

Nuova S.S.195 "Sulcitana" Tratto Cagliari - Pula
Collegamento con la S.S.130 e aeroporto di Cagliari Elmas
Opera Connessa Nord

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE: RTI GPI-IRD-SAIM-HYPRO

<p>IL GEOLOGO</p> <p><i>Dott. Geol. Marco Leonardi</i></p> <p>Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 1541</p>	<p>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111 settore a-b-c</p> <p><i>Ing. Paolo Orsini</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 13817</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p> <p><i>Ing. Vincenzo Secreti</i> Ordine Ingegneri Provincia di Crotone n. 412</p>	<p>GRUPPO DI PROGETTAZIONE (Mandatario)</p> <p>GPI INGEGNERIA GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</p> <p>IRD IRD ENGINEERING</p> <p>SAIM Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</p> <p>HYpro srl</p> <p>(Mandante)</p> <p>(Mandante)</p> <p>IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</p> <p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035</p>
<p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p>	<p>VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</p> <p><i>Ing. Michele Coghe</i></p>	<p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> ORDINE INGEGNERI ROMA N° 14035</p>

IDROLOGIA E IDRAULICA
IDRAULICA DEI CORSI D'ACQUA

RELAZIONE IDRAULICA

<p>CODICE PROGETTO</p> <p>PROGETTO LIV. ANNO</p> <p>DPCA0150 D 23</p>	<p>NOME FILE</p> <p style="text-align: center;">T00ID02IDRRE01_A</p> <p>CODICE ELAB. T 0 0 I D 0 2 I D R R E 0 1</p>	<p>REVISIONE</p> <p style="text-align: center;">A</p>	<p>SCALA</p>
D			
C			
B			
A	Emissione	Giugno '23	MALCOTTI SIGNORELLI Guiducci
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO VERIFICATO APPROVATO

INDICE

1. <u>PREMESSA</u>	3
1.1. DESCRIZIONE SINTETICA DEL TRACCIATO STRADALE	6
2. <u>RIFERIMENTI NORMATIVI</u>	8
2.1. PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)	8
2.2. PIANO STRALCIO FASCE FLUVIALI	11
2.3. PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI (PGRA)	12
3. <u>ANALISI IDRAULICA DEL CANALE IMBOI</u>	14
3.1. INQUADRAMENTO IDRAULICO DEL TERRITORIO	14
3.2. MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE	16
3.2.1. <i>Allestimento del modello idrodinamico</i>	16
3.3. SCENARI DI VERIFICA IDRAULICA	24
3.4. SINTESI DEI RISULTATI	25
3.5. ANALISI DELLE ITERAZIONI TRA CORRENTE E STRUTTURE	36
3.5.1. <i>Franco idraulico</i>	36
3.5.2. <i>Sottospinte idrauliche</i>	37
4. <u>METODOLOGIA DI VERIFICA INLET / OUTLET CONTROL</u>	39
5. <u>CONCLUSIONI</u>	46

PROGETTAZIONE ATI:

PROGETTAZIONE ATI:

1. PREMESSA

L'intervento in oggetto rientra nel più ampio progetto di realizzazione della nuova "SS195 "Sulcitana" di collegamento tra Cagliari e Pula, in provincia di Cagliari (CA), finalizzata a meglio raccordare l'area del Sulcis con la strada statale SS130 e l'aeroporto di Cagliari Elmas.

Il Lotto, denominato "Opera Connessa Nord", ricade nei comuni di Assemmini e Capoterra e funge da collegamento funzionale tra la provinciale SP2 e il Lotto denominato "Opera Connessa SUD" (in fase di costruzione) in corrispondenza dello svincolo Inceneritore-Dorsale Casic, ripercorrendo in parte la strada Dorsale Casic in località Macchiareddu.

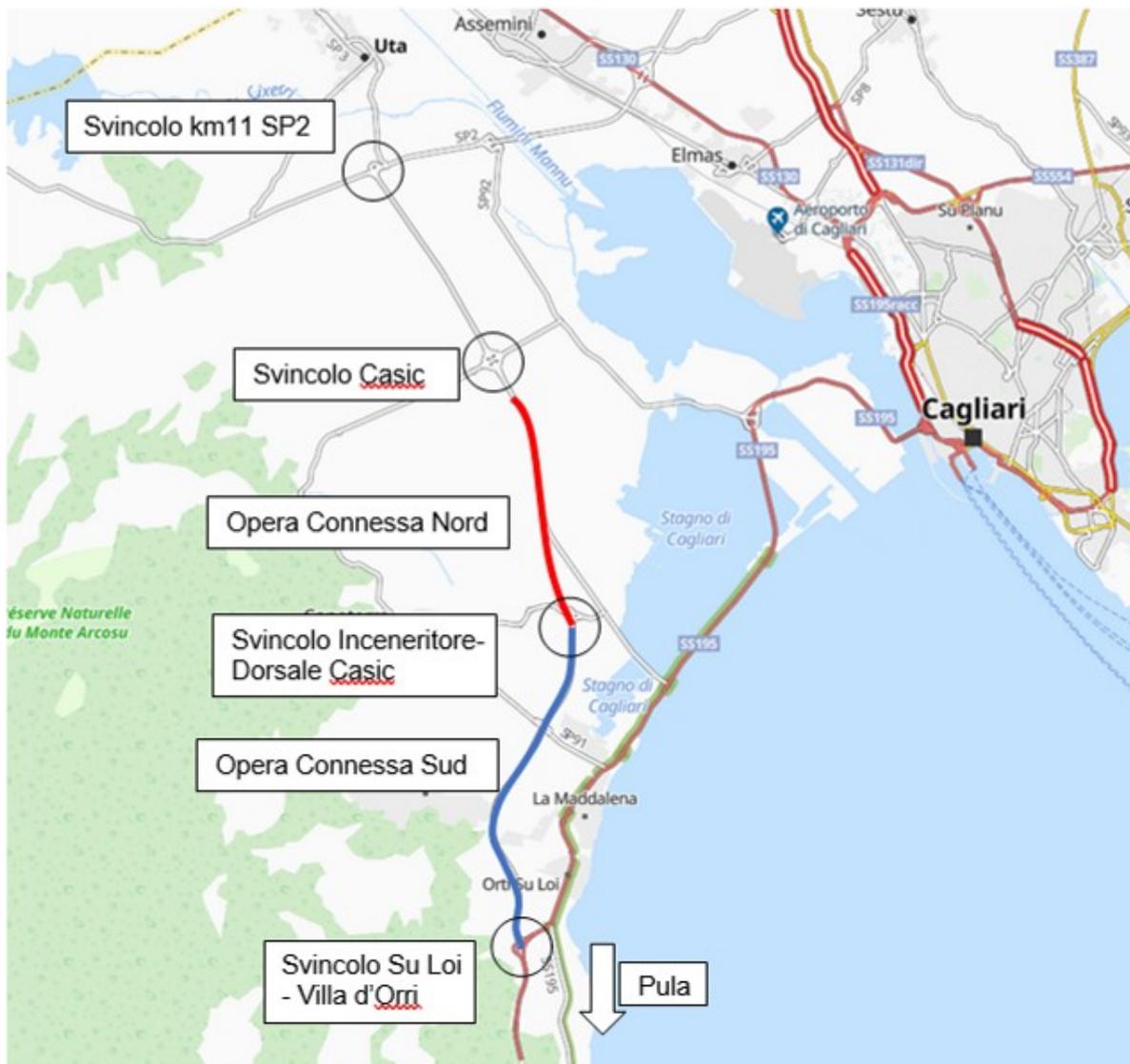


Fig. 1 Corografia di inquadramento: in rosso il Lotto in oggetto

PROGETTAZIONE ATI:

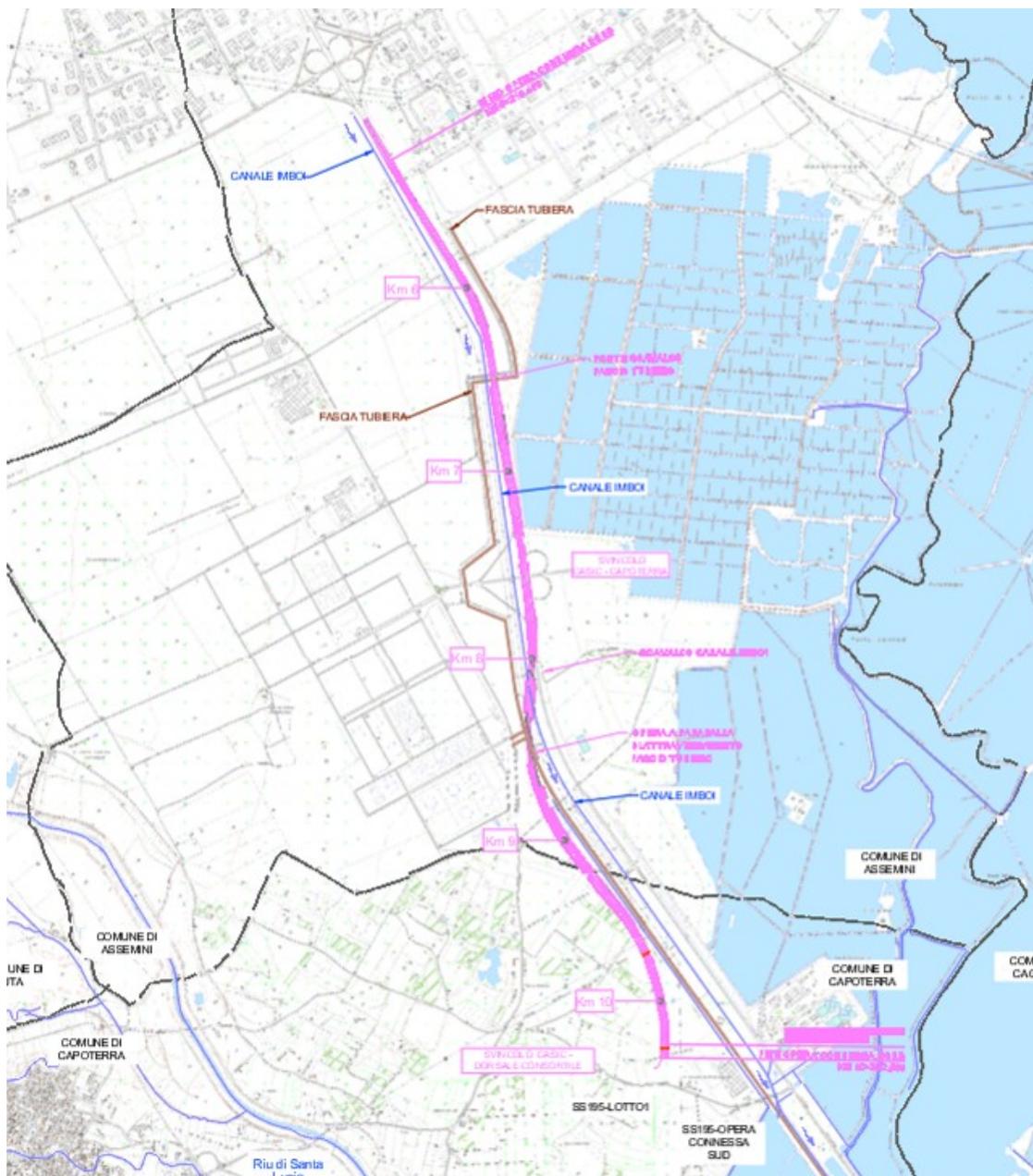


Fig. 2 Tracciato di progetto e reticolo idrografico

L'inquadramento normativo connesso alle attività idrologiche ed idrauliche consente di poter delimitare i vincoli attorno ai quali costruire/inserire il progetto. Nel quadro complessivo, si pone particolare attenzione alle norme definite dal Distretto Idrografico Sardegna (PAI e Direttiva Alluvioni), nonché alle norme tecniche delle costruzioni NTC2018.

PROGETTAZIONE ATI:

L'attività idrologica sviluppata è coerente con gli approcci regionali e nazionali, e tiene conto, mediante opportune assunzioni, delle necessarie cautele che gli eventi alluvionali meteorici impongono.

L'attività ha previsto la preliminare definizione del reticolo idrografico: il reticolo è quello ufficiale acquisito direttamente dalla Regione, assunto a riferimento per tutti gli studi idraulici sul territorio regionale sardo.

Sulla scorta di tale reticolo, insieme ad una analisi cartografica di dettaglio, sono state codificate tutte le interferenze principali e secondarie (compluvi), così come descritto nella tavola "Planimetria delle interferenze idrografiche".

Sono n.3 in particolare i bacini analizzati:

- n. 1 corso d'acqua principale, il Canale Imboi, identificato da B.01 a B.03 per sottosezioni di calcolo idraulico e approfondito successivamente mediante modellistica idraulica numerica in modalità bidimensionale;
- n. 2 compluvi (C.01 e C.02), che NON hanno un reticolo idrografico associato e che saranno analizzati mediante verifiche idrauliche semplificate.

Dalla consultazione del Piano di Assetto Idrogeologico e Piano Gestione Rischio Alluvioni, risulta che un tratto della strada statale già esistente ricade all'interno di pericolosità idraulica mappata nel piano (vedasi a tal proposito tavola "PAI" negli elaborati grafici del presente progetto).

Dal punto di vista dell'analisi idraulica, le verifiche si sono distinte tra i corsi d'acqua principali (Imboi) (codifica B nella tabella di bacino) e quelli NON censiti nel reticolo regionale (denominati compluvi, codifica C nella tabella di bacino).

I corsi d'acqua principali sono normalmente analizzati mediante modellistica numerica; nel caso specifico del Canale Imboi la verifica è stata condotta con metodologia bidimensionale, attuando scenari ANTE e POST OPERAM.

I compluvi sono stati invece approcciati mediante metodologia Inlet/Outlet control.

Le geometrie utilizzate per i modelli numerici derivano tutte dal rilievo celerimetrico/aerofotogrammetrico appositamente realizzato e dai sopralluoghi effettuati.

1.1. DESCRIZIONE SINTETICA DEL TRACCIATO STRADALE

Le caratteristiche stradali del nuovo collegamento sono quelle di una strada di categoria B "STRADA EXTRAURBANA PRINCIPALE" costituita da due carreggiate da 9,75m con spartitraffico centrale.

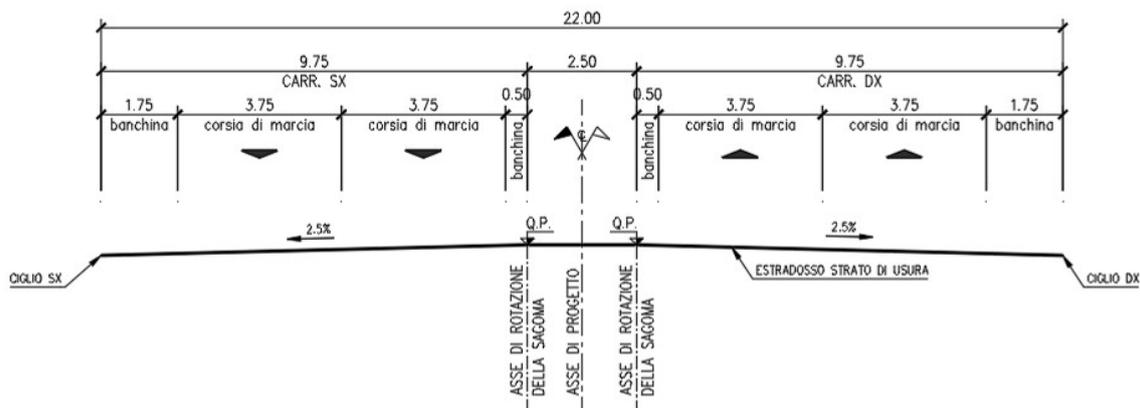


Fig. 3 Schema di strada Cat. B

Il tracciato prevede:

- l'adeguamento ad una sezione tipo B DM2001 di circa 5km di strada esistente;
- l'adeguamento dello svincolo Casic-Capoterra;
- la realizzazione sull'asse principale di un ponte/cavalcavia "a farfalla" per l'attraversamento della Fascia Tubiera Casic alla pk 8+336;
- di un cavalcavia sullo svincolo Casic-Capoterra;
- di n.4 ponti per l'attraversamento del Canale Imboi e la realizzazione di un sottopasso.

