

## 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

### ANALISI MULTICRITERIA DELLE SOLUZIONI ALTERNATIVE

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDAZIONE	VERIFICA
00	PRIMA EMISSIONE	febbraio 2018		
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: archeostudibg@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.2

SCALA

-





A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PROLETTI	 <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>

## INDICE

1.	PREMESSA.....	2
2.	ASSETTO ATTUALE DEL FIUME CHERIO .....	3
2.1	PREMESSA .....	3
2.2	ASSETTO IDRAULICO ATTUALE .....	3
3.	ASSETTI DI PROGETTO DEL FIUME CHERIO CONSIDERATI.....	11
3.1	PREMESSA .....	11
3.2	ASSETTO DI PROGETTO DEL FIUME CHERIO DEFINITO NELLO STUDIO DELL'AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO .....	11
3.3	ASSETTO DI PROGETTO DEL FIUME CHERIO DEFINITO NEL PRESENTE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA .....	24
3.3.1	Area di laminazione golenale "Calvarola" .....	25
3.3.2	Area di laminazione golenale "Brignoli" .....	28
3.3.3	Area di espansione golenale "Macina" .....	30
3.3.4	Area di espansione golenale "Radici" .....	32
3.3.5	Area di laminazione golenale "Molino dei Frati" .....	34
4.	CONFRONTO DELLE ALTERNATIVE .....	37
5.	CONFRONTO DELLE ALTERNATIVE PER IL PAESAGGIO.....	43
5.1	IL PAESAGGIO PERCEPITO .....	43
5.2	IL PAESAGGIO ECOLOGICO E LA BIODIVERSITÀ .....	44
5.3	CONFRONTO PROGETTUALE IN RAPPORTO ALLA BIODIVERSITÀ E ALLA RICETTIVITÀ FAUNISTICA .....	45
5.4	LA FRUIBILITÀ .....	45

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

## 1. PREMESSA

La presente relazione pone a confronto, a livello di fattibilità, alcuni assetti di progetto definiti per il fiume Cherio con specifico riferimento all'ambito fluviale in Comune di Trescore Balneario (BG). In particolare, vengono posti a confronto l'assetto di progetto definito nell'ambito dello *“Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Oglio nel tratto da Sonico alla confluenza in Po e del suo affluente Cherio dal lago di Endine alla confluenza, del fiume Mella da Brozzo alla confluenza in Oglio, del fiume Garza dalla confluenza Valle del Loc alla confluenza in Chiese e del fiume Chiese da Gavardo alla confluenza in Oglio”* dell'Autorità di bacino del fiume Po (da qui in poi indicato con la sigla *studio-AdBPo*) e l'assetto definito dal sottoscritto R.T.P. incaricato dall'Agenzia Interregionale del fiume Po (AIPo) della redazione del progetto di fattibilità tecnico-economica dell'*“area di esondazione controllata delle piene del fiume Cherio di Molino dei Frati in Comune di Trescore Balneario (BG)”*, nel quale, oltre al progetto dell'area di laminazione di Molino dei Frati, sono stati individuati altri interventi nel tratto di fiume Cherio in Comune di Trescore Balneario, a valle dell'antico ponte ad arco che collega la SS 42 con via E. Mattei e con la località Calvarola. Questo perché tutto il tratto del fiume Cherio in Trescore Balneario presenta numerose situazioni di allagamento anche in occasione di eventi di piena caratterizzati da ridotti valori del tempo di ritorno.

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

## 2. ASSETTO ATTUALE DEL FIUME CHERIO

### 2.1 PREMESSA

Quanto esposto nel presente capitolo è stato estratto dallo “*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Oglio nel tratto da Sonico alla confluenza in Po e del suo affluente Cherio dal lago di Endine alla confluenza, del fiume Mella da Brozzo alla confluenza in Oglio, del fiume Garza dalla confluenza Valle del Loc alla confluenza in Chiese e del fiume Chiese da Gavardo alla confluenza in Oglio*”, dell’Autorità di bacino del fiume Po (da qui in poi indicato con la sigla *studio-AdBPo*).

### 2.2 ASSETTO IDRAULICO ATTUALE

Il fiume Cherio si snoda lungo la Val Cavallina dal Lago di Endine a Trescore Balneario, a valle del quale si immettono i due affluenti più significativi: Torrente Tadone e Torrente Malmera; successivamente il Cherio attraversa un tratto di pianura fino alla confluenza nell’Oglio sottolacuale.

L’estensione complessiva del fiume tra il Lago di Endine e la confluenza in Oglio è di quasi 29 km.

Il territorio attraversato è densamente popolato e tocca i comuni di Spinone al Lago, Monasterolo del Castello, Casazza, Vigano S. Martino, Grone, Borgo di Terzo, Luzzana, Entratico, Trescore Balneario, Gorlago, Carrobbio degli Angeli, Bolgare, Calcinate, Palosco. Per lunghi tratti l’alveo risulta canalizzato, nel primo tratto anche rivestito. Dove non rivestito artificialmente, il letto del Cherio è prevalentemente ghiaioso-ciottoloso, con una pendenza variabile tra lo 0,5% e l’1,4%.

Il corso d’acqua del fiume Cherio può essere suddiviso in quattro tronchi omogenei in base alle caratteristiche del sistema territoriale e a quelle geomorfologiche proprie dell’asta fluviale (Figura 1):

- tronco 1: dal Lago di Endine a Trescore Balneario-Castello (CI04)
- tronco 2: da Trescore Balneario-Castello a Bolgare-Cascina Tezza (CI03)
- tronco 3: da Bolgare-Cascina Tezza a Palosco-Villa Gallinetti (CI02)
- tronco 4: da Palosco-Villa Gallinetti alla confluenza Oglio (CI01).

Il presente progetto si sviluppa tra la fine del primo tronco e l’inizio del secondo.

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PROIETTI	 <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> 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>

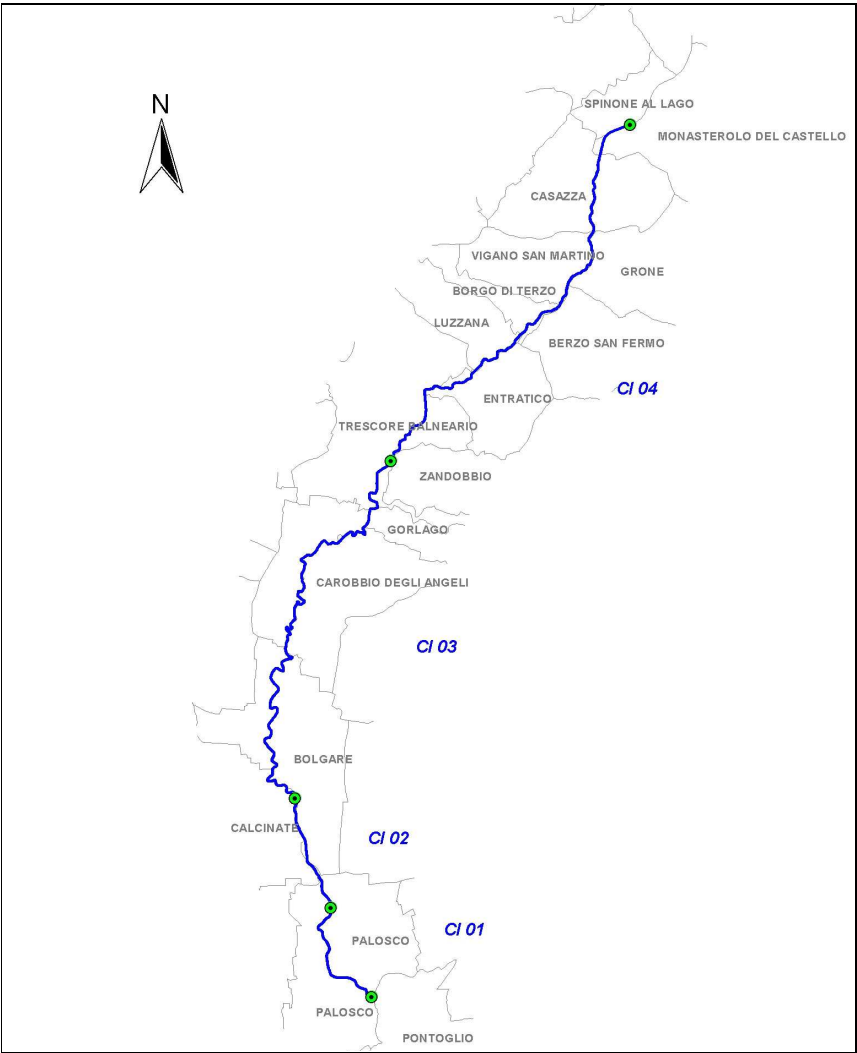


Figura 1 – Fiume Cherio: suddivisione in tronchi omogenei

**Tronco 1: dal Lago di Endine a Trescore Balneario-Castello (CI01)**

In tale tratto, che si sviluppa per una lunghezza di circa 11,3 km, il Cherio è caratterizzato da una bassa tortuosità e da una pendenza del fondo alveo dell’ordine dello 0,82%.

Il tessuto urbano è continuo con tipologie residenziali e commerciali generalmente molto vicine al corso d’acqua mentre sono assenti estese aree verdi in prossimità dell’alveo.

La principale infrastruttura, localizzata in destra idrografica a breve distanza dal corso d’acqua, è la SS n.42.

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

### **Tronco 2: da Trescore Balneario-Castello a Bolgare-Cascina Tezza (CI02)**

In questo tratto, che si sviluppa per una lunghezza di circa 12,5 km, la tortuosità del fiume è piuttosto rilevante e il fondo alveo ha una pendenza media dell'ordine dello 0,55%. All'interno del sistema territoriale si alternano aree urbanizzate (20%) e aree ad uso agricolo (70%)

### **Tronco 3: da Bolgare-Cascina Tezza a Palosco-Villa Gallinetti (CI03)**

In tale tratto, che si sviluppa per una lunghezza di circa 2,8 km, il fondo alveo ha una pendenza media di circa 0,64%. Si evidenzia la presenza di tipologie territoriali marcatamente rurali-naturali con assenza di zone urbanizzate.

### **Tronco 4: da Palosco-Villa Gallinetti alla confluenza Oglio (CI04)**

Il tale tratto, che si sviluppa per una lunghezza di circa 3,0 km, il fondo alveo ha una pendenza media di (0,63%). Il territorio è prevalentemente agricolo con un'urbanizzazione accentuata sulla sinistra idrografica.

Nell'ambito dello *Studio-AdBPo* è stato implementato un modello idraulico monodimensionale e quasi-bidimensionale, attraverso il quale sono state effettuate diverse simulazioni che hanno condotto all'individuazione degli idrogrammi di piena che nello stato attuale si formano in tutte le sezioni del Cherio e, contemporaneamente, dei profili idrici di moto vario per i tempi di ritorno di 2, 10, 50, 100, 200 e 500 anni. In seguito alle simulazioni condotte, sono state anche tracciate le aree di allagamento per diversi valori del tempo di ritorno. Di seguito si riporta una descrizione delle aree allagabili seguendo la precedente suddivisione dell'asta fluviale in tronchi omogenei.

### **Tronco 1: dal Lago di Endine a Trescore Balneario-Castello (da sez. 62 a sez. 31)**

Percorrendo il tratto in esame da monte verso valle si denota un'alternanza di esondazioni diffuse di limitata estensione e assenza di allagamenti.

In particolare:

- il tratto dal Lago d'Endine a Caderighi è caratterizzato da esondazioni diffuse, ma non ampie per l'evento di piena di progetto; gli allagamenti interessano una zona boscata nel tratto praticamente privo di pendenza immediatamente a valle del lago, il centro abitato di Casazza, specie in sponda destra e il fondovalle tra Fornace e Caderighi, meno densamente urbanizzato; in alcuni tratti non lontani dall'alveo (sezioni 112-107, 081-31) viene lambita la SS 42;

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

- il tratto da Caderighi a Fornaci è caratterizzato da esondazioni assenti per l'evento di piena di progetto;
- il tratto da Fornaci a Zandobbio presenta allagamenti diffusi, non ampi per l'evento di piena di progetto e locali per piene più frequenti; sono interessate da esondazione alcune aree produttive in località Fornaci e Calvarola e zone non urbanizzate appartenenti al comune di Trescore Balneario.

### **Tronco 2: da Trescore Balneario-Castello a Bolgare-Cascina Tezza (da sez. 31 a sez. 016)**

Percorrendo il tratto in esame da monte verso valle si denotano esondazioni estese e continue, mentre solo localmente sono assenti o di piccola entità. In località Molino de' Frati, immediatamente a monte di Gorlago, affluiscono nel Cherio il torrente Tadone, suo principale affluente, in destra idrografica ed il torrente Malmera in sinistra idrografica.

In particolare:

- il tratto da Castello alla linea ferroviaria LC-BS è caratterizzato da esondazioni sempre ampie e continue, fra cui una vasta area con qualche costruzione rurale in sinistra (sezioni 071-069) a monte dell'immissione degli affluenti; a valle dell'immissione la portata complessiva supera la capacità di deflusso dell'alveo e dei ponti, interessando vaste porzioni abitate; il ponte 047P provoca un notevole rigurgito;
- il tratto dalla linea ferroviaria LC-BS all'A4 è caratterizzato da esondazioni continue per l'evento di piena di progetto e locali per eventi più frequenti; come già osservato il rilevato autostradale provoca rigurgiti per tempi di ritorno da 50 in su e viene tracimato in sinistra per tempi di ritorno di 200 e 500 anni;
- il tratto dall'A4 a Cascina Tezza è caratterizzato da esondazioni continue sia per l'evento di piena di progetto sia per eventi più frequenti, interessando pesantemente l'abitato di Bolgare in sinistra e in destra.

### **Tronco 3: da Bolgare-Cascina Tezza a Palosco-Villa Gallinetti (da sez. 016 a sez. 010)**

Nel tratto in esame il fiume scorre in un zona di pianura e, vista la conformazione e la dimensione dell'alveo, le esondazioni sono solo locali ed esigue sia per eventi con TR=100 anni sia per eventi più frequenti.

### **Tronco 4: da Palosco-Villa Gallinetti alla confluenza Oglio (da sez. 010 a sez. 1)**

Come nel tronco precedente, il corso d'acqua scorre in un territorio pianeggiante, senza ricevere importanti contributi idrici concentrati.

