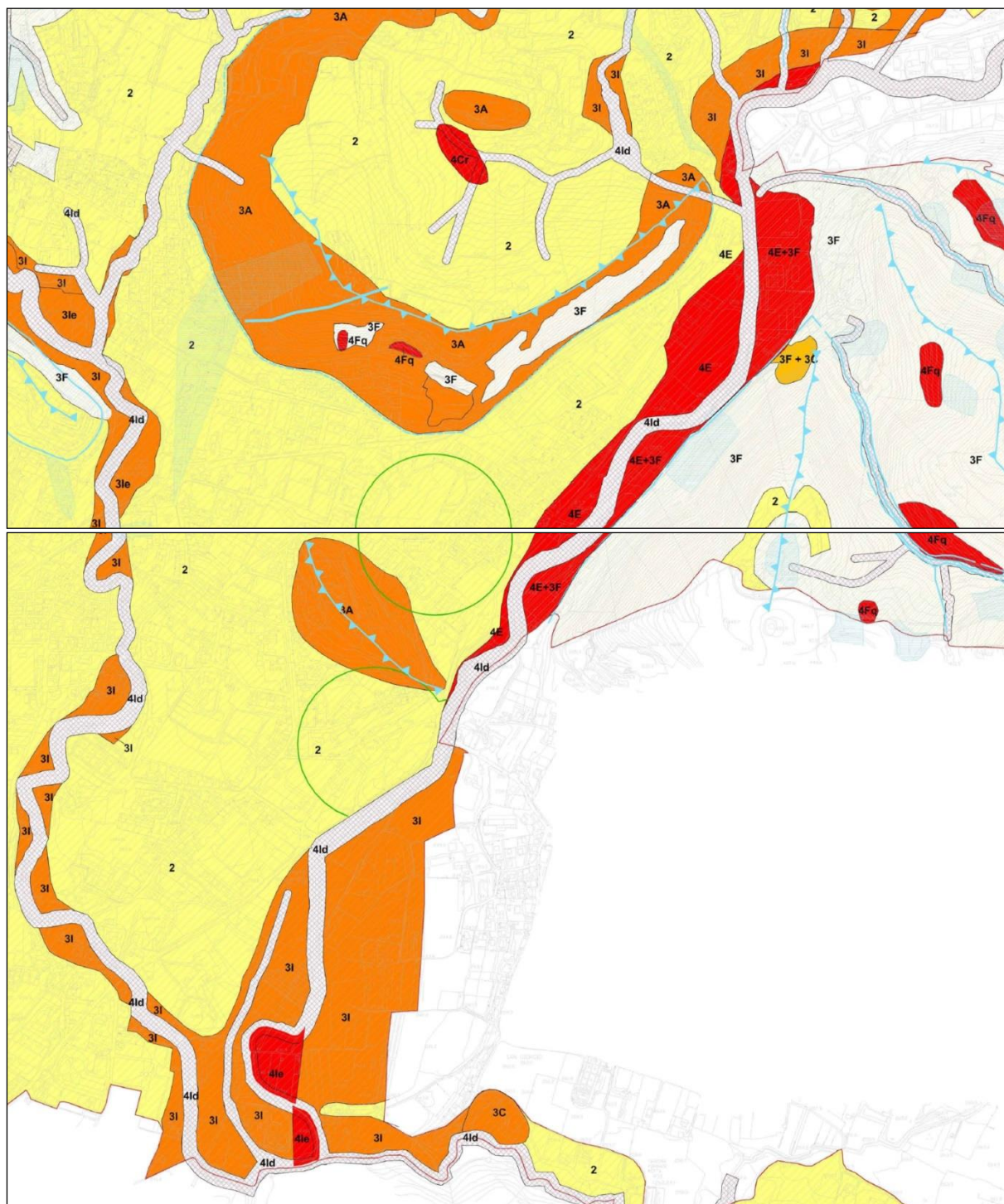
– **Sottoclasse di fattibilità 3CB – Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico**

Aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali o allagabili con minore frequenza (indicativamente con tempi di ritorno superiori a 100 anni) e/o con modesti valori di velocità ed altezze d'acqua, tali da non pregiudicare l'incolumità delle persone, la funzionalità di edifici e infrastrutture e lo svolgimento di attività economiche.

– **Sottoclasse di fattibilità 4CC – Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico**

Aree potenzialmente inondabili individuate con criteri geomorfologici tenendo conto delle criticità derivanti da punti di debolezze delle strutture di contenimento quali tratti di sponde in erosione, punti di possibile tracimazione, sovralluvionamenti, sezioni di deflusso insufficienti anche a causa della presenza di depositi di materiale vario in alveo o in sua prossimità ecc.

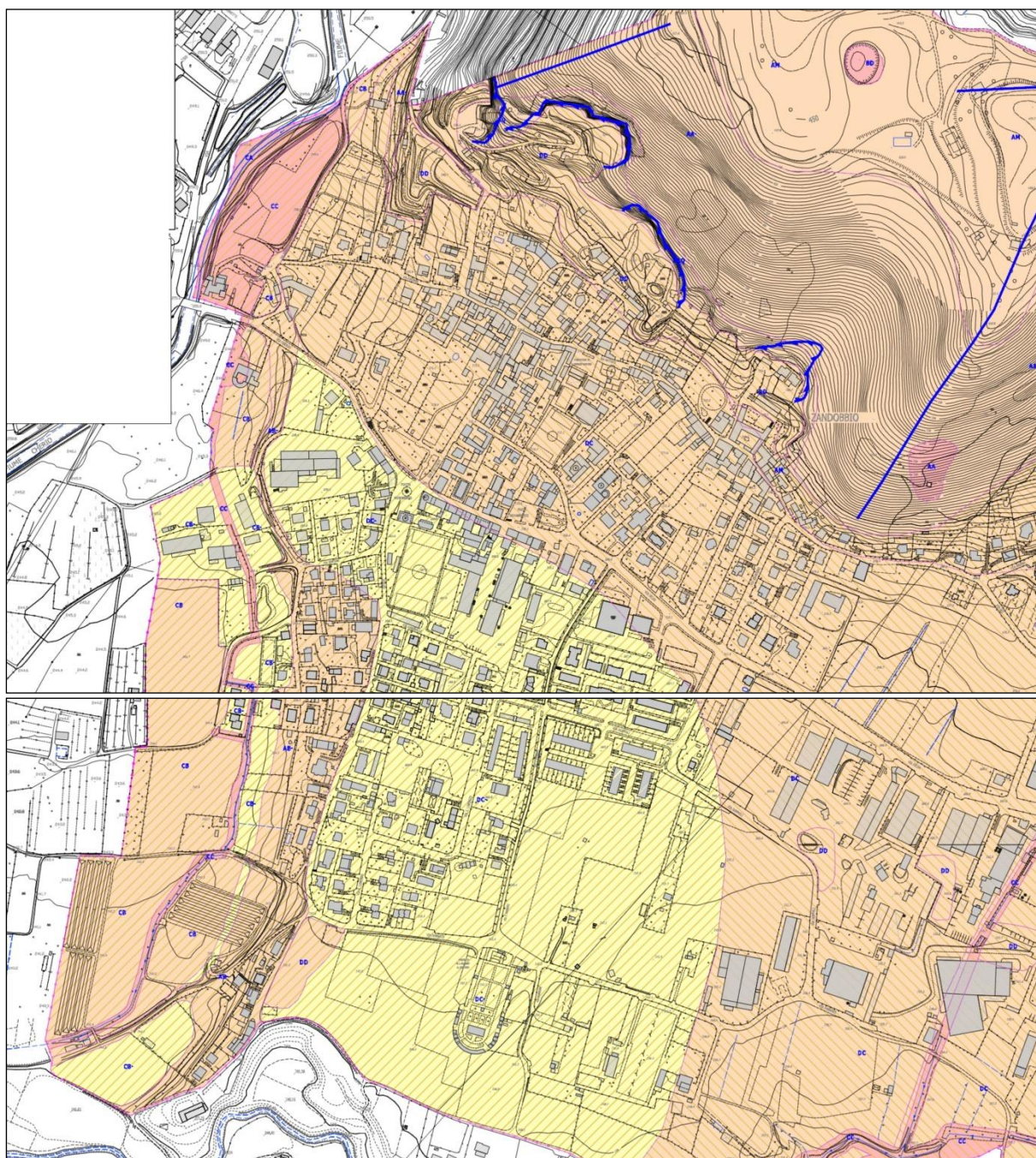
A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ldros</b> Ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consultoria nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>



**Figura 22 – Stralcio tavola B.08 – Fattibilità Geologica dello studio geologico a supporto  
del PGT del comune di Trescore Balneario (GRIMALDI – 2012)**



RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	ETATEC STUDIO PIAZZETTI	dros logosperla	Archeo Studi Bergamo s.r.l.	HATTUSAS consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	ECOGEO s.r.l. TECNICHE DI AMBIENTE E NATURALITÀ	Dott. Nat. Giambattista Rivellini	Dott. Arch. Giovanni Mazza	Dott. For. Stefano Enfissi
--	----------------------------	--------------------	--------------------------------	--	--	---	----------------------------------	----------------------------------



**Figura 23 – Stralcio tavola D08 – Carta di fattibilità geologica delle azioni di piano dello studio geologico a supporto del PGT del comune di Zandobbio (LOCATI – 2013);**