In termini planimetrici si prevede:

- un primo tratto in sovrapposizione alla consortile, sino allo svincolo CASIC;
- curva verso destra per superare il Canale Imboi;

PROGETTAZIONE ATI:

- flesso tra canale Imboi e fascia tubiera, con curva verso sinistra per affiancarsi alla fascia tubiera stessa;
- nuovo flesso e successiva curva verso destra per allinearsi al Lotto Opera Connessa Sud.

In termini di profilo altimetrico il tracciato presenta:

- due vertici di massimo, entrambi presso gli scavalchi della fascia tubiera;
- tre vertici di minimo: all'inizio, presso lo svincolo CASIC e alla fine del tracciato.

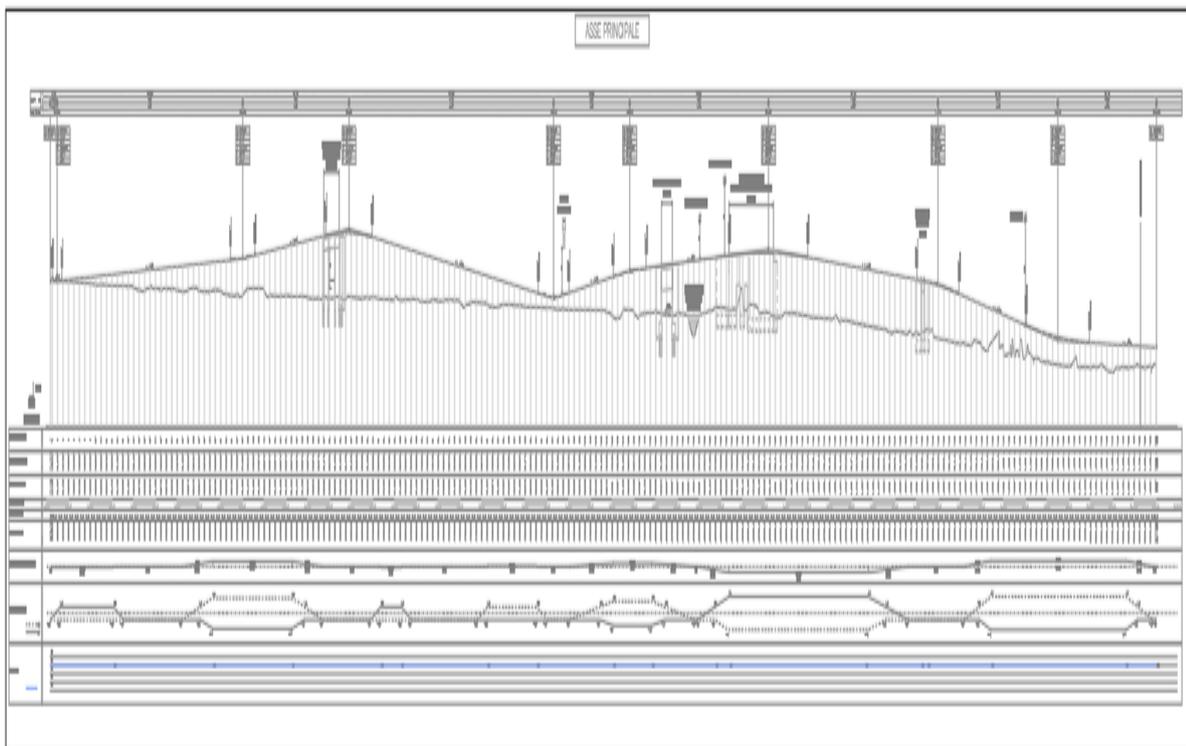


Fig. 4 Schema di Profilo longitudinale

PROGETTAZIONE ATI:

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Le analisi sono state svolte nel rispetto della seguente normativa regionale e nazionale:

- R.D. n°523 del 1904 e ss.mm.ii.
- D.lqs. n°152 del 2006
- D.M. 11.03.1988 e Circolare 9.1.1996 n.218/24/3 del Ministero LL.PP.
- Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 06/06/2001 - "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia"
- Circolare 2 febbraio 2009 n. 617. C.S.LL.PP.
- NTC2018 Norme Tecniche per le Costruzioni
- N.T.A. e Linee Guida del Piano Stralcio per l'Assetto Idrologico
- Direttive per la manutenzione degli alvei e la gestione dei sedimenti approvate dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino regionale della Sardegna con Delibera n°22 del 1° agosto 2012
- Piano Stralcio Fasce Fluviali
- Piano di Gestione del Rischio di alluvioni (approvato con delibera C.I. n. 2 del 19/02/2019 e ultimo aggiornamento con delibera C.I. n.1 del 16/06/2020)

A seguire un dettaglio più specifico inerente ai Piani idraulici di settore.

2.1. PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino unico regionale PAI, è redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione. Il PAI è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato. Il PAI ha valore di piano territoriale di settore e prevale sui piani e programmi di settore di livello regionale. Il PAI è stato approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n.67 del 10.07.2006 con tutti i suoi elaborati descrittivi e cartografici.

Il PAI ha definito pericolosità idraulica e rischio non a livello estensivo sul reticolo principale e secondario ma solo in tronchi potenzialmente critici ai fini dello smaltimento della portata di piena, individuati secondo le metodologie descritte nelle Linee Guida allegate alla Relazione generale di piano.

PROGETTAZIONE ATI:

In tali tratti sono state definite quattro classi di pericolosità idraulica corrispondenti a tempi di ritorno crescenti, come descritto nella tabella seguente.

Tab. 1 PAI classi di pericolosità idraulica (Hi)

Pericolosità		Frequenza (1/T)	Periodo di ritorno (T anni)
H _{i1}	bassa	0.002	500
H _{i2}	moderata	0.005	200
H _{i3}	alta	0.010	100
H _{i4}	molto alta	0.020	50

In corrispondenza di tali tratti critici sono quindi stati definiti gli elementi a rischio (E) di essere colpiti da eventi calamitosi; tali elementi sono stati suddivisi in coerenza con la normativa vigente, secondo le seguenti classi:

Tab. 2 PAI classi elementi a rischio (E)

Classi	Elementi	Peso
E1	Aree escluse dalle definizioni E2, E3 ed E4. Zona boschiva. Zone di protezione ambientale con vincolo estensivo (p.e. vincolo Galasso). Zone falesie costiere con possibilità di frequentazione.	0,25
E2	Zona agricola generica. Infrastrutture puntuali per le telecomunicazioni. Zone di protezione ambientale con vincolo specifico ma non puntuale (p.e. parchi, riserve...).	0,50
E3	Infrastrutture pubbliche (altre infrastrutture viarie e fondo artificiale, ferrovie, oleodotti, elettrodotti, acquedotti, bacini artificiali). Zone per impianti tecnologici e discariche di R.S.U. ed assimilabili, zone di cava e zone minerarie attive e non, discariche minerarie di residui di trattamento, zona discarica per inerti. Beni naturali protetti e non, beni archeologici. Zona agricola irrigua o ad alta produttività, colture strategiche e colture protette. Specchi d'acqua con aree d'acquacoltura intensiva ed estensiva. Zona di protezione ambientale puntuale (monumenti naturali e assimilabili).	0,75
E4	Centri urbani ed aree urbanizzate con continuità; nuclei rurali minori di particolare pregio; zone di completamento; zone di espansione; grandi insediamenti industriali e commerciali; servizi pubblici prevalentemente con fabbricati di rilevante interesse sociale; aree con limitata presenza di persone; aree extraurbane poco abitate; edifici sparsi; nuclei urbani non densamente popolati; aree sedi di significative attività produttive (insediamenti artigianali, industriali, commerciali minori); Zona discarica rifiuti speciali o tossico nocivi. Zona impianti industriali ad elevato rischio potenziale. Aree di intensa frequentazione turistica. Beni architettonici, storici e artistici. Infrastrutture pubbliche strategiche (strade statali). Porti vari, aeroporti, stazioni.	1

In questo modo, posta cautelativamente la Vulnerabilità pari a 1, è stato possibile definire le diverse classi di rischio secondo l'usuale formula:

$$R_i = H_i \cdot E \cdot V$$

Le classi di rischio adottate nel PAI conformi alla normativa in materia sono descritte in Tab. 3 PAI classi di rischio idraulico (Ri).

Tab. 3 PAI classi di rischio idraulico (Ri)

Rischio idraulico			Descrizione degli effetti
Classe	Intensità	Valore	
R ₁₁	Moderato	≤ 0,002	danni sociali, economici e al patrimonio ambientale marginali
R ₂₂	Medio	≤ 0,005	sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche
R ₃₃	Elevato	≤ 0,01	sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale
R ₄₄	Molto elevato	≤ 0,02	sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione delle attività socio-economiche

Il canale Imboi è interessato in parte dal PAI Pericolosità idraulica, in corrispondenza dello svincolo Capoterra – Casic alla progressiva 7+200 circa dell'opera connessa nord, dove si palesa una relazione con aree a pericolosità bassa (H₁₁).

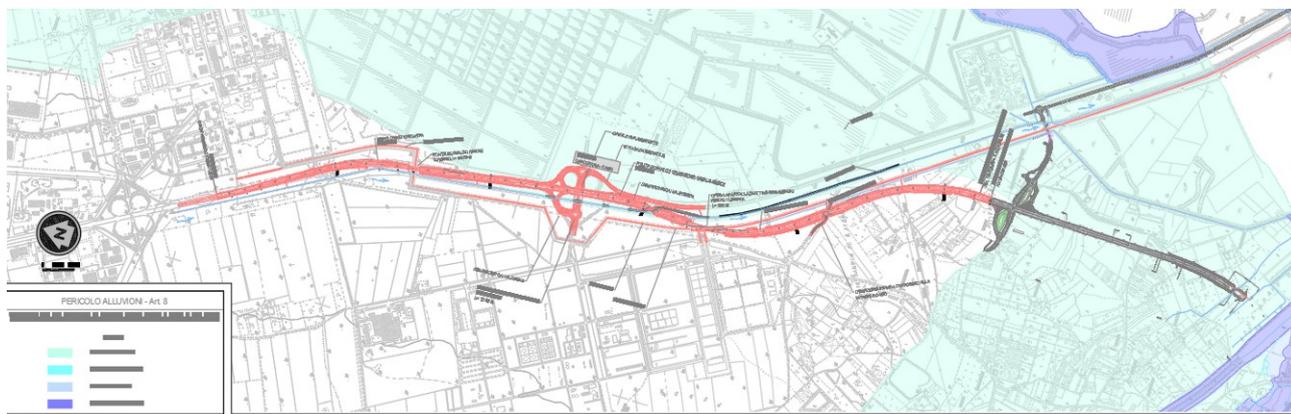


Fig. 5 Pericolo idraulico: area interessata la zona dello svincolo CASIC.

La perimetrazione presente negli elaborati è stata acquisita direttamente dal sito del Distretto Idrografico della Regione Sardegna. Per la loro visualizzazione, si veda la tavola dedicata.

PROGETTAZIONE ATI:

2.2. PIANO STRALCIO FASCE FLUVIALI

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali è redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6, della legge n. 183 del 19 maggio 1989, quale Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale relativo ai settori funzionali individuati dall'art. 17, comma 3 della L. 18 maggio 1989, n. 183.

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, adottato in via definitiva nel 2015, ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali.

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali costituisce un approfondimento ed una integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.).

L'approccio metodologico all'attività di delimitazione delle Fasce Fluviali ha seguito le indicazioni delle Linee Guida per la Redazione del PSFF; il differente livello di approfondimento del quadro conoscitivo definito per i corsi d'acqua principali, dove sono state condotte analisi geomorfologiche, idrologiche e idrauliche di dettaglio, rispetto a quello gli affluenti secondari (dove non sono state condotte verifiche idrauliche delle modalità di deflusso in corso di piena) ha suggerito due differenti criteri di tracciamento delle fasce fluviali.

Sui corsi d'acqua principali sono state individuate cinque fasce:

- fascia A_2 o fascia di deflusso della piena con tempo di ritorno 2 anni, tracciata in base a criteri geomorfologici ed idraulici, individua l'alveo a sponde piene, definito solitamente da nette scarpate che limitano l'ambito fluviale;
- fascia A_50 o fascia di deflusso della piena con tempo di ritorno 50 anni, individuata in base all'analisi idraulica eseguita, rappresenta le aree interessate da inondazione al verificarsi dell'evento citato; il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici;
- fascia B_100 o fascia di deflusso della piena con tempo di ritorno 100 anni, individuata in base all'analisi idraulica eseguita, rappresenta le aree interessate da inondazione al verificarsi dell'evento citato; il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici;
- fascia B_200 o fascia di deflusso della piena con tempo di ritorno 200 anni, tracciata in base a criteri geomorfologici ed idraulici, si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena indicata; La delimitazione sulla base dei livelli idrici è stata integrata con le aree sede di potenziale riattivazione di forme fluviali relitte non fossili, cioè ancora correlate alla dinamica fluviale che le ha generate;

PROGETTAZIONE ATI:

- fascia C o area di inondazione per piena catastrofica, tracciata in base a criteri geomorfologici ed idraulici, rappresenta l'inviluppo esterno della fascia C geomorfologica (inviluppo delle forme fluviali legate alla propagazione delle piene sulla piana alluvionale integrate con la rappresentazione altimetrica del territorio e gli effetti delle opere idrauliche e delle infrastrutture interferenti) e dell'area inondabile per l'evento con tempo di ritorno 500 anni (limite delle aree in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici di piena).

Sui corsi d'acqua secondari è stata definita la fascia C o area di inondazione per piena catastrofica che, tracciata con criteri geomorfologici, rappresenta la regione fluviale potenzialmente oggetto di inondazione nel corso delle piene caratterizzate da un elevato tempo di ritorno (500 anni) e comunque di eccezionale gravità.

Nel tratto di intervento il canale Imboi è interessato dal PSFF prettamente nel tratto vallivo del corso d'acqua: la fascia C è in realtà afferente all'ampia perimetrazione della laguna di S.Gilla in cui affluiscono sia il fiume Cixerri che il Flumini Mannu, oltre che la laguna del rio Santa Lucia.

La perimetrazione presente negli elaborati è stata acquisita direttamente dal sito del Distretto Idrografico della Regione Sardegna. Per la loro visualizzazione, si veda la tavola dedicata.

2.3. PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI (PGRA)

In data 30 marzo 2016 è stato approvato con delibera del C.I. n. 1 il Piano Gestione del Rischio Alluvioni del distretto idrografico della Regione Autonoma della Sardegna, secondo la Direttiva 2007/60/CE e il D.Lgs. 49/2010, predisposto al fine degli adempimenti previsti dal comma 3 dell'art. 14, della Direttiva medesima.