A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	 ETATEC STUDIO PIOLETTI	 ydros ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS consulente 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>

Di seguito si riporta uno stralcio della cartografia delle aree allagabili dello *Studio-AdBPo* relativi al territorio di Trescore Balneario, che come già detto poc'anzi risulta essere interessato da allagamenti nella piana fluviale, limitata in destra idraulica dalla SS42 e dalla SP89 e in sinistra idraulica dai rilievi naturali.

In particolare risultano interessate da esondazioni le aree produttive poste in località Calvarola e alcune aree residenziali poste nei pressi della SP89. Si osserva anche un esteso allagamento in sinistra idraulica, tra il ponte per Zandobbio e la confluenza del T. Malmera, con interessamento di una vasta area interessata da alcuni aree produttive, ma soprattutto da attività agricola.

Si sottolinea che gli allagamenti si verificano già per tempi di ritorno contenuti, infatti a 10 anni di tempo di ritorno (campitura rossa nella Figura 2) risultano interessate da esondazioni:

- località Calvarola, in sinistra idraulica, ove sono presenti attività produttive;
- località Fornaci, in destra idraulica, ove sono presenti attività produttive;
- in sinistra idraulica a monte del ponte per Zandobbio (via Cherio), ove sono presenti attività agricole
- località Molino dei Frati, ove sono presenti attività agricole.



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesagista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PROLETTI	 <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>



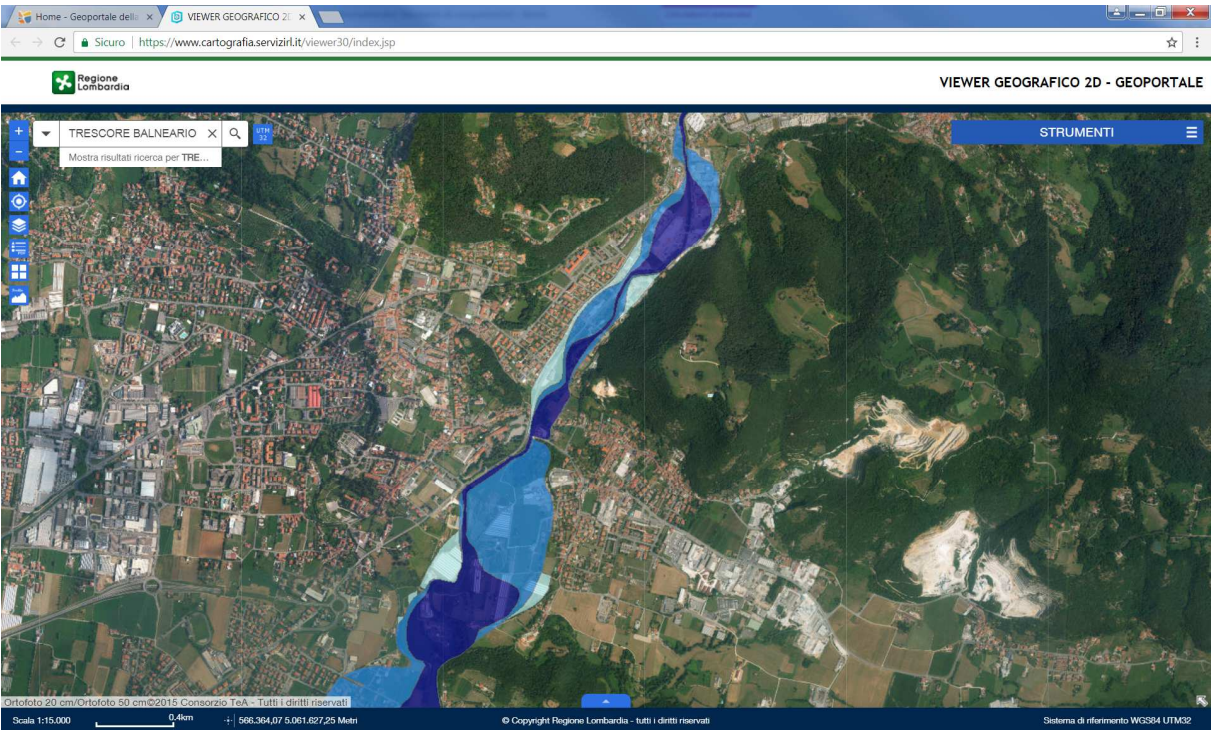


A.T.P.						Consulenti		
						<i>Dott. Nat. Giambattista Rivellini</i>	<i>Dott. Arch. Giovanni Mazza</i>	<i>Dott. For. Stefano Enfissi</i>

**Figura 2 – Aree di allagamento del fiume Cherio per T=10 anni (linea e campitura rossa), 100 anni (linea e campitura verde) e 500 anni (linea e campitura gialla)**

Le medesime aree di allagamento sono state considerate nell’ambito del PGRA (Piano Gestione del Rischio di Alluvioni) dell’Autorità distrettuale del fiume Po, e definite come aree di pericolosità idraulica da esondazione. Nella figura seguente sono riportate le aree a diverso grado di pericolosità, secondo la codifica e rappresentazione grafica utilizzata nel PGRA, in particolare:

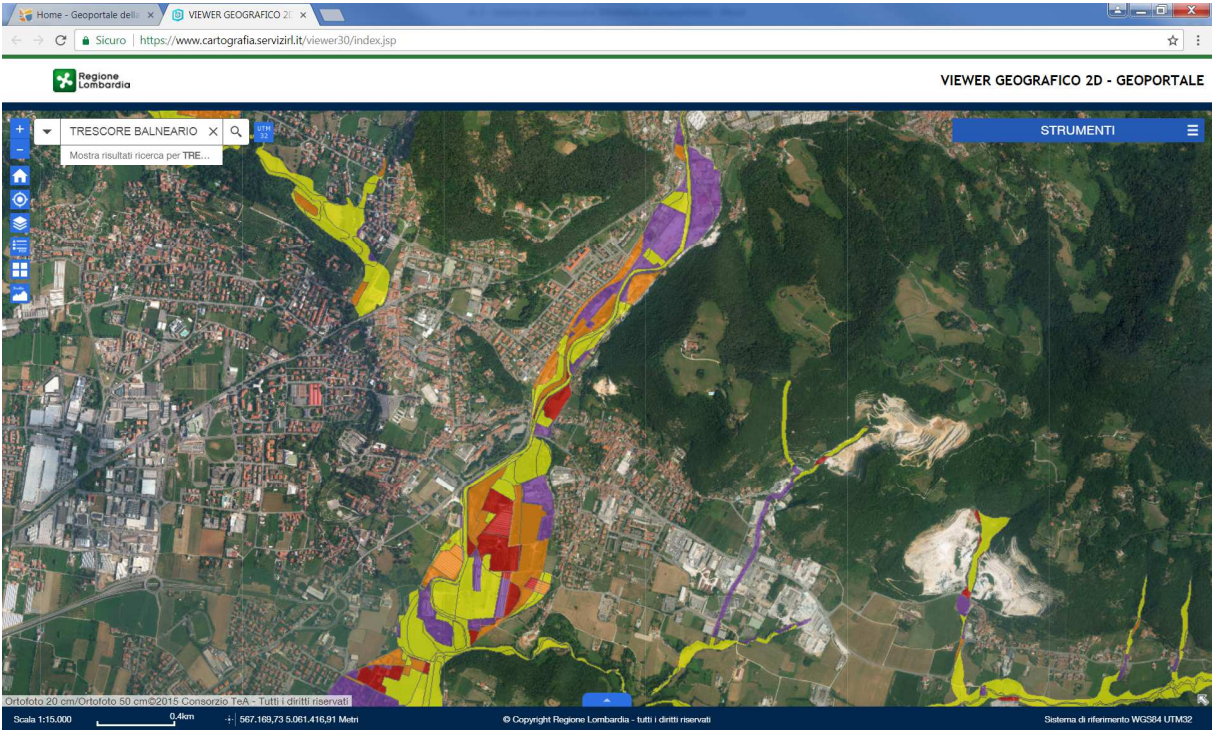
- aree P3 (o H): aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (tempo di ritorno di riferimento pari a 10 anni) → campitura in colore blu;
- aree P2 (o M): aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (tempo di ritorno di riferimento pari a 100 anni) → campitura in colore azzurro;
- aree P1 (o L): aree potenzialmente interessate da alluvioni rare (tempo di ritorno di riferimento pari a 500 anni) → aree campite in colore azzurro chiaro.



**Figura 3 – Foto aerea con riportate le aree di pericolosità del PGRA del F. Cherio in Comune di Trescore Balneario. Le aree blu sono quelle interessate da esondazioni frequenti (T=10 anni), quelle**

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> 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>

**azzurre da esondazioni poco frequenti (T=100 anni) e quelle azzurre chiare da esondazioni rare (T=500 anni) - (fonte: Geoportale Regione Lombardia)**



**Figura 4 – Foto aerea con riportate le aree a rischio del PGRA del F. Cherio in Comune di Trescore Balneario. Le aree gialle sono quelle interessate da condizioni di rischio moderato, quelle arancioni da condizioni di rischio medio, quelle rosse da condizioni di rischio elevato e quelle viola da condizioni di rischio molto elevato - (fonte: Geoportale Regione Lombardia)**

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

### 3. ASSETTI DI PROGETTO DEL FIUME CHERIO CONSIDERATI

#### 3.1 PREMESSA

Nel presente capitolo vengono descritti i due assetti di progetto del fiume Cherio, relativi al tratto in Comune di Trescore Balneario, che sono stati posti a confronto nell'ambito del presente progetto.

In particolare, il primo è quello che è stato definito nell'ambito dello *Studio-AdBPo*, mentre il secondo è quello che è stato definito dal sottoscritto R.T.P., in accordo con AIPo, il quale parte dai criteri generali del primo e cerca di risolverne alcune criticità.

#### 3.2 ASSETTO DI PROGETTO DEL FIUME CHERIO DEFINITO NELLO STUDIO DELL'AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO

Sulla base delle analisi idrologica e idraulica relative allo stato di fatto, nello *Studio-AdBPo* sono state condotte le indagini volte ad individuare le migliori soluzioni progettuali idonee ad una sistemazione idraulica del corso d'acqua, supportando le scelte con analisi di fattibilità tecnica, economica ed ambientale delle opere.

Gli obiettivi che sono stati considerati nello *Studio-AdBPo* per definire l'assetto di progetto del fiume Cherio sono:

- conseguire l'efficace deflusso delle piene del corso d'acqua e il contenimento dei livelli idrici relativi nelle aree incompatibili con l'allagamento;
- il mantenimento o il recupero al corso d'acqua delle aree compatibili con i fenomeni di espansione della corrente e laminazione delle piene;
- il controllo dei fenomeni di instabilità plano-altimetrica nelle aree incompatibili con la manifestazione dell'evoluzione morfologica;
- il mantenimento o il recupero al corso d'acqua delle aree compatibili con i fenomeni di divagazione e variazione del profilo di fondo;
- il ripristino, la riqualificazione e la tutela delle caratteristiche ambientali del territorio;
- il recupero della funzionalità dei sistemi naturali (anche tramite la riduzione dell'artificialità conseguente alle opere di difesa);
- il recupero delle aree fluviali a utilizzi ricreativi;
- il recupero, la protezione e la previsione di usi compatibili delle risorse della regione



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesagista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PROLETTI	 <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>

fluviale.

Per l'assetto di progetto del fiume Cherio, date le sue particolari caratteristiche, viene assunta una **piena di riferimento con 100 anni di tempo di ritorno**.

Nel contesto territoriale del Cherio gli strumenti che è possibile utilizzare per il raggiungimento di un grado di sicurezza ovunque almeno “adeguato” sono di tre tipi:

1. la restituzione al corso d'acqua di aree compatibili con i fenomeni idraulici (allagamento) e morfologici (divagazione), anche rimuovendo o riducendo le opere idrauliche esistenti e/o realizzandone altre più lontane dall'alveo per proteggere eventuali aree sensibili presenti al margine
2. il potenziamento, la trasformazione, l'integrazione dei sistemi difensivi esistenti, quando fosse necessario evitare localmente la fuoriuscita dall'alveo della portata di progetto e/o il manifestarsi di dinamiche evolutive o danni non compatibili con il territorio sensibile
3. la rinaturazione di ambiti critici e di degrado, la realizzazione di corridoi ecologici in aree libere da usi sensibili ed infine la compensazione ambientale laddove non è più possibile ricostruire uno stato ecologico soddisfacente.

In relazione alle criticità evidenziate e alle diverse opportunità di intervento espresse dal territorio ed ai fini di una descrizione a grande scala dell'assetto di progetto, il Cherio sottolacuale può essere diviso in tre parti: l'alto corso, dal Lago d'Endine alla località Fornaci di Trescore Balneario (sez.083), il medio corso, fino alla linea ferroviaria Bergamo-Brescia (sez.043) e il basso corso, fino all'Oglio.

Nell'alto corso del Cherio è presente una situazione di diffusa canalizzazione dell'alveo, accompagnata ad una forte pressione antropica, che si riflette sulla presenza di opere idrauliche quasi continue e di numerose opere interferenti. Vi si riscontra una situazione di diffusa inadeguatezza idraulica dei sistemi difensivi presenti, dell'alveo e delle opere interferenti, alla quale tuttavia corrispondono allagamenti di estensione non ampia, soprattutto a causa della conformazione morfologica del fondovalle; per lo stesso motivo e per la distribuzione del tessuto insediativo presente risulta molto limitata la disponibilità di aree compatibili con la mobilità del corso d'acqua e con l'espansione e la laminazione delle portate di piena.

Dal punto di vista ecologico in prevalenza sono presenti aree scarsamente naturali, in particolare popolamenti erbacei di diretta derivazione antropica, mentre la vegetazione

A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesagista	 ETATEC STUDIO PROLETTI	 ydros ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS consulente 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>

ripariale sulle sponde è praticamente assente.

Nel medio corso del Cherio aumenta tanto l'estensione delle aree potenzialmente interessate dai fenomeni fluviali, quanto la disponibilità di aree compatibili con essi e in particolare con azioni di contenimento delle portate e dei livelli (tali da impedire che allagamenti previsti coinvolgano zone sensibili, anche a scala di asta fluviale), di recupero di spazi di mobilità compatibile e di miglioramento della rete ecologica esistente.

