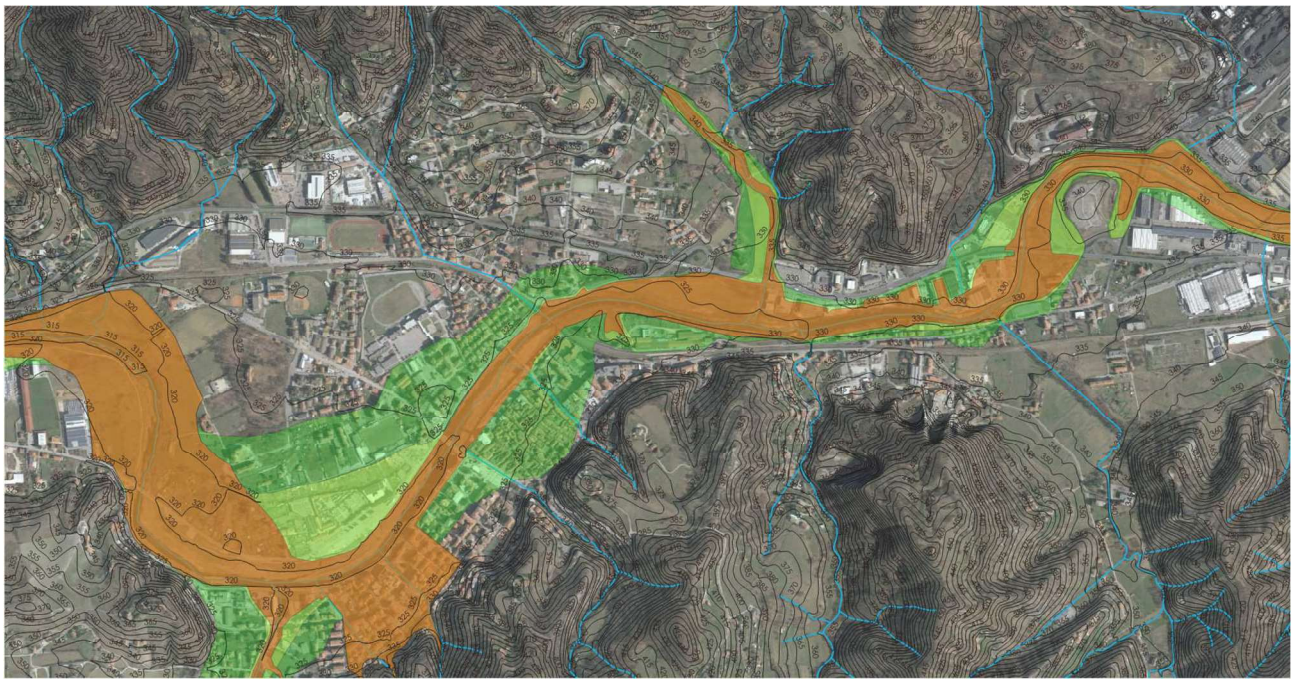
ING. ALESSANDRO BARBERO
INGEGNERIA CIVILE E IDRAULICA

COMUNE DI CAIRO MONTENOTTE (SV)

COMMITTENTE:
Settore Tecnico-Manutentivo e Lavori Pubblici – P.IVA 00334690096
PIAZZA DELLA VITTORIA, 29 – 17014 CAIRO MONTENOTTE (SV)

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA RELATIVO ALLA REALIZZAZIONE DI OPERE DI SISTEMAZIONE FLUVIALE DELL'ASTA PRINCIPALE DEL FIUME BORMIDA DI SPIGNO SCOLANTE LUNGO IL CAPOLUOGO.



A.1. – RELAZIONE GENERALE - TECNICA

CAIRO MONTENOTTE (SV), FEBBRAIO 2024

Ing. Alessandro Barbero
17014 Cairo Montenotte (SV) • Via G. Buffa, 17
Tel. +39 3470945277
e-mail - alessandro.barbero85@gmail.com
Pec. Alessandro.barbero@ingpec.eu
P.IVA 01595040096

Sommario

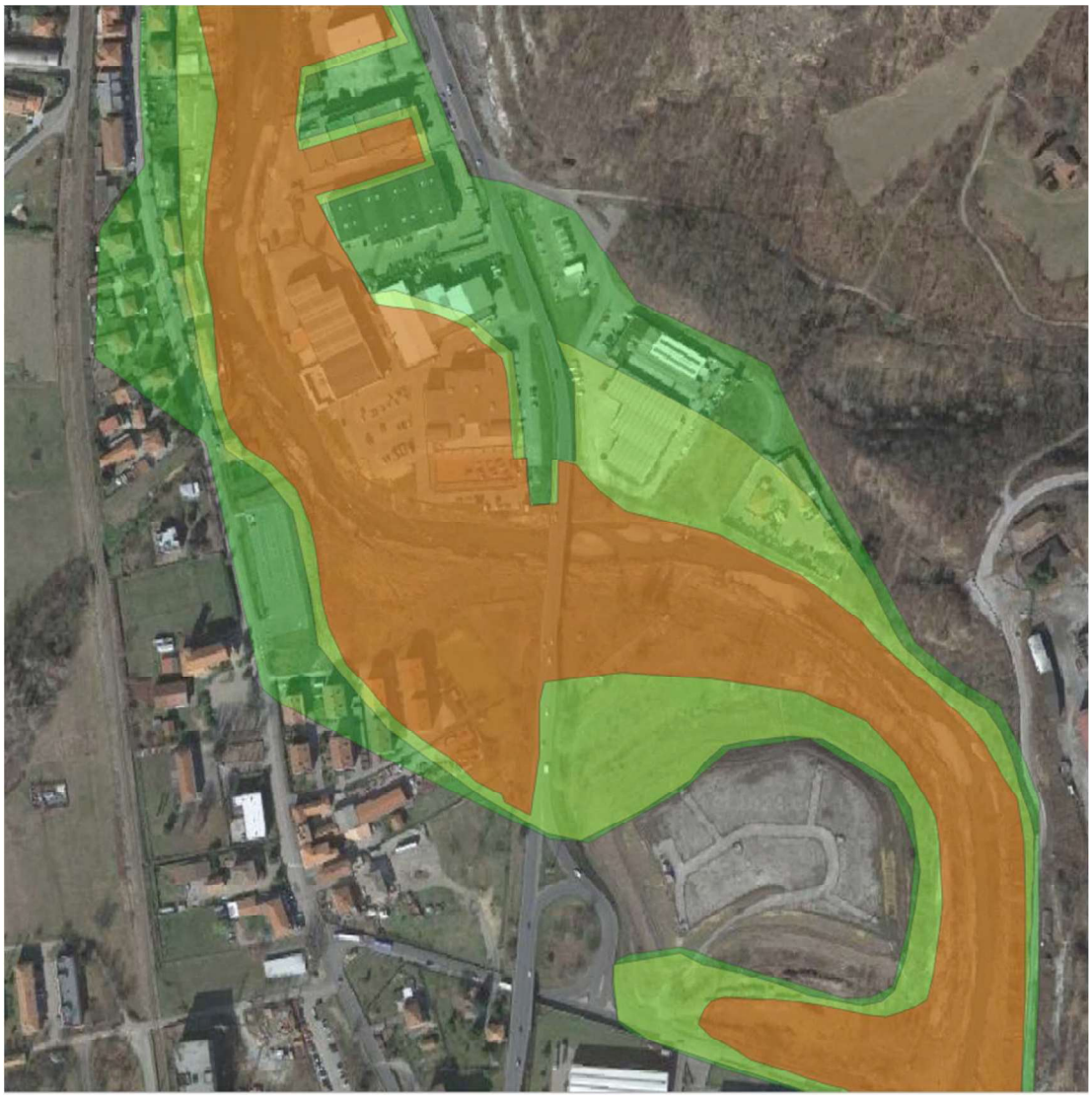
1 INTRODUZIONE 3
2 REPORT FOTOGRAFICO 8
2.1 SITUAZIONE IN SECCA 8
2.2 SITUAZIONE IN MORBIDA 15
3 INQUADRAMENTO URBANISTICO 29
3.1 PRG 29
3.1.1 LOTTO 1 29
3.1.2 LOTTO 2 29
3.2 VINCOLO PAESAGGISTICO 29
3.3 PTCP 29
3.3.1 ASSETTO INSEDIATIVO 29
3.4 MAPPALI OGGETTO DI INTERVENTO 30
4 ASPETTI ARCHEOLOGICI E DI COMPATIBILITÀ AMBIENTALE 30
5 SCAVI E RIPORTI 31
6 DESCRIZIONE TECNICA DEI LAVORI 32
6.1 SCOGLIERA IN MASSI CICLOPICI CEMENTATI – TRATTO LOTTO 1 34
6.2 SCOGLIERA IN MASSI CICLOPICI CEMENTATI – TRATTO LOTTO 2 34
6.3 BERLINESE IN MICROPALI E TIRANTI – LOTTO 2 35
6.4 OPERE DI RINATURALIZZAZIONE RIO BRICHELA 35
7 SINTESI DELL'ANALISI IDRAULICA 36
7.1 RIO BRICHELA – LOTTO 2 36
7.2 FIUME BORMIDA – LOTTI 1 E 2 36
7.2.1 PORTATE DI RIFERIMENTO 36
7.2.2 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE 39
8 CONCLUSIONI GENERALI 43