Con delibera del C.I. n. 1 del 16 giugno 2020, il 29 settembre 2020 sono state aggiornate e semplificate alcune procedure relative al PGRA.

La Direttiva Alluvioni 2007/60/CE stabilisce che le mappe di pericolosità mostrino l'area geografica che può essere inondata in corrispondenza di tre diversi scenari di probabilità:

- a) scarsa probabilità o scenari di eventi estremi;
- b) media probabilità di alluvioni (tempo di ritorno ≥ 100 anni);
- c) elevata probabilità di alluvioni.

In corrispondenza di ciascuno scenario, è compito degli stati membri fornire le informazioni sull'estensione delle alluvioni e sulla profondità o livello delle acque e dove opportuno sulle velocità del flusso o sulle portate.

PROGETTAZIONE ATI:

Agli stati membri è, dunque, consentita una flessibilità nell'assegnazione dei valori di probabilità d'inondazione ai diversi scenari. A tale proposito il D.Lgs. 49/2010, attuativo della Direttiva Alluvioni, stabilisce che siano da considerarsi scenari di elevata probabilità o alluvioni frequenti quelli corrispondenti a tempi di ritorno fra 20 e 50 anni, mentre sono da considerarsi scenari di probabilità media o alluvioni poco frequenti quelli corrispondenti a tempi di ritorno fra 100 e 200 anni. Ne consegue che siano da considerarsi scenari di scarsa probabilità o scenari di eventi estremi, quelli corrispondenti a tempi di ritorno superiori a 200 anni.

Per quanto riguarda le alluvioni di origine fluviale, la Regione autonoma della Sardegna, ha utilizzato per le modellazioni i seguenti tempi di ritorno:

- $TR < 50$ anni;
- $50 < TR < 100$ anni;
- $100 < TR < 200$.

Le aree caratterizzate da pericolosità idraulica secondo il Piano Gestione del Rischio Alluvioni non interessano il canale Imboi e nemmeno l'opera connessa nord per la sua intera estensione. A tal riguardo, si rimanda agli elaborati grafici dedicati per la loro visualizzazione.

3. ANALISI IDRAULICA DEL CANALE IMBOI

3.1. INQUADRAMENTO IDRAULICO DEL TERRITORIO

L'area oggetto del presente studio è situata tra la periferia sud di Macchiareddu e lo sbocco in mare tra lo stagno di Capoterra, stagno di Conti Vecchi e le saline di Santa Gilla. Il corso d'acqua denominato canale Imboi nasce per collettare le acque che da ovest drenano verso est e quindi verso le saline e che sono state intercluse con la realizzazione della strada Consortile Macchiareddu.

Il corso d'acqua di natura antropica nasce a sud dello svincolo della strada consortile con la SP1 e prosegue verso sud-est in direzione mare con una sezione trapezia rivestita in cls per uno sviluppo di circa 4,75 km per poi proseguire a mare con una sezione naturale in terra.

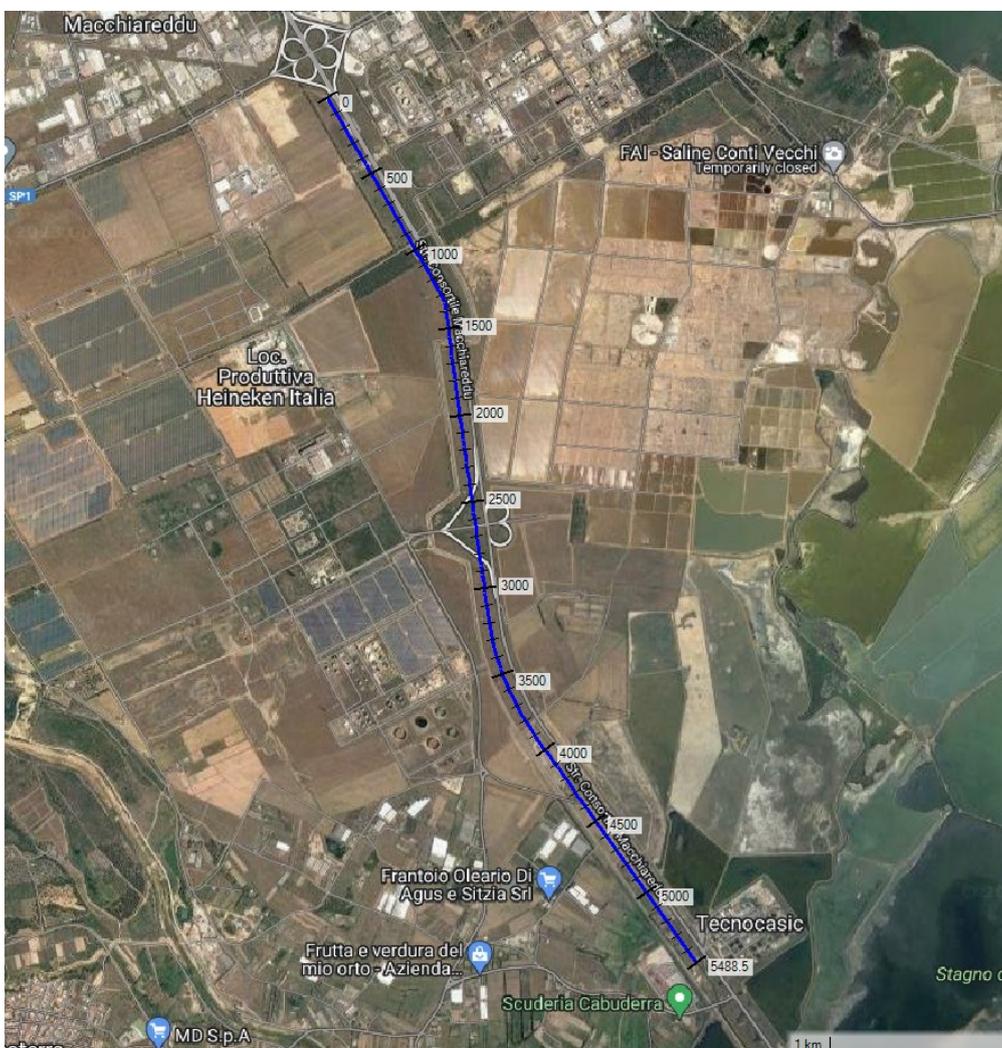


Figura 1 – Inquadramento planimetrico del canale Imboi

PROGETTAZIONE ATI:

La sezione trapezia rivestita in lastre in cls ha una base di larghezza media pari a circa 2.5 m, le sponde hanno una pendenza di 3/2 e sono rivestite per un'altezza media della sezione di deflusso di circa 1.7 m, dopodichè è presente una banca di circa un metro su entrambe le sponde per poi proseguire con una scarpata in terra sempre con pendenza 3/2 che si raccorda al piano campagna.

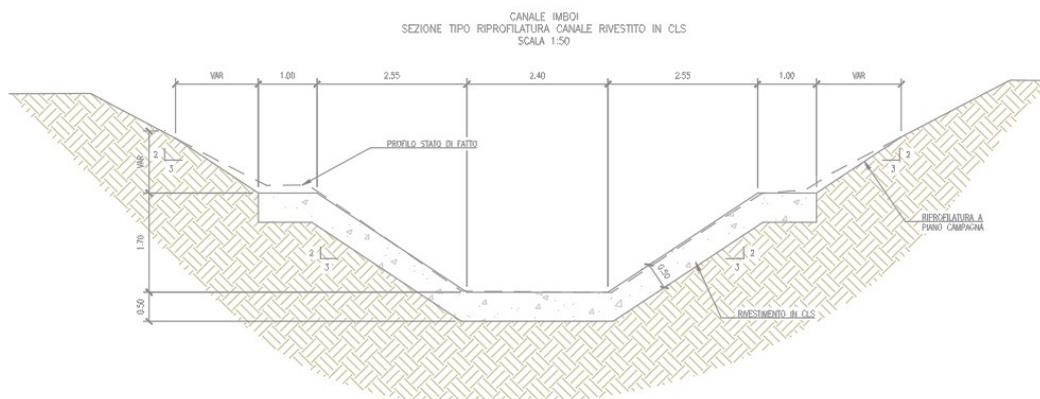


Figura 2 – Sezione tipo canale Imboi (tratto rivestito)

Lungo il tratto di canale sono presenti 7 attraversamenti di diversa natura, di seguito si riportano alcune immagini fotografiche rimandando all'elaborato specifico con la documentazione fotografica di tutti gli attraversamenti presenti.



Figura 3 – Dettagli fotografici del canale Imboi e di un attraversamento

PROGETTAZIONE ATI:

3.2. MODELLOZIONE BIDIMENSIONALE

Per la verifica idraulica della compatibilità delle strutture stradali in progetto della strada Opera Connessa Nord che interferisce con il canale Imboi è stato implementato un modello numerico bidimensionale, utilizzando il codice di calcolo HEC-RAS nella versione 6.3.1 sviluppato dalla Hydrologic Engineering Center della U.S. Army, che consente il calcolo dell'andamento dei profili di corrente in moto stazionario o gradualmente variato in alvei naturali o canali artificiali includendo anche la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali ecc..

Il modello implementato riguarda l'intera asta del canale Imboi e delle aree limitrofe soggette all'allagamento dello stesso.

Gli scenari studiati mediante il modello numerico bidimensionale sono:

- Configurazione di stato di fatto – Evento di progetto con tempo di ritorno di 200 anni;
- Configurazione di progetto – Evento di progetto con tempo di ritorno di 200 anni.

3.2.1. ALLESTIMENTO DEL MODELLO IDRODINAMICO

3.2.1.1. Definizione del tratto di corso d'acqua simulato

Il modello bidimensionale è stato implementato schematizzando l'intera asta del canale Imboi a partire dall'incile in prossimità del raccordo tra la SP1 e la strada consortile Macchiareddu fino allo sbocco in mare per uno sviluppo complessivo del canale di circa 8 km.

L'ampiezza del perimetro di computazione è stata estesa in modo da poter schematizzare al meglio le dinamiche di deflusso della piena indagata.

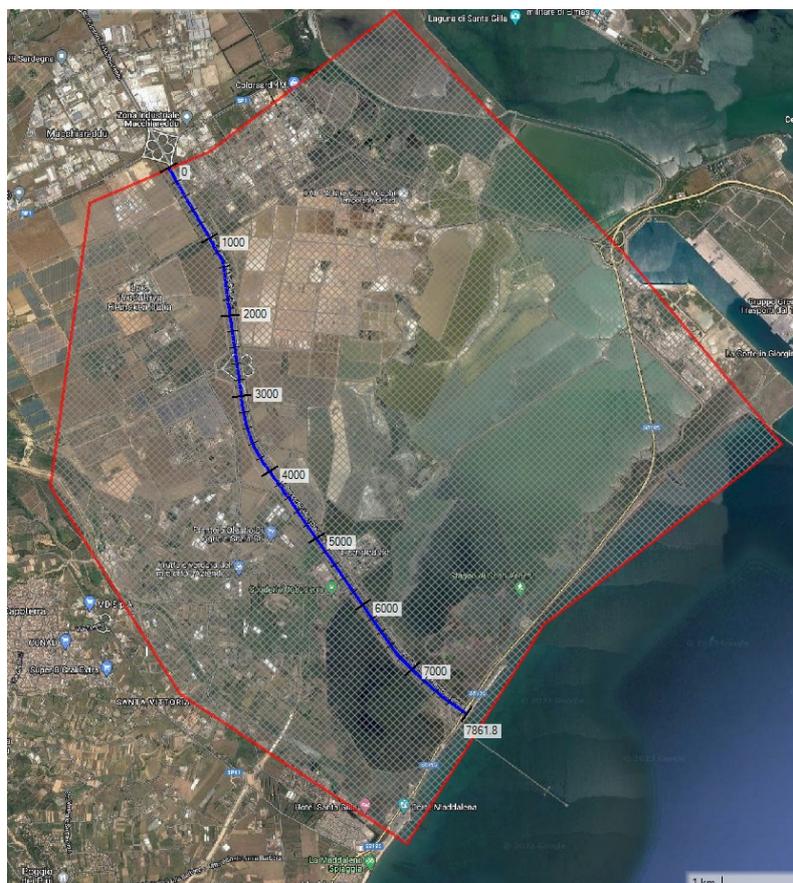


Figura 4 - Estensione dell'area di implementazione del modello bidimensionale

3.2.1.2. Costruzione della griglia di calcolo

Il numero totale delle celle di calcolo adottate nel dominio 2D nella configurazione geometrica di stato di fatto è di 117418, mentre nella schematizzazione della soluzione di progetto il numero di celle adottate è di 118164. La schematizzazione 2D è stata implementata mediante l'utilizzo di maglie di calcolo del tipo flexible mesh, configurazione adatta a discretizzare in maniera dettagliata le varie geometrie del tratto bidimensionale di interesse. La dimensione della maglia maggiore è costituita da celle 100X100 m (zona mare); con l'inserimento di breakline di dettaglio, il dominio di calcolo è passato da celle 10x10 m a celle di dettaglio aventi limite 1 - 2 m per lato: il dettaglio puntuale è stato ricreato nei punti più delicati, quali sponde, rilevati e interferenze.

Il modello numerico è stato ricostruito utilizzando i dati topografici del modello digitale del terreno con risoluzione a terra 1 metro derivante da scansione LIDAR su piattaforma aerea acquisito dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare nell'ambito del Piano Straordinario di Telerilevamento Ambientale.

Ad integrazione sono stati utilizzati anche i risultati del rilievo celerimetrico appositamente condotto per l'attività in oggetto e le analisi in campo.