Nel basso corso del Cherio la presenza di aree rurali di notevole estensione e continuità diventa predominante, accompagnata, anche se in misura non proporzionale, da una rarefazione delle opere idrauliche e dall'aumento delle aree naturali disponibili; la manifestazione della dinamica idraulica ed evolutiva del corso d'acqua trova i principali ostacoli in corrispondenza dell'attraversamento di centri urbani, dove si incontrano canalizzazioni dell'alveo, le quali rappresentano tuttavia un'eccezione.

Gli interventi necessari per il raggiungimento degli obiettivi generali e specifici sono prevalentemente delle seguenti tipologie:

1. azioni di recupero della funzionalità (per quanto possibile) naturale del corso d'acqua, le quali si concretizzano nella riacquisizione alla pertinenza fluviale di aree golenali le più ampie e continue possibili, nelle quali consentire il manifestarsi delle dinamiche idro-morfologiche (espansione e laminazione dei deflussi, divagazione dell'alveo) assecondando il naturale sviluppo della vegetazione ripariale. Nello specifico si tratta della combinazione di interventi non strutturali di delimitazione degli spazi funzionali del corso d'acqua compatibili con i fenomeni fluviali e interventi strutturali che rendano nuovamente disponibili quegli spazi e/o impediscano il propagarsi dei fenomeni morfologici a tratti del corso d'acqua o porzioni del sistema territoriale dove risulterebbero incompatibili. Questi interventi si caratterizzano per un sostanziale equilibrio progettuale tra le diverse componenti del sistema fluviale ed hanno l'obiettivo di garantire un'adeguata protezione delle aree sensibili senza sacrificare aree utili alle dinamiche fluviali, prediligendo una scelta che, pur sottraendo territorio a molti usi antropici, non trasferisce a monte o a valle le locali criticità. Gli interventi di questo tipo sono distribuiti su tutto il corso d'acqua, sebbene essi risultino di estensione e importanza maggiore procedendo da monte a valle; tuttavia quelli previsti nella parte montano-collinare e nella porzione di alta pianura assumono importanza per essere inseriti in un contesto in cui la naturale funzionalità fluviale (morfologica, idraulica ed

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

ecologica) risulta spesso compromessa.

2. Casse di laminazione, realizzate su aree compatibili già allagabili nelle condizioni attuali, realizzate con l'obiettivo (esclusivamente idraulico) di limitare e dove possibile eliminare le esondazioni e le condizioni di rischio idraulico previste a valle ed in particolare nei centri abitati di Gorlago, Carobbio degli Angeli e Bolgare. Le opere, che presentano un notevole grado di interferenza con il corso d'acqua per la presenza di alte arginature e opere trasversali di presa e scarico in alveo, sono accompagnate da interventi di mitigazione e sono realizzate in modo coordinato (se in derivazione) o integrato (se in linea) con azioni migliorative della naturalità del corso d'acqua.
3. Interventi di contenimento e controllo passivo dei fenomeni fluviali; si tratta di nuove opere o più spesso di integrazioni o adeguamenti di opere esistenti prevalenti, com'è naturale, nel tratto montano-collinare e, nei tratti di pianura, all'interno di aree urbane o a notevole distanza dalle opere di laminazione strategica.
4. Interventi sulle opere interferenti il cui adeguamento è necessario al conseguimento dell'assetto di progetto.

Per quanto riguarda il tratto di fiume Cherio in Comune di Trescore Balneario, l'assetto di progetto specifico definito nello *Studio-AdBPo* prevede i seguenti interventi:

- ***“razionalizzazione del sistema difensivo e recupero golenale tra Fornaci e Castello”***, combinato con la definizione di spazio di mobilità compatibile *“Calvarola-Castello”* e la rinaturazione del corridoio fluviale, con l'obiettivo di **eliminare gli allagamenti previsti su aree sensibili e recuperare la residua funzionalità naturale del corso d'acqua, mantenendo l'attuale tipologia d'alveo regimato con argini in frodo e muri spondali solo all'inizio del tratto (Calvarola), passando subito dopo ad una con sponde naturali, golene e opere di contenimento al margine (in destra); viene così definito uno spazio golenale ampio circa 150 m, contenuto tra la SP n.89 in destra e i naturali limiti morfologici in sinistra, al quale appartengono recenti meandri del corso d'acqua e all'interno del quale sono consentiti fenomeni di allagamento, dinamiche evolutive e sviluppo di vegetazione ripariale.** L'intervento integrato prevede, in modo prioritario, l'imposizione di un vincolo di fascia B su gran parte delle aree libere da insediamenti che risultano ad oggi allagabili e la realizzazione di un risezionamento d'alveo e di nuovi muri spondali a Calvarola, per la difesa da ampi e

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

frequenti allagamenti; con minore urgenza si prevede la realizzazione di un nuovo muretto al ciglio della SP 89, cui è subordinata la dismissione delle opere spondali e delle soglie esistenti tra Calvarola e Castello; l'intervento è completato dall'adeguamento di alcune opere di attraversamento nella prima parte del tratto.

Gli interventi previsti hanno quindi l'obiettivo di recuperare la residua funzionalità naturale del corso d'acqua, passando da una tipologia d'alveo regimato con argini in froldo a una con sponde naturali, golene e argini al margine.

- ***“Realizzazione di due vasche di laminazione in derivazione, poste in sinistra idraulica, in serie tra loro, di volume utile complessivo pari a 575.000 m<sup>3</sup>, nei comuni di Trescore Balneario e Zandobbio”.*** Il sistema di vasche è dotato di presa mediante sfioratore laterale governato in modo automatico da una traversa finestrata di luce fissa posta nell'alveo del Cherio e restituzione poco a monte di Molino dei Frati. Entrambe le vasche sono dotate di argini marginali di altezza massima inferiore ai 6 m, ma mediamente molto minore e utilizzano ai fini della difesa dal rischio idraulico aree non sensibili comunque allagabili, limitando o incorporando gli altrimenti necessari interventi passivi di contenimento a ridosso di aree densamente insediate. **Le aree di laminazione consentono di ridurre le portate relative all'evento di riferimento a circa 160 m<sup>3</sup>/s a monte di Gorlago.**

Nelle figure seguenti si riportano alcuni stralci cartografici dell'assetto di progetto, in cui sono localizzati gli interventi appena citati.







A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesagista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PROLETTI	 <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>ECO GEO 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>

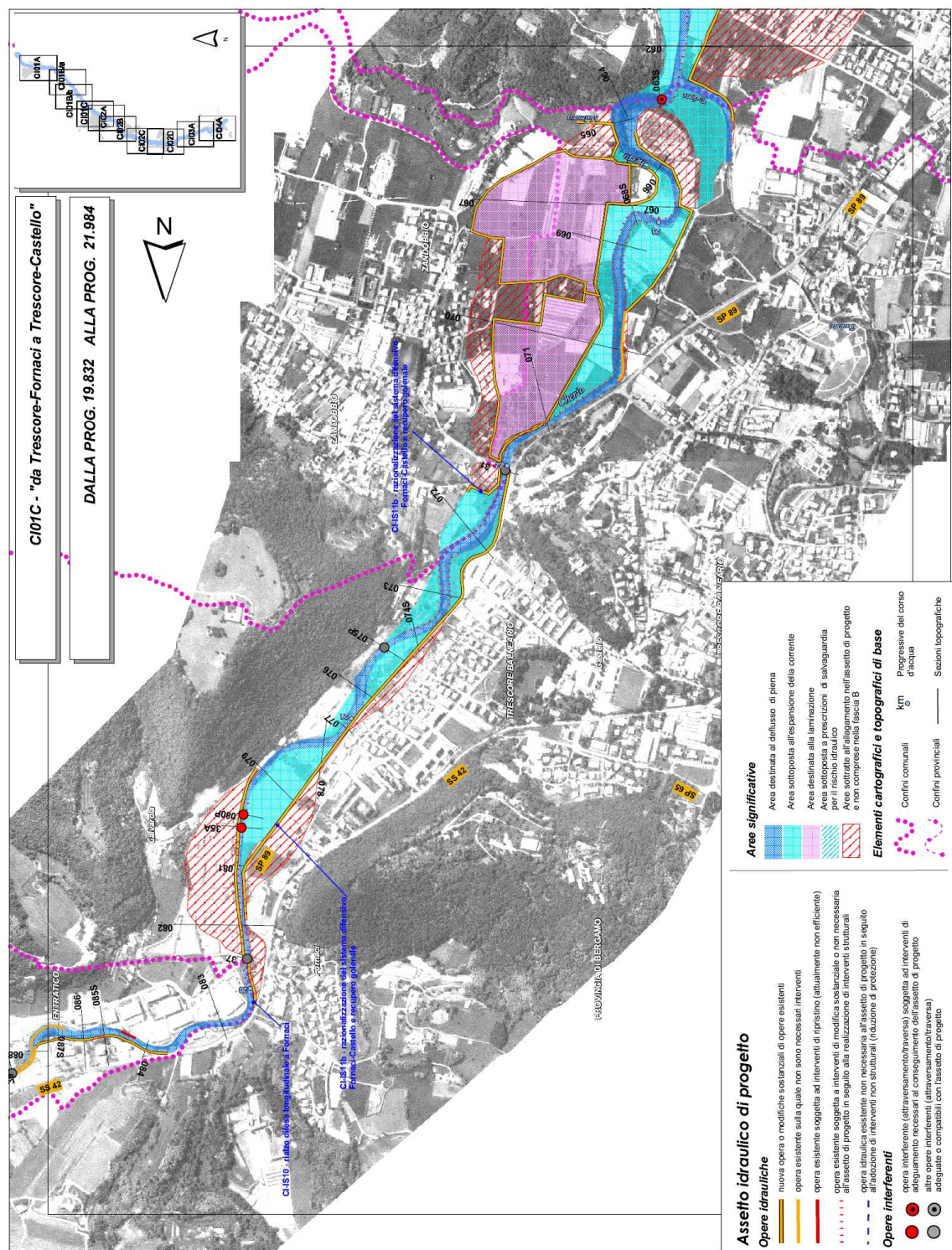


Figura 6 – Cartografia assetto di progetto idraulico del fiume Cherio a Trescore Balneario (Fonte: Studio-AdBPo)



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesagista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PROIETTI	 <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>ECO GEO 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>

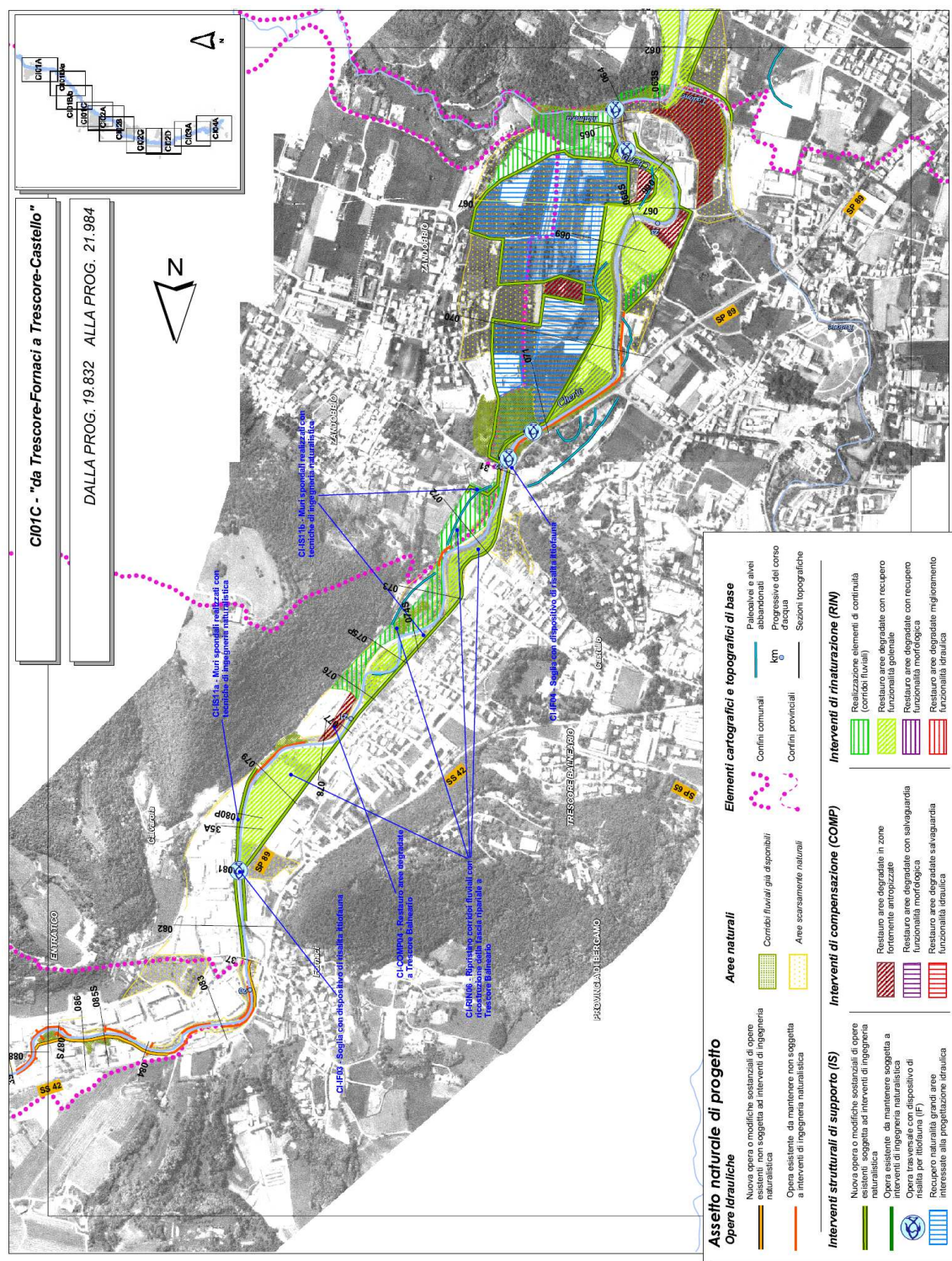


Figura 7 – Cartografia assetto di progetto naturale del fiume Cherio a Trescore Balneario (Fonte: Studio-AdBPo)



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PROLETTI	 <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>