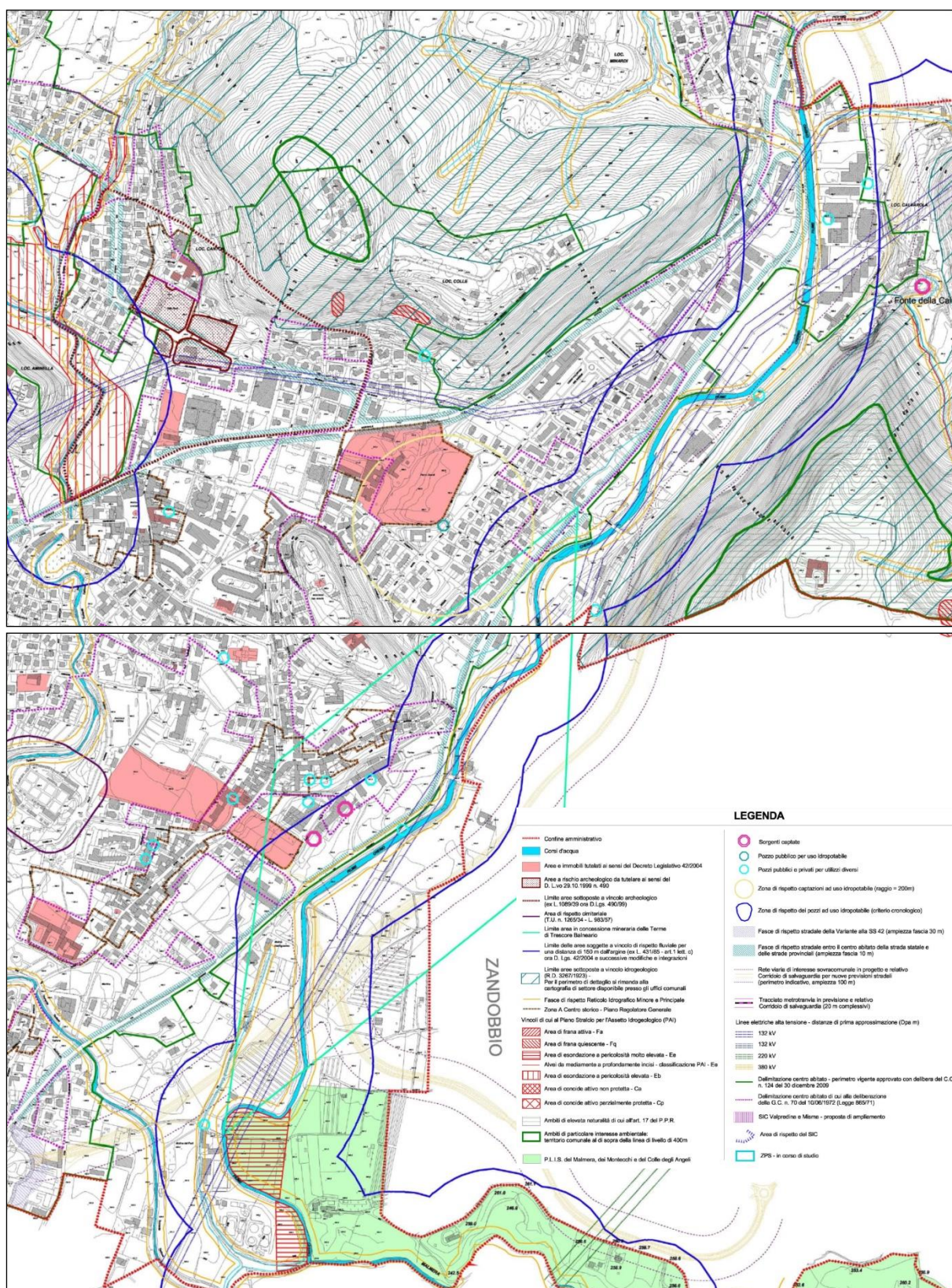
A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulting nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

## 7.4 VINCOLI A CARATTERE AMBIENTALE E URBANISTICO

Dalla consultazione della *tavola C.03 – Carta dei Vincoli Ambientali ed Urbanistici* del PGT del comune di Trescore Balneario (BONASSOLI – 2012) riportata in stralcio in **Figura 24**, emerge che l'area oggetto di studio interferisce anche parzialmente con i seguenti elementi:

- **area di esondazione a pericolosità molto elevata (Ee)** di al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI);
- **pozzi pubblici e privati** per utilizzi diversi;
- **fasce di rispetto del Reticolo Idrografico Minore e Principale**
- corsi d'acqua di particolare interesse ambientale a norma della ex legge 8 agosto 1985, n° 431 (**fascia di protezione dei corsi d'acqua di 150 m** dalle rispettive sponde) ora D.Lgs 42/2004 e successive modifiche e integrazioni:
  - torrente Cherio per tutto il corso sino al Lago di Endine.
  - torrente Tadone: a nord della Strada Statale n°42 sino alla rotabile Cenate Rosciate
  - rio Calchera: dallo sbocco per km. 3
  - torrente Malmera: dallo sbocco alla biforcazione sotto il Vago
- area del fondovalle del torrente Malmera e della fascia collinare sud: è un'area interessata dalla costituzione del **Parco Locale di Interesse Sovralocale del Malmera, dei Montecchi e del Colle degli Angeli** tra i comuni di Gorlago, Trescore Balneario e Zandobbio;
- **aree in concessione mineraria delle terme:**
  - pozzi acqua e opere di presa: sono presenti tre pozzi (San Pancrazio, Beroa 1, Beroa 2);
  - aree di protezione idrogeologica ed igienica dei pozzi (m. 200 dall'elemento puntuale);
  - area di concessione mineraria;
- distanza di prima approssimazione (Dpa in m) da **linee elettriche alta tensione 132kV**;

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>



**Figura 24 – Stralcio tavola C.03 – Carta dei Vincoli Ambientali ed Urbanistici del PGT del comune di Trescore Balneario (BONASSOLI – 2012)**



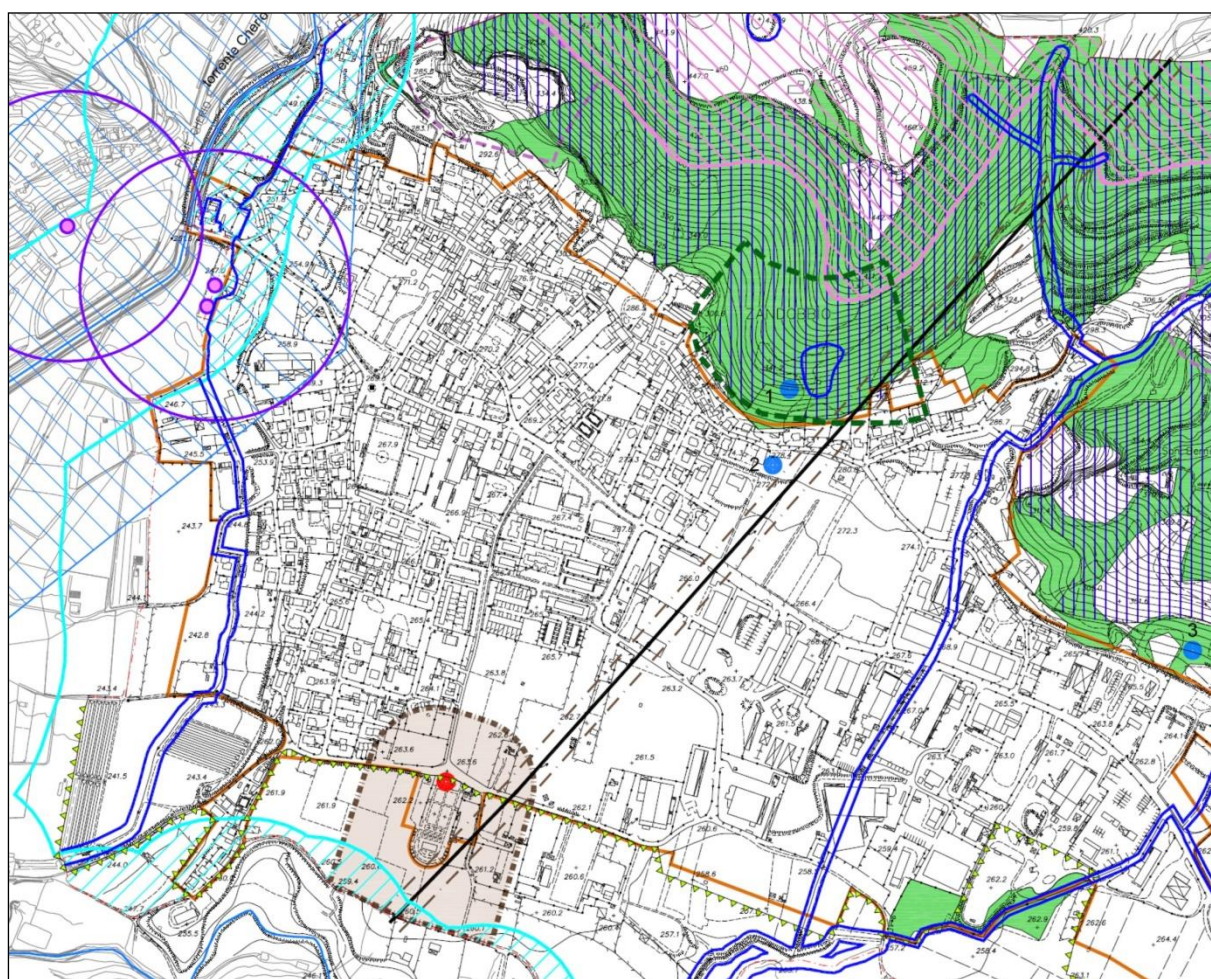
A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PINOLETTI	 <b>hydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulting nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

Inoltre, è stata consultata anche la *tavola A4 – Carta dei vincoli* del PGT del comune di Zandobbio (TOMASI – 2009) riportata in stralcio in **Figura 25**, per quanto concerne alcune porzioni limitate.

Dalla disamina di tale cartografia emerge che le aree oggetto di studio interferiscono anche parzialmente con i seguenti elementi:

- **Reticolo idrografico e fascia di rispetto fluviale** DGR 7/7868 del 25.01.2002);
- **Area di salvaguardia della captazione a scopo idropotabile** (DPR 24.05.1988 n.236 – D.Lgs 152/99);
- **Area soggetta a P.L.I.S.** ai sensi dell'art. 34 della L.R. 86/83 (**PLIS del Malmera, dei Montecchi e del colle degli Angeli**)
- **Area di concessione mineraria DM 30/3/1940 Terme di Trescore;**
- **Aree di tutela paesaggistica – Corsi d'acqua** D.Lgs 42/2004, art. 142 lett. c (fiume Cherio);

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>



	vincolo Idrogeologico Regio Decreto del 30/12/1923 n. 3267		delimitazione del centro abitato D.L. n. 285 3/4/1992 art. 4
	reticolo idrografico e fascia di rispetto fluviale (DRG 7/7868 del 25/1/2002)		AREE DI TUTELA PAESAGGISTICA D.Lgs 42/2004 Codice dei beni culturali e del paesaggio
	aree di salvaguardia della captazione a scopo Idropotabile DPR 24/5/1988 n. 236 - D.lgs. 152/99		territori coperti da boschi (art. 142 lettera g)
	area soggetta a P.L.I.S. ai sensi dell'art. 34 della L.R. 86/83 PLIS del Malmera, dei Montecchi e del colle degli Angeli		corsi d'acqua m 150 (art. 142 lettera c) n. 160270 torrente Chero n. 160287 torrente Malmera
	area di concessione mineraria DM 30/3/1940 Terme di Trescore		zone di Interesse archeologico (art. 142 lettera m) 1 Grotta delle Ossa - deposito pleistocenico 2 Cascina Serafino - tombe (?) romane 3 pendici del Colle di S. Bernardo - reperti litici preistorici
	rispetto cimiteriale		aree archeologiche (fonte: PTCP)
	linea alta tensione AEM - fascia di rispetto 20 m		vincolo monumentale: chiesa di San Giorgio
	ambito Piano Cave confermato dal piano in itinere		
	ambito Piano Cave inserito dal piano in itinere		
	ambiti di elevata naturalità (400 m s.l.m.) art. 17 P.T.P.R.		

**Figura 25 – Stralcio tavola A4 – Carta dei vincoli del PGT del comune di Zandobbio (TOMASI – 2009)**



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ydros</b> Ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

## 8. RILIEVO CON SAPR

Ai fini della progettazione degli interventi in questione si è resa necessaria un'attività di rilevamento con mezzi SAPR ai fini della restituzione di un Modello Digitale del Terreno (DTM) e di ortofoto del sito aggiornati.

I voli sono stati effettuati secondo il regolamento "Mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto", Edizione 2, Emendamento 3 del 24 marzo 2017 (delibera ENAC 15/2017).