PROGETTAZIONE ATI:

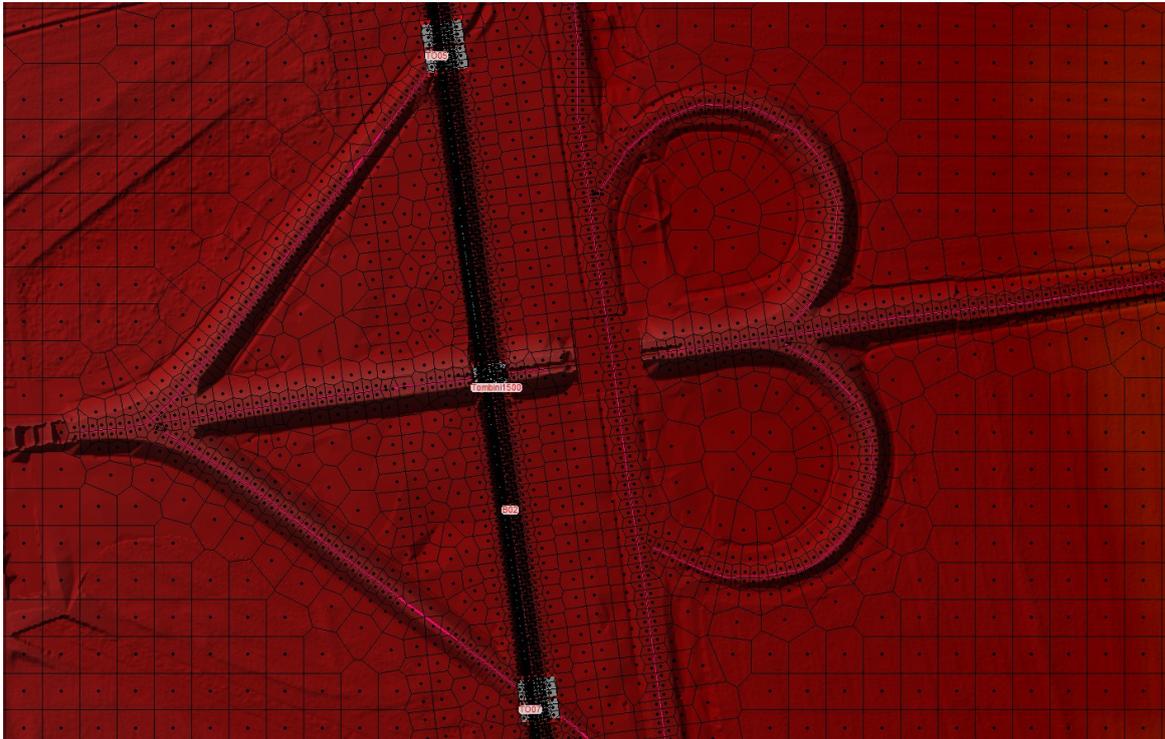


Figura 5 - Estratto della discretizzazione della maglia di calcolo nella configurazione di stato di fatto

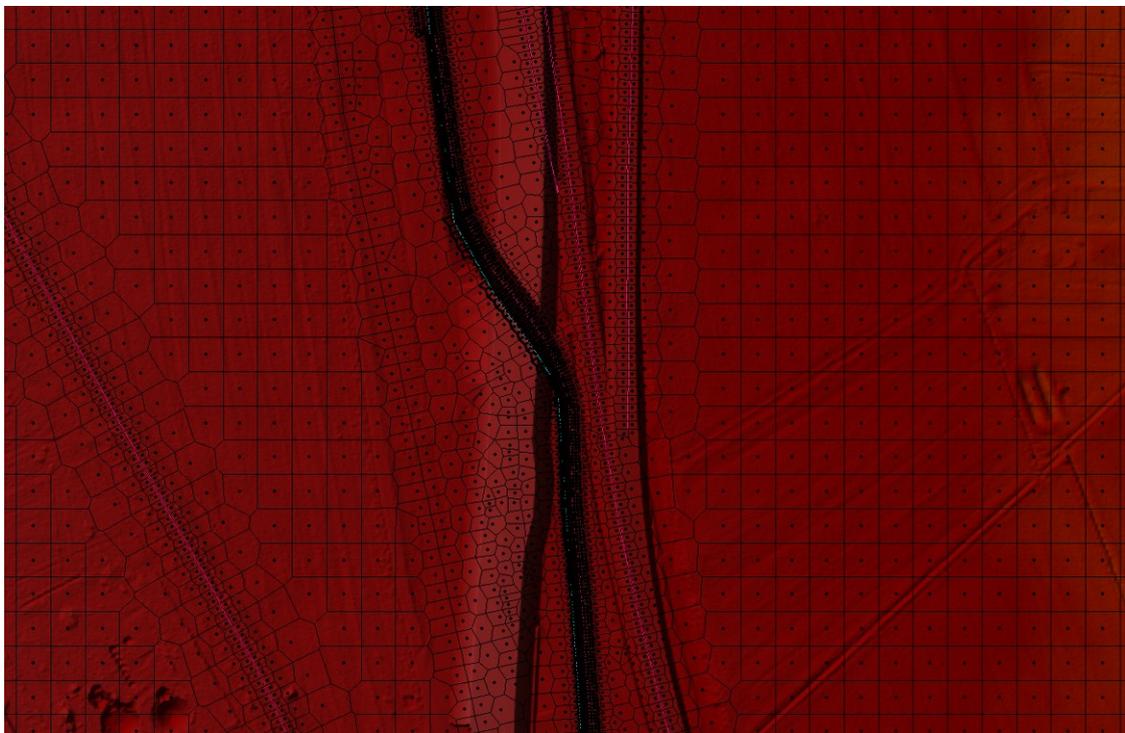


Figura 6 - Estratto della discretizzazione della maglia di calcolo nella configurazione di progetto

PROGETTAZIONE ATI:

La schematizzazione dei tombini idraulici nei modelli di calcolo numerico è stata effettuata mediante la funzione “Bridge and culverts – Internal to 2D Flow Area” del codice di calcolo disponibile nella versione 6.3.1. Questa applicazione ha permesso di inserire nella schematizzazione bidimensionale l’effettiva geometria delle opere esattamente come nell’implementazione modellistica monodimensionale.

Per il calcolo del profilo di corrente in corrispondenza delle strutture, tra le diverse opzioni offerte dal codice di calcolo, sono state selezionate le equazioni di bilancio dell’energia ed il metodo dei momenti, tra le quali il software seleziona in automatico la formulazione caratterizzata dalla maggiore dissipazione energetica. Finché il livello idrico rimane al di sotto dell’impalcato (low flow), viene assunta la schematizzazione di deflusso non in pressione ovvero a superficie libera; viene invece assunta la schematizzazione con deflusso in pressione e stramazzo al di sopra dell’impalcato (pressure and weir), per le situazioni con livello della corrente tale da interessare l’intradosso del ponte (high flow). Le condizioni limite per il deflusso in pressione sono definite dal programma in base al livello di corrente registrato a monte.

Per i dettagli delle geometrie degli attraversamenti esistenti e di progetto si rimanda agli elaborati grafici, di seguito si riporta un’immagine dell’implementazione modellistica di un attraversamento.

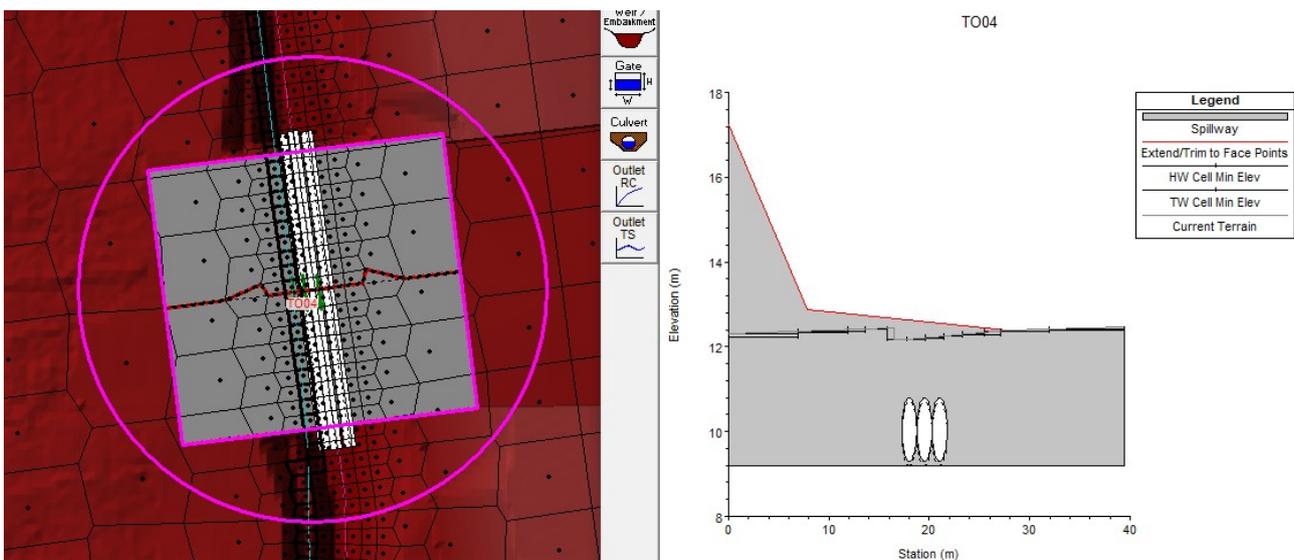


Figura 7 – Esempio di schematizzazione modellistica di un attraversamento (TO04 – attraversamento sotto alla fascia tubiera)

PROGETTAZIONE ATI:

3.2.1.3. Condizioni al contorno

Rimandando alla relazione idrologica per la descrizione dettagliata degli input idrologici utilizzate nelle analisi idrauliche, di seguito si elencano in forma sintetica le condizioni al contorno assegnate al modello bidimensionale per l'esecuzione delle simulazioni idrodinamiche:

- input di portata: gli idrogramma di portata della piena con tempo di ritorno di 200 anni ricavati dall'analisi idrologica sono stati distribuiti secondo lo schema idrografico dei bacini (la creazione degli idrogrammi distribuiti lungo l'asta è stata effettuata creando idrogrammi complementari tali da generare nella propagazione della piena in corrispondenza della sezione di chiusura del corrispettivo sottobacino l'effettivo valore di portata idrologica come riportato nella tabella sotto);

Tab. 4 – Valori delle portate al colmo di progetto

BACINO	tc	Qc [m ³ /s]				
	[h]	TR10	TR50	TR100	TR200	TR500
B01	2,1	10,1	24,9	33,6	43,4	56,7
B02	2,2	24,5	56,8	75,4	96,1	124,1
B03	2,5	32,8	75,3	99,7	126,6	163,0

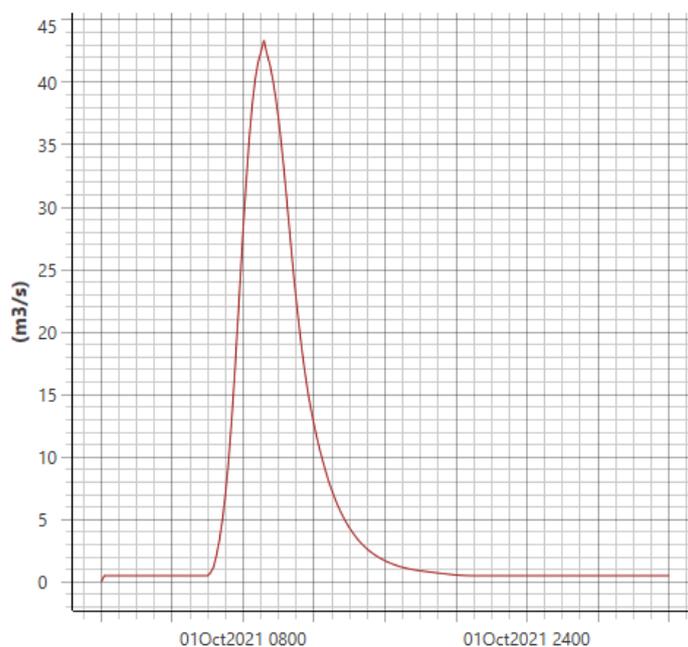


Figura 8 – Idrogramma di portata B01 (evento di piena TR 200 anni)

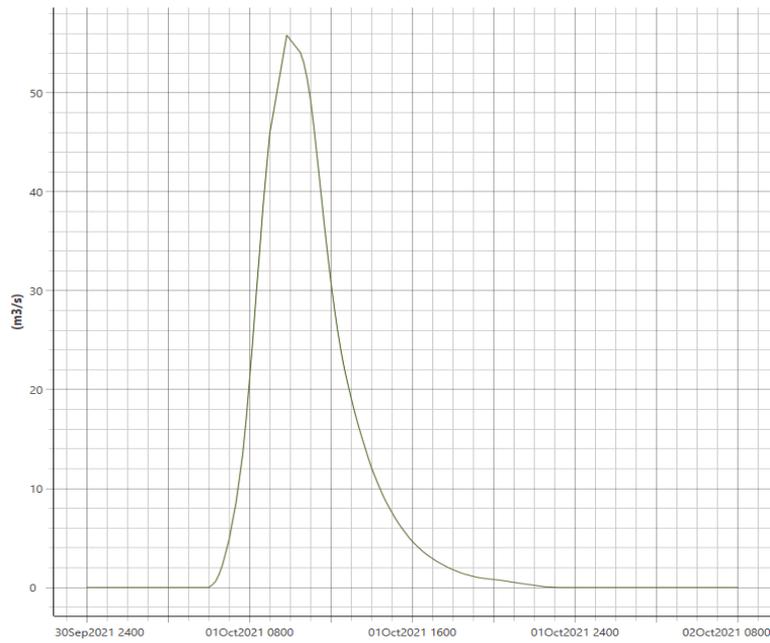


Figura 9 – Idrogramma di portata B02 (evento di piena TR 200 anni)

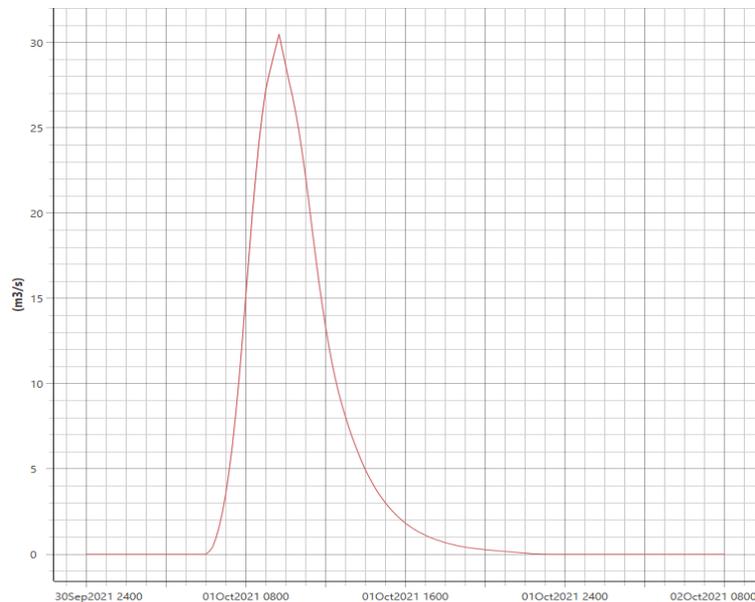


Figura 10 – Idrogramma di portata B03 (evento di piena TR 200 anni)

PROGETTAZIONE ATI:

- condizione al contorno di valle: sono state tenute in considerazione sia l'altezza idrica del mare posto a 1,8 m s.m. che il contributo di innalzamento dello stagno S.Lucia indotto dal torrente omonimo. A riguardo, approfondimenti modellistici dedicati sul torrente S.Lucia e svolti per la progettazione della nuova SS195 Lotto 1 (opera autorizzata e in costruzione) hanno individuato un innalzamento idrico dello stagno massimo pari a 1.6 m s.m. La condizione al contorno massima è stata fissata pertanto in 1.8 m s.m.

3.2.1.4. Definizione della scabrezza

La definizione dei coefficienti di scabrezza è stata fatta convertendo i valori di uso del suolo nel coefficiente di scabrezza di Strickler secondo la classificazione fornita dal V.T. Chow.