1 INTRODUZIONE

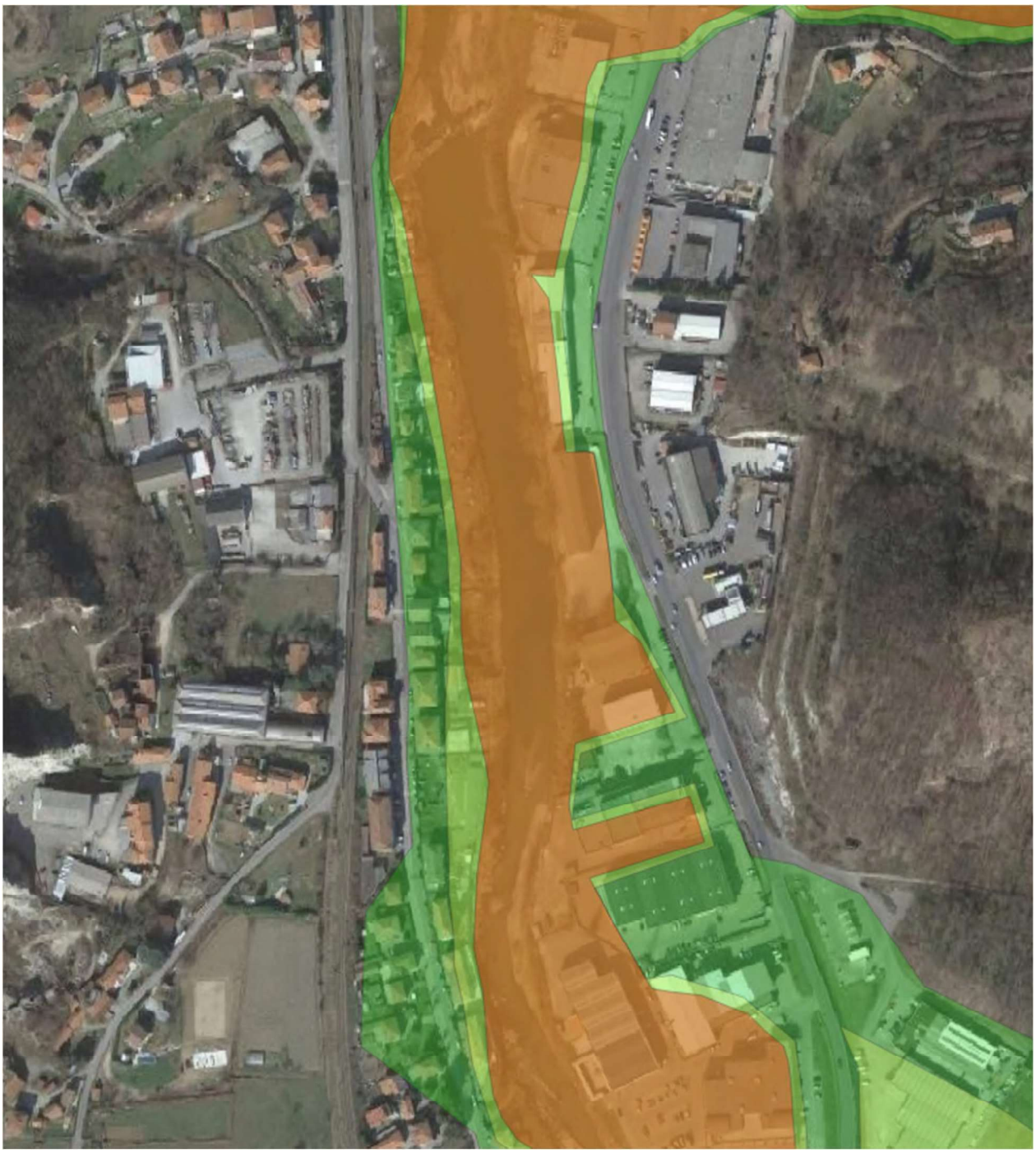
Su incarico della committenza lo scrivente Ing. Alessandro Barbero, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Savona al N.1835, redige il presente PFTE volto alla realizzazione di n° 2 primi lotti funzionali in relazione ad opere di sistemazione fluviale lungo l'asta del Bormida di Spigno in tratto compreso tra Loc. Mazzucca ed il Ponte Staccini, principale collegamento da aree periferiche al centro abitato di Cairo Montenotte.

Quanto premesso si pone come obiettivo di migliorare il deflusso idraulico alle portate di progetto, salvaguardare aree abitate e ad uso industriale/artigianale ad oggi allagabili anche con portate anche a bassi tempi di ritorno, migliorare la laminazione degli eventi critici e non ultimo garantire una continuità spondale, con particolare riguardo al tratto di monte, ad oggi in evidente erosione dove alveo e golene del Bormida hanno subito forti rimaneggiamenti antropici.

Il raggiungimento di condizioni di un sostanziale incremento della resilienza presuppone una serie di interventi considerevoli lungo un tratto fluviale di circa 2.5 km ove sono presenti diverse criticità al deflusso delle portate di piena, quali ponti con pile in alveo, l'installazione di aree artigianali/commerciali a ridosso delle sponde fluviali con dislivelli modesti (tra i 3 ed i 5 m) rispetto all' alveo inciso e non ultimo la presenza tra il ponte di collegamento alla Fraz. Bragno ed il cavalcavia della SS29 di una ex-discarica, nominata "Mazzucca", realizzata su area golenale di sinistra orografica.
Nelle immagini zenitali seguenti, riportate in ordine monte/valle, si evidenza come tutto il tratto in analisi risulta interessato da un'estesa mappatura delle aree allagabili (Rif. DGR 428/2021), anche a tempo di ritorno 50ennale.



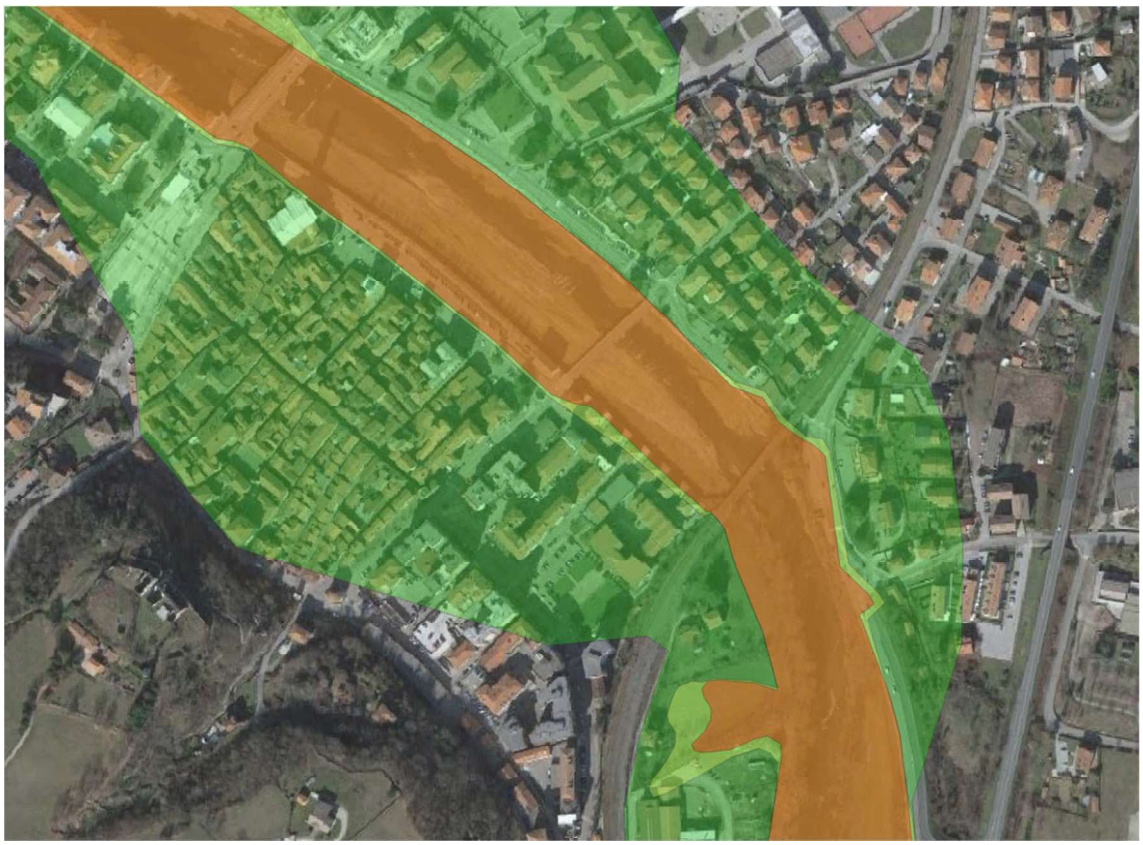
AREA: MAZZUCCA – CHIESA MADONNA DELLE GRAZIE



AREA: MADONNA DELLE GRAZIE – BRIGLIA IN LOC. PASSEGGERI



AREA: BIRGLIA IN LOC. PASSEGGERI – STAZIONE FS

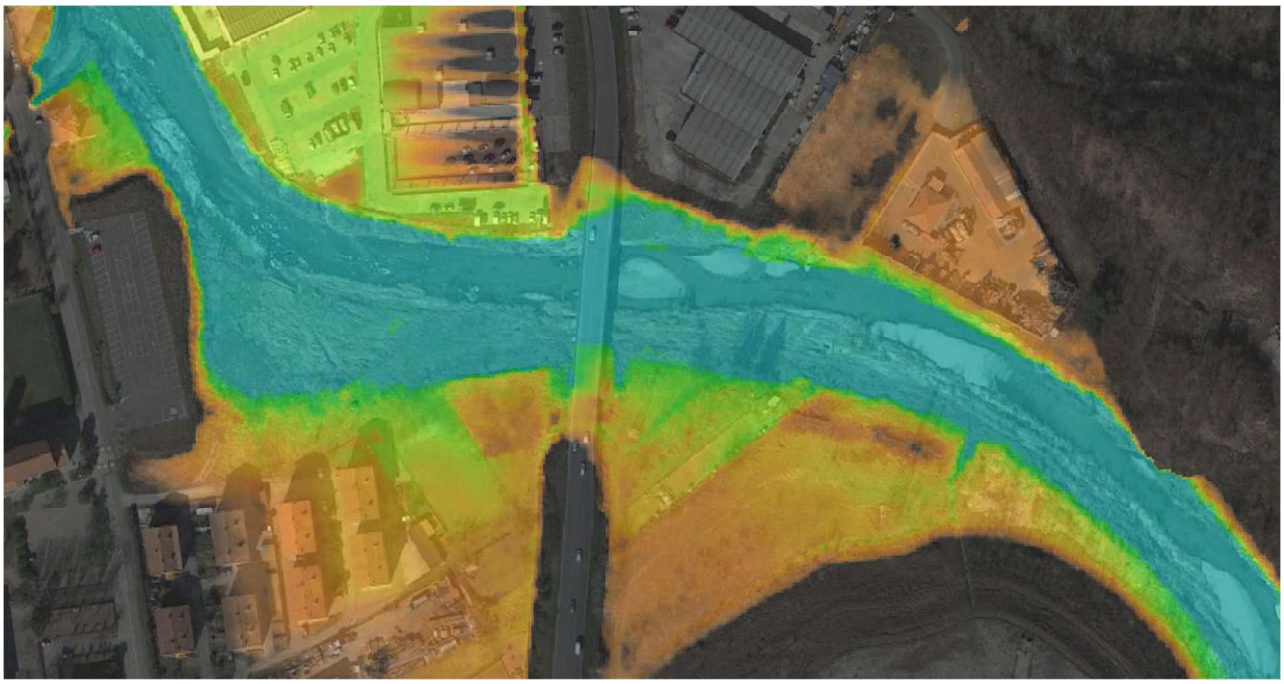


AREA: STAZIONE FS – PONTE CENTRALE AL CAPOLUOGO

L'occlusione golenale presente nel tratto di monte ha di fatto incanalato il deflusso del Bormida di Spigno entro una curva fluviale di destra orografica causando progressive erosioni spondali per eccessivi sforzi tangenziali non contrastati dalla presenza di opere strutturali di stabilizzazione.