I droni ECOGEO960 (**Figura 26**) e PHANTOM4 (**Figura 27**) di proprietà Ecogeo S.R.L. sono dotati di abilitazione a sorvolare aree critiche e sono muniti di assicurazione secondo quanto prescritto dalle normative vigenti ENAC.



**Figura 26 - Drone esacottero ESA960 di proprietà Ecogeo (ECOGEO 960)**

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PNOLETTI	 <b>ldros</b> Ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>



**Figura 27 - Drone DJI - Phantom4 di proprietà Ecogeo (ECOGEO PH4)**

## 8.1 ACQUISIZIONE DATI

Al fine di acquisire fotografie aeree da elaborare in post-produzione per la restituzione dei modelli dell'area in questione è stato utilizzato il drone DJI Phantom 4 con fotocamera integrata (ECOGEO PH4).

Le fotografie sono state scattate con le seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICHE	PHANTOM 4
<b>Tipologia</b>	Fotocamera integrata
<b>Dimensione obiettivo</b>	1/2.3"
<b>Tempo esposizione</b>	1/2500 secondi
<b>Dimensione</b>	4000x3000
<b>Focale</b>	f/3.5
<b>Sensibilità</b>	ISO-200

**Tabella 1 - Caratteristiche fotocamere droni utilizzate**

Nella parte finale del mese di luglio 2017, sono stati eseguiti una serie di voli in modo tale da coprire tutta l'area oggetto di indagine.

In particolare durante le varie missioni sono state scattate circa 5100 fotografie ad un'altezza

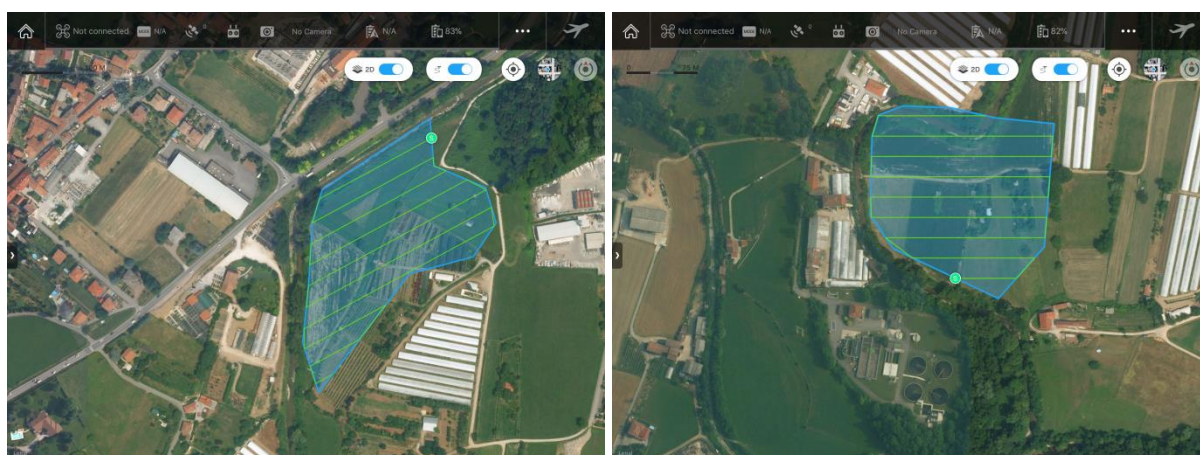
A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

media di circa 60 metri dal punto di decollo e con una sovrapposizione media frontale delle fotografie del 85% e una sovrapposizione media laterale del 75%.

Le fotografie sono state scattate con valori di sovrapposizione che permettono di ricostruire un modello tridimensionale del sito molto accurato.

Infatti, come ben si può notare dai piani di volo riportati in **Figura 28**, le due missioni rappresentate hanno i sensi di marcia del drone incrociati tra loro. Questo è volutamente scelto per far sì che il drone possa scattare fotografie con una maggiore sovrapposizione. Inoltre un set fotografico a incrocio permette di avere un modello più accurato in fase di post produzione.

Una volta acquisite le fotografie, è stato possibile georeferenziarle nel sistema di riferimento WGS84 utilizzando i log del drone e i Ground control point selezionati ad hoc.



**Figura 28 – Traiettorie seguite dal SAPR ECOGEO PH4 in alcune missioni**

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

## 8.2 RESTITUZIONE DATI

### 8.2.1 Ricostruzione modello 3D

Per l'analisi delle fotografie aeree georeferenziate e la creazione del modello tridimensionale del terreno in oggetto è stato utilizzato il software Agisoft Photoscan di cui Ecogeo S.R.L. ne detiene una regolare licenza d'uso.

Al fine di ricostruire il modello 3D del sito analizzato, riportato in **Figura 29**, sono state svolte le seguenti operazioni:

1. Allinamento fotografie;
2. Ottimizzazione della distorsione della lente della camera fotografica;
3. Creazione di una nuvola di punti (275.034.707 points);
4. Creazione della mesh (triangolazione della nuvola di punti);
5. Creazione della texture da applicare al modello;
6. Creazione del modello digitale di elevazione (DEM).

Tale procedura può prevedere la reiterazione dei punti successivi al 2 nel caso si renda necessario rimuovere fotografie per diminuire la distorsione del modello 3D.



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ydros</b> Ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>



**Figura 29 – Modello 3D ricostruito dell'area oggetto d'indagine;  
a sinistra è riportata la porzione più a N e a destra quella più a S.**

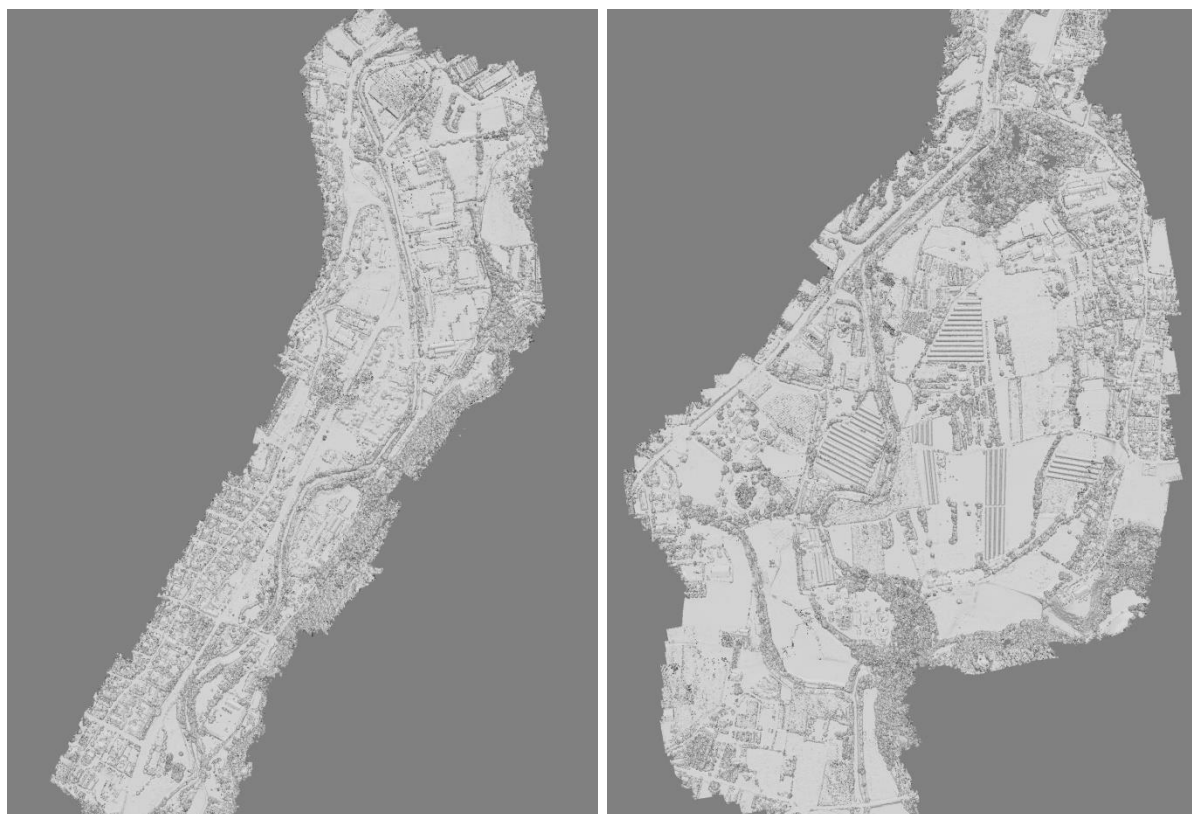
### 8.2.2 Elaborazione modello 3D

Una volta creato il modello tridimensionale georeferenziato è stato possibile operare sulla nuvola di punti creata (**Figura 30**) eliminando le aree di scarso interesse ai fini del rilievo in questione.

In una seconda fase è stato possibile identificare ed escludere gli ingombri volumetrici rappresentati dai veicoli, dalle abitazioni e dalla componente vegetazionale sia di alto che di basso fusto rilevata.

Questa semplificazione ha reso possibile l'esportazione della mesh poligonale e del DTM dell'area di interesse che verrà utilizzato come base per i calcoli progettuali.

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ydros</b> Ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>



**Figura 30 – Nuvola di punti utilizzata per la classificazione degli elementi dell’area oggetto d’indagine; a sinistra è riportata la porzione più a N e a destra quella più a S.**

Altro elemento fondamentale nella calibrazione del modello 3D riguarda la definizione di punti precisi aventi informazioni geografiche (latitudine e longitudine) e informazioni di quota, conosciuti come *marker* o *ground control point*.

Dunque, durante le fasi che precedono quelle di volo dei droni, sono stati selezionati alcuni elementi identificabili dalle foto scattate dai SAPR di cui erano note informazioni geografiche (latitudine e longitudine) e di quota, entrambe derivabili da alcune schede fornite direttamente da AIPO (**Figura 31**).

In una seconda fase, è stato poi possibile riconoscere questi elementi grafici all’interno del modello tridimensionale ricostruito, e, utilizzando alcune funzioni del programma di post produzione, sono state associate ad ogni marker le informazioni geografiche note.

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

Tutte queste operazioni si rendono necessarie a causa di problemi intrinseci alla conformazione del GPS del drone e in modo tale da ottenere un modello tridimensionale che garantisca ad ogni suo elemento la quota esatta.

AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME PO		ANAGRAFICA DEI CAPOSALDI DI SEZIONE SCHEDA DI RICONOSCIMENTO CAPOSALDO		Caposaldo n°
Regione: Lombardia	Provincia: Bergamo	Comune: TRESSCORE BALNEARI	Data rilievo: 2002	
Corso d'acqua: CHERIO	001060003	Rete inquadramento: RETE OGILIO		
Cod. Sezione: 067	Cod. Testata: CIO67B	Sponda: DX	Nuovo vertice: SI	
Inquadramento territoriale:		Documentazione fotografica:		
Coordinate geografiche:		Coordinate piane:		
WGS 84 $\varphi = 45^{\circ}41'00.54805''$ $\lambda = 9^{\circ}50'30.13812''$ Q ell. (m s.m.) = 288,55		GAUSS-BOAGA N = 5059246,46 E = 565545,74 Quota assoluta (m s.l.m.) = 242,919		
Descrizione: Chiodo temporaneo posto sul manto stradale				

AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME PO		ANAGRAFICA DEI CAPOSALDI DI SEZIONE SCHEDA DI RICONOSCIMENTO CAPOSALDO		Caposaldo n°
Regione: Lombardia	Provincia: Bergamo	Comune: ZANDOBBIÒ	Data rilievo: 2002	
Corso d'acqua: CHERIO	001060003	Rete inquadramento: RETE OGILIO		
Cod. Sezione: 31SP14	Cod. Testata: CIO31SP14A	Sponda: SX	Nuovo vertice: SI	
Inquadramento territoriale:		Documentazione fotografica:		
Coordinate geografiche:		Coordinate piane:		
WGS 84 $\varphi = 45^{\circ}41'25.57359''$ $\lambda = 9^{\circ}50'56.98208''$ Q ell. (m s.m.) = 297,20		GAUSS-BOAGA N = 5060024,94 E = 566145,52 Quota assoluta (m s.l.m.) = 251,431		
Descrizione: Chiodo temporaneo posto su estradosso ponte				

AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME PO		ANAGRAFICA DEI CAPOSALDI DI SEZIONE SCHEDA DI RICONOSCIMENTO CAPOSALDO		Caposaldo n°
Regione: Lombardia	Provincia: Bergamo	Comune: TRESSCORE BALNEARI	Data rilievo: 2002	
Corso d'acqua: CHERIO	001060003	Rete inquadramento: RETE OGILIO		
Cod. Sezione: 07SP	Cod. Testata: CIO7SPA	Sponda: DX	Nuovo vertice: SI	
Inquadramento territoriale:		Documentazione fotografica:		
Coordinate geografiche:		Coordinate piane:		
WGS 84 $\varphi = 45^{\circ}41'42.69840''$ $\lambda = 9^{\circ}51'13.46209''$ Q ell. (m s.m.) = 301,40		GAUSS-BOAGA N = 5060557,24 E = 566496,32 Quota assoluta (m s.l.m.) = 255,558		
Descrizione: Chiodo temporaneo posto sul ciglio strada asfaltata				

AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME PO		ANAGRAFICA DEI CAPOSALDI DI SEZIONE SCHEDA DI RICONOSCIMENTO CAPOSALDO		Caposaldo n°
Regione: Lombardia	Provincia: Bergamo	Comune: TRESSCORE BALNEARI	Data rilievo: 2002	
Corso d'acqua: CHERIO	001060003	Rete inquadramento: RETE OGILIO		
Cod. Sezione: 08OP	Cod. Testata: CIO8OPA	Sponda: DX	Nuovo vertice: SI	
Inquadramento territoriale:		Documentazione fotografica:		
Coordinate geografiche:		Coordinate piane:		
WGS 84 $\varphi = 45^{\circ}41'58.58290''$ $\lambda = 9^{\circ}51'33.07698''$ Q ell. (m s.m.) = 304,53		GAUSS-BOAGA N = 5061052,01 E = 566887,96 Quota assoluta (m s.l.m.) = 258,604		
Descrizione: Chiodo temporaneo posto sul ciglio strada asfaltata				

Figura 31 – Alcune schede dei ground control point / marker consultate e usate nelle elaborazioni



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>4dros</b> Ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consultare nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

### 8.2.3 Ricostruzione Ortofoto

Un'ortofoto (o ortofotografia) è una fotografia aerea che è stata geometricamente corretta (ha subito un procedimento di ortorettifica) e georeferenziata in modo tale che la scala di rappresentazione della fotografia sia uniforme, cioè la foto può essere considerata equivalente ad una mappa.

Nel caso in esame l'ortofoto prodotta del sito è stata ottenuta partendo dalle foto scattate dal drone, e, grazie all'uso del software Agisoft Photoscan, è stato possibile elaborarle ed esportare poi l'intera ortofoto dell'area rilevata.



**Figura 32 – Ortofoto elaborata dell'area oggetto d'indagine;  
a sinistra è riportata la porzione più a N e a destra quella più a S.**



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ldros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulting nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

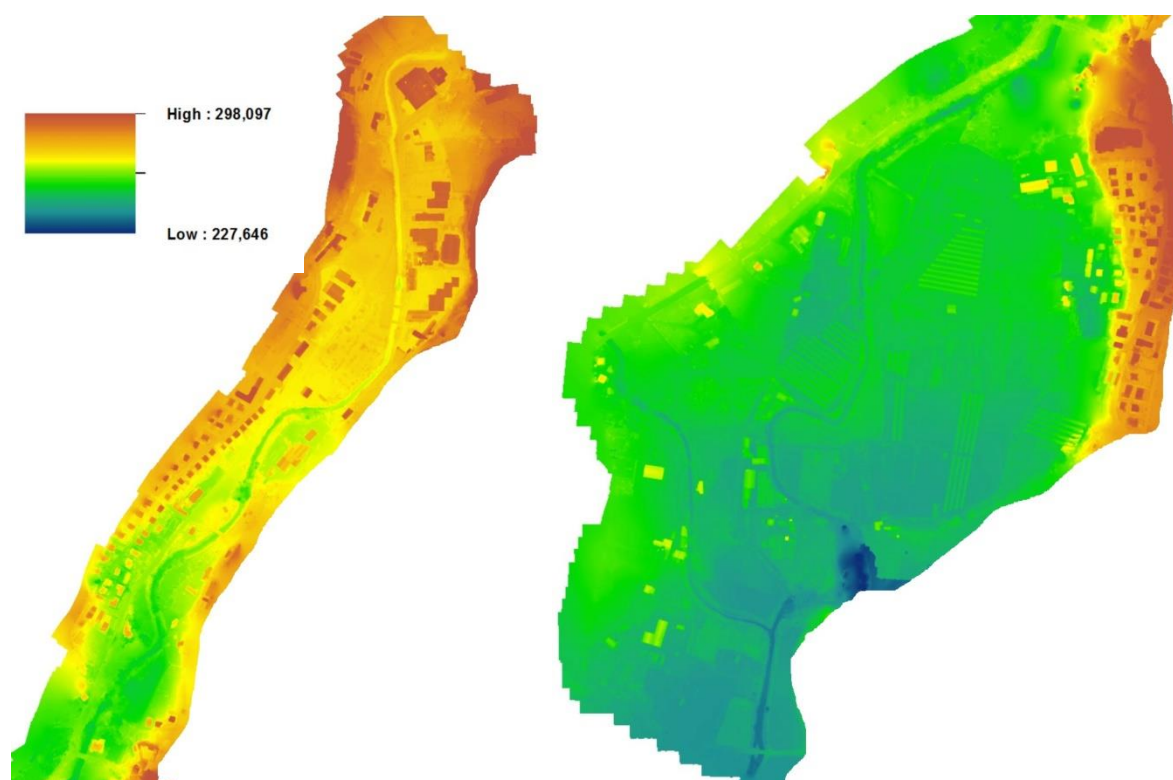
## 8.2.4 Ricostruzione DEM

Un modello digitale di elevazione (DEM o Digital Elevation Model) è la rappresentazione della distribuzione delle quote di un territorio, o di un'altra superficie, in formato digitale.

Il modello digitale di elevazione viene prodotto in formato raster associando a ciascun pixel dell'immagine prodotta l'attributo relativo alla quota assoluta.

Nel caso in questione sono stati ricostruiti due tipologie di modelli digitali del terreno partendo dalla nuvola di punti classificata per tipologie di oggetti (vegetazione, edifici, automobili...).

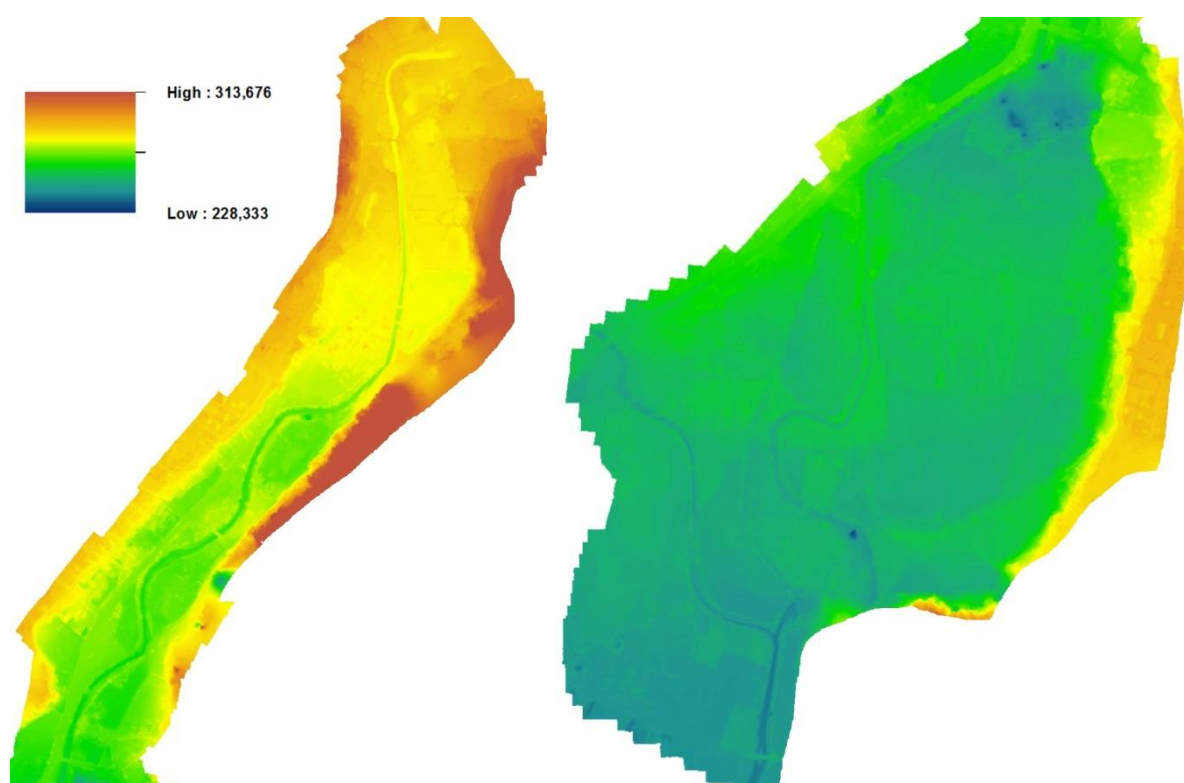
Dunque, sempre grazie all'uso di Agisoft Photoscan, è stato possibile elaborare in prima battuta il DEM dell'area oggetto d'interesse (**Figura 33**) partendo dalla nuvola di punti non classificata ed escludendo solamente alcuni punti di rumore.