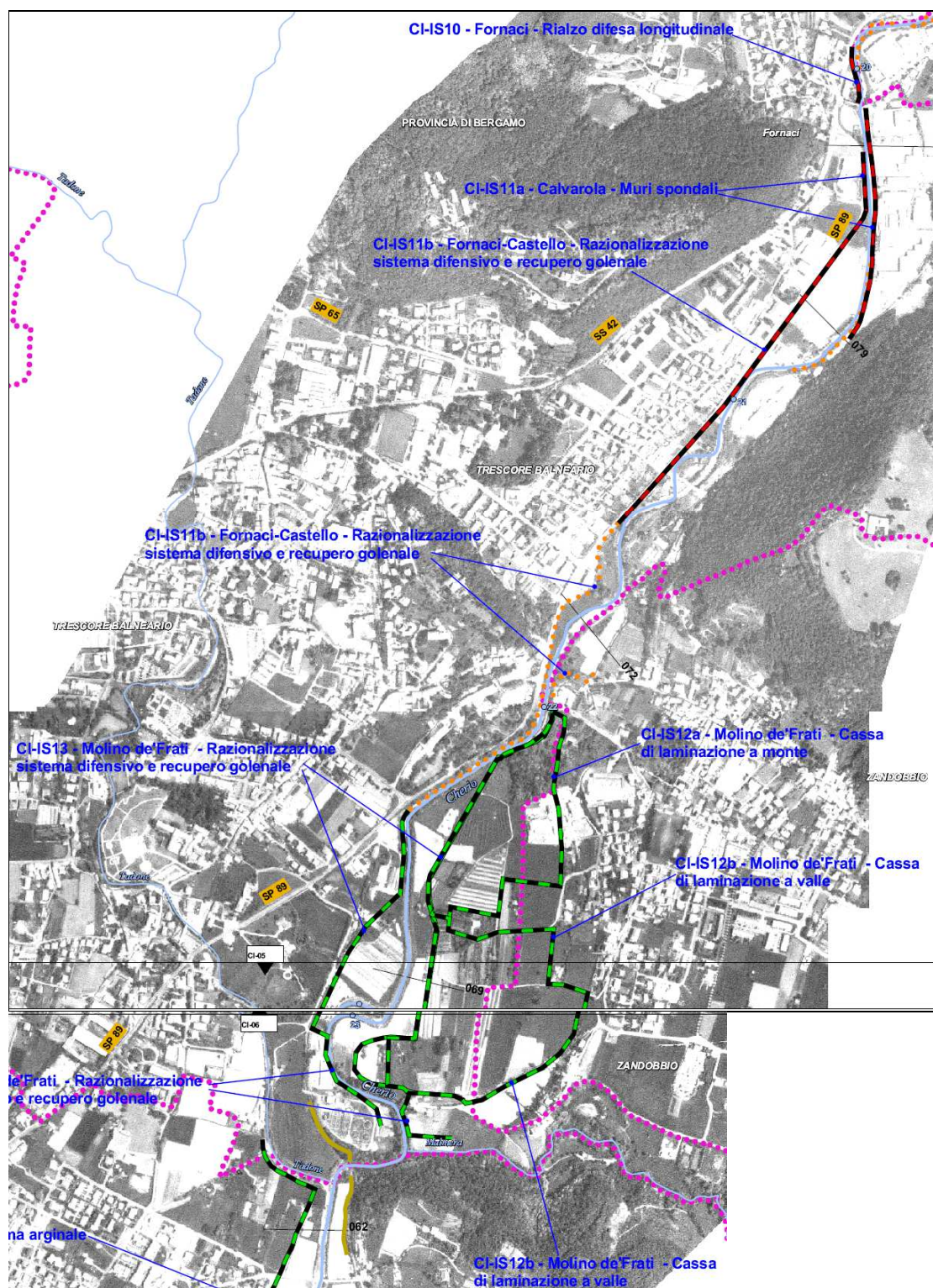
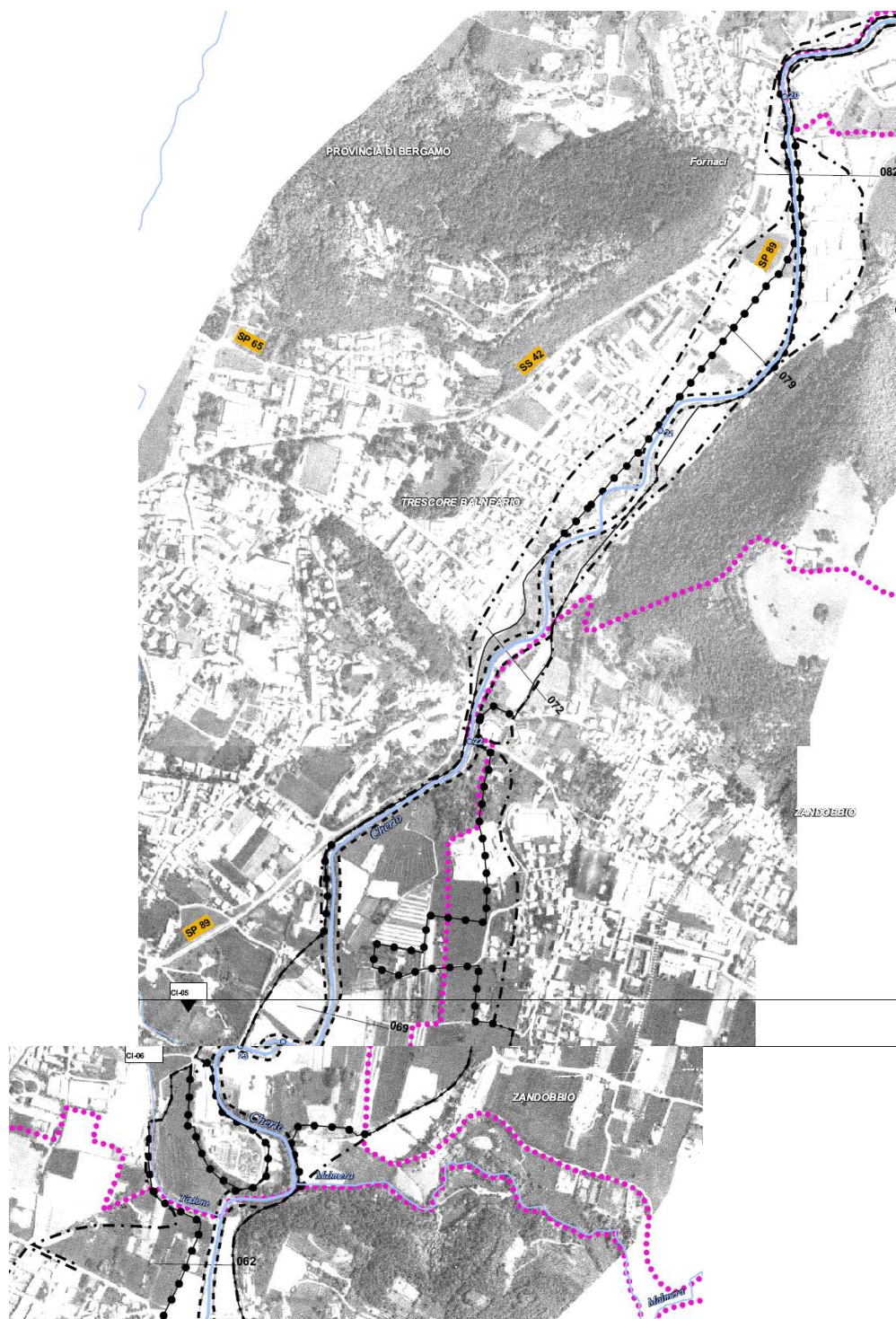


Figura 8 – Cartografia assetto di progetto del sistema difensivo del fiume Cherio a Trescore Balneario (Fonte: Studio-AdBPo)



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



**Figura 9 – Cartografia di proposta delimitazione delle fasce fluviali del fiume Cherio a Trescore Balneario**  
(Fonte: Studio-AdBPo)

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesagista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <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>

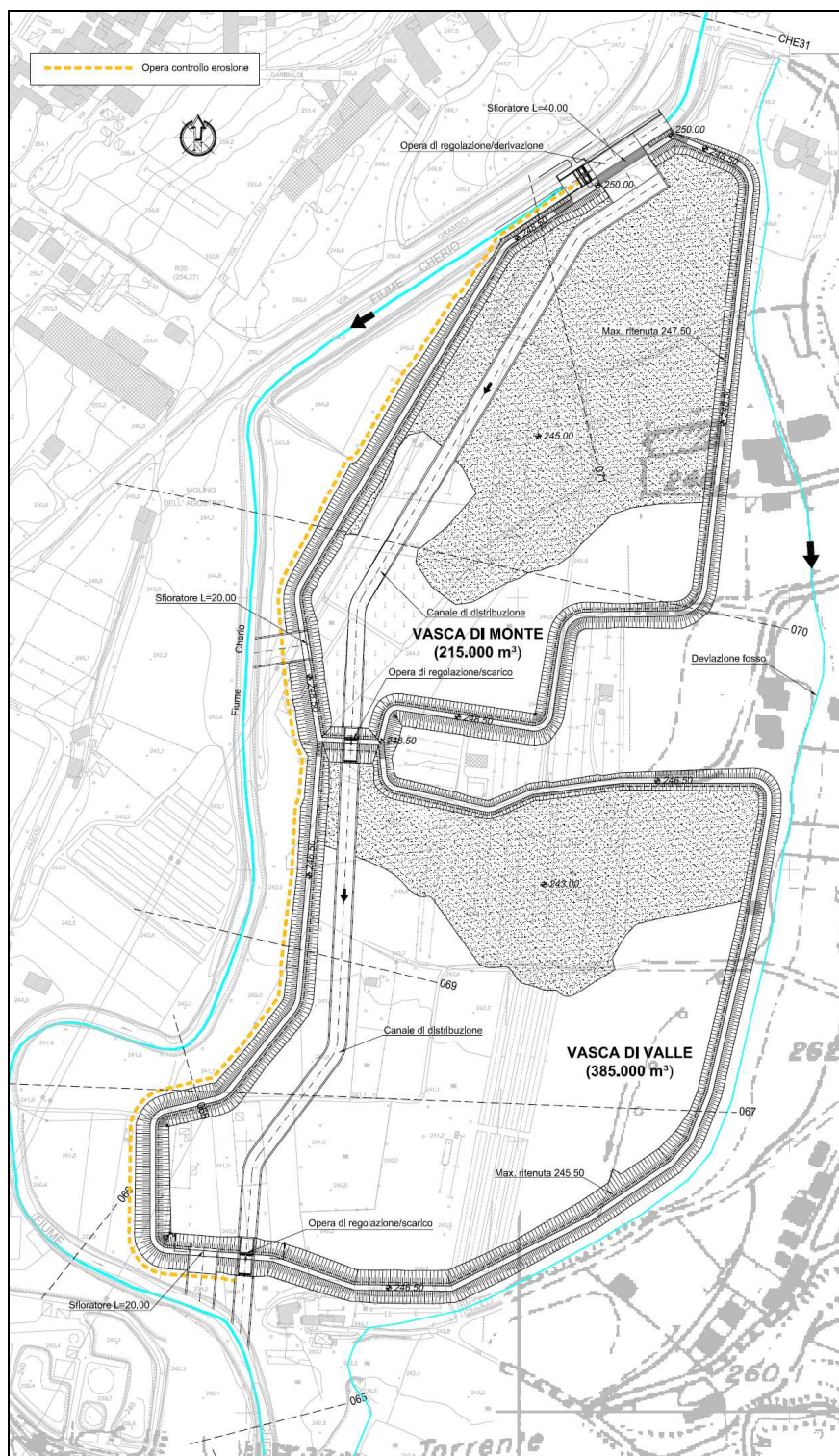


Figura 10 – Planimetria di progetto delle aree di laminazione di Molino dei Frati (Fonte: Studio-AdBPo)



A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesagista	 ETATEC STUDIO PROLETTI	 ydros ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS consulente 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>

In sintesi, l'assetto di progetto definito nello studio dell'Autorità di bacino del fiume Po prevede la realizzazione dei seguenti interventi a carattere infrastrutturale:

codice intervento	descrizione intervento	obiettivo intervento	entità intervento
<b>CI-IS11a</b>	muri spondali e locale risezionamento alveo in comune di Trescore	difesa da allagamenti a Calvarola	820 m
<b>CI-IS11b</b>	realizzazione nuovo muretto al ciglio della SP n.89 e dismissione opere spondali esistenti a Trescore	difesa da allagamenti e recupero aree golenali tra Fornaci e Castello	2.000 m
<b>CI-IS12a</b>	realizzazione cassa di laminazione in derivazione da 275.000mc a Molino dei Frati (Trescore + Zandobbio)	gestione area allagabile di Molino dei Frati con fini strategici (laminazione)	92.000 mq
<b>CI-IS12b</b>	realizzazione cassa di laminazione in derivazione da 300.000mc a Molino dei Frati (Trescore + Zandobbio)	gestione area allagabile di Molino dei Frati con fini strategici (laminazione)	125.000 mq
<b>CI-IS13</b>	graduale dismissione del sistema di argini in froldo e realizzazione nuovi argini a margine della fascia B a Molino dei Frati	difesa da allagamenti e recupero golene a Molino dei Frati	1.300 m, 1.200 m

In particolare:

- l'intervento CI-IS11a prevede il rialzo della difesa longitudinale a Calvarola, dove l'attuale sistema difensivo è costituito da un muro verticale realizzato in muratura di pietra e malta. L'intervento prevede il rialzo del muro spondale esistente, da realizzarsi con lo stesso materiale o in calcestruzzo, per garantire lungo tutto il tratto interessato di 820 m il franco minimo di progetto (assunto pari a 50 cm).
- L'intervento CI-IS11b prevede la realizzazione di un nuovo muretto al ciglio della SP n.89, che costituisce il margine in destra della prevista fascia B e la dismissione delle opere spondali esistenti tra Calvarola e Castello. Il muretto è provvisto della protezione della scarpata per il controllo della divagazione orizzontale del corso d'acqua, questa protezione diventerà una vera e propria difesa spondale, lungo quei tratti in cui la strada provinciale fiancheggia l'alveo. L'altezza del muro è compreso tra 3 e 4 m circa.
- Gli interventi CI-IS12a e CI-IS12b sono costituiti dalle due casse di laminazione di Molino dei Frati, di volume complessivo pari a 575'000 mc. Tali casse di laminazione possono essere schematizzate come un unico sistema in quanto l'opera di derivazione/regolazione è

A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	 ETATEC STUDIO PROLETTI	 ydros ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS consulente 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>

unica per le due casse. Quest'ultima, è composta principalmente da un'opera di regolazione in alveo posta nella sezione immediatamente a monte della zona golenale destinata all'allagamento controllato. Quest'opera è costituita da una struttura in calcestruzzo armato, equipaggiata con un sistema di due paratoie a settore e di uno sfioratore di emergenza. La regolazione opportuna delle paratoie, permette di creare un rigurgito, a monte dell'opera, dove lo sfioratore di 40 m di lunghezza, realizzato, in fregio all'argine di sinistra, alimenta la cassa di laminazione di monte. Questa, attraverso un'opera di scarico situata nel punto più basso dell'arginatura di valle ed equipaggiata con un sistema di paratoie piane, alimenta la cassa di laminazione di valle. Quest'ultima è dotata di un'opera di scarico a fiume anch'essa regolata per mezzo di un sistema di paratoie piane. All'interno delle casse, un canale di distribuzione che parte dallo sfioratore laterale di alimentazione e giunge, passando per l'opera di scarico della vasca di monte, fino allo scarico della vasca di valle, permette il riempimento della sola vasca di monte o della sola di valle, partendo comunque dal punto più basso di entrambe ed evitando pertanto ruscellamenti incontrollati che potrebbero portare a fenomeni di erosione concentrata. La possibilità di utilizzare l'una o l'altra cassa indipendentemente, garantisce una maggior flessibilità gestionale e permette, qualora l'entità della piena sia inferiore al previsto, di evitare l'allagamento di uno dei due comparti che costituiscono il sistema di laminazione controllata.