L'avanzante erosione dell'area prospicente la località "Mazzucca" causa inoltre una forte irregolarità e crescente deterioramento della continuità spondale, non consentendo un corretto convogliamento delle correnti idrauliche parallele verso le pile del cavalcavia della SS nr 29.

Evidenziando infatti nell'immagine seguente gli intervalli di quota del DTM LIDAR 1x1 compresi tra 329 m slm e 332 m slm si ottiene una dimostrazione visiva di quanto sopra esposto.



RAPPRESENTAZIONE INTERVALLO DI QUOTE TRA 329 e 332 m slm

A valle ponte della SS 29 si osserva inoltre la presenza di aree pertinenziali ad attività commerciali.

Le stesse sono poste a circa 330/300.5 m slm a fronte di un fondo alveo posto attorno a 325.75 e 326 m slm.
Tali attività hanno subito nel corso degli anni diverse esondazioni.
Da evidenziare inoltre come ulteriore criticità sui livelli idrici, come meglio riportato nella relazione idraulica A.3., è individuata dalla presenza di una briglia in calcestruzzo ubicata alla sezione 61, la quale crea rigurgito di corrente specie con portate ad alti tempi di ritorno.

L'intento dei 2 lotti funzionali si introduce allora nella regolarizzazione di tale tratto, secondo tipologie costruttive distinte come nel seguito descritte, con particolare priorità al tratto a monte del ponte SS 29 ove le criticità emergono sia dal punto di vista idraulico che strutturale.
Nel tratto sussiste inoltre, come riportato nelle tavole cartografiche di inquadramento, l'immissione di un rio laterale ("Birchela"), sottendente un bacino secondo livello.
Esso risulta tombinato con condotta in cls a diametro 1 m ed è soggetto, oltre ed inefficienza idraulica della sezione, a frequenti fenomeni di intasamento dell'imbocco.

A monte della descrizione generale delle lavorazioni previste nei lotti funzionali si riporta un report fotografico dell'area in analisi compresa tra la loc. Mazzucca ed il centro urbano principale.

2 REPORT FOTOGRAFICO

2.1 SITUAZIONE IN SECCA



SPONDA DESTRA: EROSIONE SPONDALE A MONTE DEL PONTE SS









OSTRUZIONE DI VALLE ALL'ARCATA DI DESTRA OROGRAFICA DEL PONTE SS



TRATTO A VALLE DEL PONTE SS 29 – SOGLIA DI FONDO





OSTRUZIONI SU FONDO ALVEO NELLA CAMPATA CENTRALE







AFFIORAMENTI ROCCIOSI ALLA BASE PARCHEGGIO ANTISTANTE LA CHIESA "MADONNA DELLE GRAZIE"





CURVATURA DI SINISTRA OROGRAFICA IN CORRISPONDENZA DEL PARCHEGGIO ANTISTANTE LA CHIESA “MADONNA DELLE GRAZIE”

2.2 SITUAZIONE IN MORBIDA





























DEFLUSSO IN MORBIDA IN LOC. MADONNA DELLE GRAZIE







DEFLUSSO RIGURGITATO IN CORRISPONDENZA DELLA BRIGLIA DI LOC. PASSEGGERI






CONAD
SUPERSTORE









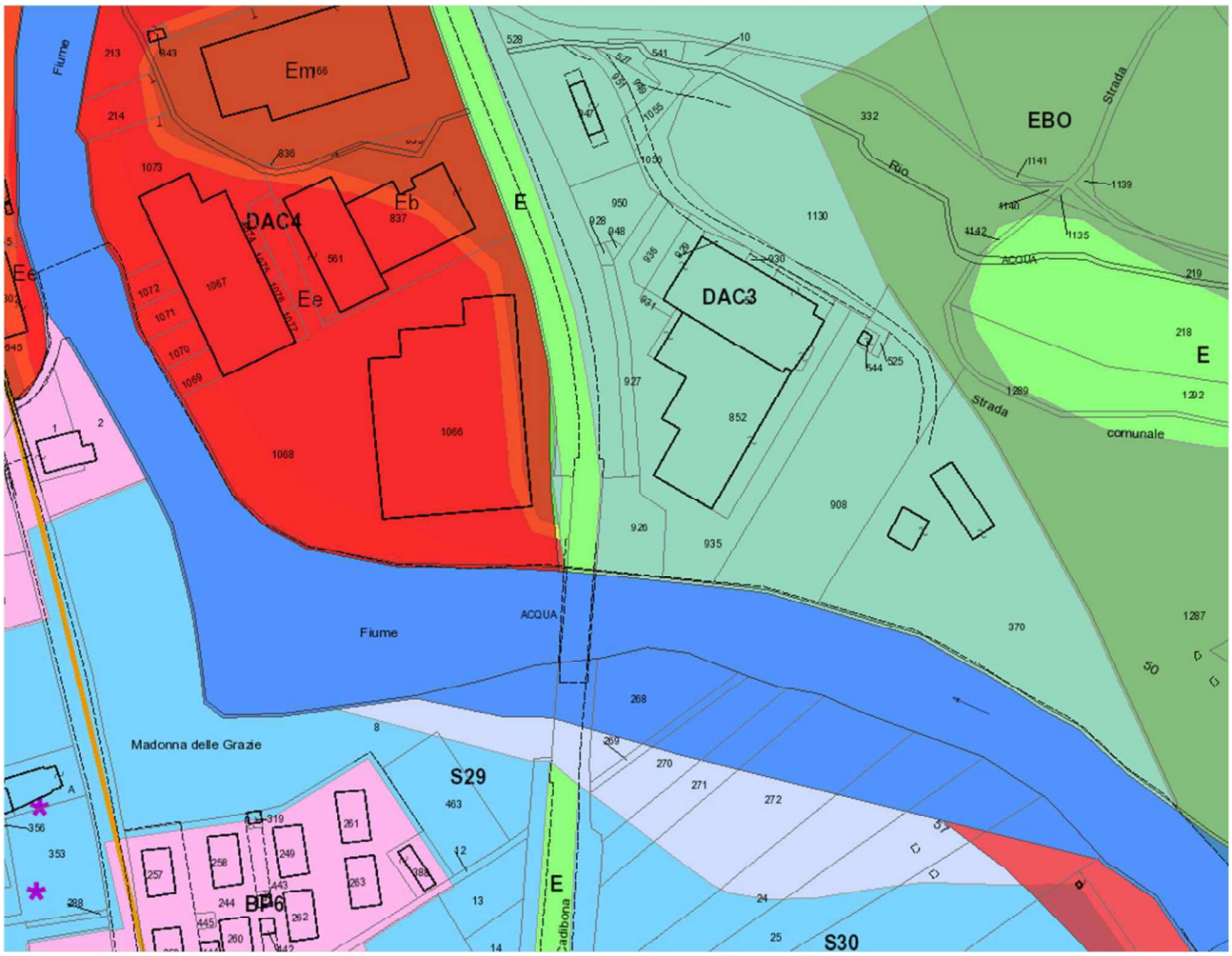






3 INQUADRAMENTO URBANISTICO

3.1 PRG



3.1.1 LOTTO 1

Gli interventi ricadono in:

ZONA Dac3: *Aree ubicate lungo la SS 29 in parte già insediate con attività prevalentemente commerciali e direzionali, per le quali si prevede un contenuto incremento insediativo.*

3.1.2 LOTTO 2

Gli interventi ricadono in:

ZONA Dac3: *Aree ubicate lungo la SS 29 in parte già insediate con attività prevalentemente commerciali e direzionali, per le quali si prevede un contenuto incremento insediativo.*

ZONA Dac4: *Aree ubicate lungo la SS 29 in parte già insediate con attività prevalentemente commerciali e direzionali, per le quali si prevede un contenuto incremento insediativo*

3.2 VINCOLO PAESAGGISTICO

Il Bormida nel tratto in analisi non ricade tra i corsi d'acqua soggetti a vincolo paesaggistico.

3.3 PTCP

3.3.1 ASSETTO INSEDIATIVO

Gli interventi ricadono in aree classificate ID MO A (Insediamento diffuso a regime normativo - Modificabilità di tipo A)

3.4 MAPPALI OGGETTO DI INTERVENTO

Le opere di cui al lotto 1 interessano i mappali. Per il lotto 1 essi risultano il 370-908-935 e 926 del foglio 50 del Comune di Cairo Montenotte.
Il lotto 2 interessa invece i mappali 370, 908, 926 e 1068, sempre del Foglio 50.
Segue visualizzazione estratto di mappa.



Per quanto concerne gli oneri di occupazioni temporanee e definitive si rimanda al Piano Particellare allegato al presente PFTE a firma del Geom. Roberto Pastorino.

4 ASPETTI ARCHEOLOGICI E DI COMPATIBILITÀ AMBIENTALE

I due lotti funzionali non risultano interessare aree di interesse archeologico.
Gli interventi non ricadono tra quelli sottoposti a valutazione di impatto ambientale.
I lavori tuttavia interferiscono con il corridoio ecologico delle specie acquatiche presenti, per cui si è valutato al momento della cantierizzazione di predisporre idonee ture in alveo atte, oltre che alla protezione delle lavorazioni, alla salvaguardia della continuità del deflusso idrico di magra.

5 SCAVI E RIPORTI

Per quanto concerne il lotto 1 i materiali di scavo sono previsti in abbancamento, secondo il posizionamento riportato nelle tavole tecniche dalla 4 alla 6, nella zona a ridosso delle alture dei mappali 370 e 908, al fine non permettere, in occasioni di eventi a tempo ritorno elevato, la circuitazione delle opere di difesa spondale. Il tutto previo idonee analisi chimiche e redazione del relativo piano di riutilizzo del materiale.

Per quanto concerne il lotto 2, al momento della progettazione esecutiva, risulterà da prevedere idonea individuazione di aree predisposte, sempre la fine del riutilizzo delle terre e rocce da scavo, altrimenti destinate a discarica.