**Figura 33 – DEM elaborato dell'area oggetto d'indagine partendo dalla nuvola di punti non classificata; a sinistra è riportata la porzione più a N e a destra quella più a S.**

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PNOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulente nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

Inoltre è stato realizzato anche il modello digitale del terreno (DTM o Digital Terrain Model) dell'area oggetto d'indagine. In altre parole si tratta di un DEM e quindi di una rappresentazione della distribuzione delle quote di un territorio in formato digitale senza che ne vengano però considerati gli ingombri volumetrici non attinenti al rilievo, come vegetazione, edifici ... (**Figura 34**).



**Figura 34 – DTM elaborato dell'area oggetto d'indagine partendo dalla nuvola di punti classificata; a sinistra è riportata la porzione più a N e a destra quella più a S.**

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

## 9. CARATTERIZZAZIONE TERRENI

### 9.1 ATTIVITÀ DI CAMPIONAMENTO

Contestualmente alle attività di esecuzione delle indagini geotecniche effettuate in data 19/01/2018, sono stati raccolti N.4 campioni di terreni prelevati nelle aree oggetto di studio, secondo quanto prescritto dalla norma UNI 10802:2013.

In particolare, in riferimento a tali campioni prelevati vengono riportate nella **Tabella 2** alcune informazioni relative al campionamento.

CAMPIONE <i>ID</i>	CAMPIONAMENTO	
	Data	Ubicazione
<b>C1</b>	19.01.2018	Trescore Balneario – Loc. Calvarola ( <i>Dante Brignoli Granulati S.r.l. -Sud</i> )
<b>C2</b>	19.01.2018	Trescore Balneario – Loc. Calvarola
<b>C3</b>	19.01.2018	Trescore Balneario – Pista ciclabile ( <i>Via Rivi-Via Fontane</i> )
<b>C4</b>	19.01.2018	Trescore Balneario – Loc. Foppa Rivi

**Tabella 2 - Informazioni relative ai campioni prelevati**

In **Tabella 3** si riportano le coordinate chilometriche WGS84 di ciascun punto di campionamento dei terreni.

CAMPIONE <i>ID</i>	COORDINATE WGS 84	
	<i>Longitudine</i>	<i>Latitudine</i>
<b>C1</b>	566 756	5 060 896
<b>C2</b>	566 989	5 061 260
<b>C3</b>	566 017	5 059 395
<b>C4</b>	565 996	5 059 170

**Tabella 3 – Coordinate chilometriche WGS84 relative ai campioni prelevati**

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ydros</b> ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulting nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

Per quanto concerne le ubicazioni dei campioni raccolti, si riportano nelle figure seguenti le viste di dettaglio su base ortofoto ricostruita ad hoc tramite voli SAPR, mentre per una visione d'insieme su base CTR – Aerofotogrammetrico comunale si rimanda alla tavola allegata (Elaborato D.2.5).



**Figura 35 - Ubicazione su base ortofoto di dettaglio del campione C1 di terre e rocce da scavo**



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ldros</b> Ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consultare nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

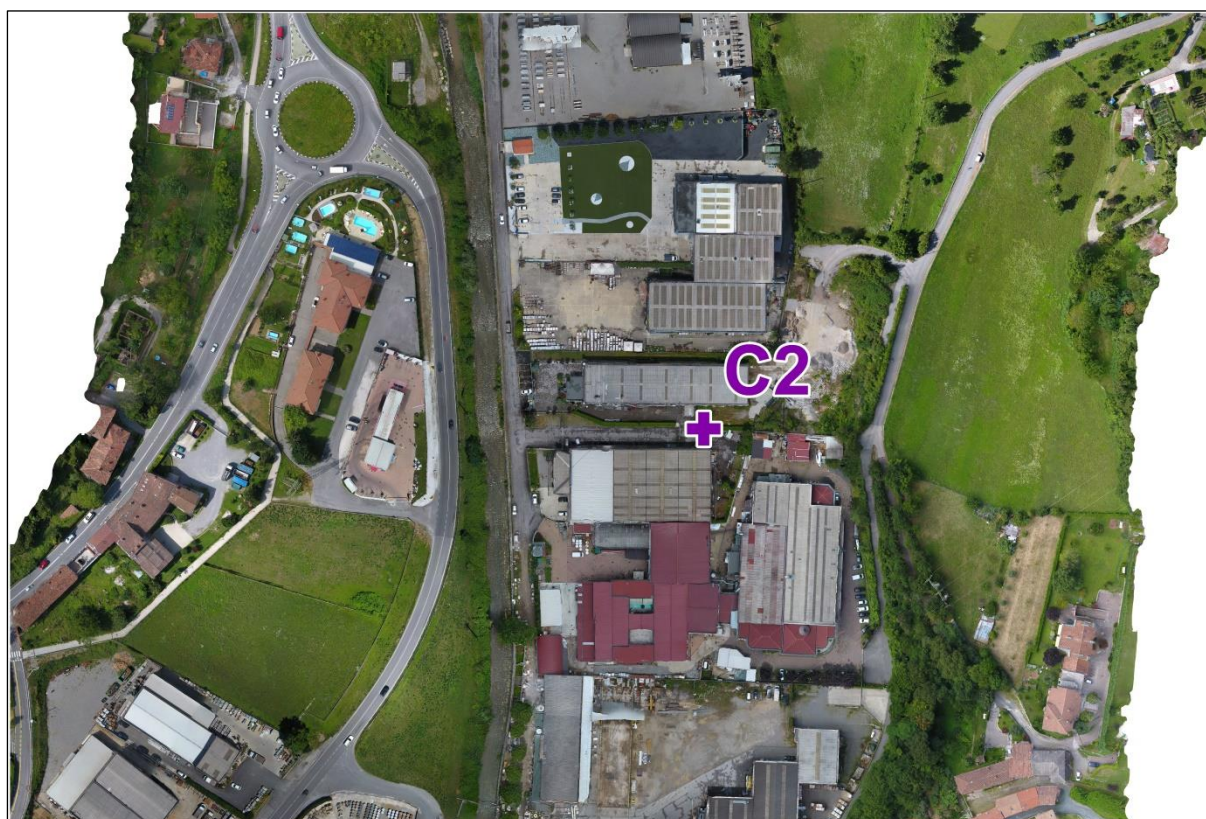


Figura 36 - Ubicazione su base ortofoto di dettaglio del campione C2 di terre e rocce da scavo

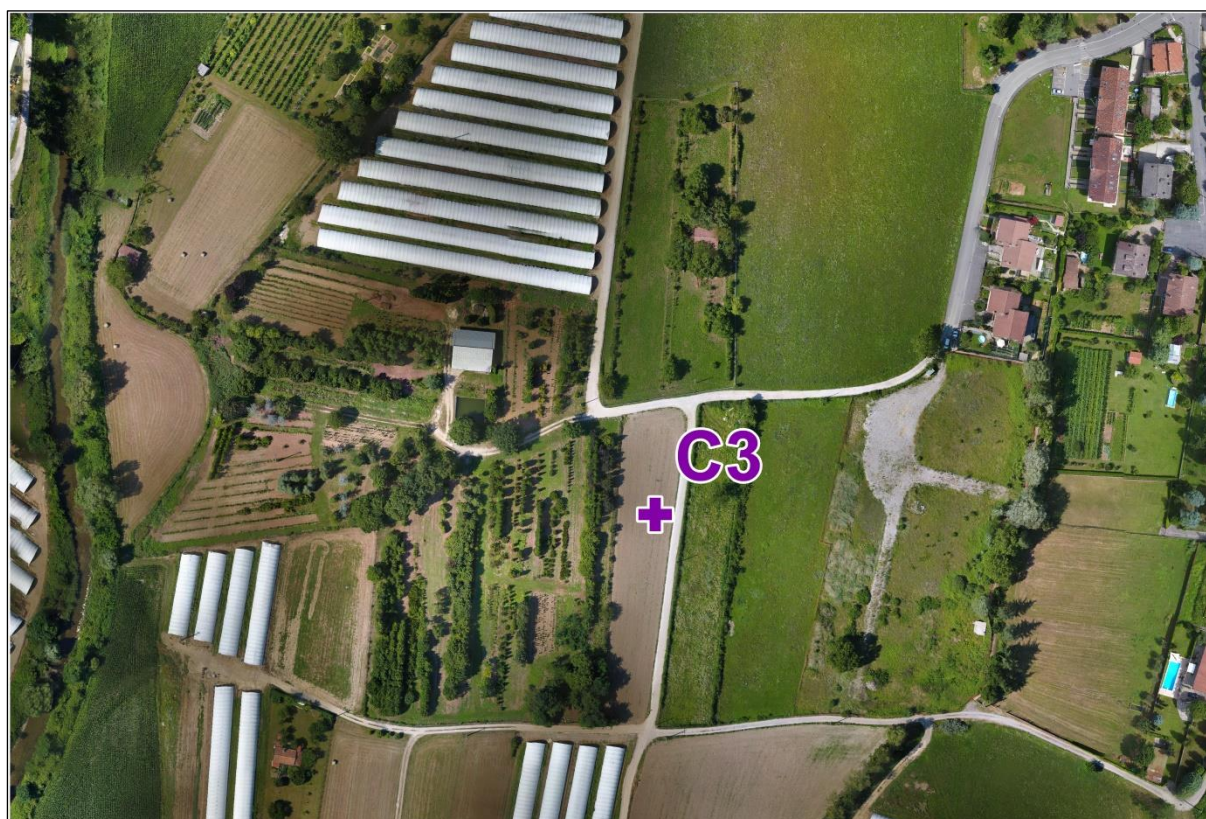


Figura 37 - Ubicazione su base ortofoto di dettaglio del campione C3 di terre e rocce da scavo



A.T.P.						Consulenti		
<b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	<b>ETATEC</b> STUDIO PIAZZETTI	<b>Hydros</b> Ingegneria	<b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	<b>HATTUSAS</b> consulting nel vasto campo della gestione e dell'ambiente	<b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNICHE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>



**Figura 38 - Ubicazione su base ortofoto di dettaglio del campione C4 di terre e rocce da scavo**

## **9.2 PROCEDURE ANALITICHE**

Le procedure di caratterizzazione ambientale dei N. 4 campioni raccolti sono state svolte secondo quanto specificato nell'Allegato IV del D.P.R. del 13.06.2017 n.120 e di seguito descritto.

I quattro campioni sono privi della frazione maggiore di 2 cm, scartata direttamente in campo. Le determinazioni analitiche in laboratorio sono state condotte sull'aliquota di granulometria inferiore a 2 mm, ma la concentrazione del campione è stata determinata riferendosi alla totalità dei materiali secchi, comprensiva anche dello scheletro campionato (frazione compresa tra 2 cm e 2 mm).

A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

È stato considerato il set analitico minimale, e cioè quello previsto alla Tabella 4.1 dell'Allegato sopracitato.

I risultati delle analisi sui campioni sono stati confrontati con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

Le analisi chimico-fisiche sono state condotte adottando metodologie ufficialmente riconosciute per tutto il territorio nazionale, tali da garantire l'ottenimento di valori 10 volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite.

### 9.3 RISULTATI ANALITICI

I risultati delle relative prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati sono contenuti nei relativi rapporti di prova riportati in allegato (**Appendice 1** da RP/0058/18 a RP/0060/18).