- L'intervento CI-IS 13 prevede la "razionalizzazione del sistema difensivo e recupero golenale tra Castello e Molino de Frati", da realizzarsi in modo coordinato con la realizzazione delle omonime casse di laminazione. L'obiettivo è quello di recuperare la residua funzionalità naturale del corso d'acqua, passando da una tipologia d'alveo regimato con argini in froldo a una con sponde naturali, golene e argini al margine: prevedendo anche in questo tratto, come primo passo, l'imposizione di un vincolo di fascia B sulla porzione di aree allagabili libere da insediamenti e non interessate dell'intervento di laminazione. Una volta definite queste aree, si procederà alla graduale realizzazione nuovi argini a margine della fascia B. L'altezza degli argini previsti è compresa tra 3 e 4 m circa. Buona parte di questi argini sono coincidenti con gli argini di confinamento delle casse di laminazione e saranno realizzati dell'altezza necessaria per il confinamento della fascia "B" e successivamente rialzati, qualora la costruzione della cassa di laminazione dovesse

A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesagista	 ETATEC STUDIO PROLETTI	 ydros ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS consulente 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>

essere ritardata. La realizzazione degli argini perimetrali, sarà accompagnata dalla contemporanea dismissione di gran parte del sistema di argini in froldo esistente.

### 3.3 ASSETTO DI PROGETTO DEL FIUME CHERIO DEFINITO NEL PRESENTE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

Sulla base delle analisi idrologiche condotte nello *Studio-AdBPo*, delle analisi idrauliche condotte dal sottoscritto R.T.P. e descritte nella relazione idrologico-idraulica allegata al progetto (elaborato n. A.3.1) e delle linee generali dell'assetto di progetto definite dall'Autorità di bacino del fiume Po nello studio del 2004 e riassunte nel paragrafo precedente, è stato individuato un nuovo assetto di progetto. In particolare le opere in progetto previste lungo il fiume Cherio in Comune di Trescore Balneario sono, procedendo da monte verso valle, le seguenti:

- area di laminazione golenale, denominata “Calvarola”, di volumetria pari a circa 60'000 m<sup>3</sup> e superficie massima pari a circa 50'000 m<sup>2</sup>, posta fuori linea rispetto al fiume Cherio, in sponda sinistra, comprensiva di manufatti idraulici di derivazione e scarico;
- area di laminazione golenale, denominata “Brignoli”, di volumetria pari a circa 30'000 m<sup>3</sup> e superficie massima pari a circa 24'000 m<sup>2</sup>, posta fuori linea rispetto al fiume Cherio, in sponda destra, comprensiva di manufatti idraulici di derivazione e scarico;
- area di espansione golenale, denominata “Macina”, caratterizzata da una superficie pari a circa 30'000 m<sup>2</sup>, posta in linea rispetto al fiume Cherio;
- area di espansione golenale, denominata “Radici”, caratterizzata da una superficie pari a circa 42'000 m<sup>2</sup>, posta in linea rispetto al fiume Cherio;
- area di laminazione golenale, denominata “Molino dei Frati”, di volumetria pari a circa 520'000 m<sup>3</sup> e superficie massima pari a circa 200'000 m<sup>2</sup>, posta fuori linea rispetto al fiume Cherio, in sponda sinistra, comprensiva di manufatti idraulici di derivazione e scarico.

Oltre al sopra citato sistema di aree di laminazione e di espansione golenale, il progetto include diversi tratti di opere arginali, in terra o in muratura, finalizzate alla protezione delle infrastrutture poste nell'intorno del tratto fluviale considerato.

Nei paragrafi seguenti vengono descritte sommariamente le caratteristiche principali delle singole opere idrauliche (per maggiori dettagli si rimanda alla relazione tecnico-illustrativa delle opere in progetto, elaborato A.1, parte integrante del presente progetto di fattibilità



A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	 ETATEC STUDIO PROLETTI	 ydros ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS consulente 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>

tecnico-economica).

### 3.3.1 Area di laminazione golenale “Calvarola”

L’area di laminazione golenale “Calvarola” è un’opera di invaso delle piene del fiume Cherio, da realizzare all’interno di un’area attualmente interessata dalla presenza di insediamenti produttivi. L’area in questione è parte integrante dell’alveo di piena del fiume Cherio, infatti, anche in occasione di eventi di piena non eccezionali, tutta l’area risulta essere interessata da fenomeni di esondazione.

Per poter realizzare l’area di laminazione occorre delocalizzare gli insediamenti produttivi presenti, demolire le relative infrastrutture, regolarizzare il livello del piano campagna, realizzare l’arginatura di contenimento dell’invaso e le opere per consentire lo sfioro delle piene del Cherio e il successivo svuotamento.

L’invaso di laminazione, costituito da un unico comparto, è caratterizzato da un volume complessivo di 60’000 m<sup>3</sup>.

Per ottenere tale volume di invaso occorre effettuare una regolarizzazione dell’attuale piano campagna attraverso uno scavo medio di circa 1.4 m, a cui corrisponde un volume di circa 90’000 m<sup>3</sup> (parte di tale quantitativo verrà riutilizzato all’interno del cantiere per la formazione delle arginature perimetrali).

Gli argini perimetrali, posti solo tra il fiume Cherio e l’area di laminazione golenale, hanno uno sviluppo complessivo pari a circa 580 m e hanno un’altezza variabile tra 2.5 e 4.5 m.

Unitamente all’intervento sopra descritto, si prevede la demolizione dei ponti presenti nel tratto, attualmente utilizzati a servizio delle attività produttive presenti lungo le due sponde fluviali.

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesagista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PROLETTI	 <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>ECO GEO 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>

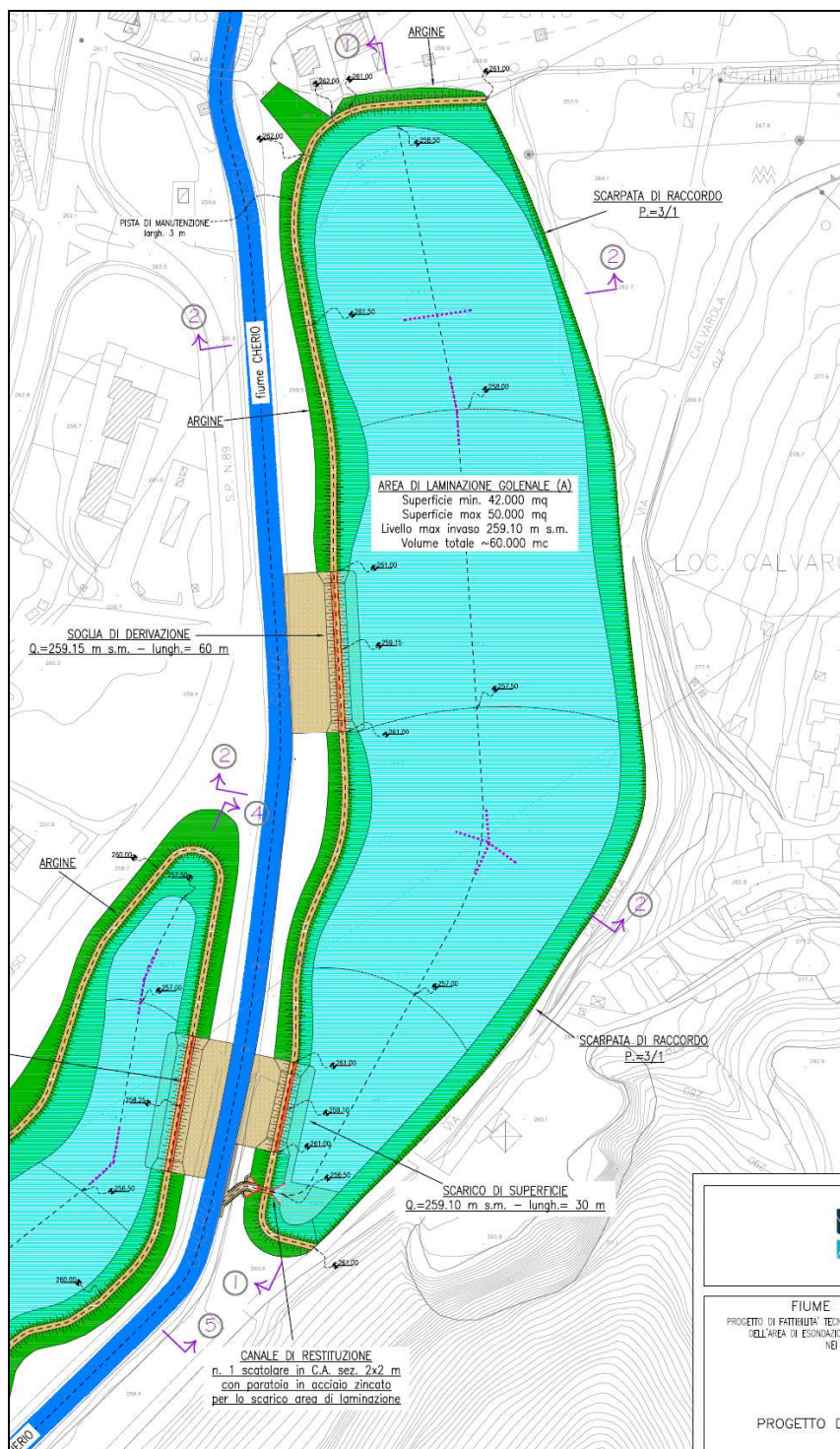
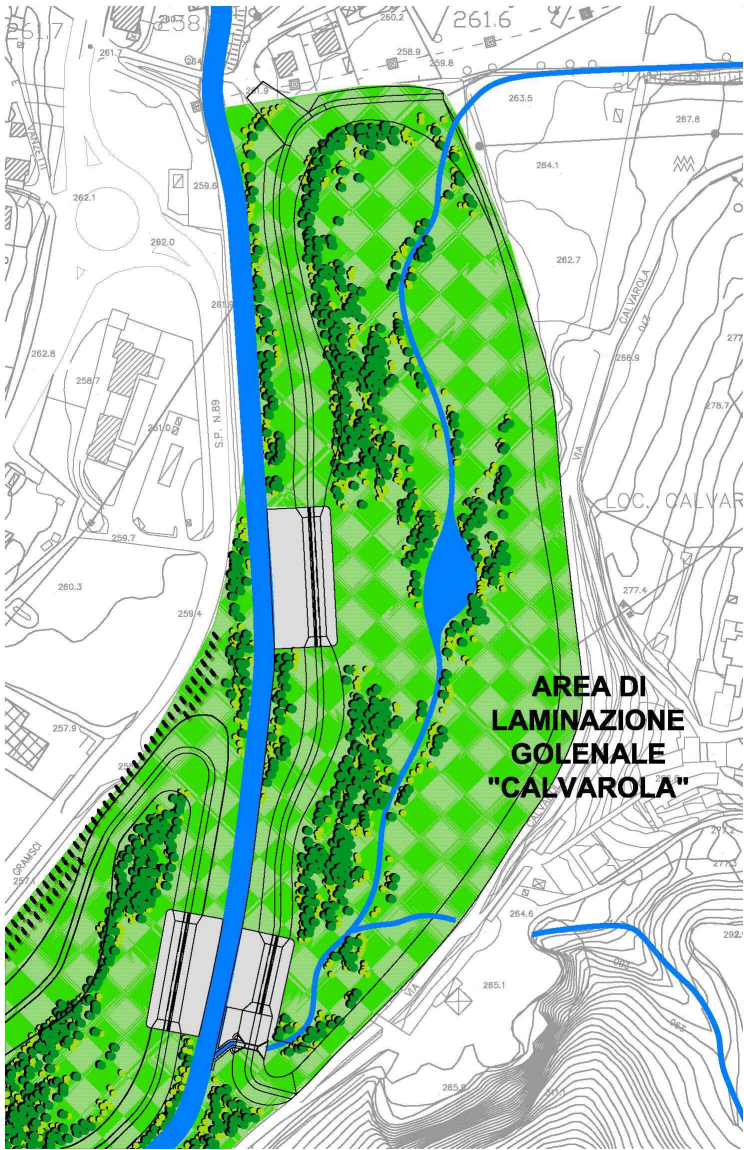


Figura 11 – Planimetria dell’area di laminazione golenale “Calvarola”

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



Planimetria dell’area di laminazione golenale “Calvarola” con progetto del verde

A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	 ETATEC STUDIO PROLETTI	 ydros ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS consulente 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>

### 3.3.2 Area di laminazione golenale “Brignoli”

L’area di laminazione golenale “Brignoli” è un’opera di invaso delle piene del fiume Cherio, da realizzare all’interno di un’area attualmente interessata dalla presenza di depositi di inerti della ditta Brignoli. L’area in questione è parte integrante dell’alveo di piena del fiume Cherio, infatti, anche in occasione di eventi di piena non eccezionali, tutta l’area risulta essere interessata da fenomeni di esondazione.