Gli scavi all'interno dei limiti demaniali, per entrambi i lotti, sono sostanzialmente nulli.

Nel seguito si riporta tabella di sintesi.

SEZ	L infl (m)	LOTTO	SEZ SCAVO MAT GRAN (mq)	SOMMANO (mc)	SEZ SCAVO ROCCIA (mq)	SOMMANO (mc)	SEZ SCOGLIERA (mq)	SOMMANO (mc)	SEZ RIPORTO	SOMMANO (mc)	RISULTA MC
92.00	25.16	2	16.99	427.47	7.65	192.47	10.82	272.23	7.15	179.89	440.05
92.00	3.00	1	16.99	50.97	7.65	22.95	11.23	33.69	7.15	21.45	52.47
91.00	23.75	1	20.80	494.00	0.89	21.14	11.29	268.14	8.42	199.98	315.16
90.00	45.88	1	25.82	1184.62	1.63	74.78	11.29	517.99	9.55	438.15	821.25
89.00	38.29	1	39.17	1499.82	1.38	52.84	11.42	437.27	10.38	397.45	1155.21
88.00	23.31	1	16.91	394.17	1.46	34.03	11.45	266.90	18.12	422.38	5.83
87.00	18.80	1	41.81	786.03	1.74	32.71	11.40	214.32	18.76	352.69	466.05
86.00	3.97	1	39.65	157.41	3.49	13.86	11.51	45.69	11.33	44.98	126.29
86.00	20.12	2	40.65	817.88	4.49	90.34	11.51	231.58	11.33	227.96	680.26
84.00	17.88	2	82.19	1469.56	3.15	56.32	11.51	205.80	11.05	197.57	1328.31
83.00	17.91	2	48.70	872.22	0.60	10.75			2.62	46.92	836.04
82.00	20.49	2	36.62	750.34	0.60	12.29			2.60	53.27	709.36
81.00	23.79	2	19.11	454.63	0.60	14.27			2.60	61.85	407.05
80.00	10.81	2	13.06	141.18					2.64	28.54	112.64

6 DESCRIZIONE TECNICA DEI LAVORI

Il progetto delle opere di difesa è avvenuto considerando la presenza del **substrato roccioso**, in molti tratti affiorante e visibile lungo il tratto in analisi del Bormida, come piano di posa di posa delle fondazioni, secondo le sezioni tecniche allegate alla relazione geologica.
Le motivazioni progettuali sono essenzialmente dovute alla prevenzione da fenomeni di scalzamento al piede per effetti di erosione del fondo alveo.
Nello specifico si evidenza come l'asta del Bormida non risulta tendenzialmente bilanciata in termini di trasporto solido di fondo. A monte dell'area di intervento risulta infatti presente, a partire dagli anni 30 uno sbarramento fluviale, con interramento attualmente prossimo a lambire sostanzialmente la quota di sforo. Le esistenti paratoie sono mantenute prevalente non sollevate, specie in presenza di eventi di morbida. Il materiale di apporto per trasporto solido di fondo risulta quindi, nell'abitato del capoluogo di Cairo Montenotte, prevalentemente di provenienza dagli affluenti laterali.

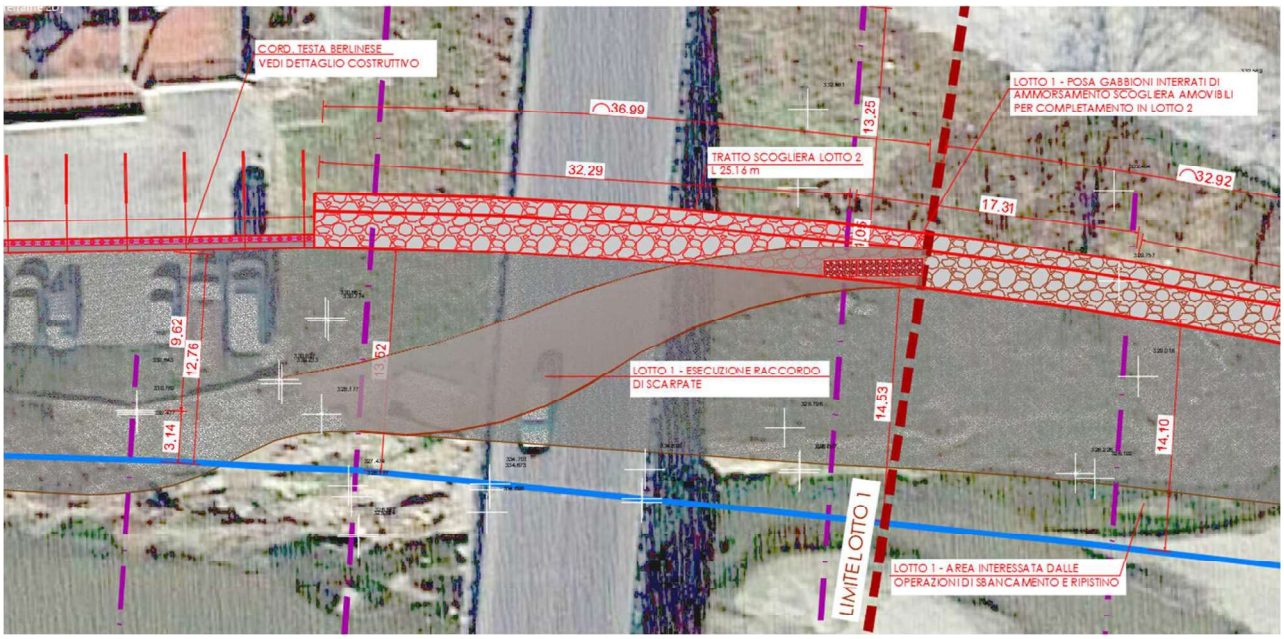
Nell'asta fluviale in analisi pertanto, come sottolineato nella relazione geologica, sono presenti diversi zone di erosione del fondo, evidenti per affioramento del substrato roccioso.
Partendo da monte, in riferimento alle sezioni di rilievo topografico così come riportate in mappa nelle Tavole 1 e 2, tali affioramenti su fondo alveo sono ubicati:

- Dalla sezione 78 alla 73, in corrispondenza della curvatura fluviale di sinistra orografica sottostante il parcheggio pubblico della chiesa "Madonna delle Grazie";
- Dalla sezione 48 fino a valle del Ponte Italia 61 a centro alveo;

I punti fissi di stabilizzazione del fondo, oltre gli affioramenti sopra descritti, sono inoltre presenti:

- Immediatamente a valle del Ponte SS29 (sezione 85), ove è presente una modesta soglia attualmente non emergente dal fondo;
- Alla sezione 61, immediatamente a monte dell'immissione del Rio Loppa, ove è presente una traversa.

In riferimento alle conclusioni della relazione idraulica, ove sono ritenuti validi possibili future opere riguardanti l'abbassamento della quota di coronamento della briglia per ulteriori miglioramenti del deflusso di piena, previo naturalmente studi di approfondimento geotecnici e di trasporto solido, la scelta della quota di imposta delle fondazioni, per il primo lotto in scogliera ciclopica cementa, ricade sul substrato roccioso, onde salvaguardare le opere da eventuali fenomeni di abbassamento delle quote d'alveo inciso.
Tali asserzioni sono analoghe per quanto riguarda il tratto del lotto 2 realizzato con struttura a berlinese. In tal caso la scelta progettuale è avvenuta al fine di mantenere condizioni stabili per quanto concerne gli scavi di sbancamento. Infatti le cantierizzazioni del lotto 2, per quanto possibile, tenderanno a non interrompere l'accesso e l'uso delle aree artigianali pressoché in fregio alla sponda fluviale, anche altresì in ragione del contenimento dei costi in termini di occupazioni temporanee e definitive. Inoltre, la necessità di regolarizzazione spondale a valle del ponte SS, impone l'uso di strutture non ciclopiche onde non ostruire il deflusso immediatamente a valle della pila di destra orografica, come evidente nell'estratto seguente.



Al fine inoltre del contenimento dei costi, in luogo di maggiori sezioni strutturali dei diametri dei micropali, si prevedono tiranti a barre filettate tipo Dywidag, di semplice installazione, inclinate al massimo di -60° rispetto all'orizzontale, onde cautelativamente salvaguardarsi da intervenire nei pressi delle fondazioni degli edifici esistenti. La protezione di valle della berlinese in muratura di cls armato risulta anch'essa fondata sul substrato roccioso onde prevenire trafilamenti di materiale in occasione degli eventi di piena.

A livello di mantenimento delle opere, si rimanda al relativo elaborato per quanto concerne la mera parte strutturale dei lavori, mentre per quanto concerne gli aspetti idraulici si dovrà monitorare nel tempo:

- quote di fondo alveo ed ai piedi delle scarpate, in relazione alla conformità agli elaborati grafici del presente progetto;
- Lo stato di efficienza dei barbacani microfessurati previsti, onde mantenere buone capacità di drenaggio e favorire l'allontanamento di eventuali innalzamenti di falda freatica, dipendente nel tratto in analisi principalmente dall'escursione del livello nel Bormida e in misura minore dalle precipitazioni cadenti sugli strati incoerenti dei versanti;
- l'eventuale abbancamento eccessivo e non amovibile per il solo effetto della corrente fluida di materiale fluviale sciolo in aree a basse velocità;
- la presenza di vegetazione infestante che possa minare le capacità di deflusso, innescare trasporti solidi flottanti contro le pile dei ponti esistenti e compromettere la durabilità delle opere previste;
- mantenimento di condizioni ispezionabili in corrispondenza delle piastre di tensionamento dei tiranti;
- monitoraggio celle di carico innestate sui tiranti;

In relazione all'opera a gravità gli scavi dovranno avvenire sostanzialmente in tre step verticali, onde permettere già in fase di cantiere la stabilizzazione al piede delle scarpate. In senso planimetrico scavo, abbancamento e costruzione opera a gravità sono previsi a campioni di circa 25/30 m, con protezione arginale lato centro alveo.
Le ture di protezione sono inoltre previste in soluzione continuità verso la sponda esistente, onde non interrompere il corridoio ecologico nelle fasi di cantiere.
In riferimento invece alla berlinese perforazioni, posa di armatura tubolare metallica, realizzazione cordolo di testa, installazione e messa in tensione dei tiranti sono previsti in continuità, mentre per il rivestimento in setto cementizio le previsioni sono analoghe a quanto sopra riportato.
Segue descrizione delle lavorazioni per macro-categorie, distinte per i due lotti funzionali.