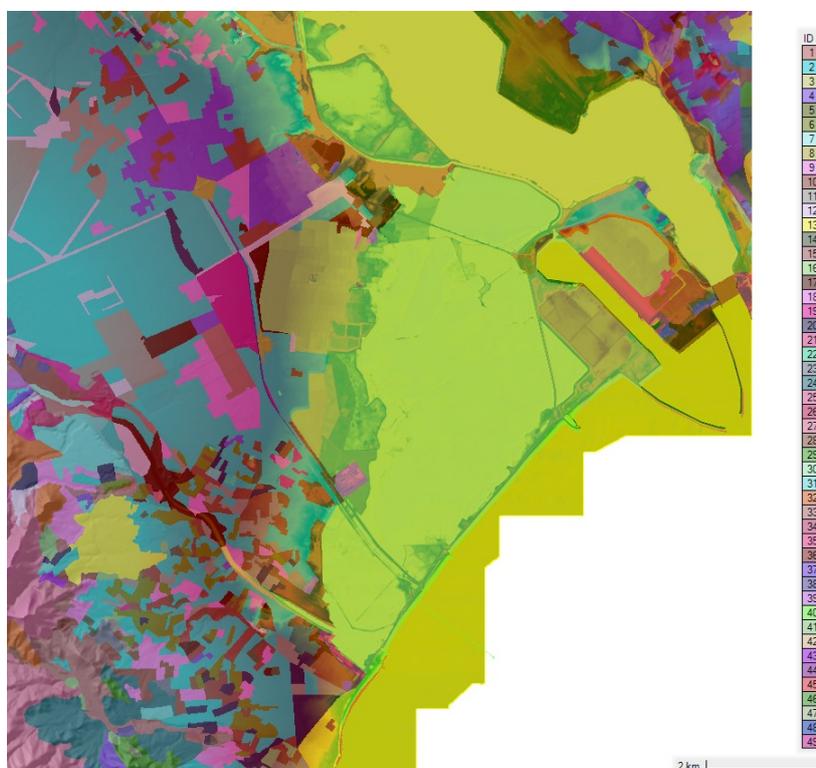


Figura 11 - Cartografia delle scabrezze del modello numerico

IDROLOGIA ED IDRAULICA – RELAZIONE IDRAULICA DEI CORSI D'ACQUA

2. Excavated or Dredged Channels

a. Earth, Straight, and Uniform:

1. Clean, recently completed	0.016	0.018	0.020
2. Clean, after weathering	0.018	0.022	0.025
3. Gravel, uniform section, clean	0.022	0.025	0.030
4. With short grass, few weeds	0.022	0.027	0.033

b. Earth Winding and Sluggish:

1. No vegetation	0.023	0.025	0.030
2. Grass, some weeds	0.025	0.030	0.033
3. Dense weeds or aquatic plants in deep channels	0.030	0.035	0.040
4. Earth bottom and rubble sides	0.028	0.030	0.035
5. Stony bottom and weedy banks	0.025	0.035	0.040
6. Cobble bottom and clean sides	0.030	0.040	0.050

c. Dragline-Excavated or Dredged:

1. No vegetation	0.025	0.028	0.033
2. Light brush on banks	0.035	0.050	0.060

d. Rock Cuts:

1. Smooth and uniform	0.025	0.035	0.040
2. Jagged and irregular	0.035	0.040	0.050

e. Channels not Maintained, Weeds and Brush Uncut:

1. Dense weeds, high as flow depth	0.050	0.080	0.120
2. Clean bottom, brush on sides	0.040	0.050	0.080
3. Same as above, highest stage of flow	0.045	0.070	0.110
4. Dense brush, high stage	0.080	0.100	0.140

3. Main Channels

a. Clean, straight, full stage, no rifts or deep pools	0.025	0.030	0.033
b. Same as above, but more stones and weeds	0.030	0.035	0.040
c. Clean, winding, some pools and shoals	0.033	0.040	0.045
d. Same as above, but some weeds and stones	0.035	0.045	0.050
e. Same as above, lower stages, more ineffective	0.040	0.048	0.055
f. Same as (d) with more stones	0.045	0.050	0.060
g. Sluggish reaches, weedy, deep pools	0.050	0.070	0.080
h. Very weedy reaches, deep pools, or floodways with heavy stand of timber and underbrush	0.075	0.100	0.150

4. Mountain Streams, No Vegetation in Channel, Banks usually Steep, Trees and Brush along Banks Submerged at High Stages

a. Bottom: gravels, cobbles, and few boulders	0.030	0.040	0.050
b. Bottom: cobbles with large boulders	0.040	0.050	0.070

Sources:

(1) ASCE, (1982), Gravity Sanitary Sewer Design and Construction, ASCE Manual of Practice No. 60, New York, NY.
 (2) Chow, V.T., (1959), Open Channel Hydraulics, McGraw-Hill, New York, NY.

Figura 12 - Valori dell'indice di scabrezza di Strickler ($m^{1/3}/s$).

3.3. SCENARI DI VERIFICA IDRAULICA

Le analisi idrauliche effettuate mediante modellazione numerica bidimensionale sono state condotte in regime di moto vario e hanno permesso di analizzare il comportamento idraulico in piena del canale Imboi. In particolare, le simulazioni sono state condotte per determinare, in occasione di deflusso di piene significative, le possibili esondazioni e le interazioni con gli attraversamenti stradali nella configurazione ante e post Operam.

Le analisi hanno riguardato due differenti configurazioni, stato di fatto (ante Operam) e di progetto (post Operam), durante il transito della piena di riferimento per le analisi di compatibilità idraulica corrispondente all'evento con tempo di ritorno di 200 anni.

Nello specifico i due scenari geometrici sono così costituiti:

- Scenario 1 - configurazione di stato di fatto con tutti gli attraversamenti esistenti;
- Scenario 2 - configurazione di progetto stradale con mantenimento dell'attuale attraversamento della fascia tubiera: proposta di adeguamento di tutti i restanti attraversamenti, oltre alla realizzazione della deviazione di un tratto del canale Imboi in interferenza con la nuova viabilità.

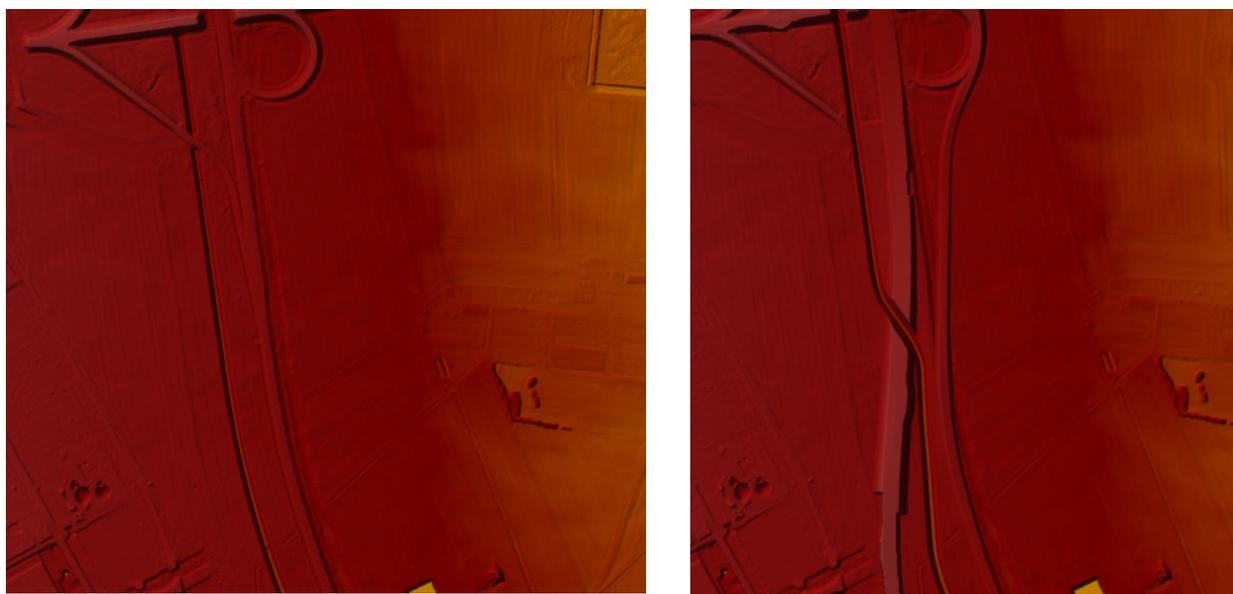


Figura 13 - Confronto tra la configurazione geometrica 3D di stato di fatto e di progetto nel tratto a valle dello svincolo, tratto in cui viene proposta la deviazione del canale Imboi

PROGETTAZIONE ATI:

3.4. SINTESI DEI RISULTATI

Rimandando alla carte degli allagamenti, dei tiranti idrici e delle velocità per la descrizione dedicata della propagazione della piena duecentennale nella configurazione ante e post Operam, si possono così sinteticamente riassumere i risultati ottenuti.

Scenario 1 - configurazione di stato di fatto (ante Operam):

Vi è un diffuso e generalizzato allagamento, con sormonto della strada consortile principalmente in corrispondenza della fascia tubiera e dello svincolo intermedio. Si evidenzia che la strada consortile esistente ha quota altimetrica prossima al piano campagna, pertanto a rischio sormonto.

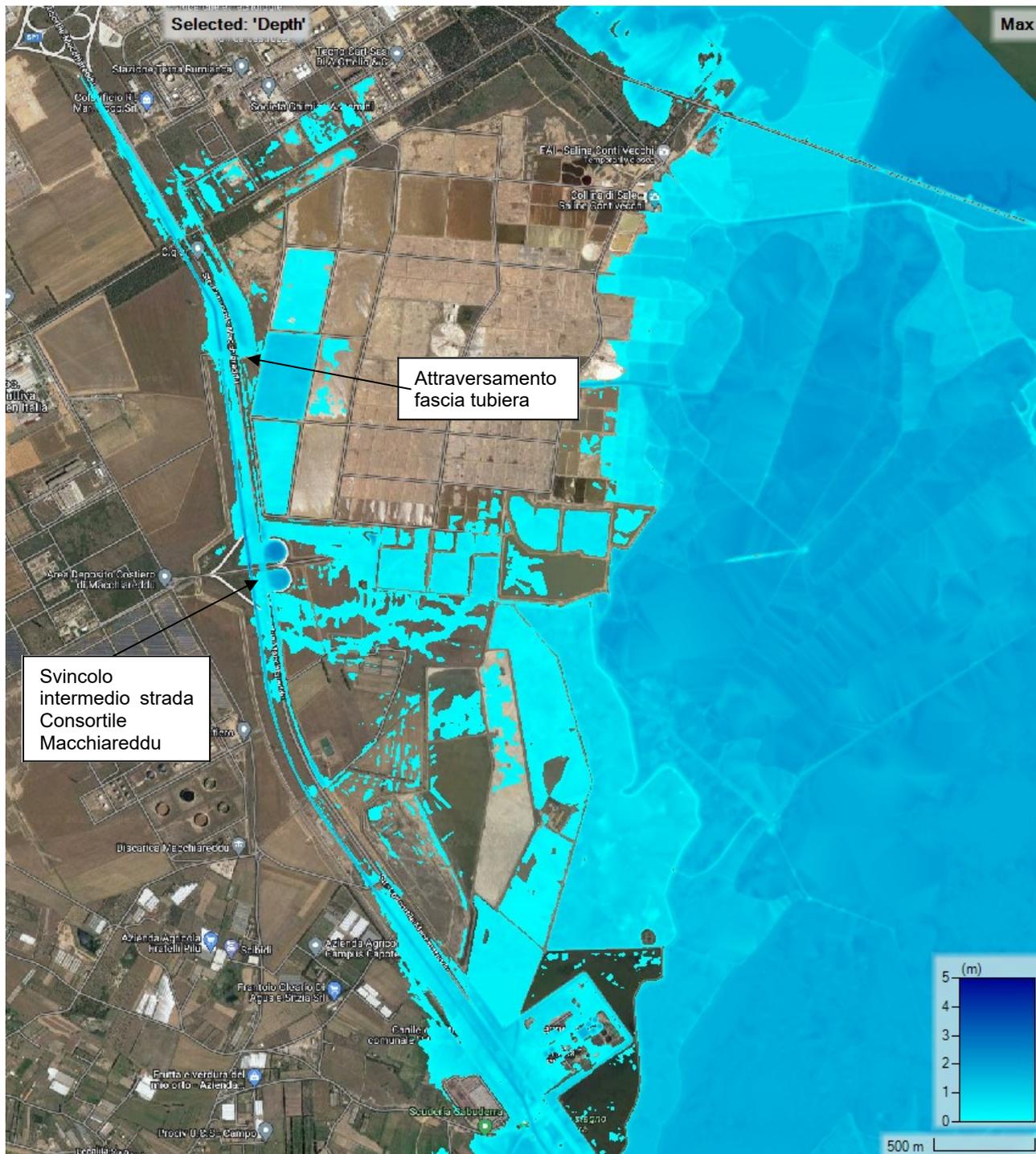


Figura 14 - Scenario 1 - configurazione di stato di fatto (ante Operam): involucro dei massimi tiranti idrici (evento TR 200 anni)

PROGETTAZIONE ATI:

Scenario 2 - configurazione di progetto (post Operam):

Tale configurazione prevede il nuovo rilevato stradale SS195 Opera Connessa Nord, con mantenimento dell'attuale attraversamento della fascia tubiera ma adeguamento di tutti i restanti attraversamenti (anche delle rampe).

L'intervento necessita della deviazione di un tratto del canale Imboi, al fine di ottimizzare l'intersezione tra tracciato stradale e quello del canale artificiale.

La dinamica di propagazione della piena duecentennale in tal configurazione evidenzia come l'acqua rimane all'interno del canale e gli attraversamenti sono dimensionati con garanzia di 1.5 m rispetto al ciglio spondale del canale.

Il passaggio sulla fascia tubiera definisce l'inizio di raccordo con la viabilità esistente, che si conclude qualche centinaia di metri più a nord: in tale tratto l'intervento progettuale è inteso di raccordo obbligatorio con la viabilità esistente. Come si evince dalle cartografie degli allagamenti in tale tratto la viabilità in progetto è lambita dall'esondazione dovuta al restringimento della sezione di deflusso nel passaggio al di sotto della fascia tubiera del canale. Per risolvere tale nodo di raccordo stradale è stata studiata una livelletta di progetto tale da mantenere la viabilità in progetto in asciutto rispetto alla piena duecentennale con un minimo franco di sicurezza (3 m circa). Come evidenziato nella Figura 16, il campo di moto nelle zone di espansione della piena che lambiscono il rilevato stradale in progetto sono prossime allo zero scongiurando pertanto eventuali azioni erosive alla struttura viaria.