Per poter realizzare l’area di laminazione occorre delocalizzare le attività produttive presenti, regolarizzare il livello del piano campagna, realizzare l’arginatura di contenimento dell’invaso e le opere per consentire lo sfioro delle piene del Cherio e il successivo svuotamento.

L’invaso di laminazione, costituito da un unico comparto, è caratterizzato da un volume complessivo di 30'000 m<sup>3</sup>.

Per ottenere tale volume di invaso occorre effettuare una regolarizzazione dell’attuale piano campagna attraverso uno scavo medio di circa 1.3 m, a cui corrisponde un volume di circa 45'000 m<sup>3</sup> (parte di tale quantitativo verrà riutilizzato all’interno del cantiere per la formazione delle arginature perimetrali).

Gli argini perimetrali, posti lungo l’intero perimetro dell’area di laminazione golenale, hanno uno sviluppo complessivo pari a 770 m e hanno un’altezza variabile tra 2.5 e 4.5 m.



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PROIETTI	 <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>

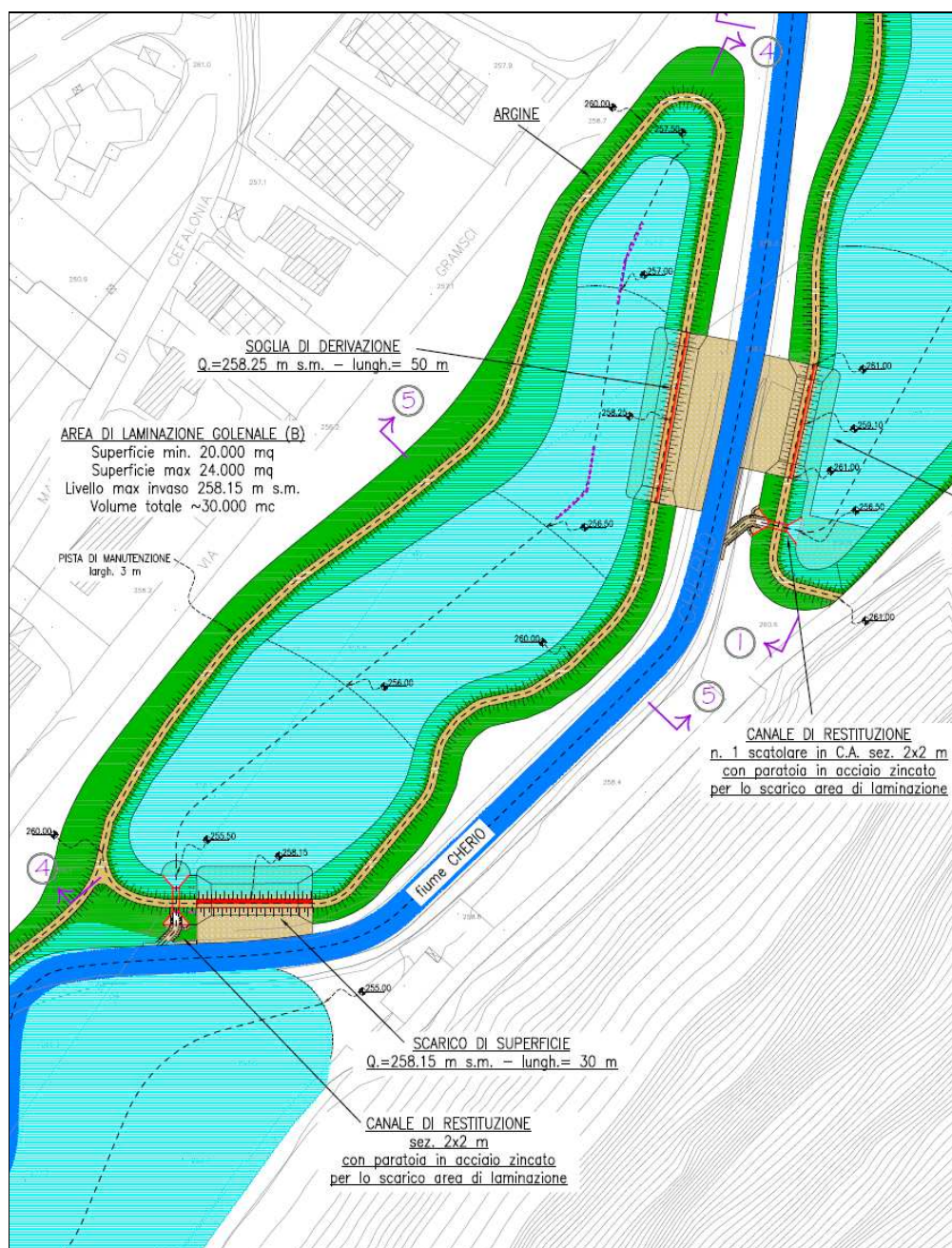


Figura 12 – Planimetria dell'area di laminazione golenale "Brignoli"

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PROLETTI	 <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>ECO GEO 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>



**Planimetria dell'area di laminazione golenale "Brignoli"**

### **3.3.3 Area di espansione golenale "Macina"**

L'area di espansione golenale "Macina" è un'area ove lasciar defluire le piene del fiume Cherio, da realizzare all'interno di un'area attualmente interessata dalla presenza di insediamenti produttivi. L'area in questione è parte integrante dell'alveo di piena del fiume Cherio, infatti, anche in occasione di eventi di piena non eccezionali, tutta l'area risulta essere interessata da fenomeni di esondazione.

Per poter realizzare l'area di espansione fluviale occorre delocalizzare le attività produttive



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesagista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PROLETTI	 <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>

presenti, regolarizzare il livello del piano campagna e rimuovere le difese presenti lungo le sponde del fiume Cherio e realizzare le arginature di contenimento del livello di piena per proteggere la strada provinciale e le abitazioni a tergo della medesima.

Le operazioni di regolarizzazione dell'attuale piano campagna e delle arginature presenti lungo le sponde del Cherio, implicheranno uno scavo medio di circa 0.9 m, a cui corrisponde un volume di circa 30'000 m<sup>3</sup> (parte di tale quantitativo verrà riutilizzato all'interno del cantiere per la formazione delle arginature perimetrali).

Gli argini perimetrali, posti lungo l'intero perimetro dell'area di espansione golenale, hanno uno sviluppo complessivo pari a circa 400 m e hanno un'altezza variabile tra 2 e 3 m.

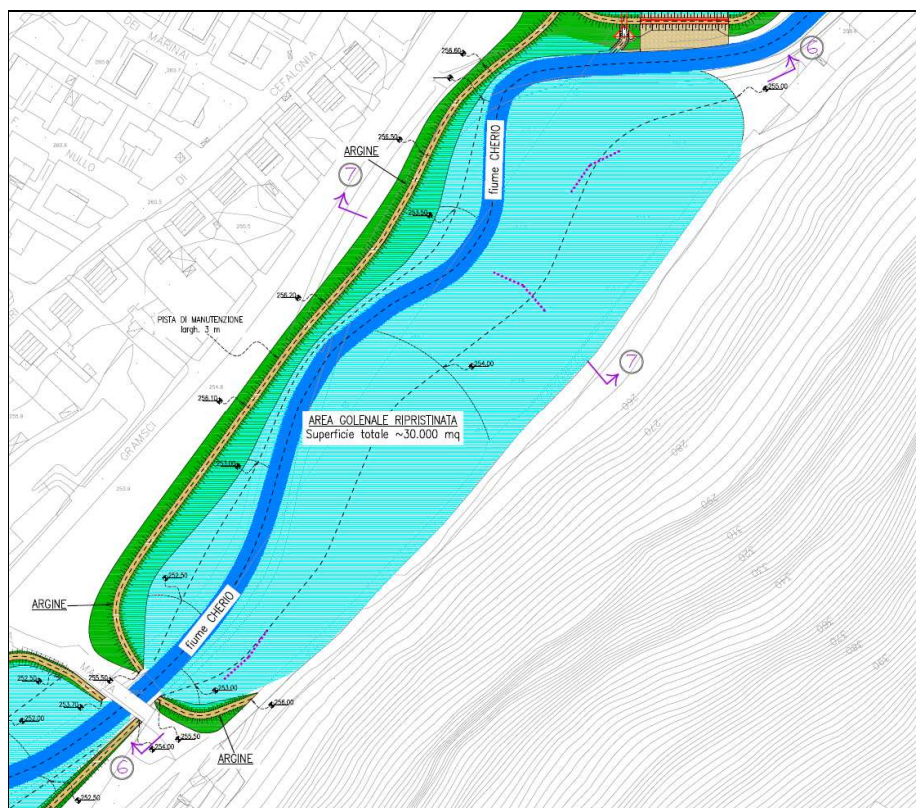


Figura 13 – Planimetria dell'area di espansione golenale "Macina"

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesagista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	 <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>



**Planimetria dell'area di espansione golendale "Macina" con progetto del verde**

### 3.3.4 Area di espansione golendale "Radici"

L'area di espansione golendale "Radici" è un'area ove lasciar defluire le piene del fiume Cherio, da realizzare all'interno di un'area attualmente interessata solo marginalmente dalla presenza di insediamenti produttivi. L'area in questione è parte integrante dell'alveo di piena del fiume Cherio, infatti, anche in occasione di eventi di piena non eccezionali, tutta l'area risulta essere interessata da fenomeni di esondazione.

Per poter realizzare l'area di espansione fluviale occorre delocalizzare le attività produttive presenti, regolarizzare il livello del piano campagna e rimuovere le difese presenti lungo le sponde del fiume Cherio e realizzare le arginature di contenimento del livello di piena per proteggere la strada provinciale e le abitazioni limitrofe.

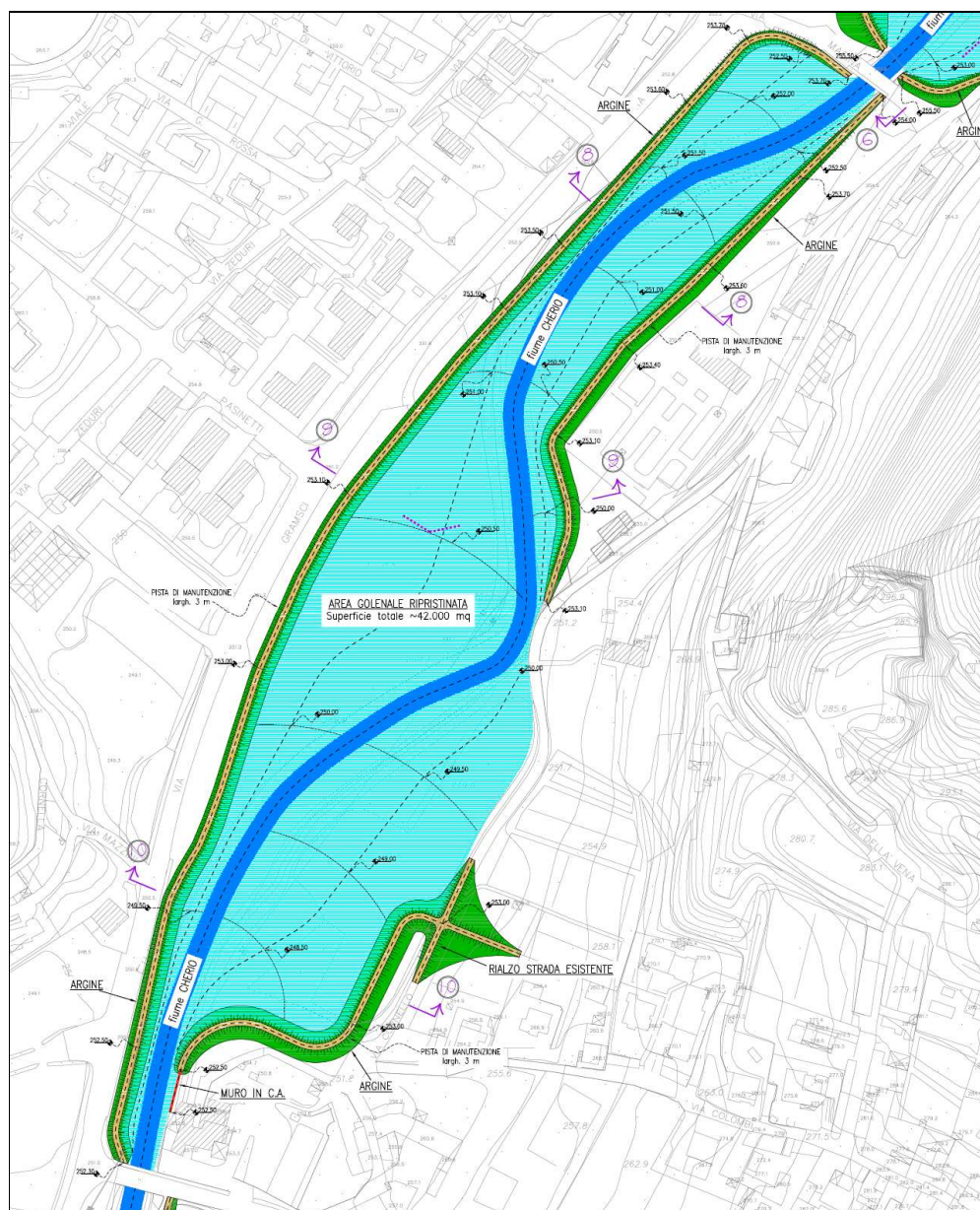
Le operazioni di regolarizzazione dell'attuale piano campagna e delle arginature presenti



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesagista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PROLETTI	 <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>

lungo le sponde del Cherio implicheranno uno scavo medio di circa 1.6 m, a cui corrisponde un volume di circa 55'000 m<sup>3</sup> (parte di tale quantitativo verrà riutilizzato all'interno del cantiere per la formazione delle arginature perimetrali).

Gli argini perimetrali, posti lungo l'intero perimetro dell'area di espansione golenale, hanno uno sviluppo complessivo pari a circa 1'250 m e hanno un'altezza variabile tra 2 e 4.5 m.



**Figura 14 – Planimetria dell'area di espansione golenale “Radici”**

A.T.P.						Consulenti		
<b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesagista	<b>ETATEC</b> STUDIO PIOLETTI	<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>



**Planimetria dell'area di espansione golendale "Radici" con progetto del verde**

### 3.3.5 Area di laminazione golendale "Molino dei Frati"

L'area di laminazione golendale "Molino dei Frati" è un'opera di invaso delle piene del fiume Cherio, da realizzare all'interno di un'area attualmente interessata dalla presenza di attività agricola. L'area in questione è parte integrante dell'alveo di piena del fiume Cherio, infatti, anche in occasione di eventi di piena non eccezionali, tutta l'area risulta essere interessata da

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

fenomeni di esondazione.