6.1 SCOGLIERA IN MASSI CICLOPICI CEMENTATI – TRATTO LOTTO 1

Le operazioni prevedono:

- Allestimento cantiere, recinzioni di protezione, ture per lavori a campione in alveo, installazione segnaletica di cantiere;
- Pulizia generale strato vegetazionale interferente coi lavori, carico su automezzo ed invio a centro di conferimento;
- Scavo di sbancamento eseguito secondo le prescrizioni sopra riportate;
- Scavo in roccia e getto in CLS 12/15 per regolarizzazione piano di posa fondazione;
- Operazioni con pala meccanica gommata per abbancamento materiale nelle aree indicate in planimetria, realizzate onde impedire la circuitazione idraulica dell'opera spondale e relativa attacco di erosione localizzata;
- Realizzazione di scogliera in massi ciclopici squadrati in Luserna, Gneiss o simili, di terza e seconda categoria nella misura del 40% ciascuna, con aggiunta del 20% di prima categoria per riempimenti, intasamenti, ecc…;
- Getto integrativo in CLS 25/30 XC2 nella misura minima del 20% del volume totale dell'opera, contemplante nel mix design di additivo antiritiro ed inerti inferiori ai 25 mm di diametro, onde realizzare opera a gravità monolitica, con trascurabile indice dei vuoti. La scogliera dovrà inoltre essere sagomata secondo le dimensioni minime riportate nelle tavole allegate, con quindi paramenti di monte e valle ad inclinazioni ottimizzate;
- Inserimento, durante le fasi di messa in opera, di barbacani microfessurati in pvc con calza in geotessile da 500 gr/mq;
- Fornitura, riempimento ed installazione, nei tratti indicati nelle tavole allegate di gabbioni in rete metallica a doppia torsione a maglia esagonale, in filo di ferro in lega di Zinco-Alluminio conforme alla norma UNI-EN 10224-Classe A, conforme alle norme UNI EN 10223-3 per le caratteristiche meccaniche e UNI-EN 10218 per le tolleranze sui diametri, comprensivi di filo di ferro per le legature tra i vari elementi, filo a dimetro 3,00 mm;
- Sgomberi, risagomatura sponde secondo elaborati tecnici, pulizie finali.

6.2 SCOGLIERA IN MASSI CICLOPICI CEMENTATI – TRATTO LOTTO 2

Le operazioni prevedono:

- Allestimento cantiere, recinzioni di protezione, ture per lavori a campione in alveo, installazione segnaletica di cantiere;
- Pulizia generale strato vegetazionale interferente coi lavori, carico su automezzo ed invio a recupero;
- Scavo di sbancamento eseguito secondo le prescrizioni sopra riportate;
- Scavo in roccia e getto in CLS 12/15 per regolarizzazione piano di posa fondazione;
- Carico materiali di risulta su automezzo di trasporto per invio a riutilizzo;
- Realizzazione di scogliera in massi ciclopici squadrati in Luserna, Gneiss o simili, di terza e seconda categoria nella misura del 40% ciascuna, con aggiunta del 20% di prima categoria per riempimenti, intasamenti, ecc…;
- Getto integrativo in CLS 25/30 XC2 nella misura minima del 20% del volume totale dell'opera, contemplante nel mix design di additivo antiritiro ed inerti inferiori ai 25 mm di diametro, onde realizzare opera a gravità monolitica, con trascurabile indice dei vuoti. La scogliera dovrà inoltre essere sagomata secondo le dimensioni minime riportate nelle tavole allegate, con quindi paramenti di monte e valle ad inclinazioni ottimizzate;
- Inserimento, durante le fasi di messa in opera, di barbacani microfessurati in pvc con calza in geotessile da 500 gr/mq;
- Sgomberi, risagomatura sponde secondo elaborati tecnici, pulizie finali.

6.3 BERLINESE IN MICROPALI E TIRANTI – LOTTO 2

Le operazioni prevedono:

- Allestimento cantiere, recinzioni di protezione, ture per lavori a campione in alveo, installazione segnaletica di cantiere;
- Pulizia generale strato vegetazionale interferente coi lavori, carico su automezzo ed invio a recupero;
- Operazioni di demolizioni pavimentazioni, cordoli, tratto di massicciata stradale, disarmo ed accantonamento in cantiere pali di illuminazione;
- Carico materiali su automezzi materiali da demolizione ed invio a discarica controllata;
- Perforazioni a rotopercussione a diametro massimo 220 mm, installazione micropali in sezione 159 x sp 8 mm in acciaio S355 H per lunghezza minima di 8 m ed interasse 60 cm;
- Iniezione tipo IGU di malta cementizia Rck 30 additivata con antiritiro ed accelerante;
- Perforazioni a diametro 120 mm, passo 360 cm e successiva installazione tiranti permanenti a barre tipo Dywidag (fyk min = 500 N/mmq) ϕ 36 mm, infissione minima di 11 m;
- Iniezione tipo IGU di malta cementizia Rck 30 additivata con antiritiro ed accelerante per formazione bulbo in roccia compatta in lunghezza minima 600 cm;
- Realizzazione cordolo testa berlinese con armature come da dettagli costruttivi, casserature e getto CLS C32/40 XF1;
- Posa di piastre in acciaio S355 sp 30 mm, tensionamento tiranti a 22 ton;
- Esecuzione di scavi a passo di 1 m progressivo in verticale, comprese operazioni di scoperchiatura malta esterna sul paramento di valle dei micropali, carico su automezzo ed invio materiale di sbancamento a riutilizzo;
- Operazioni di installazione zanche in barre B450 C saldate al paramento di valle dei micropali;
- Scavo in roccia per realizzazione fondazione muro in cls di rivestimento berlinese, carico su automezzo risulte di sbancamento ed invio a riutilizzo;
- Formazione cordolo di fondazione con armature come da tavole allegate e getto CLS C25/30 XC2;
- Realizzazione di casserature per muro di rivestimento berlinese, posa armature come da tavole allegate e getto CLS 32/40 XF1;
- Scavo in banco per formazione sezioni d'alveo con le geometrie riportate nelle tavole allegate, carico su automezzo ed invio materiali, idoneamente analizzati e certificati a riutilizzo;
- Casseratura, posa in opera di armatura come da tavole allegate per formazione cordolo di ancoraggio al CLS C20/25 XC2 delle barriere metalliche di protezione;
- Fornitura e posa in opera di barriera metallica zincata bordo rilevato H1 in acciaio S235 JR;
- Reinstallazione con mezzi di assistenza di pali di illuminazione e relativa rimessa in funzione linea elettrica;
- Ripristino pavimentazione stradale con fondo in tout-venant, binder 7 cm e tappeto di usura 7 cm;
- Inserimento, durante le fasi di messa in opera, di barbacani microfessurati in pvc con calza in geotessile da 500 gr/mq;
- Sgomberi, risagomatura sponde secondo elaborati tecnici, pulizie finali;

6.4 OPERE DI RINATURALIZZAZIONE RIO BRICHELA

Le operazioni prevedono:

- Allestimento cantiere, recinzioni di protezione, ture per lavori a campione in alveo, installazione segnaletica di cantiere;
- Pulizia generale strato vegetazionale interferente coi lavori, carico su automezzo ed invio a recupero;
- Operazioni di escavatore per ripristini sezioni area esistente di calma in fondo roccioso del Rio Brichela, a monte dell'attuale tombinatura;
- Rimozione pavimentazione stradale, carico su automezzo ed invio a discarica delle risulte;
- Operazioni di tracciamento nuovo fondo alveo Rio Brichela, secondo le direttrici riportate nelle tavole allegate;
- Scavo a sezione trapezia per formazione nuova canalizzazione Rio Birchela dalle dimensioni riportate nei dettagli costruttivi allegati, carico su automezzo parte materiale ed invio a riutilizzo delle risulte;
- Getto di magrone in cls C 12/15, successiva posa di scatolare prefabbricato in calcestruzzo armato, turbo vibrocompresso, a sezione interna rettangolare min 2x27 m, confezionato con alti dosaggi di cemento ad alta resistenza ai solfati ed adatto ai carichi stradali;

- Ripristino pavimentazione stradale con fondo in tout-venant, binder 7 cm e tappeto di usura 7 cm;
- Fornitura, riempimento e posa in opera di materassi a tasche in rete metallica a doppia torsione a maglia esagonale, in filo di ferro in lega di Zinco-Alluminio conforme alla norma UNI-EN 10224-Classe A e protetto con idoneo rivestimento polimerico, conforme alle norme UNI-EN 10223-3 per le caratteristiche meccaniche e UNI-EN 10218 per le tolleranze sui diametri, maglia tipo 6x8 con filo avente diametro pari a 2,20 mm;
- Fornitura e posa in opera di canala a sezione trapezia in geocomposito, costituito dall'accoppiamento di una geostuoia in polipropilene sul lato superiore, da un geotessile nontessuto intermedio in polipropilene e da una pellicola poliolefinica impermeabile (PL) sul lato inferiore, come da dettagli costruttivi allegati;
- Sgomberi, risagomatura sponde secondo elaborati tecnici, pulizie finali.

7 SINTESI DELL'ANALISI IDRAULICA

Si riportano a titolo sintesi le risultanze della modellazione idraulica e relative considerazioni in merito all'efficienza ed alla funzionalità dei lotti previsti.