PROGETTAZIONE ATI:

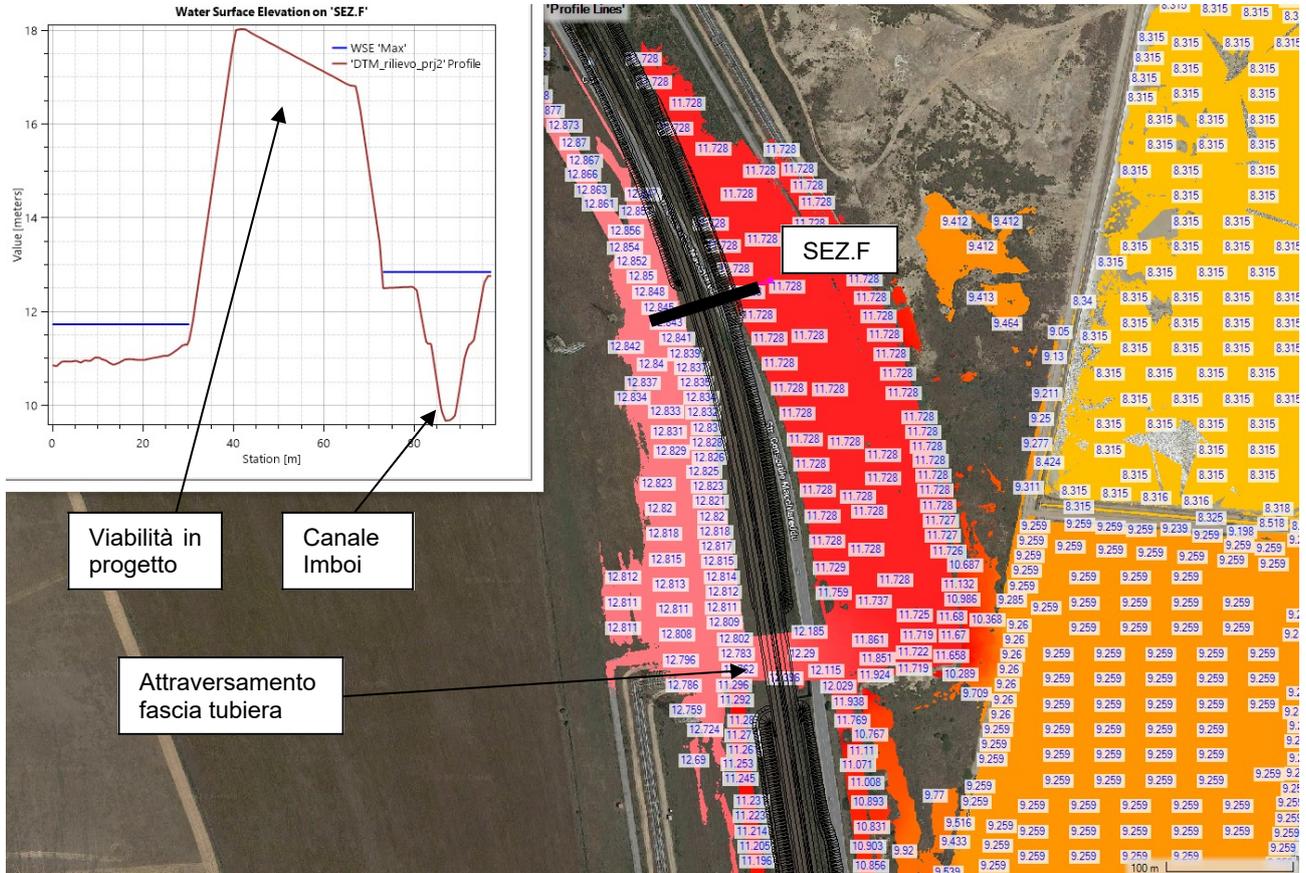


Figura 15 - Scenario 2 (inquadramento di dettaglio in prossimità dell'attraversamento della fascia tubiera) - configurazione di progetto (post Operam): involucro dei massimi livelli idrici (evento TR 200 anni)

PROGETTAZIONE ATI:

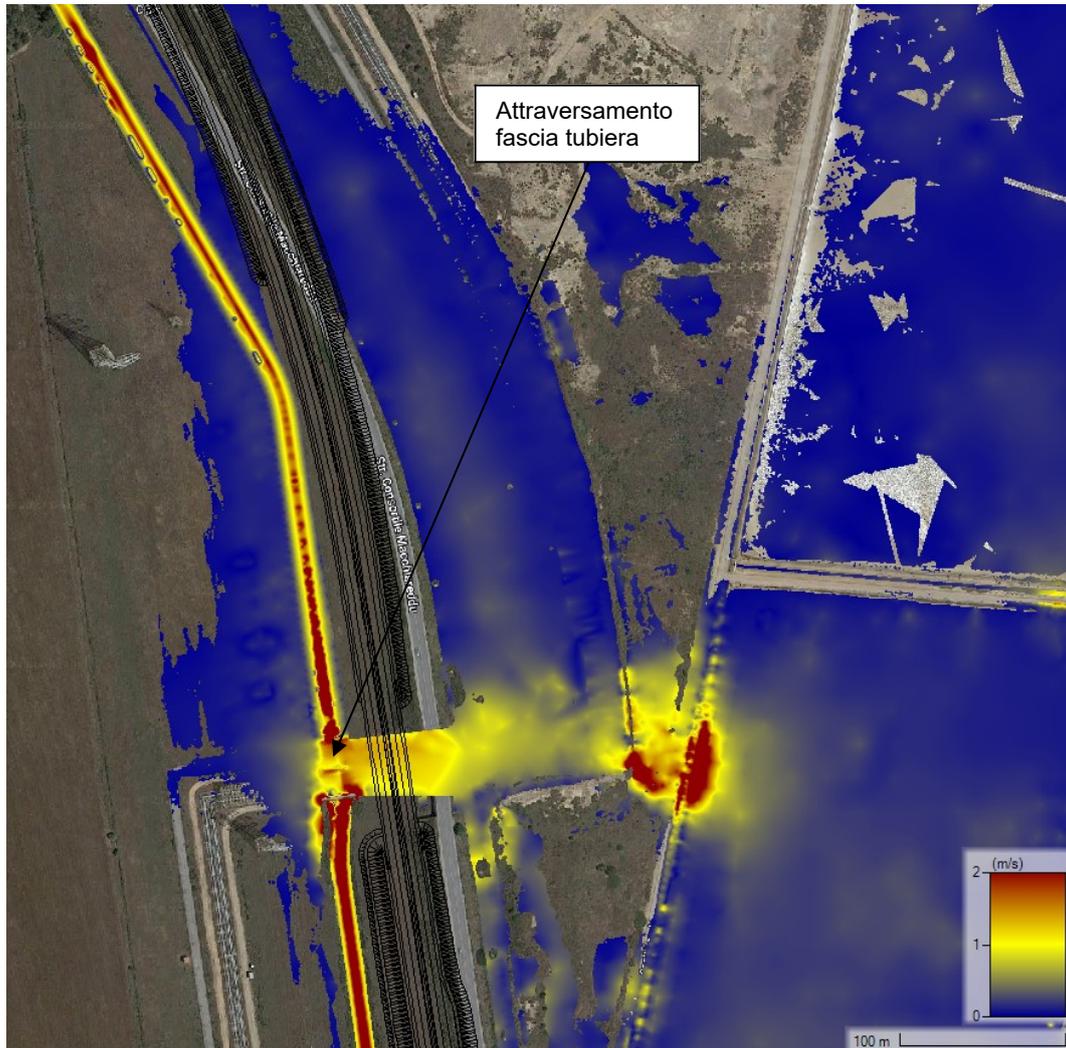


Figura 16 - Scenario 2 (inquadramento di dettaglio in prossimità dell'attraversamento della fascia tubiera) - configurazione di progetto (post Operam): inviluppo delle velocità massime (evento TR 200 anni)

PROGETTAZIONE ATI:

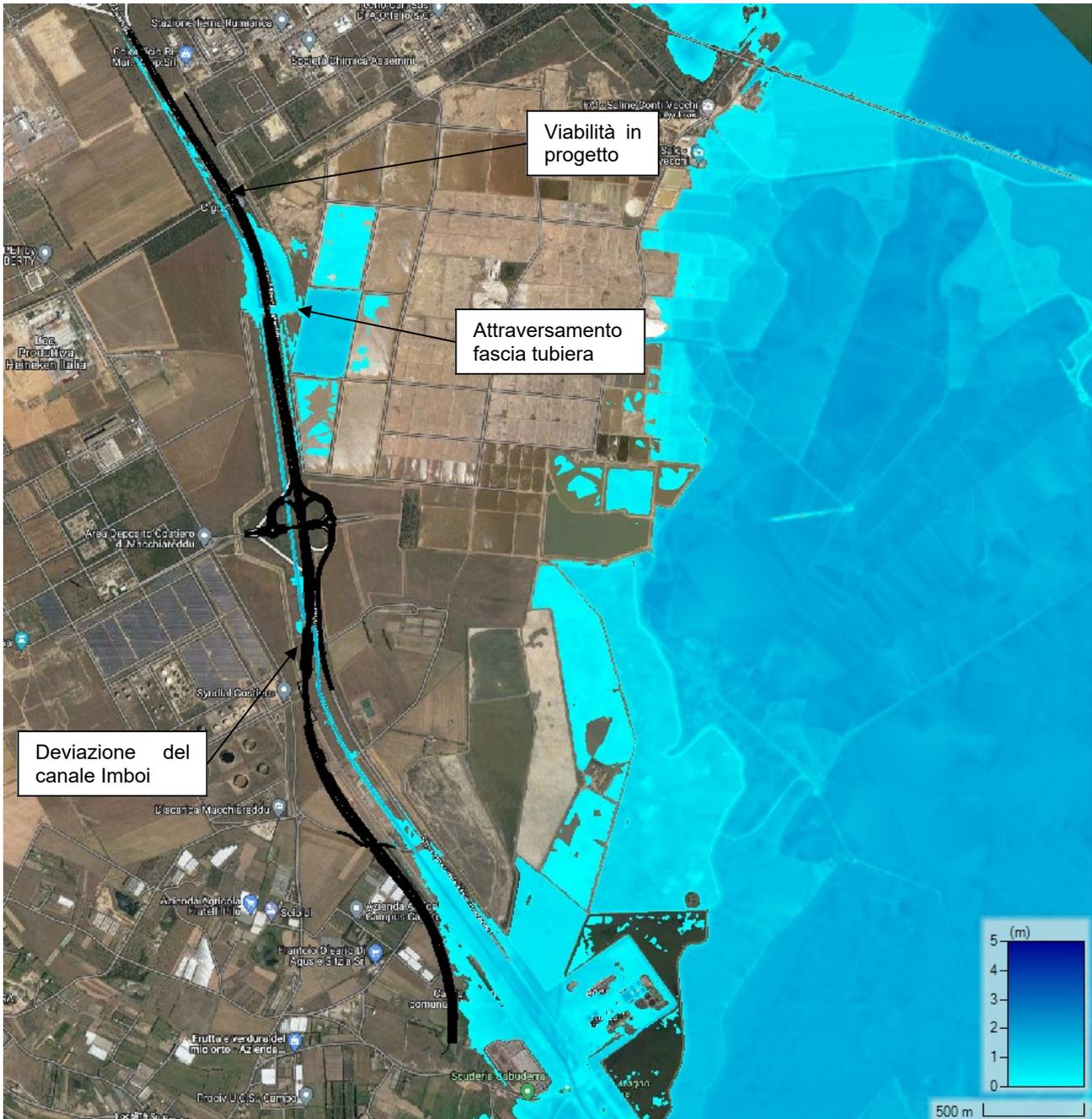


Figura 17 - Scenario 2 - configurazione di progetto (post Operam): involuppo dei massimi tiranti idrici (evento TR 200 anni)

Per la definizione della compatibilità idraulica degli attraversamenti di progetto sono state identificate 5 sezioni di controllo di cui 4 in corrispondenza dell'imbocco degli attraversamenti. Di

PROGETTAZIONE ATI:

seguito si riportano i livelli idrici della piena duecentennale in corrispondenza delle sezioni di controllo individuate.

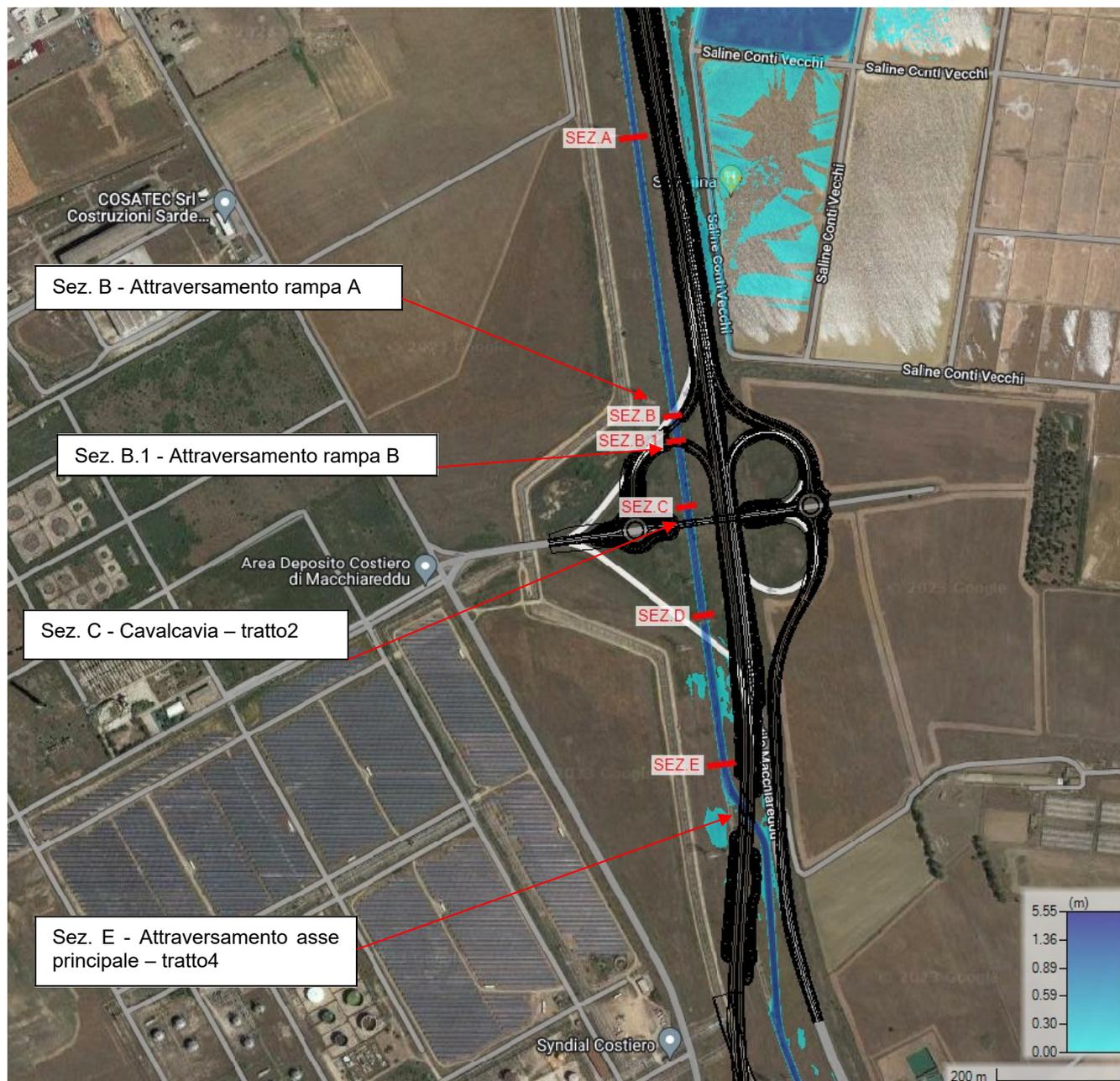


Figura 18 – Ubicazione delle sezioni di controllo dei risultati idraulici

PROGETTAZIONE ATI:

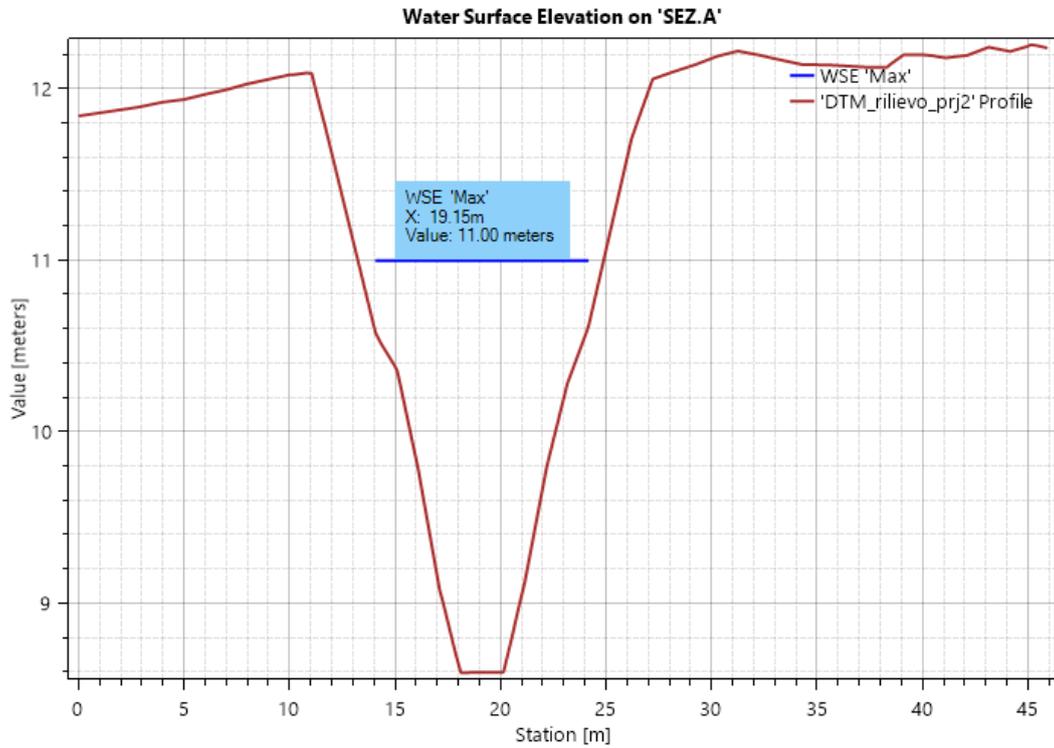
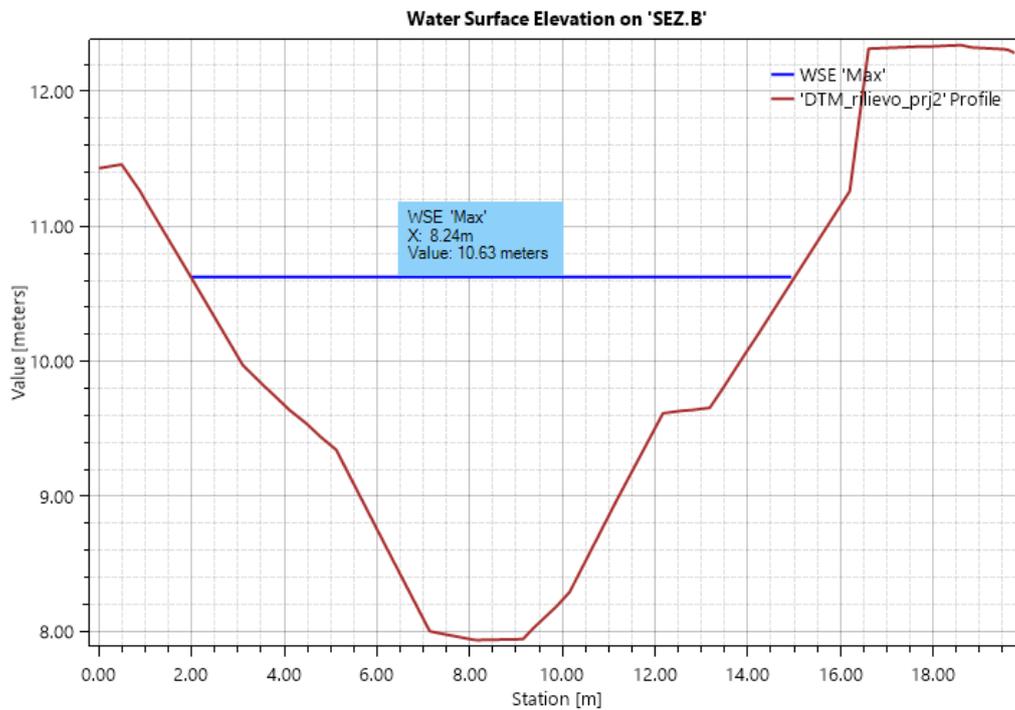


Figura 19 – Livello idrometrico sez.A (configurazione post Operam - evento di piena TR 200 anni)



PROGETTAZIONE ATI:

Figura 20 – Livello idrometrico sez.B (configurazione post Operam - evento di piena TR 200 anni)

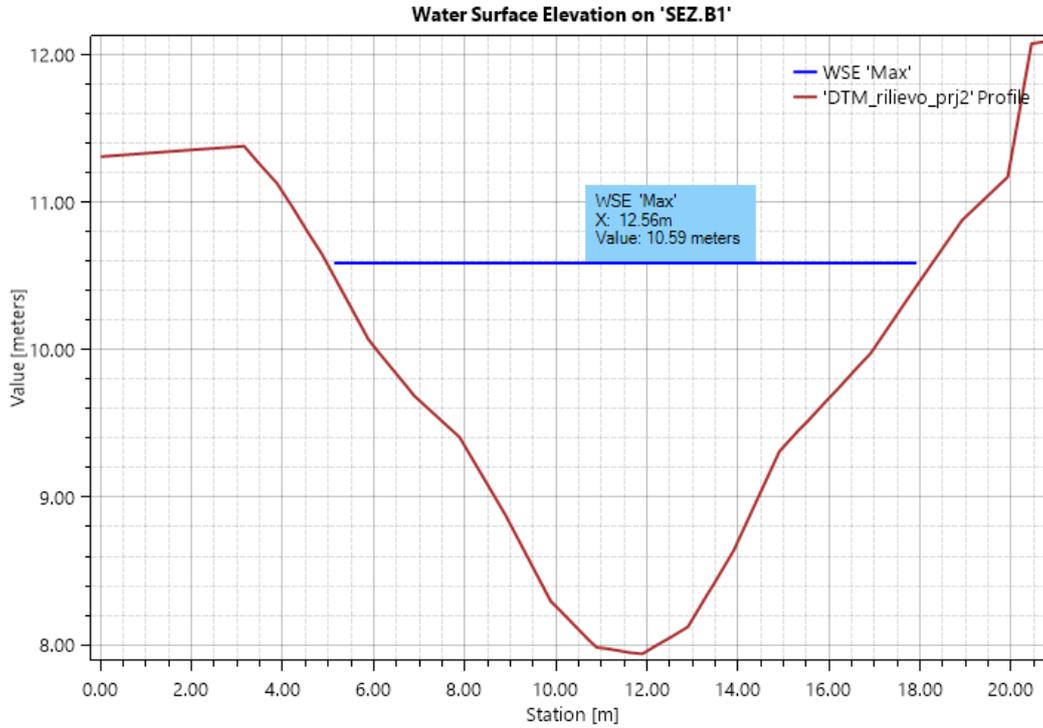


Figura 21 – Livello idrometrico sez.B1 (configurazione post Operam - evento di piena TR 200 anni)

PROGETTAZIONE ATI:

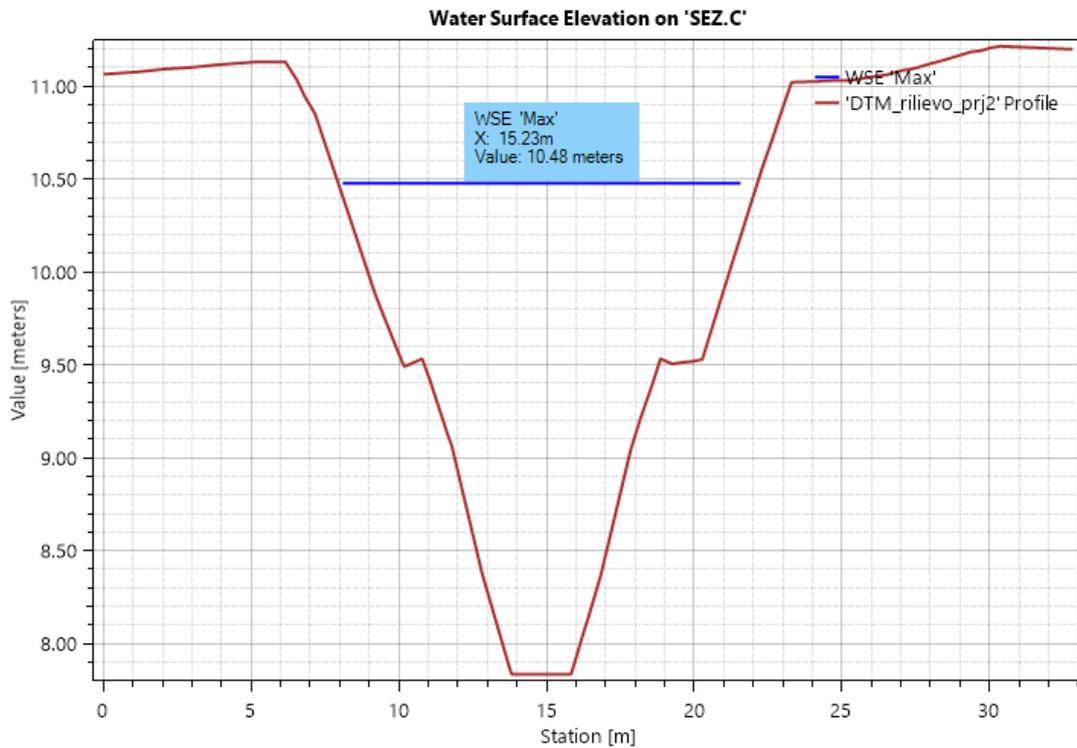


Figura 22 – Livello idrometrico sez.C (configurazione post Operam - evento di piena TR 200 anni)

PROGETTAZIONE ATI:

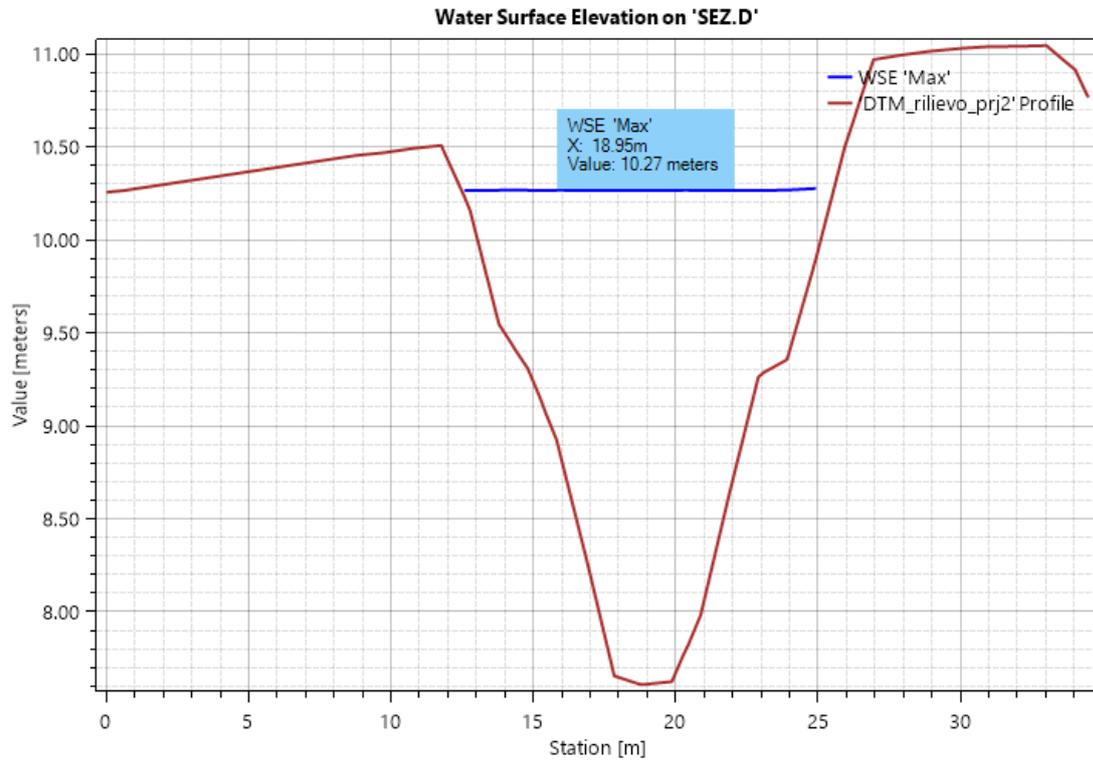


Figura 23 – Livello idrometrico sez.D (configurazione post Operam - evento di piena TR 200 anni)

PROGETTAZIONE ATI:

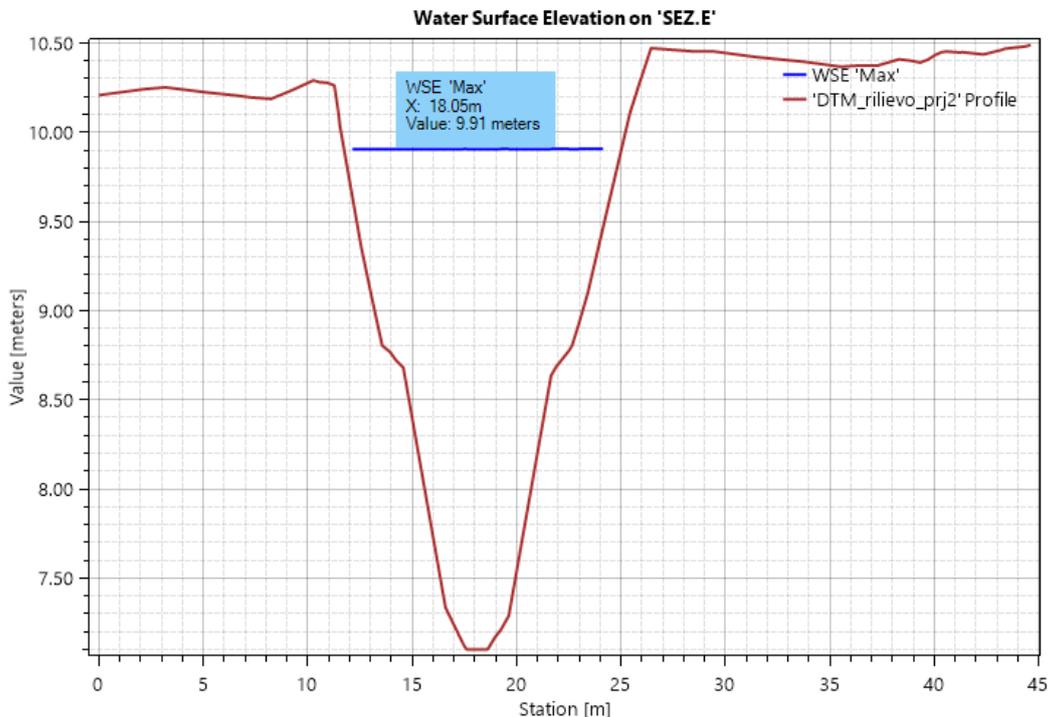


Figura 24 – Livello idrometrico sez.E (configurazione post Operam - evento di piena TR 200 anni)

Tab. 5 – Livelli idrici e velocità nelle sezioni di controllo dei risultati (evento di piena TR 200 anni – configurazione geometrica post Operam)

Sezione	Livello TR200	Velocità TR200
	[m s.l.m.]	[m/s]
SEZ.A	11,00	2,60
SEZ.B	10,63	3,10
SEZ.B.1.	10,59	3,21
SEZ.C	10,48	3,30
SEZ.D	10,27	3,80
SEZ.E	9,91	4,00

PROGETTAZIONE ATI:

3.5. ANALISI DELLE ITERAZIONI TRA CORRENTE E STRUTTURE

Le simulazioni idrauliche condotte permettono di analizzare le diverse grandezze che descrivono le interazioni tra gli attraversamenti e le condizioni di deflusso in piena lungo l'alveo ai fini della valutazione della compatibilità idraulica.