Per poter realizzare l'area di laminazione occorre, essenzialmente, realizzare l'arginatura di contenimento dell'invaso e le opere per consentire lo sfioro delle piene del Cherio e il successivo svuotamento. In tale caso non è necessario procedere ad interventi di regolarizzazione del piano campagna, mentre occorre rimuovere le serre attualmente presenti. L'invaso di laminazione, costituito da un unico comparto, è caratterizzato da un volume complessivo di 520'000 m<sup>3</sup>.

Gli argini perimetrali, posti solo tra il fiume Cherio e l'area di laminazione golenale, hanno uno sviluppo complessivo pari a circa 2'250 m e hanno un'altezza variabile tra 0 e 8.3 m.

L'intervento di realizzazione dell'area di laminazione golenale si completa con la realizzazione di alcuni argini lungo la sponda destra del fiume Cherio, finalizzati a proteggere le infrastrutture limitrofe (es. depuratore comunale).



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesaggista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PROLETTI	 <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>

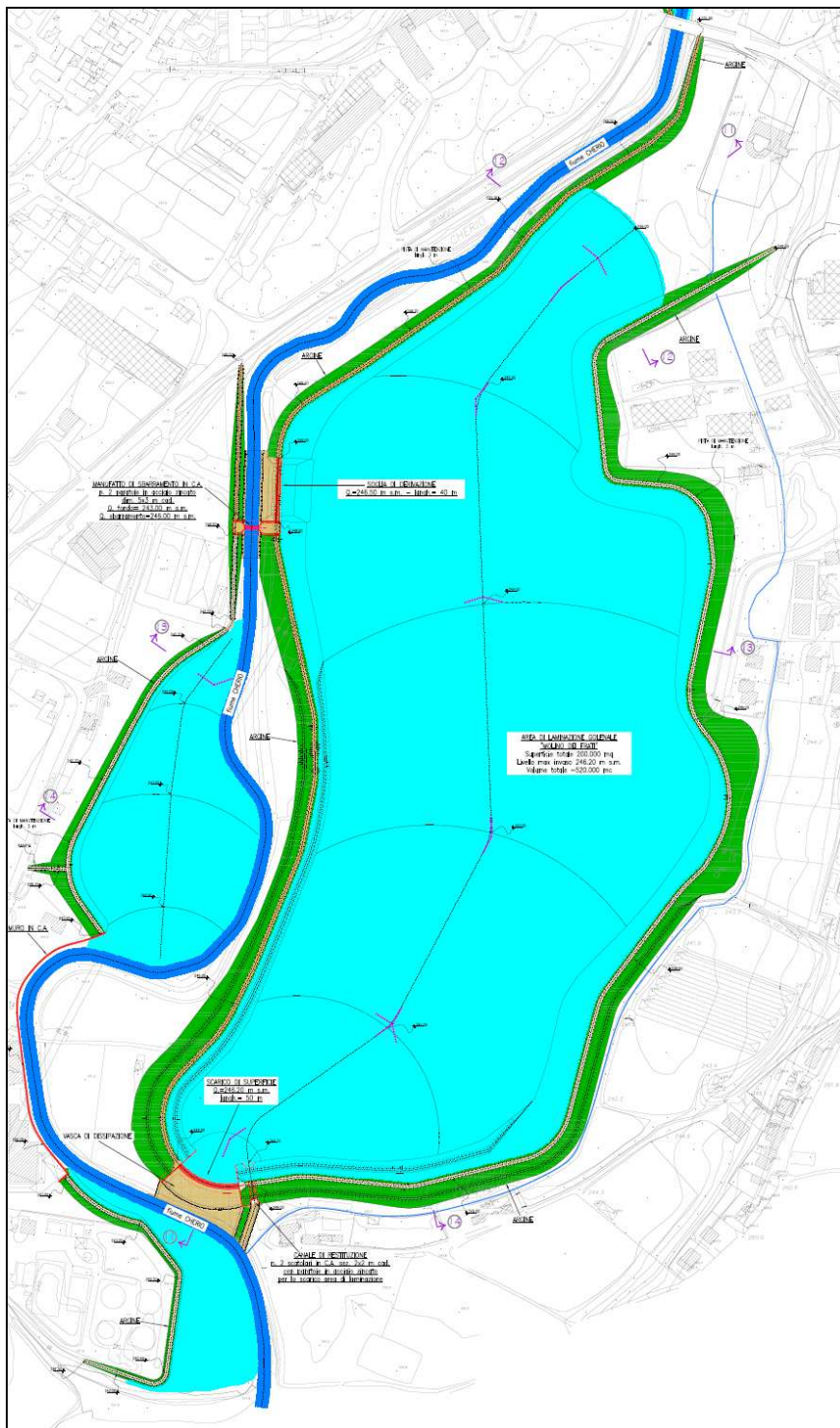
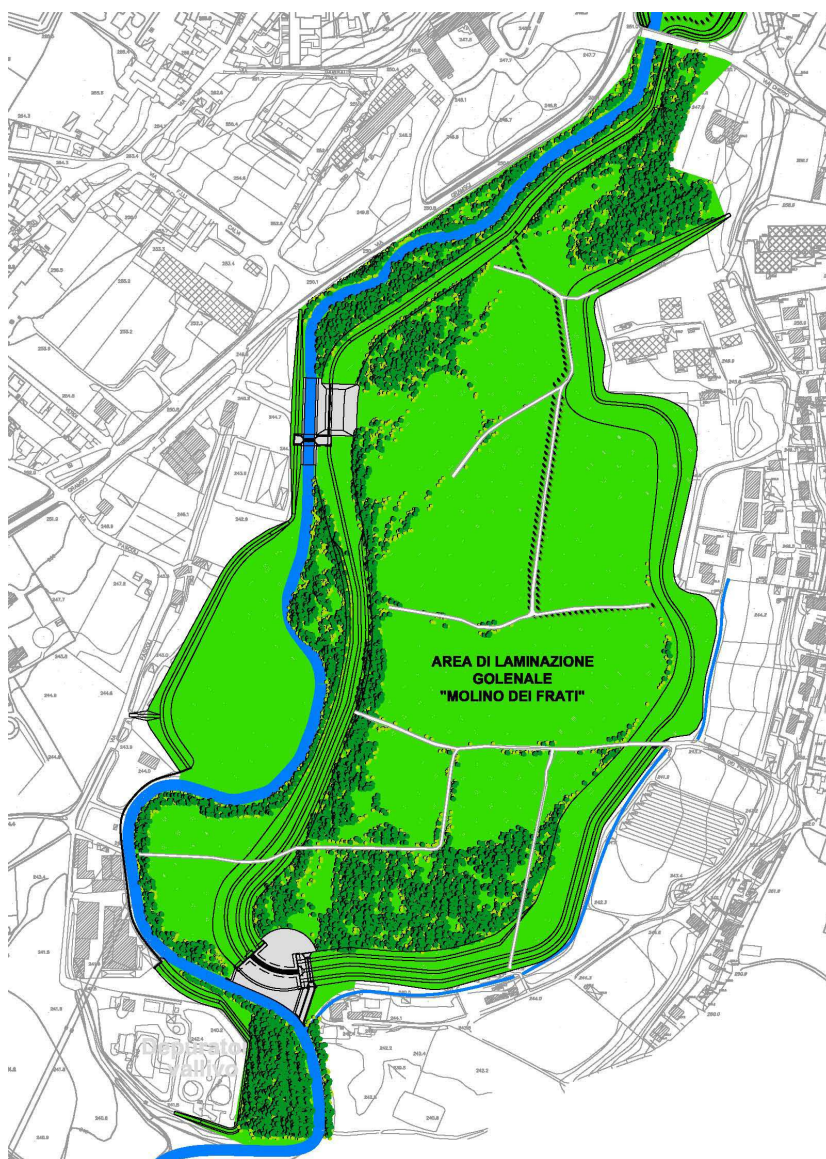


Figura 15 – Planimetria dell'area di laminazione golenale "Molino dei Frati"

A.T.P.						Consulenti		
<b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesagista	<b>ETATEC</b> STUDIO PROLETTI	<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>



**Planimetria dell'area di laminazione golenale "Molino dei Frati" con progetto del verde**

#### **4. CONFRONTO DELLE ALTERNATIVE**

Attraverso il confronto delle due alternative progettuali presentate nel capitolo precedente, è stato possibile individuare l'alternativa più efficace in termini di riduzione del rischio idraulico di esondazione e dei danni conseguenti, nonché di riqualificazione fluviale.

I due assetti di progetto descritti in precedenza presentano alcuni punti in comune ed alcune

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

differenze.

I **punti in comune tra i due scenari** di progetto sono essenzialmente i seguenti:

- tempo di ritorno della piena di riferimento pari a 100 anni;
- obiettivo di riduzione delle condizioni di rischio da esondazione e dei danni conseguenti agli allagamenti;
- recupero della funzionalità naturale del corso d'acqua, passando da una tipologia d'alveo regimato con argini in frodo a una con sponde naturali, golene e argini al margine, attraverso la riacquisizione alla pertinenza fluviale di aree golenali attualmente protette da opera di difesa, nelle quali consentire il manifestarsi delle dinamiche idro-morfologiche (espansione e laminazione dei deflussi, divagazione dell'alveo).
- riduzione della portata di piena al colmo verso valle, attraverso la formazione di aree di laminazione in aree già allagabili nelle condizioni attuali, con l'obiettivo specifico di limitare a circa 160 m<sup>3</sup>/s la portata di piena al colmo a monte del Comune di Gorlago.

Le **principali differenze**, invece, sono legate ai seguenti aspetti:

- l'assetto di progetto dello *Studio-AdBPo* prevede di proteggere gli insediamenti produttivi presenti in località Calvarola, posti in un'area golenale in sinistra idraulica del Cherio ed interessati da frequenti fenomeni di allagamento, attraverso la realizzazione di opere di contenimento dei livelli della piena di riferimento, mentre il presente progetto di fattibilità tecnico-economica prevede di delocalizzare tali attività e di restituire alla dinamica fluviale l'area golenale posta tra l'alveo inciso e il versante, dandogli anche una funzione di laminazione delle piene, allo scopo di ridurre la portata di piena al colmo verso valle.
- l'assetto di progetto dello *Studio-AdBPo* prevede di restituire al corso d'acqua l'area golenale posta in destra idraulica, di fronte alla località Calvarola, dandole funzione di espansione della corrente fluviale, mentre il presente progetto di fattibilità tecnico-economica prevede di utilizzare tale zona come area di laminazione delle piene, allo scopo di concorrere alla riduzione della portata di piena al colmo verso valle;
- l'assetto di progetto dello *Studio-AdBPo* prevede di realizzare l'area di laminazione di Molino dei Frati in due distinti settori, di volume complessivo pari a 575'000 m<sup>3</sup>, con opera di presa dal F. Cherio ubicata circa 100 m a valle del ponte di via Cherio, mentre il presente progetto di fattibilità tecnico-economica prevede di realizzare l'area di

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

laminazione in un unico settore, di volume pari a 520'000 m<sup>3</sup>, con opera di presa posizionata circa 400 m più a valle rispetto a quella prevista nello *Studio-AdBPo*.

Quanto esposto nel precedente punto e) merita un approfondimento.

L'area in questione è posta tra l'alveo del fiume Cherio e il versante del monte Grena, quindi essa è soggetta non solo alle piene fluviali, ma anche ai deflussi provenienti dal versante e dal reticolo idrografico minore (vedi la Val Roveto e la Val Calvarola). Secondo testimonianze dirette è emerso che l'area è stata interessata recentemente da fenomeni di allagamento per i deflussi provenienti da entrambi i sistemi.

L'intervento previsto nello *Studio-AdBPo*, che prevede la realizzazione di estesi tratti di muro arginale in c.a. lungo la sponda del fiume Cherio (lungo circa 800 m e alto circa 2.5 m rispetto alla quota del piano campagna, in relazione agli esiti del modello idraulico bidimensionale di dettaglio implementato dagli scriventi e descritto nella relazione idrologico-idraulica, elaborato A.3.1), può soltanto far fronte ai fenomeni di allagamento provenienti dal sistema fluviale, **mentre non protegge in nessun modo l'area dalle piene provenienti dal versante e dal reticolo minore. Anzi, la formazione di un muro spondale preclude la possibilità di scolo delle acque di piena provenienti dal versante, aumentando quindi gli allagamenti indotti dal medesimo nell'area retrostante il muro ove sono presenti diversi insediamenti produttivi.** Per far fronte a tale criticità occorrerebbe adeguare l'esistente sistema di raccolta, convogliamento e scarico delle portate provenienti dal versante, integrandolo necessariamente con nuove opere di laminazione, con nuove opere per evitare il rigurgito del reticolo minore nei confronti del fiume Cherio, e stazioni di sollevamento, in quanto il livello della piena del Cherio è superiore alla quota di fondo del sistema di drenaggio delle acque di versante. Opere analoghe dovrebbero essere realizzate anche per consentire il drenaggio e lo scarico delle acque meteoriche direttamente afferenti agli insediamenti produttivi (edifici e aree a parcheggio e deposito). Le suddette opere necessitano di notevoli superfici che non sono disponibili all'interno dell'area in questione e comportano importanti oneri di gestione e manutenzione. Quindi, l'intervento previsto nello *Studio-AdBPo* può solo ridurre i rischi e i danni in relazione alle piene fluviali, mentre aumenta le condizioni di rischio e di allagamento legate al deflusso delle piene provenienti dal bacino montano posto a tergo della località Calvarola.



A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesagista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PROLETTI	 <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>

Per tali motivi, si è scelto di estendere l'assetto di progetto già previsto nello *Studio-AdBPo* per le altre aree golenali, anche all'area in questione, che quindi concorrerà al recupero della funzionalità naturale del corso d'acqua attraverso la riacquisizione alla pertinenza fluviale di ambiti golenali attualmente protetti da opera di difesa. Ovviamente, come per le altre aree golenali ciò comporterà la delocalizzazione delle attività produttive in essa presenti.