7.1 RIO BRICHELA – LOTTO 2

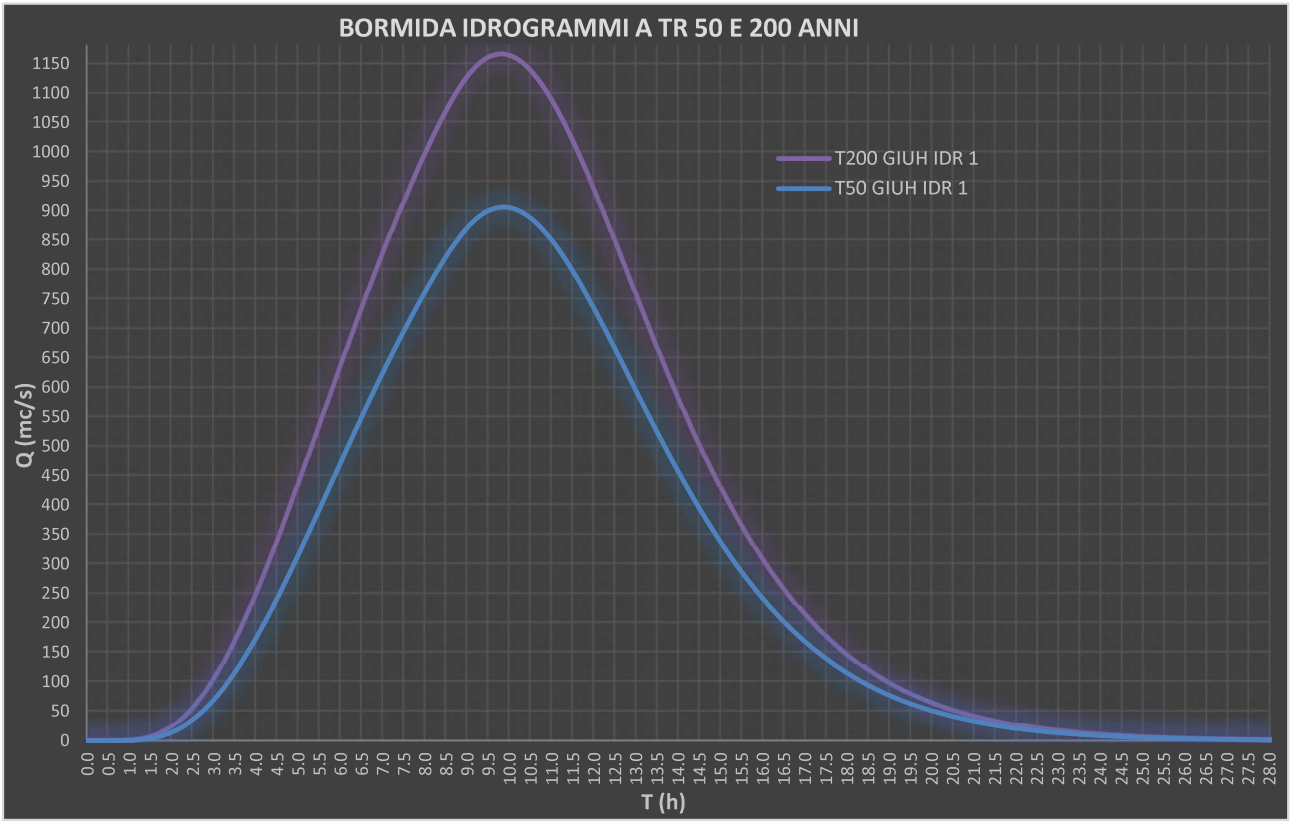
Per quanto concerne il Rio Brichela si evidenzia come l'opera di miglioramento è stata dedotta dalle risultanze dell'analisi condotta in moto permanente, svolta al fine di stimare le sezioni di minor costo in condizioni di sbocco libero. Ovviamente, in riferimento alle quote topografiche dell'areale in studio ed agli idrogrammi di piena a Tr 50 e 200 anni del Bormida, l'inserimento come condizioni al contorno di valle di livelli idrici noti non consentono sostanzialmente la possibilità di analisi idraulica in quanto l'area oggetto di sistemazione del Rio Brichela risulta sostanzialmente rigurgitata ed in esondazione anche con portate contenute.
La simulazione condotta evidenzia tuttavia, un livello idrico compreso tra 331.71 e 331.63 nelle sezioni immediatamente a valle e monte dell'attraversamento, a fronte di una quota di intradosso strutturale posta a 332.8 m slm, garantendo pertanto un franco di sicurezza superiore ad 1 m, in linea quindi con l'allegato 2 del vigente RR 1/20116.
Analogamente le quote in tutto il tratto le quote di testa sponda nelle sezioni in rinaturalizzazione garantiscono un franco di sicurezza superiore ai 50 cm.
Ne consegue pertanto come le opere rinaturalizzazione del Rio Brichela risultano, in condizioni non rigurgitate per le premesse di cui sopra, in linea al vigente RR 1/2016.
Infine l'ulteriore miglioramento è evidenziabile nella riduzione dell'angolo di raccordo al Bormida, con conseguente diminuzione delle pertite di carico allo sbocco.

7.2 FIUME BORMIDA – LOTTI 1 E 2

Premesso come le opere funzionali di entrambi i lotti sono rivolte **al contrasto di erosione avanzante in curva fluviale** di destra orografica, **al mantenimento di continuità e regolarità spondale** e non ultimo **al miglioramento del deflusso idraulico**, si riporta ad introduzione delle conclusioni una breve sintesi dei punti salienti riportati nelle relazioni idrologica ed idraulica.

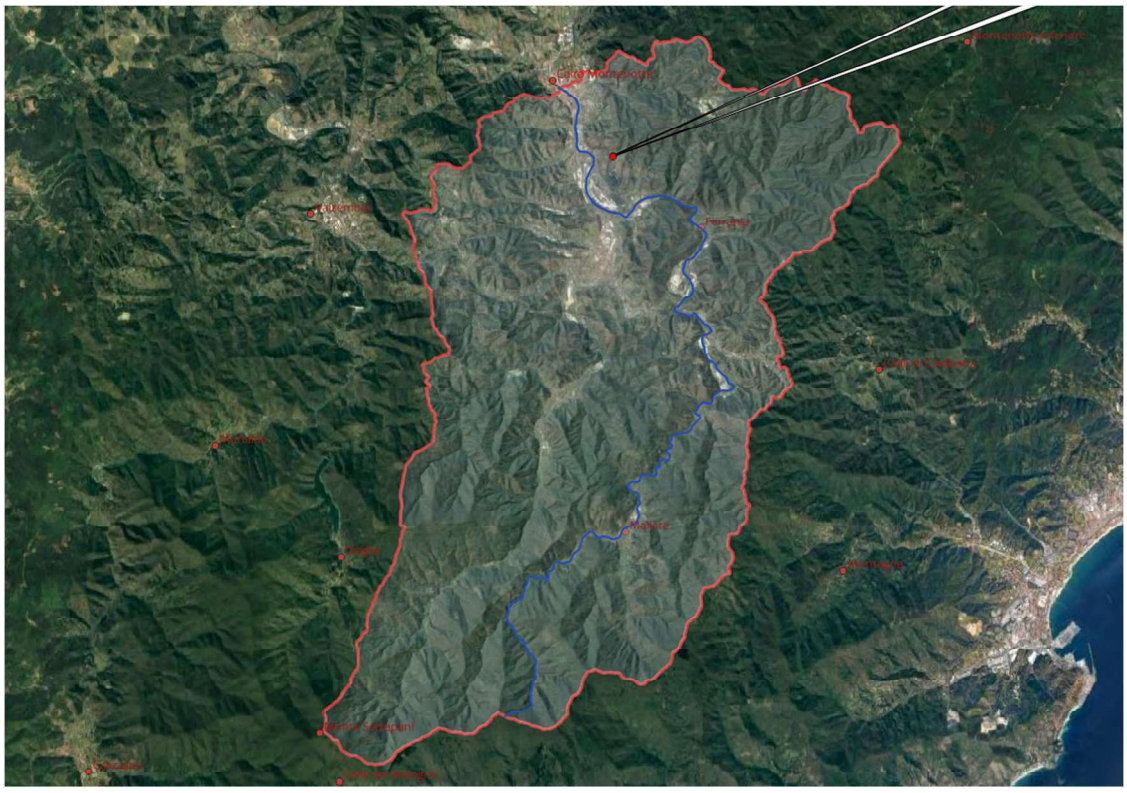
7.2.1 PORTATE DI RIFERIMENTO

La valutazione delle piene è avvenuta tramite costruzione di idrogrammi a TR 50 e 200 anni, secondo la metodologia GIUH prevista della vigente DGR 357/2008, la cui forme e colmi di piena sono evidenziati nel grafico seguente.