Per quanto concerne gli esiti degli accertamenti analitici è possibile affermare che per gli analiti ricercati non è stato rilevato alcun supero dei valori limite stabiliti dal D. Lgs. 152/06 Parte Quarta - Titolo V, All. 5, Tab. 1A e Tab. 1B, ad eccezione del campione C2 (RP/0059/18) per quanto riguarda l'analita *Cromo totale*.

Infatti per tale campione è stato riscontrato il supero del valore limite del Cromo totale riferito ai siti ad uso commerciale e industriale (D. Lgs. 152/06 Parte Quarta - Titolo V, All. 5, Tab. 1B).

Si riportano in sintesi in **Tabella 4** i risultati delle analisi effettuate sui campioni di terreno al fine di renderli confrontabili tra loro.

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIVOLETTI	 <b>ydros</b> Ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consulenze nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

ANALISI		VALORI LIMITE		CAMPIONI TERRENI			
<i>Determinazione</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Tab. 1A*</i>	<i>Tab. 1B*</i>	<i>C1</i>	<i>C2</i>	<i>C3</i>	<i>C4</i>
Frazione passante a 2 mm	%	-	-	12,1	32,5	87,6	15,6
<b>COMPOSTI INORGANICI</b>							
Arsenico	mg/kg <sub>ss</sub>	20	50	1,0	2,2	13,0	2,3
Cadmio	mg/kg <sub>ss</sub>	2	15	< 1	2,0	1,9	< 1
Cobalto	mg/kg <sub>ss</sub>	20	50	1,4	4,8	15,3	2,8
Cromo totale	mg/kg <sub>ss</sub>	150	800	8,2	815,9	52,0	9,5
Cromo VI	mg/kg <sub>ss</sub>	2	15	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Mercurio	mg/kg <sub>ss</sub>	1	5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Nichel	mg/kg <sub>ss</sub>	120	500	8,5	7,5	49,7	8,7
Piombo	mg/kg <sub>ss</sub>	100	1000	< 2	8,7	42,6	< 7
Rame	mg/kg <sub>ss</sub>	120	600	< 9	23,0	43,9	< 9
Zinco	mg/kg <sub>ss</sub>	150	1500	< 8	45,6	79,0	15,2
<b>IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA)</b>							
Benzo (a) antracene	mg/kg <sub>ss</sub>	0,5	10	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Benzo (a) pirene	mg/kg <sub>ss</sub>	0,1	10	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Benzo (b) fluorantene	mg/kg <sub>ss</sub>	0,5	10	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Benzo (k) fluorantene	mg/kg <sub>ss</sub>	0,5	10	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Benzo (g, h, i) perilene	mg/kg <sub>ss</sub>	0,1	10	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Crisene	mg/kg <sub>ss</sub>	5	50	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Dibenzo (a, e) pirene	mg/kg <sub>ss</sub>	0,1	10	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Dibenzo (a, h) antracene	mg/kg <sub>ss</sub>	0,1	10	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Indenopirene	mg/kg <sub>ss</sub>	0,1	5	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Pirene	mg/kg <sub>ss</sub>	5	50	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Sommat. policiclici aromatici	mg/kg <sub>ss</sub>	10	100	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <b>ydros</b> Ingegneria	 <b>Archeo Studi</b> Bergamo s.r.l.	 <b>HATTUSAS</b> consultoria nel vasto campo della geologia e dell'ambiente	 <b>ECOGEO s.r.l.</b> TECNOLOGIE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat.</i> <i>Giambattista</i> <i>Rivellini</i>	<i>Dott. Arch.</i> <i>Giovanni</i> <i>Mazza</i>	<i>Dott. For.</i> <i>Stefano</i> <i>Enfissi</i>

ANALISI		VALORI LIMITE		CAMPIONI TERRENI			
<i>Determinazione</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Tab. 1A*</i>	<i>Tab. 1B*</i>	<i>C1</i>	<i>C2</i>	<i>C3</i>	<i>C4</i>
<b>IDROCARBURI AROMATICI (BTEX)</b>							
Benzene	mg/kg <sub>ss</sub>	0,1	2	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Etilbenzene	mg/kg <sub>ss</sub>	0,5	50	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Toluene	mg/kg <sub>ss</sub>	0,5	50	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Xilene	mg/kg <sub>ss</sub>	0,5	50	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Sommatoria aromatici	mg/kg <sub>ss</sub>	1	100	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
<b>IDROCARBURI</b>							
Idrocarburi pesanti C > 12	mg/kg <sub>ss</sub>	50	750	< 3	< 3	15,32	4,20

**Tabella 4 - Sintesi dei risultati analitici ottenuti sui campioni di terreni prelevati**

A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	 ETATEC STUDIO PNOLETTI	 ydros Ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS consultoria nel vasto campo della gestione e dell'ambiente	 ECOGEO s.r.l. TECNICHE AMBIENTALI INTEGRATE	<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

## APPENDICE 1

*Rapporti di Prova delle analisi di laboratorio*

*RP/0058/18*

*RP/0059/18*

*RP/0060/18*

*RP/0061/18*

**ECOGEO s.r.l.**

ANALISI E TECNOLOGIE D'AMBIENTE

Sede: Via F.lli Calvi n° 2 - 24122 Bergamo

Tel. 035 / 27.11.55 - Fax 035 / 23.98.82

P. IVA 03051330169 <http://www.ecogeo.net>**LAB N° 1399**Rapporto di prova n° **RP/0058/18**

Data di emissione: 16.02.2018

CATEGORIA CAMPIONE

DESCRIZIONE CAMPIONE

QUANTITA' CAMPIONE

IMBALLAGGIO

CAMPIONATO DA

RITIRATO DA

DATA E ORA DI CAMPIONAMENTO

PRESSO

COMMITTENTE

TIPO DI INDAGINE RICHIESTA

CODICE CAMPIONE

DATA DI RICEVIMENTO

NOTE

Terreno

Terre e rocce da scavo

500 g

Vasetti di vetro

Sig. Fabio Plebani

Tecnico Hattusas s.r.l.

19.01.2018 alle ORE 09.00

C1- Trescore Balneario (BG)

AIPo - Agenzia Interregionale per il fiume Po- Ufficio operativo di Cremona- Via Carnevali n° 7 - 26100 Cremona

Analisi sui terreni - D. Lgs. 152/06 Parte Quarta - Titolo V, All. 5, Tab. 1A e Tab. 1B

**0058**

31.01.2018

L'aliquota di campione residua verrà conservata dal ns. laboratorio per 7 giorni dal termine dell'indagine

DETERMINAZIONI	UNITA' DI MISURA	NORM. DI LEGGE D. Lgs. 152/06 Parte Quarta - Titolo V, All. 5, Tab. 1A (conc. soglia di contam. nel suolo e nel sottosuolo riferite a siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale) (valori limite)	NORM. DI LEGGE D. Lgs. 152/06 Parte Quarta - Titolo V, All. 5, Tab. 1B (conc. soglia di contam. nel suolo e nel sottosuolo riferite a siti ad uso commerciale e industriale) (valori limite)	RISULTATI	INCERTEZZA	METODICHE UTILIZZATE	NOTE	INIZIO PROVA	FINE PROVA
frazione passante	%			12.1		D.M. 13/09/1999 S.O. n°185 G.U. n°248 del 21/10/1999 Metodo II.1 D.M. 25/03/2002 GU n° 84 10/04/2002 UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016	*	31.01.18	31.01.18
arsenico (As)	mg/Kg <sub>ss</sub>	20	50	1.0		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
cadmio (Cd)	mg/Kg <sub>ss</sub>	2	15	< 1		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
cobalto (Co)	mg/Kg <sub>ss</sub>	20	250	1.4		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
cromo (Cr)	mg/Kg <sub>ss</sub>	150	800	8.2		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
cromo esavalente (CrVI)	mg/Kg <sub>ss</sub>	2	15	< 0.2		CNR IRSA 16 Q64 Vol. 3 1986		14.02.18	14.02.18
mercurio (Hg)	mg/Kg <sub>ss</sub>	1	5	< 0.1		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
nicel (Ni)	mg/Kg <sub>ss</sub>	120	500	8.5		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
piombo (Pb)	mg/Kg <sub>ss</sub>	100	1000	< 2		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
rame (Cu)	mg/Kg <sub>ss</sub>	120	600	< 9		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
zinco (Zn)	mg/Kg <sub>ss</sub>	150	1500	< 8		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
BTEX	mg/Kg <sub>ss</sub>	1	100	< 0.001		EPA 5021A 2003 + EPA 8260C 2006	*	01.02.18	01.02.18
benzene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.1	2	< 0.001		EPA 5021A 2003 + EPA 8260C 2006	*	01.02.18	01.02.18
etilbenzene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.5	50	< 0.001		EPA 5021A 2003 + EPA 8260C 2006	*	01.02.18	01.02.18
toluene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.5	50	< 0.001		EPA 5021A 2003 + EPA 8260C 2006	*	01.02.18	01.02.18
xilene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.5	50	< 0.001		EPA 5021A 2003 + EPA 8260C 2006	*	01.02.18	01.02.18
idrocarburi policiclici aromatici	mg/Kg <sub>ss</sub>	10	100	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18

**ECOGEO s.r.l.**

ANALISI E TECNOLOGIE D'AMBIENTE

Sede: Via F.lli Calvi n° 2 - 24122 Bergamo

Tel. 035 / 27.11.55 - Fax 035 / 23.98.82

P. IVA 03051330169 <http://www.ecogeo.net>**LAB N° 1399**Rapporto di prova n° **RP/0058/18**

Data di emissione: 16.02.2018

DETERMINAZIONI	UNITA' DI MISURA	NORM. DI LEGGE D. Lgs. 152/06 Parte Quarta - Titolo V, All. 5, Tab. 1A (conc. soglia di contam. nel suolo e nel sottosuolo riferite a siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale) (valori limite)	NORM. DI LEGGE D. Lgs. 152/06 Parte Quarta - Titolo V, All. 5, Tab. 1B (conc. soglia di contam. nel suolo e nel sottosuolo riferite a siti ad uso commerciale e industriale) (valori limite)	RISULTATI	INCERTEZZA	METODICHE UTILIZZATE	NOTE	INIZIO PROVA	FINE PROVA
benzo(a)antracene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.5	10	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
benzo(a)pirene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.1	10	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
benzo(b)fluorantene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.5	10	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
benzo(k)fluorantene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.5	10	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
benzo(g,h,i)perilene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.1	10	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
crisene	mg/Kg <sub>ss</sub>	5	50	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
dibenzo(a,e)pirene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.1	10	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
dibenzo(a,h)antracene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.1	10	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
indenopirene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.1	5	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
pirene	mg/Kg <sub>ss</sub>	5	50	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
idrocarburi pesanti C > 12	mg/Kg <sub>ss</sub>	50	750	< 3		UNI EN ISO 16703:2011		14.02.18	14.02.18

Legenda: I risultati con caratteri in grassetto indicano un valore "fuori limite".

Note: \*: Prova non accreditata; #: Prova eseguita da laboratorio esterno.