**Figura 16 – foto area della località Calvarola con indicazione della direzione di provenienza delle acque di versante**

Anche per quanto riguarda il precedente punto g) occorre fare alcune precisazioni.

La configurazione dell'area di laminazione prevista nello *Studio-AdBPo* (cfr. Figura 10) prevede la realizzazione di opere idrauliche, in particolare l'opera di presa, e la regolarizzazione del piano campagna mediante operazioni di scavo, nella fascia di rispetto di pozzi idropotabili la cui presenza è segnalata nella *tavola A4 – Carta dei vincoli* del PGT del comune di Zandobbio (TOMASI – 2009) riportata in stralcio all'interno dell'Elaborato

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

### *Relazione geologica-idrogeologica e caratterizzazione dei terreni del presente progetto.*

Tali aree di rispetto esistono in quanto, per conservare le caratteristiche qualitative delle acque destinate al consumo umano, il decreto legislativo 152/2006 stabilisce che le Regioni individuino le aree di salvaguardia distinte in zone di tutela assoluta e zone di rispetto, nonché le zone di protezione, all'interno dei bacini imbriferi e delle aree di ricarica della falda.

La movimentazione di terreni superficiali per la realizzazione dell'opera di presa e per la regolarizzazione del piano campagna, così come previsto nella soluzione progettuale dello *Studio-AdBPo* (cfr. Figura 10), comporterebbe la creazione di vie preferenziali di possibile inquinamento della falda sotterranea da cui attingono tali captazioni.

Dunque, vista l'importanza della risorsa idrica captata da tutelare qualitativamente e quantitativamente, nel presente progetto si è deciso di spostare verso valle la posizione dell'opera di presa (cfr. Figura 15) al di fuori di tali aree di salvaguardia delle captazioni e di non effettuare abbassamenti del piano campagna esistente, con particolare riferimento alla porzione più a nord dell'invaso di laminazione.

Dall'analisi delle due soluzioni emerge come preferibile l'assetto di progetto proposto dal sottoscritto R.T.P. che presenta, rispetto alla soluzione prevista nello *Studio-AdBPo*, i seguenti vantaggi:

- maggior recupero della funzionalità naturale del corso d'acqua attraverso la riacquisizione alla pertinenza fluviale di aree golenali attualmente protette da opera di difesa;
- riduzione delle aree soggette a rischio idraulico da esondazione, considerando anche le acque di drenaggio provenienti dai versanti limitrofi al corso d'acqua;
- riduzione della portata di piena del fiume Cherio, già a partire dalla località Calvarola;
- particolare attenzione alla tutela qualitativa e quantitativa della risorsa idrica sotterranea captata eliminando vie preferenziali di possibile inquinamento della falda sotterranea e maggiore tutela dei pozzi termali;
- maggiore spazio per la riqualificazione ambientale e paesaggistica (mitigazioni verdi ecc, maggiore fruibilità degli spazi liberati dalle attività, ecc..) che incidono sull'impatto complessivo del fondovalle e sulla qualità della vita degli abitanti dei popolosi quartieri vicini.

Per contro, l'assetto di progetto proposto dal sottoscritto R.T.P. presenta, rispetto alla

A.T.P.						Consulenti		
 <b>RAFFAELLO CATTANEO</b> architetto e paesagista	 <b>ETATEC</b> STUDIO PROLETTI	 <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>

soluzione prevista nello *Studio-AdBPo* lo svantaggio di incrementare la necessità di attività produttive da delocalizzare.

Per quanto riguarda i costi di investimento, occorre però fare alcune importanti precisazioni. Lo Studio-AdBPo definisce i seguenti importi per la realizzazione degli interventi previsti in Comune di Trescore Balneario, basati sul prezzo regionale del 2003:

- Interventi di razionalizzazione del sistema difensivo Fornaci-Castello e recupero golenale e razionalizzazione del sistema difensivo Molino dei Frati e recupero golenale: € 4'173'660;
- Area di laminazione di Molino dei Frati: € 6'463'641.

L'importo complessivo dei lavori è pertanto pari a circa 10.6 M€.

Tali costi però non comprendono le opere necessarie per la riduzione delle aree soggette a rischio idraulico da esondazione ad opera delle acque di drenaggio provenienti dai versanti limitrofi al corso d'acqua, con particolare riferimento alla località Calvarola. Inoltre, nei costi non sono valutati gli oneri per la demolizione e lo smaltimento delle opere presenti all'interno delle aree ove è previsto il recupero della funzionalità golenale del corso d'acqua.

Per contro, il costo complessivo dei lavori stimato per la realizzazione delle opere previste nel presente progetto di fattibilità tecnico-economica è pari a complessi 20.7 M€ (cfr. elaborato A.8.1); tale importo è così composto:

- Area di laminazione golenale "Calvarola": € 5'492'670.48;
- Area di laminazione golenale "Brignoli": € 1'933'108.52;
- Area golenale "Macina": € 2'209'175.65;
- Area golenale "Radici": € 3'298'948.64;
- Area di laminazione golenale "Mulino dei Frati": € 5'786'079.93;
- Opere di sistemazione fluviale in destra idraulica nei pressi di Molino dei Frati: € 1'528'575.43;
- Oneri della sicurezza specifici: € 500'000.00.

I suddetti valori non sono direttamente confrontabili, se non limitatamente all'area di laminazione di Molino dei Frati, in quanto l'assetto di progetto è differente e inoltre, come detto poc'anzi, la stima effettuata nello studio di fattibilità è incompleta di alcuni importanti elementi.



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

## 5. CONFRONTO DELLE ALTERNATIVE PER IL PAESAGGIO

Lo studio di fattibilità in questa relazione ha valutato le due soluzioni sopra illustrate anche dal punto di vista paesaggistico, inteso anche come sistema ecologico e di relazioni presenti nel fondovalle da valorizzare e riqualificare.

In particolare la presente parte si soffermerà sul paesaggio in senso estetico percettivo, valutando la qualità ambientale degli spazi nel fondovalle, ma anche affrontando il tema della biodiversità in un continuo confronto fra le due soluzioni, quella dello *Studio-AdBPo* e quella oggetto del presente studio.

### 5.1 IL PAESAGGIO PERCEPITO

La valutazione del progetto idraulico per risolvere le criticità in esame sono state valutate anche da alcune valutazioni di carattere paesaggistico. In particolare l'analisi degli studi evidenziano l'utilizzo di tecniche costruttive di difesa diversi e con diverse sensibilità nel confronti del paesaggio. Nel caso specifico le difese spondali definite dal progetto misurano verso l'area Calvarola 2,5 di altezza per 800 m di sviluppo (cod CI-IS11a), mentre lungo la via A. Gramsci (SP 89) l'intervento prevede un muro di altezza variabile fra 3-4 metri per uno sviluppo di 4 km. Quest'ultimo intervento in particolare appare molto invasivo sia per l'altezza ma anche per lo sviluppo. L'impatto, come si evince anche dai seguenti paragrafi, non è solo percettivo ma anche determina un taglio, una barriera insormontabile che interrompe collegamenti fisici, funzionali ed ecologici con la piana.

Il progetto individuato, invece, esegue una diversificazione morfologica nelle difese e del sistema del verde connesso, proponendo una tipologia meno invasiva del semplice muro ovvero degli argini in terra diversamente piantumati con essenza arboree e arbustive tipici delle aree di fondovalle. Certo, anche i rilevati in terra sono estranei al contesto di fondovalle che storicamente era pianeggiante, ma certo sono sempre meno impattanti di muri in cemento armato con dimensioni e sviluppi a scala territoriale.

Inoltre, l'implementazione di abbassamenti di livelli nella formazione delle aree golenali, la

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

formazione di nuovi meandri, nonché il sistema a corredo delle sponde e i nuovi sistemi paranaturali (boschi di ripa, siepi, ecc.), determineranno una diversificazione della vegetazione e del sistema fluviale che inciderà sul paesaggio del fondovalle percepito dalla viabilità esistente.

L'eliminazione delle attività umane in diversi contesti interessati dal progetto determina poi una generale riqualificazione del paesaggio, sostituendo edifici spesso vetusti e di cattiva qualità con sistemi ambientali verdi che certo produrranno paesaggi più complessi e ricchi di quelli esistenti e certo più benefici sulla salute umana. La scelta forte di restituire la piana alluvionale al fiume contiene, oltre a principi filosofici profondamente diversi dallo *Studio-AdBPo*, l'obiettivo di restituire una naturalità e in generale una nuova attenzione al fondovalle, ambito, ricordiamo, sempre più fragile rispetto ad altri contesti territoriali.

## 5.2 IL PAESAGGIO ECOLOGICO E LA BIODIVERSITÀ

Un paesaggio diversificato è anche un paesaggio più ricco ed ecologicamente più in equilibrio. Il presente studio con la delocalizzazione delle attività umane riapre il fondovalle ad una naturalità e in generale ad una riqualificazione auspicata sia dal PTCP della Provincia di Bergamo sia dal PGT di Trescore Balneario.

Questa generale rinaturalizzazione del fondovalle è poi favorita da altri due fattori che partecipano attivamente ad incrementare la biodiversità: un aumento della diversità morfologica sia del corso d'acqua sia delle aree perfluviali e l'implementazione di nuove nicchie ecologiche, di ambienti naturali e paranaturali.

I nuovi argini e le difese spondali e in particolare il sistema del verde implementato (boschi ripariali, siepi, filari, ecc.) incrementano la biodiversità del fondovalle, mentre lo *Studio-AdBPo*, oltre a liberare meno aree dall'attività umana, utilizza elementi di difesa che non contribuiscono alla biodiversità.

A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesagista	 ETATEC STUDIO PROLETTI	 ydros ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS consulente 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>

### 5.3 CONFRONTO PROGETTUALE IN RAPPORTO ALLA BIODIVERSITÀ E ALLA RICETTIVITÀ FAUNISTICA

Come evidenziato nei capitoli precedenti la seconda proposta prevede un significativo intervento finalizzato sia alla messa in sicurezza definitiva delle aree che più in generale, volto a dare un valore aggiunto paesistico/ambientale all'intervento concepito all'interno di un più vasto contesto territoriale.

Volendo considerare un fattore quale la biodiversità complessiva e la ricettività faunistica più in generale, la seconda ipotesi evidenzia un incremento generale di biopotenzialità prevedendo interventi volti all'incremento della struttura del corridoio ecologico di fondo valle con interventi di ricostruzione di cenosi boscate e arbustate sia in rapporto con le sponde che in rapporto col contesto su area più vasta (versanti in sinistra idrografica, valle del Malmera, ecc.).

La predisposizione di habitat perifluviali (nuclei boscati e arbustati meso-igrofilici) con il progredire del loro sviluppo e dell'affermarsi di una vegetazione ben strutturata, porterà ad un progressivo arricchimento faunistico potendo offrire, con la crescita del contesto vegetazionale, un progressivo incremento di nuovi habitat in via di maturazione ed aumentare la ricettività faunistica complessiva.

Analoghe considerazioni possono essere avvalorate anche per la ricettività nel contesto delle aree di alveo vero e proprio, in quanto la creazione di piccoli rifugi e nicchie sommerse in alveo associati ad una buona variabilità del fondo sarà in grado di offrire diverse opportunità di microhabitat per tutta la catena di entità tipiche dei contesti lotici.

### 5.4 LA FRUIBILITÀ

Vi sono numerose relazioni fra fruibilità di un determinato territorio e il paesaggio. Per fruire di un paesaggio è fondamentale raggiungerlo, attraversarlo, goderne delle prospettive.

La presente relazione evidenzia anche le potenzialità di fruizione delle aree perifluviali che sono maggiori rispetto allo *Studio-AdBPo*. Infatti, la stessa delocalizzazione, libera nuovi spazi ad una fruizione da parte dei cittadini. Le aree libere dalle attuali attività si renderanno libere per le attività ludiche, per possibili attività agricole, ma soprattutto si rigenereranno



A.T.P.						Consulenti		
 RAFFAELLO CATTANEO architetto e paesaggista	 ETATEC STUDIO PROLETTI	 ydros ingegneria	 Archeo Studi Bergamo s.r.l.	 HATTUSAS consulente 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>

quelle relazioni fra il Fiume e i sistemi complessi vicini: il colle Grena, il quartiere Macina-Casermone, le Terme, sono solo alcuni dei che potranno avere benefici riflessi da un fondovalle.

Nello *Studio-AdBPo* la realizzazione dei muri quale difesa dalle piene, come già scritto nei paragrafi precedenti, inserisce una cesura netta nei collegamenti trasversali vallivi, collegamenti tanto preziosi in quanto più fragili ma nel contempo i più importanti nel sistema della rete ecologica. Anche le relazioni fra il quartiere popoloso della Macina-Casermone con il fiume risentirebbe profondamente dal muro lungo la SP 89 che confina il sistema della piana fluviale dall'urbanizzato.

La formazione degli argini consentirebbe poi la realizzazione di percorsi alternativi in sommità e negli spazi dedicati alla laminazione dell'acqua.

Nella piana di laminazione del Molino dei Frati il presente progetto prevede un'ampia area di laminazione non interrotta dagli argini necessari al contenimento e quindi al funzionamento dell'area a servizio dei comuni a sud (vedi Gorlago). Al contrario, lo *Studio-AdBPo* prevede due ampie aree di laminazione rompendo quella continuità funzionale e visiva che rappresentare uno dei caratteri salienti della piana fra Trescore e Zandobbio.

Il presente studio, all'interno di una condivisione delle altre problematiche di fondovalle, ha poi lasciato un corridoio più ampio parallelamente alla SP 89, anche con una leggera rettifica del Fiume in corrispondenza di tale corridoio. Tale corridoio, permetterà una serie di riflessioni legate alla mobilità, aprendo nuove opportunità anche per una mobilità più sostenibile e compatibile con il fondovalle (vedi variante alla SS 42).

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

## I PROFESSIONISTI INCARICATI:

RAFFAELLO CATTANEO – Landscape and architecture

Arch. Paes. Raffaello Cattaneo

ETATEC s.r.l.

Prof. Ing. Alessandro Paoletti

YDROS INGEGNERIA

Dott. Ing. Giovanni Pezzucchi

ARCHEO STUDI BERGAMO s.r.l.

Dott.ssa Mariagrazia Vitali

HATTUSAS s.r.l.

Dott. Geol Fabio Massimo Plebani

Dott. Geol. Andrea Gritti

ECOGEO s.r.l.

Dott. Geol. Diego Marsetti