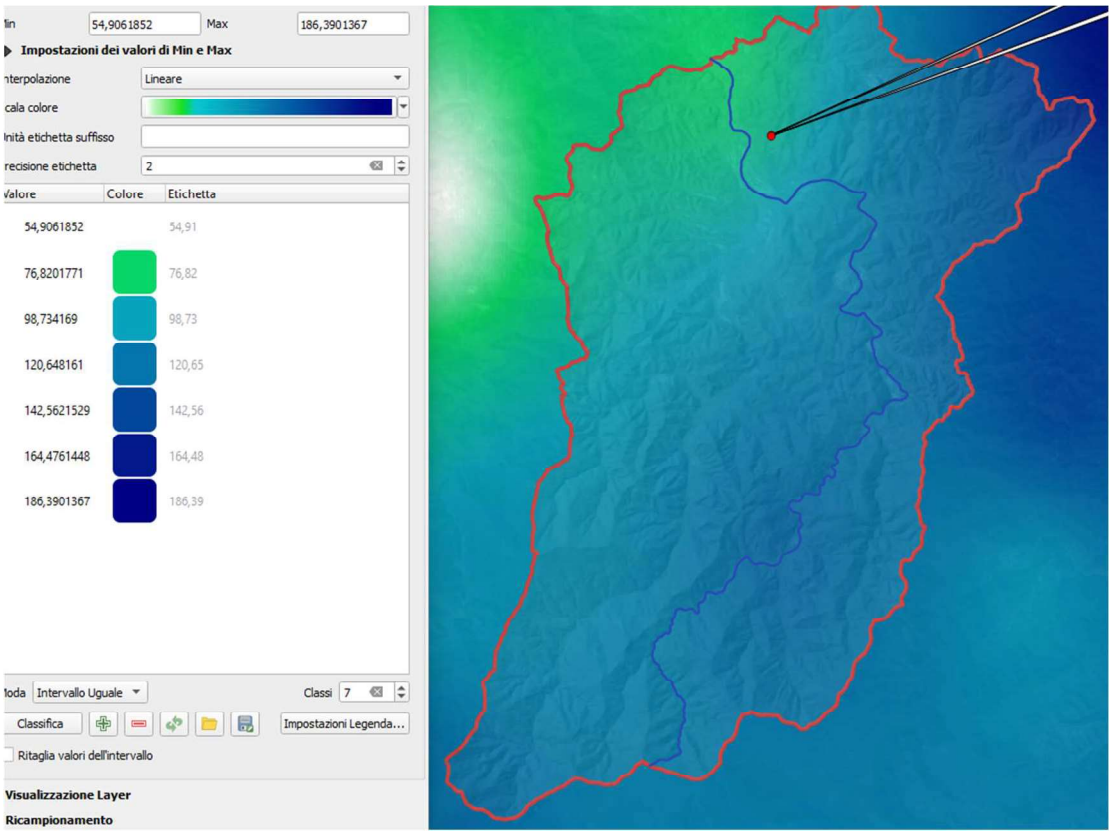


IDROGRAMMI DI PIENA A TR 50 E 200 ANNI

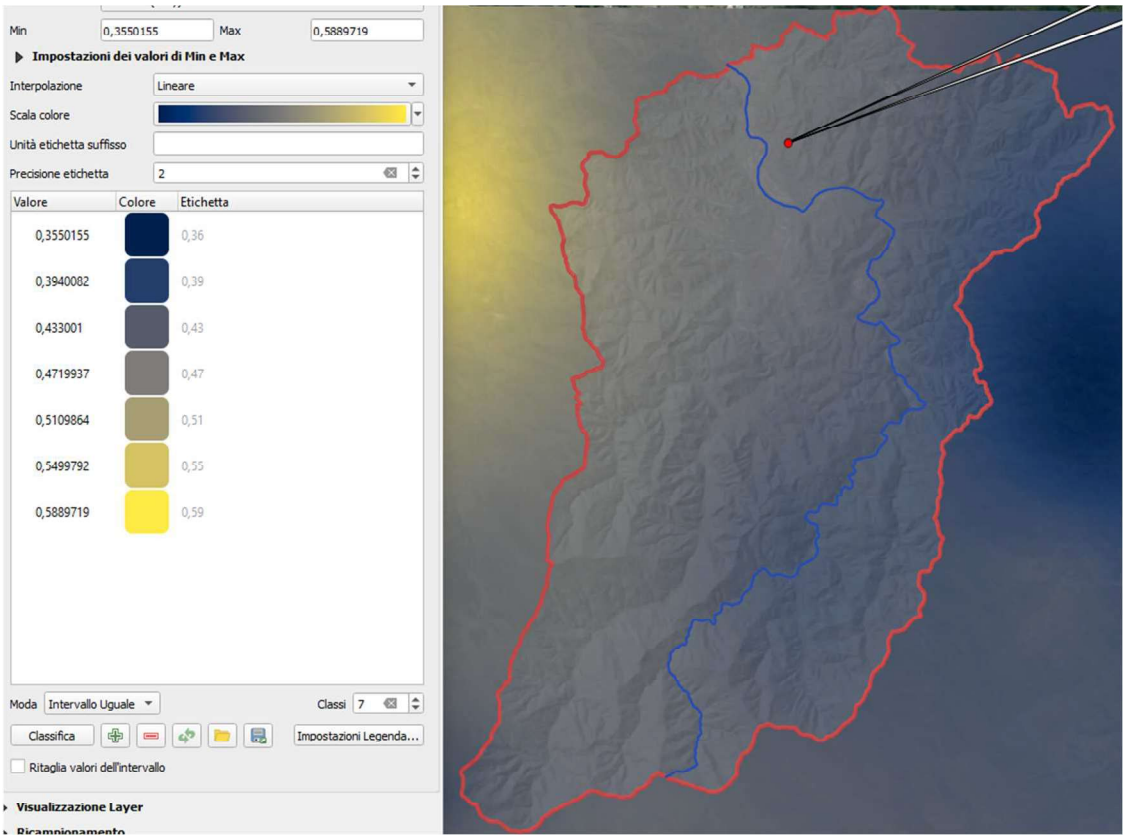
Tali idrogrammi assunti quindi come riferimento del presente PFTE, oltre che da valutazioni fisiografiche eseguite con software di geo-interpretazione, **derivano dal calcolo di precipitazioni d'evento** elaborate come una media spaziale delle curve di possibilità pluviometriche (tipo Gumbel), calcolate su pluviometri riportanti misurazioni degli ultimi 20 anni - quindi captanti una serie di scenari di notevole intensità - ed ubicati anche nell'intorno dello spartiacque del bacino in analisi, così come specificatamente evidenziate, a titolo di sintesi a tempo di ritorno 200ennale, dalle mappature seguenti.



PLUVIOMETRI ANALIZZATI



DISTRIBUZIONE SPAZIONE SPAZIALE COEFFICIENTE PLUVIOMETRICO ORARIO "a" (mm) – TR 200



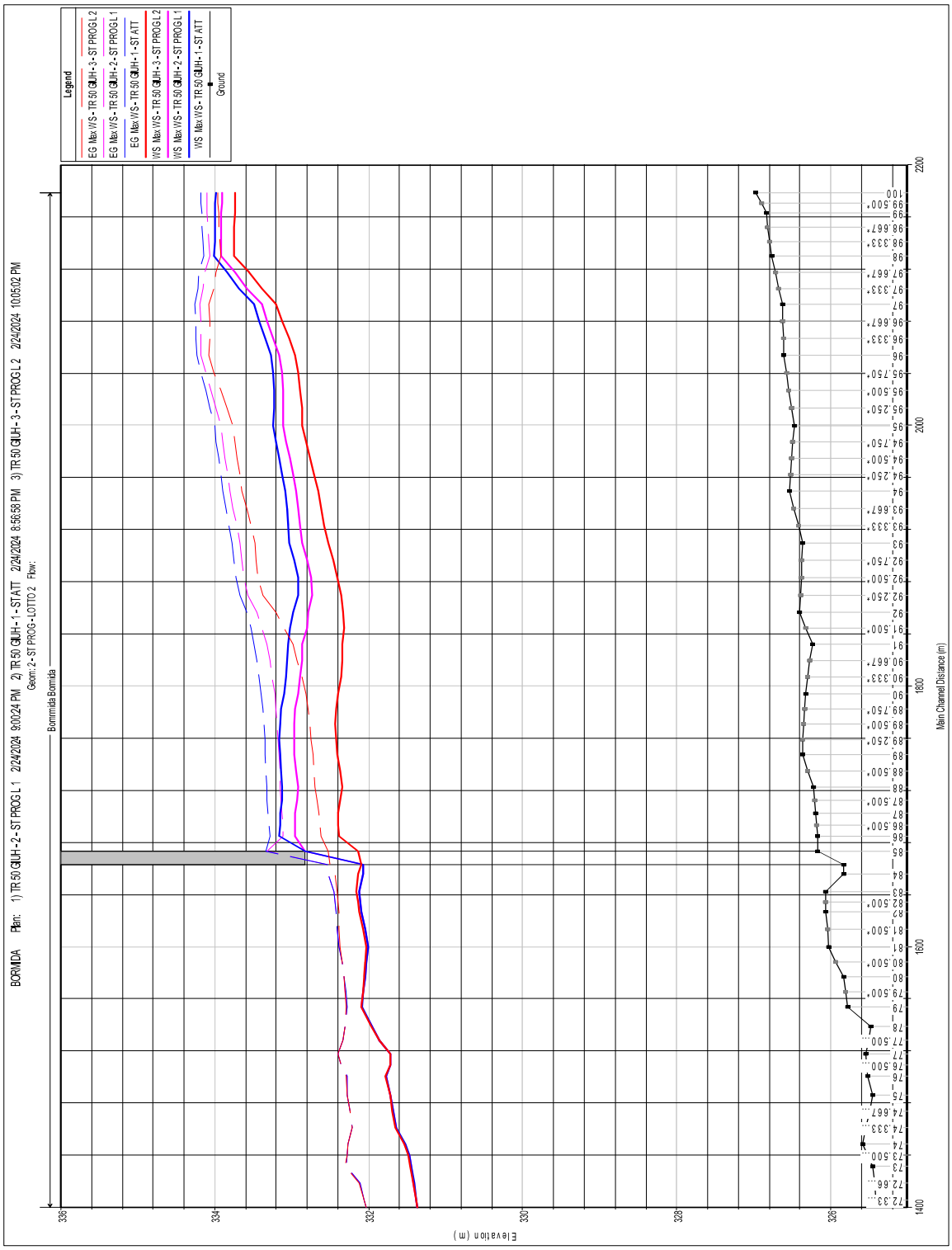
DISTRIBUZIONE SPAZIONE SPAZIALE PARAMETRO "n" (mm) - – TR 200

7.2.2 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE

I modelli di stato attuale, progetto lotto 1, progetto lotto 2 , svolti in condizioni di moto vario 1D evidenziano, con le esclusioni delle variazioni numeriche centimetriche tipiche della soglia di sensibilità computazionale, miglioramenti del deflusso idraulico, così come ben evidenziato nella tabella di confronto riportata al paragrafo 6.6.4. della *Relazione Idraulica.*

In particolare a tempo di ritorno 50ennale alle sezioni 89 e 86, poste a monte del ponte SS29**, il livello idrico è rispettivamente ridotto di 74 e 77 cm in lotto 1+2, mentre nel preliminare lotto 1 comunque di 20 e 21 cm.**

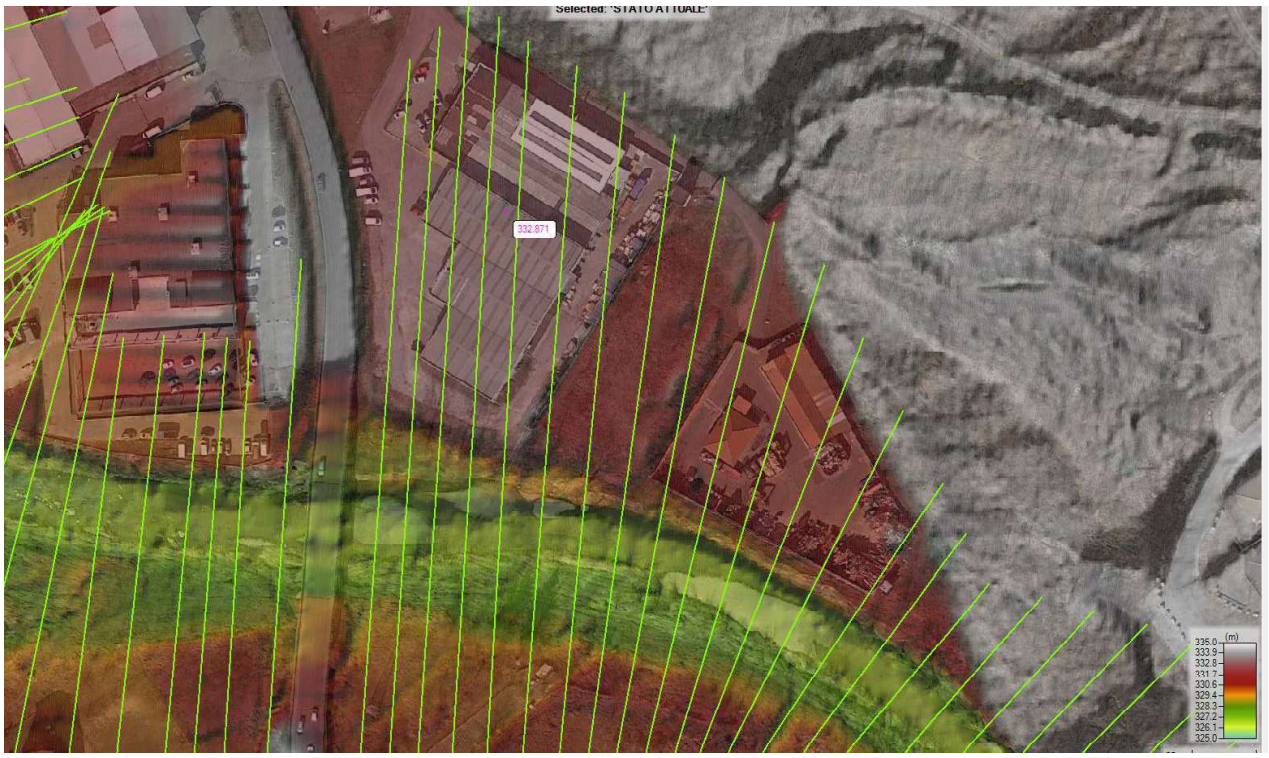
Come inoltre graficamente riportato nel seguito il completamento di entrambi i lotti consente il passaggio della portata 50ennale senza lambire la quota minima dell'intradosso di impalcato del ponte SS29, realizzato inclinato in senso longitudinale.