Il campionamento è escluso dall'accreditamento.

Per le analisi eseguite con metodo EPA 5021 A 2003 + EPA 8260 C 2006 il recupero dei surrogati è risultato compreso tra 70% e 130% così come previsto dal metodo e i valori non sono stati utilizzati per la correzione dei risultati.

L'incertezza di misura per le prove chimiche è calcolata come incertezza estesa al 95% di probabilità, utilizzando un fattore di copertura K=2.

I risultati si riferiscono solo al/i campione/i sottoposti a prova. Il presente Rapporto di Prova non deve essere riprodotto parzialmente, senza l'approvazione scritta del Laboratorio ECOGEO S.R.L.

Il Responsabile del Laboratorio

Renato Marsetti

Il professionista

Matteo Ronchi

L'analista

Matteo Ronchi

Chimico  
Ordine Interprovinciale  
dei chimici della Lombardia  
Iscrizione Albo n.3611 Sez. A

Roberto Bosio



**ECOGEO s.r.l.**

ANALISI E TECNOLOGIE D'AMBIENTE

Sede: Via F.lli Calvi n° 2 - 24122 Bergamo

Tel. 035 / 27.11.55 - Fax 035 / 23.98.82

P. IVA 03051330169 <http://www.ecogeo.net>**LAB N° 1399**Rapporto di prova n° **RP/0059/18**

Data di emissione: 16.02.2018

CATEGORIA CAMPIONE

DESCRIZIONE CAMPIONE

QUANTITA' CAMPIONE

IMBALLAGGIO

CAMPIONATO DA

RITIRATO DA

DATA E ORA DI CAMPIONAMENTO

PRESSO

COMMITTENTE

TIPO DI INDAGINE RICHIESTA

CODICE CAMPIONE

DATA DI RICEVIMENTO

NOTE

Terreno

Terre e rocce da scavo

500 g

Vasetti di vetro

Sig. Fabio Plebani

Tecnico Hattusas s.r.l.

19.01.2018 alle ORE 09.10

C2- Trescore Balneario (BG)

AIPo - Agenzia Interregionale per il fiume Po- Ufficio operativo di Cremona- Via Carnevali n° 7 - 26100 Cremona

Analisi sui terreni - D. Lgs. 152/06 Parte Quarta - Titolo V, All. 5, Tab. 1A e Tab. 1B

**0059**

31.01.2018

L'aliquota di campione residua verrà conservata dal ns. laboratorio per 7 giorni dal termine dell'indagine

DETERMINAZIONI	UNITA' DI MISURA	NORM. DI LEGGE D. Lgs. 152/06 Parte Quarta - Titolo V, All. 5, Tab. 1A (conc. soglia di contam. nel suolo e nel sottosuolo riferite a siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale) (valori limite)	NORM. DI LEGGE D. Lgs. 152/06 Parte Quarta - Titolo V, All. 5, Tab. 1B (conc. soglia di contam. nel suolo e nel sottosuolo riferite a siti ad uso commerciale e industriale) (valori limite)	RISULTATI	INCERTEZZA	METODICHE UTILIZZATE	NOTE	INIZIO PROVA	FINE PROVA
frazione passante	%			32.5		D.M. 13/09/1999 S.O. n°185 G.U. n°248 del 21/10/1999 Metodo II.1 D.M. 25/03/2002 GU n° 84 10/04/2002 UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016	*	31.01.18	31.01.18
arsenico (As)	mg/Kg <sub>ss</sub>	20	50	2.2		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
cadmio (Cd)	mg/Kg <sub>ss</sub>	2	15	2.0		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
cobalto (Co)	mg/Kg <sub>ss</sub>	20	250	4.8		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
cromo (Cr)	mg/Kg <sub>ss</sub>	150	800	815.9		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
cromo esavalente (CrVI)	mg/Kg <sub>ss</sub>	2	15	< 0.2		CNR IRSA 16 Q64 Vol. 3 1986		14.02.18	14.02.18
mercurio (Hg)	mg/Kg <sub>ss</sub>	1	5	< 0.1		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
nicel (Ni)	mg/Kg <sub>ss</sub>	120	500	7.5		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
piombo (Pb)	mg/Kg <sub>ss</sub>	100	1000	8.7		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
rame (Cu)	mg/Kg <sub>ss</sub>	120	600	23.0		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
zinco (Zn)	mg/Kg <sub>ss</sub>	150	1500	45.6		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
BTEX	mg/Kg <sub>ss</sub>	1	100	< 0.001		EPA 5021A 2003 + EPA 8260C 2006	*	01.02.18	01.02.18
benzene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.1	2	< 0.001		EPA 5021A 2003 + EPA 8260C 2006	*	01.02.18	01.02.18
etilbenzene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.5	50	< 0.001		EPA 5021A 2003 + EPA 8260C 2006	*	01.02.18	01.02.18
toluene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.5	50	< 0.001		EPA 5021A 2003 + EPA 8260C 2006	*	01.02.18	01.02.18
xilene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.5	50	< 0.001		EPA 5021A 2003 + EPA 8260C 2006	*	01.02.18	01.02.18
idrocarburi policiclici aromatici	mg/Kg <sub>ss</sub>	10	100	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18

**ECOGEO s.r.l.**

ANALISI E TECNOLOGIE D'AMBIENTE

Sede: Via F.lli Calvi n° 2 - 24122 Bergamo

Tel. 035 / 27.11.55 - Fax 035 / 23.98.82

P. IVA 03051330169 <http://www.ecogeo.net>**LAB N° 1399**Rapporto di prova n° **RP/0059/18**

Data di emissione: 16.02.2018

DETERMINAZIONI	UNITA' DI MISURA	NORM. DI LEGGE D. Lgs. 152/06 Parte Quarta - Titolo V, All. 5, Tab. 1A (conc. soglia di contam. nel suolo e nel sottosuolo riferite a siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale) (valori limite)	NORM. DI LEGGE D. Lgs. 152/06 Parte Quarta - Titolo V, All. 5, Tab. 1B (conc. soglia di contam. nel suolo e nel sottosuolo riferite a siti ad uso commerciale e industriale) (valori limite)	RISULTATI	INCERTEZZA	METODICHE UTILIZZATE	NOTE	INIZIO PROVA	FINE PROVA
benzo(a)antracene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.5	10	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
benzo(a)pirene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.1	10	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
benzo(b)fluorantene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.5	10	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
benzo(k)fluorantene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.5	10	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
benzo(g,h,i)perilene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.1	10	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
crisene	mg/Kg <sub>ss</sub>	5	50	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
dibenzo(a,e)pirene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.1	10	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
dibenzo(a,h)antracene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.1	10	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
indenopirene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.1	5	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
pirene	mg/Kg <sub>ss</sub>	5	50	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
idrocarburi pesanti C > 12	mg/Kg <sub>ss</sub>	50	750	< 3		UNI EN ISO 16703:2011		14.02.18	14.02.18

Legenda: I risultati con caratteri in grassetto indicano un valore "fuori limite".

Note: \*: Prova non accreditata; #: Prova eseguita da laboratorio esterno.

Il campionamento è escluso dall'accreditamento.

Per le analisi eseguite con metodo EPA 5021 A 2003 + EPA 8260 C 2006 il recupero dei surrogati è risultato compreso tra 70% e 130% così come previsto dal metodo e i valori non sono stati utilizzati per la correzione dei risultati.

L'incertezza di misura per le prove chimiche è calcolata come incertezza estesa al 95% di probabilità, utilizzando un fattore di copertura K=2.

I risultati si riferiscono solo al/i campione/i sottoposti a prova. Il presente Rapporto di Prova non deve essere riprodotto parzialmente, senza l'approvazione scritta del Laboratorio ECOGEO S.R.L.

Il Responsabile del Laboratorio

Renato Marsetti

Il professionista

Matteo Ronchi

L'analista

Matteo Ronchi

Chimico  
Ordine Interprovinciale  
dei chimici della Lombardia  
Iscrizione Albo n.3611 Sez. A

Roberto Bosio

**ECOGEO s.r.l.**

ANALISI E TECNOLOGIE D'AMBIENTE

Sede: Via F.lli Calvi n° 2 - 24122 Bergamo

Tel. 035 / 27.11.55 - Fax 035 / 23.98.82

P. IVA 03051330169 <http://www.ecogeo.net>**LAB N° 1399**Rapporto di prova n° **RP/0060/18**

Data di emissione: 16.02.2018

CATEGORIA CAMPIONE

DESCRIZIONE CAMPIONE

QUANTITA' CAMPIONE

IMBALLAGGIO

CAMPIONATO DA

RITIRATO DA

DATA E ORA DI CAMPIONAMENTO

PRESSO

COMMITTENTE

TIPO DI INDAGINE RICHIESTA

CODICE CAMPIONE

DATA DI RICEVIMENTO

NOTE

Terreno

Terre e rocce da scavo

500 g

Vasetti di vetro

Sig. Fabio Plebani

Tecnico Hattusas s.r.l.

19.01.2018 alle ORE 09.20

C3- Trescore Balneario (BG)

AIPo - Agenzia Interregionale per il fiume Po- Ufficio operativo di Cremona- Via Carnevali n° 7 - 26100 Cremona

Analisi sui terreni - D. Lgs. 152/06 Parte Quarta - Titolo V, All. 5, Tab. 1A e Tab. 1B

**0060**

31.01.2018

L'aliquota di campione residua verrà conservata dal ns. laboratorio per 7 giorni dal termine dell'indagine

DETERMINAZIONI	UNITA' DI MISURA	NORM. DI LEGGE D. Lgs. 152/06 Parte Quarta - Titolo V, All. 5, Tab. 1A (conc. soglia di contam. nel suolo e nel sottosuolo riferite a siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale) (valori limite)	NORM. DI LEGGE D. Lgs. 152/06 Parte Quarta - Titolo V, All. 5, Tab. 1B (conc. soglia di contam. nel suolo e nel sottosuolo riferite a siti ad uso commerciale e industriale) (valori limite)	RISULTATI	INCERTEZZA	METODICHE UTILIZZATE	NOTE	INIZIO PROVA	FINE PROVA
frazione passante	%			87.6		D.M. 13/09/1999 S.O. n°185 G.U. n°248 del 21/10/1999 Metodo II.1 D.M. 25/03/2002 GU n° 84 10/04/2002 UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016	*	31.01.18	31.01.18
arsenico (As)	mg/Kg <sub>ss</sub>	20	50	13.0		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
cadmio (Cd)	mg/Kg <sub>ss</sub>	2	15	1.9		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
cobalto (Co)	mg/Kg <sub>ss</sub>	20	250	15.3		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
cromo (Cr)	mg/Kg <sub>ss</sub>	150	800	52.0		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
cromo esavalente (CrVI)	mg/Kg <sub>ss</sub>	2	15	< 0.2		CNR IRSA 16 Q64 Vol. 3 1986		14.02.18	14.02.18
mercurio (Hg)	mg/Kg <sub>ss</sub>	1	5	< 0.1		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
nicel (Ni)	mg/Kg <sub>ss</sub>	120	500	49.7		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
piombo (Pb)	mg/Kg <sub>ss</sub>	100	1000	42.6		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
rame (Cu)	mg/Kg <sub>ss</sub>	120	600	43.9		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
zinco (Zn)	mg/Kg <sub>ss</sub>	150	1500	79.0		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
BTEX	mg/Kg <sub>ss</sub>	1	100	< 0.001		EPA 5021A 2003 + EPA 8260C 2006	*	01.02.18	01.02.18
benzene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.1	2	< 0.001		EPA 5021A 2003 + EPA 8260C 2006	*	01.02.18	01.02.18
etilbenzene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.5	50	< 0.001		EPA 5021A 2003 + EPA 8260C 2006	*	01.02.18	01.02.18
toluene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.5	50	< 0.001		EPA 5021A 2003 + EPA 8260C 2006	*	01.02.18	01.02.18
xilene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.5	50	< 0.001		EPA 5021A 2003 + EPA 8260C 2006	*	01.02.18	01.02.18
idrocarburi policiclici aromatici	mg/Kg <sub>ss</sub>	10	100	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18