Più a valle, sempre a Tr 50 anni ed in configurazione di progetto di entrambi i lotti funzionali, i miglioramenti maggiormente evidenti sono in relazione alla riduzione della velocità della corrente, evidente particolarmente alla sezione 84 (valle ponte SS29), ove **l'eliminazione del parcheggio posto in ostruzione alla pila di sponda destra, consente una riduzione di 0.74 m/s.** A Tr 200 anni nella medesima sezione la riduzione di velocità è ancora evidente e pari a 0.68 m/s.

Inoltre le mappe di esondazione, attualmente cautelative e svolte in solo moto 1D, evidenziano una generale diminuzione e consentono l'esclusione a TR 50 anni delle aree artigianali in sponda destra comprese tra la collina Birichela e la SS29.

La diminuzione del livello idrico si evidenzia nei seguenti estratti di modello.



QUOTA PIAZZALE _ 332.871



TR 50 ANNI _ STATO ATTUALE _ 333.12



TR 50 ANNI _ LOTTO 1 _ 332.93



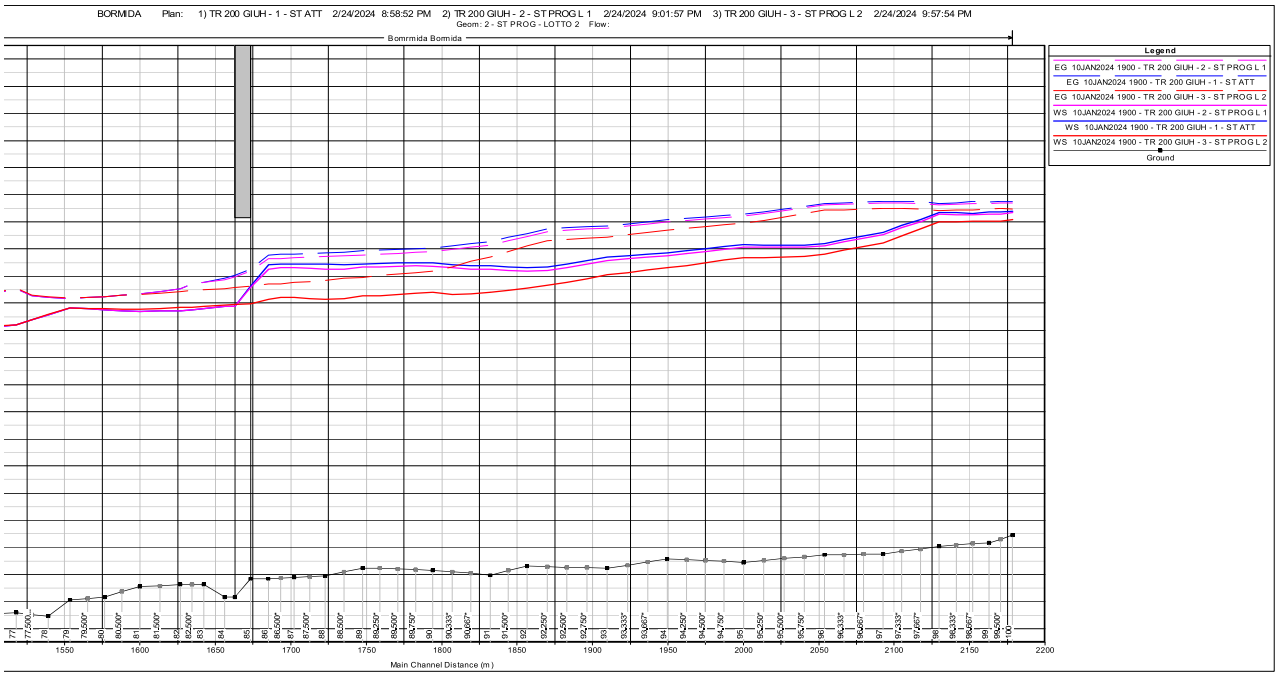
TR 50 ANNI _ LOTTO 1 + 2 _ 332.39

Più a valle e con particolare riferimento alla portata 200ennale i miglioramenti si riducono sostanzialmente, causa il forte rigurgito causato dalla presenza della briglia, ubicata alla sezione 61.

Si conclude pertanto come i due lotti funzionali garantiscono il contenimento delle erosioni spondali migliorando inoltre il deflusso idraulico.

Si sottolinea infine inoltre come al paragrafo 6.6.3 della Relazione Idraulica è stato inoltre confrontato il livello duecentennale a 6 h a partire da inizio evento. In tale configurazione la portata in transito al di sotto del Ponte S.S. è attorno ai 625 mc/s.

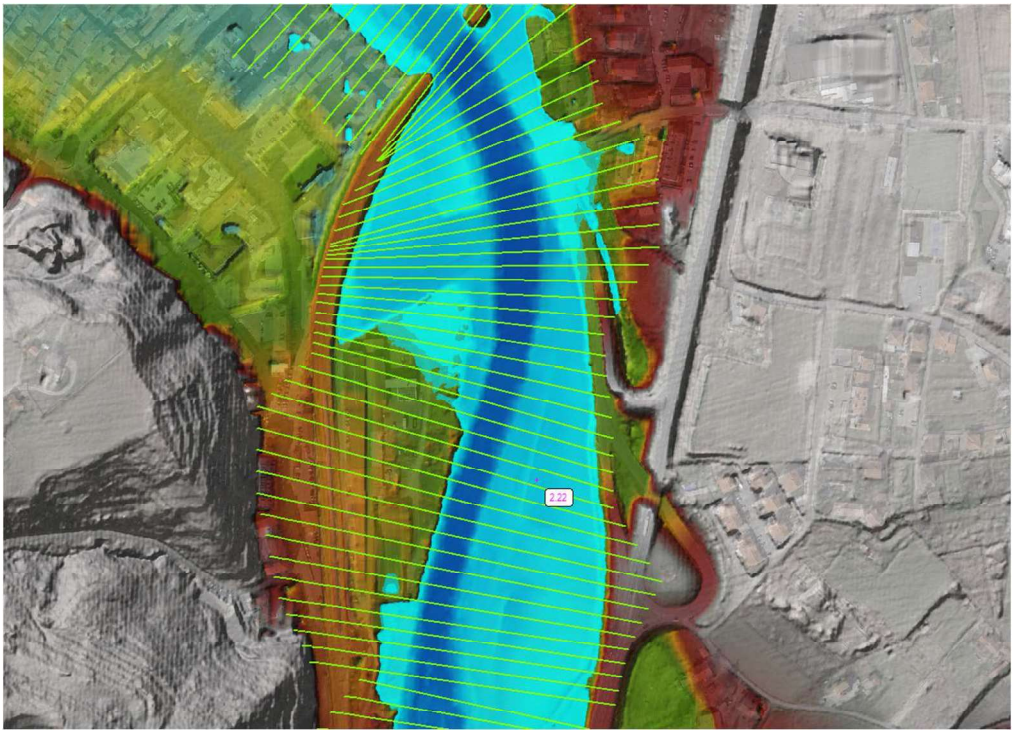
Come evidente inoltre il profilo di corrente a tale portata in lotto 1 + 2 non subisce pressoché aumenti di carico in corrispondenza del ponte SS, causa l'abbasssamento di livello idrico nelle sezioni di valle. Le stesse, quindi a seguito degli interventi di cui al lotto 2, presentano una sensilbimente inferiore influenza del rigurgito proveniente da valle, specie a portate a bassi tempi di ritorno.



Ne consegue pertanto come ad alti tempi di ritorno i livelli sono quindi determinati sostanzialmente dalla quota di testa briglia presente alla sezione 61.

E' lecito pertanto asserire come futuri lotti funzionali possono condurre ad ulteriori notevoli miglioramenti prevendo una riduzione delle quote di testa traversa, previo naturalmente analisi di dettaglio sull'erosione del fondo e sulle fondazioni delle opere spondali esisenti nel tratto.

Esiste inoltre la possibilità di abbassamento delle quote dell'area golenale esistente a monte del ponte ferroviario, onde ottenere, previo verifiche di dettaglio bidimensionali ed analisi costi/benefici, una laminazione del colmo di piena immediatamente a monte del centro abitato, ove l'asta fluviale risulta influenzata dalla presenza di ponti con pile in alveo e non sufficienti quote di intradosso struttura.



8 CONCLUSIONI GENERALI

Per quanto sopra esposto e motivato i lotti 1 e 2 dell'intervento in progetto ricalcano la definizione di funzionalità in quanto entrambi conducono a miglioramenti delle condizioni di deflusso e stabilità delle scarpate.
Essi si ritengono pertanto ammissibili in quanto migliorativi in termini di livelli idrici, risolutivi in termini di continuità e stabilità spondale ed inoltre conducono al raddrizzamento della corrente liquida con andamento pressoché parallelo ai paramenti delle pile in alveo del ponte SS29.

TANTO PER L'INCARICO AFFIDATOMI,
CAIRO MONTENOTTE (SV) , 02 2024 ING. ALESSANDRO BARBERO