**ECOGEO s.r.l.**

ANALISI E TECNOLOGIE D'AMBIENTE

Sede: Via F.lli Calvi n° 2 - 24122 Bergamo

Tel. 035 / 27.11.55 - Fax 035 / 23.98.82

P. IVA 03051330169 <http://www.ecogeo.net>**LAB N° 1399**Rapporto di prova n° **RP/0060/18**

Data di emissione: 16.02.2018

DETERMINAZIONI	UNITA' DI MISURA	NORM. DI LEGGE D. Lgs. 152/06 Parte Quarta - Titolo V, All. 5, Tab. 1A (conc. soglia di contam. nel suolo e nel sottosuolo riferite a siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale) (valori limite)	NORM. DI LEGGE D. Lgs. 152/06 Parte Quarta - Titolo V, All. 5, Tab. 1B (conc. soglia di contam. nel suolo e nel sottosuolo riferite a siti ad uso commerciale e industriale) (valori limite)	RISULTATI	INCERTEZZA	METODICHE UTILIZZATE	NOTE	INIZIO PROVA	FINE PROVA
benzo(a)antracene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.5	10	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
benzo(a)pirene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.1	10	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
benzo(b)fluorantene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.5	10	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
benzo(k)fluorantene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.5	10	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
benzo(g,h,i)perilene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.1	10	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
crisene	mg/Kg <sub>ss</sub>	5	50	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
dibenzo(a,e)pirene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.1	10	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
dibenzo(a,h)antracene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.1	10	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
indenopirene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.1	5	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
pirene	mg/Kg <sub>ss</sub>	5	50	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
idrocarburi pesanti C > 12	mg/Kg <sub>ss</sub>	50	750	15.32		UNI EN ISO 16703:2011		14.02.18	14.02.18

Legenda: I risultati con caratteri in grassetto indicano un valore "fuori limite".

Note: \*: Prova non accreditata; #: Prova eseguita da laboratorio esterno.

Il campionamento è escluso dall'accreditamento.

Per le analisi eseguite con metodo EPA 5021 A 2003 + EPA 8260 C 2006 il recupero dei surrogati è risultato compreso tra 70% e 130% così come previsto dal metodo e i valori non sono stati utilizzati per la correzione dei risultati.

L'incertezza di misura per le prove chimiche è calcolata come incertezza estesa al 95% di probabilità, utilizzando un fattore di copertura K=2.

I risultati si riferiscono solo al/i campione/i sottoposti a prova. Il presente Rapporto di Prova non deve essere riprodotto parzialmente, senza l'approvazione scritta del Laboratorio ECOGEO S.R.L.

Il Responsabile del Laboratorio

Renato Marsetti

Il professionista

Matteo Ronchi

L'analista

Matteo Ronchi

Chimico  
Ordine Interprovinciale  
dei chimici della Lombardia  
Iscrizione Albo n.3611 Sez. A

Roberto Bosio



**ECOGEO s.r.l.**

ANALISI E TECNOLOGIE D'AMBIENTE

Sede: Via F.lli Calvi n° 2 - 24122 Bergamo

Tel. 035 / 27.11.55 - Fax 035 / 23.98.82

P. IVA 03051330169 <http://www.ecogeo.net>**LAB N° 1399**Rapporto di prova n° **RP/0061/18**

Data di emissione: 16.02.2018

CATEGORIA CAMPIONE

DESCRIZIONE CAMPIONE

QUANTITA' CAMPIONE

IMBALLAGGIO

CAMPIONATO DA

RITIRATO DA

DATA E ORA DI CAMPIONAMENTO

PRESSO

COMMITTENTE

TIPO DI INDAGINE RICHIESTA

CODICE CAMPIONE

DATA DI RICEVIMENTO

NOTE

Terreno

Terre e rocce da scavo

500 g

Vasetti di vetro

Sig. Fabio Plebani

Tecnico Hattusas s.r.l.

19.01.2018 alle ORE 09.30

C4- Trescore Balneario (BG)

AIPo - Agenzia Interregionale per il fiume Po- Ufficio operativo di Cremona- Via Carnevali n° 7 - 26100 Cremona

Analisi sui terreni - D. Lgs. 152/06 Parte Quarta - Titolo V, All. 5, Tab. 1A e Tab. 1B

**0061**

31.01.2018

L'aliquota di campione residua verrà conservata dal ns. laboratorio per 7 giorni dal termine dell'indagine

DETERMINAZIONI	UNITA' DI MISURA	NORM. DI LEGGE D. Lgs. 152/06 Parte Quarta - Titolo V, All. 5, Tab. 1A (conc. soglia di contam. nel suolo e nel sottosuolo riferite a siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale) (valori limite)	NORM. DI LEGGE D. Lgs. 152/06 Parte Quarta - Titolo V, All. 5, Tab. 1B (conc. soglia di contam. nel suolo e nel sottosuolo riferite a siti ad uso commerciale e industriale) (valori limite)	RISULTATI	INCERTEZZA	METODICHE UTILIZZATE	NOTE	INIZIO PROVA	FINE PROVA
frazione passante	%			15.6		D.M. 13/09/1999 S.O. n°185 G.U. n°248 del 21/10/1999 Metodo II.1 D.M. 25/03/2002 GU n° 84 10/04/2002 UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016	*	31.01.18	31.01.18
arsenico (As)	mg/Kg <sub>ss</sub>	20	50	2.3		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
cadmio (Cd)	mg/Kg <sub>ss</sub>	2	15	< 1		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
cobalto (Co)	mg/Kg <sub>ss</sub>	20	250	2.8		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
cromo (Cr)	mg/Kg <sub>ss</sub>	150	800	9.5		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
cromo esavalente (CrVI)	mg/Kg <sub>ss</sub>	2	15	< 0.2		CNR IRSA 16 Q64 Vol. 3 1986		14.02.18	14.02.18
mercurio (Hg)	mg/Kg <sub>ss</sub>	1	5	< 0.1		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
nichel (Ni)	mg/Kg <sub>ss</sub>	120	500	8.7		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
piombo (Pb)	mg/Kg <sub>ss</sub>	100	1000	< 7		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
rame (Cu)	mg/Kg <sub>ss</sub>	120	600	< 9		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
zinco (Zn)	mg/Kg <sub>ss</sub>	150	1500	15.2		UNI EN 16174:2012 Met B+ UNI EN 16170:2016		01.02.18	01.02.18
BTEX	mg/Kg <sub>ss</sub>	1	100	< 0.001		EPA 5021A 2003 + EPA 8260C 2006	*	01.02.18	01.02.18
benzene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.1	2	< 0.001		EPA 5021A 2003 + EPA 8260C 2006	*	01.02.18	01.02.18
etilbenzene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.5	50	< 0.001		EPA 5021A 2003 + EPA 8260C 2006	*	01.02.18	01.02.18
toluene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.5	50	< 0.001		EPA 5021A 2003 + EPA 8260C 2006	*	01.02.18	01.02.18
xilene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.5	50	< 0.001		EPA 5021A 2003 + EPA 8260C 2006	*	01.02.18	01.02.18
idrocarburi policiclici aromatici	mg/Kg <sub>ss</sub>	10	100	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18

**ECOGEO s.r.l.**

ANALISI E TECNOLOGIE D'AMBIENTE

Sede: Via F.lli Calvi n° 2 - 24122 Bergamo

Tel. 035 / 27.11.55 - Fax 035 / 23.98.82

P. IVA 03051330169 <http://www.ecogeo.net>**LAB N° 1399**Rapporto di prova n° **RP/0061/18**

Data di emissione: 16.02.2018

DETERMINAZIONI	UNITA' DI MISURA	NORM. DI LEGGE D. Lgs. 152/06 Parte Quarta - Titolo V, All. 5, Tab. 1A (conc. soglia di contam. nel suolo e nel sottosuolo riferite a siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale) (valori limite)	NORM. DI LEGGE D. Lgs. 152/06 Parte Quarta - Titolo V, All. 5, Tab. 1B (conc. soglia di contam. nel suolo e nel sottosuolo riferite a siti ad uso commerciale e industriale) (valori limite)	RISULTATI	INCERTEZZA	METODICHE UTILIZZATE	NOTE	INIZIO PROVA	FINE PROVA
benzo(a)antracene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.5	10	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
benzo(a)pirene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.1	10	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
benzo(b)fluorantene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.5	10	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
benzo(k)fluorantene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.5	10	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
benzo(g,h,i)perilene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.1	10	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
crisene	mg/Kg <sub>ss</sub>	5	50	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
dibenzo(a,e)pirene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.1	10	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
dibenzo(a,h)antracene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.1	10	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
indenopirene	mg/Kg <sub>ss</sub>	0.1	5	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
pirene	mg/Kg <sub>ss</sub>	5	50	< 0.001		EPA 3550C 2007 + EPA 8270 D 2007	*	16.02.18	16.02.18
idrocarburi pesanti C > 12	mg/Kg <sub>ss</sub>	50	750	4.20		UNI EN ISO 16703:2011		14.02.18	14.02.18

Legenda: I risultati con caratteri in grassetto indicano un valore "fuori limite".

Note: \*: Prova non accreditata; #: Prova eseguita da laboratorio esterno.

Il campionamento è escluso dall'accreditamento.

Per le analisi eseguite con metodo EPA 5021 A 2003 + EPA 8260 C 2006 il recupero dei surrogati è risultato compreso tra 70% e 130% così come previsto dal metodo e i valori non sono stati utilizzati per la correzione dei risultati.

L'incertezza di misura per le prove chimiche è calcolata come incertezza estesa al 95% di probabilità, utilizzando un fattore di copertura K=2.

I risultati si riferiscono solo al/i campione/i sottoposti a prova. Il presente Rapporto di Prova non deve essere riprodotto parzialmente, senza l'approvazione scritta del Laboratorio ECOGEO S.R.L.

Il Responsabile del Laboratorio

Renato Marsetti

Il professionista

Matteo Ronchi

L'analista

Matteo Ronchi

Chimico  
Ordine Interprovinciale  
dei chimici della Lombardia  
Iscrizione Albo n.3611 Sez. A

Roberto Bosio