Nel seguito verrà trattato il tema della valutazione del franco idraulico tralasciando tutta la trattazione dello scalzamento sulle fondazioni in alveo degli attraversamenti in progetto poiché quest'ultimi non interferiscono con il deflusso della piena.

3.5.1. FRANCO IDRAULICO

Per quanto concerne la verifica del franco idraulico, si riporta di seguito una tabella riassuntiva (Tab. 6) in cui emerge la verifica imposta dalle normative vigenti.

In particolare, il franco è stato calcolato con riferimento sia al PAI regionale che alle NTC2018.

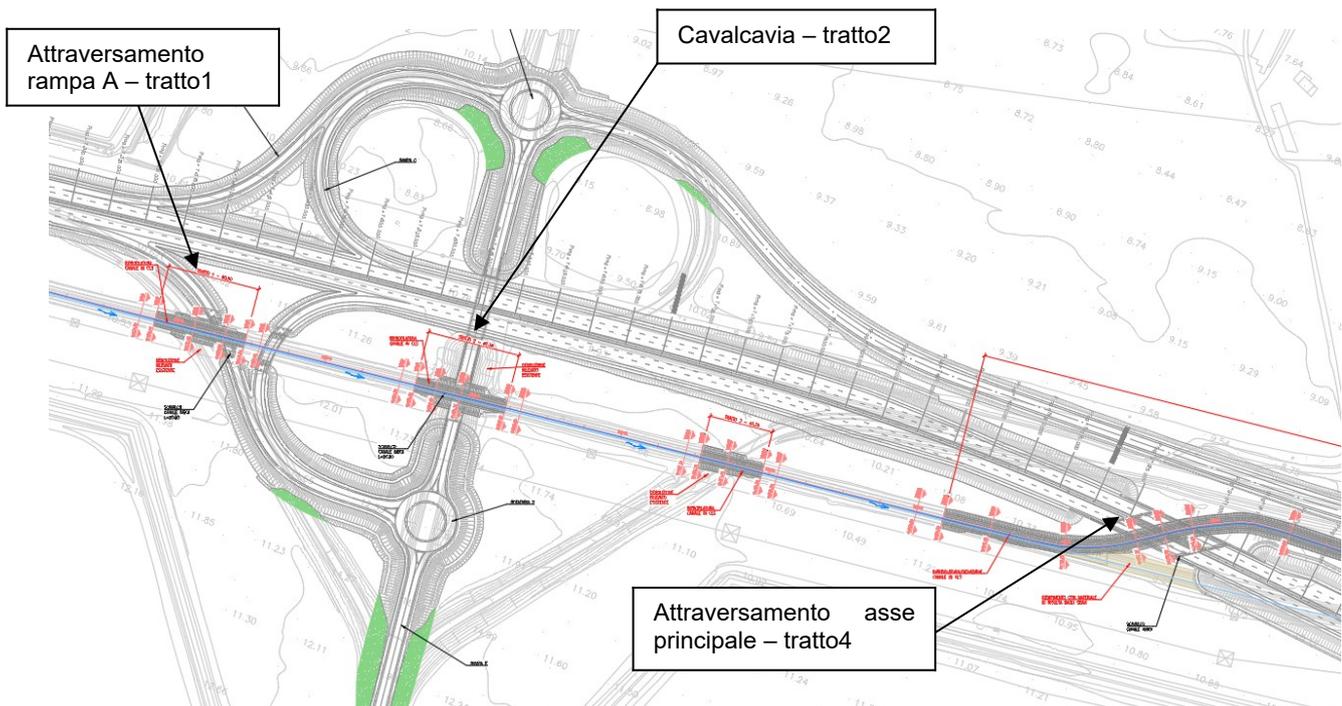


Figura 25 – Inquadramento degli attraversamenti in progetto

PROGETTAZIONE ATI:

Tab. 6 – Franco idraulico attraversamenti

Evento di piena	Attraversamento	Sezione di controllo di riferimento	Quota di intradosso di riferimento	Livello di piena TR200	Fr (PAI+NTC)	Fr (calcolato)
			(m s.l.m.)	(m s.l.m.)		
TR200	Rampa A – tratto1	SEZ.B	12,33	10,63	1,5	1,70
TR200	Rampa B – tratto1	SEZ.B1	12,30	10,59	1,5	1,71
TR200	Cavalcavia – tratto2	SEZ.C	18,76	10,48	1,5	8,28
TR200	Asse principale – tratto 4	SEZ.E	12,88	9,91	1,5	2,97

3.5.2. SOTTOSPINTE IDRAULICHE

Il presente capitolo analizza il tema delle potenziali sottospinte idrauliche che potrebbero determinare un potenziale galleggiamento della struttura “Canale Imboi”, se non bene dimensionata.

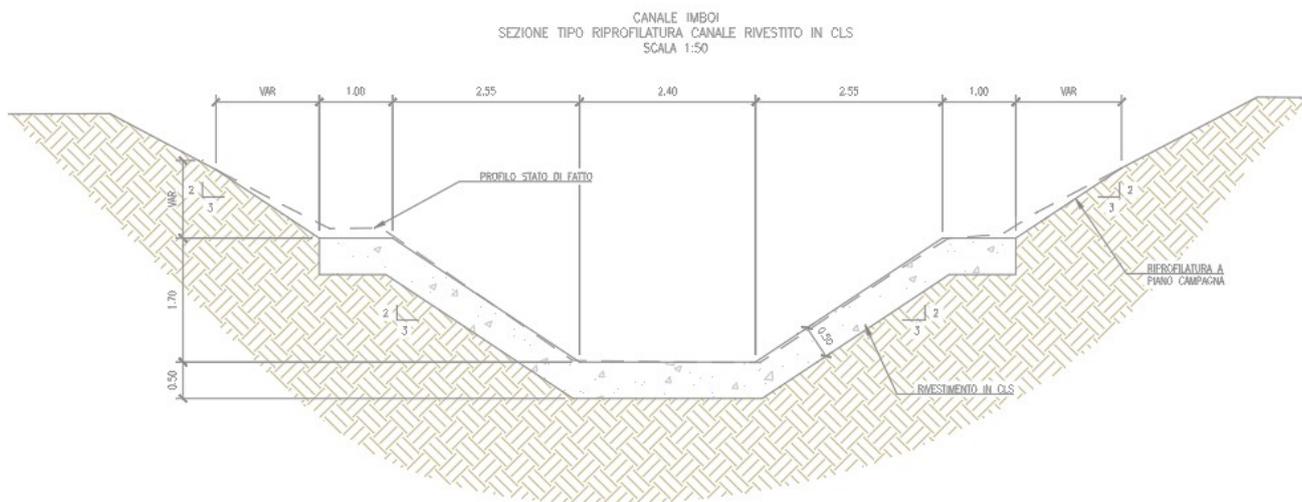


Figura 26 – Sezione tipo canale Imboi

A riguardo è stato contestualizzato l'intervento di rifacimento in calcestruzzo del Canale Imboi alla Carta Geologica, Carta Idrogeologica e Profilo Geologico, al fine di individuare, insieme ai dati piezometrici disponibili, la soggiacenza della falda freatica (rispetto al piano campagna). Nel tratto di intervento all'altezza dello Svincolo, il complesso idrogeologico è limoso-sabbioso-ghiaioso con permeabilità da medio-bassa a medio-alta, caratteristico di una antica conoide alluvionale. La falda

PROGETTAZIONE ATI:

è stata individuata nel range di quote assolute pari a 2.00 – 3.00 m slm, con direzione di flusso N-NE verso lo stagno di S. Gilla.



Figura 27 – Estratto carta idrogeologica

Il profilo di fondo del canale Imboi scorre ad una quota attuale (e di progetto) variabile tra 8.00 m slm e 6.3 m slm, determinando un dislivello minimo tra fondo canale e falda di circa 3.0 m.

Dalla lettura delle informazioni disponibili, non c'è interferenza tra canale e falda nel tratto di intervento, anche considerando lo scavo di fondazione di 0.5 m. Per tale motivo non sarebbe necessario prevedere sottospinte idrauliche da falda.

Si è proceduto comunque nel valutare l'ipotesi cautelativa di un temporaneo innalzamento della falda conseguente eventi alluvionali estremi: come si evince dalla tabella a seguire la soletta garantisce la verifica a galleggiamento (con coefficiente di sicurezza 1.22 secondo NTC) sino a mezzo metro dalla sommità del rivestimento in calcestruzzo, corrispondente ad una escursione della falda di oltre 4.5 m rispetto a quanto definito nei profili geologici.

Tab. 7 – Verifica galleggiamento Canale Imboi

h_w	g_w	V_w	S_w	c	S_{wd}	g_{cls}	V_{cls}	R_{cls}	Verifica
<i>m</i>	<i>kN/mc</i>	<i>mc</i>	<i>kN</i>	-	<i>kN</i>	<i>kN/mc</i>	<i>mc</i>	<i>kN</i>	-
1.7	9.8	8.4	83	1.22	101	2.4	5.1	120	$R_{cls} > S_{wd}$

PROGETTAZIONE ATI:

4. METODOLOGIA DI VERIFICA INLET / OUTLET CONTROL

La verifica delle opere di attraversamento classificate come compluvi nella gerarchia idrologica in quanto non appartenenti al reticolo demaniale, è stata condotta mediante l'applicazione del metodo della Federal Highway Administration (FHWA) denominato "Inlet/Outlet Control".

Le leggi che regolano il deflusso di una corrente attraverso un tombino si rifanno all'idraulica dei canali a pelo libero sino a quando la corrente non è a sezione piena. In letteratura sono disponibili numerosi studi effettuati da diversi autori (Marnell, Nagler, Woodward, Mavis, Straub, Morris, Anderson, Bowers, Shoemaker, Clayton) che hanno investigato casi particolari.

Un'indagine sperimentale completa sul comportamento idraulico delle più comuni tipologie di tombini è stata eseguita dal U.S. Bureau of Standard come riportato da French in più pubblicazioni.

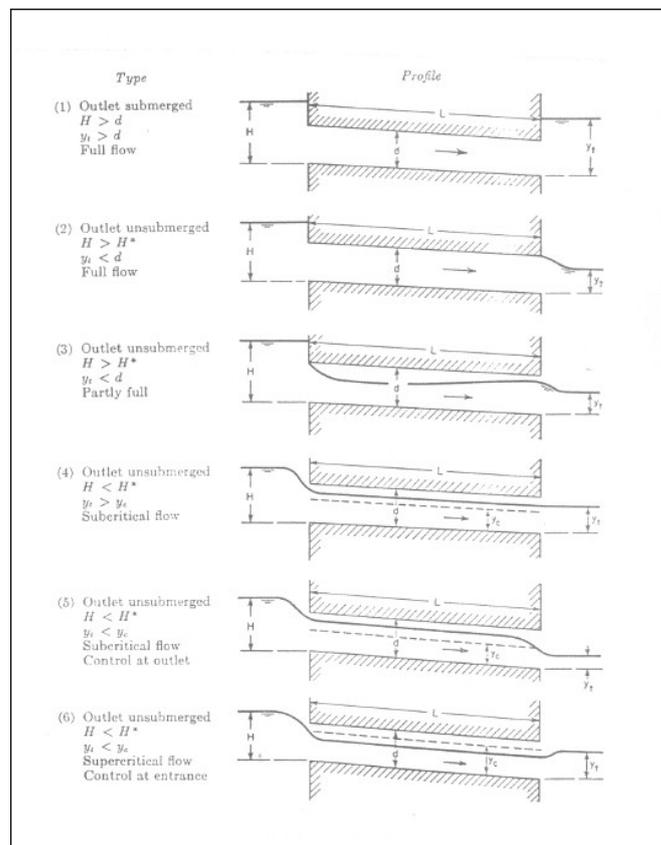


Figura 28: Situazioni di deflusso attraverso un tombino

PROGETTAZIONE ATI:

Sulla base di queste esperienze è stato verificato che l'imbocco di un tombino risulta libero qualora il carico idraulico a monte sia inferiore ad un valore critico definito in funzione delle caratteristiche geometriche dell'imbocco del tombino stesso. Nelle applicazioni in oggetto si è considerato un valore critico del carico di monte pari a quello ottenibile rispetto al piano campagna locale, quello cioè che determina l'esondazione incipiente per rigurgito del manufatto.

Si sono individuati sei differenti tipi di comportamento (Figura 28), schematizzabili nel modo seguente:

A. sbocco sommerso: **Tipo 1**

B. sbocco a pelo libero:

a. carico maggiore del carico critico

i. tombino idraulicamente lungo: **Tipo 2**

ii. tombino idraulicamente corto: **Tipo 3**

b. carico inferiore al carico critico

i. altezza d'acqua di valle maggiore della y_c : **Tipo 4**

ii. altezza d'acqua di valle minore della y_c :

1. pendenza $< i_c$: **Tipo 5**

2. pendenza $> i_c$: **Tipo 6**

La soluzione di tali tipologie può essere ottenuta utilizzando i cartogrammi messi a punto dal U.S. Geological Survey (Figura 29).

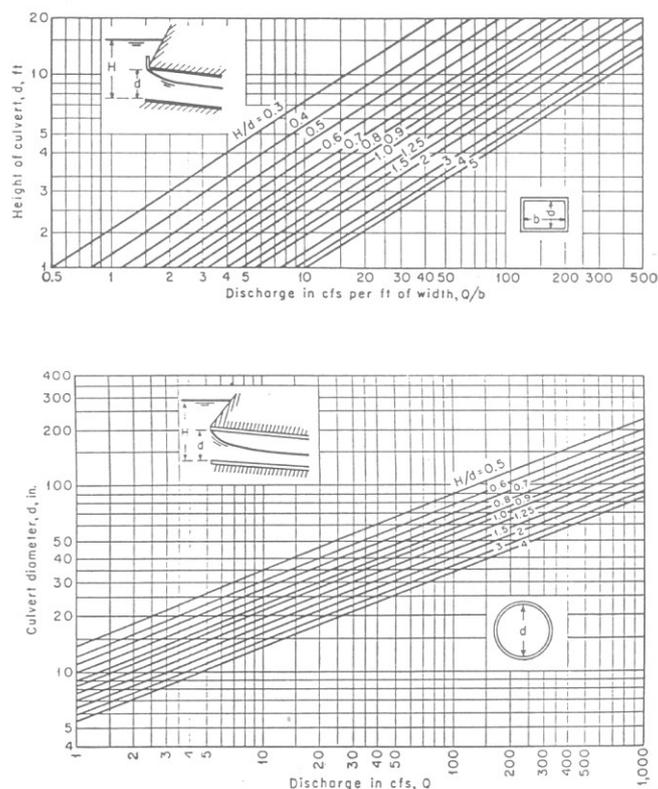


Figura 29: Cartogrammi per la stima delle portate defluibili a pelo libero attraverso tombini scatolari o circolari con imbocco non raccordato.

Tali grafici, aventi gli assi a scala logaritmica, esprimono il legame tra la portata espressa in cfs (piedi cubi al secondo) ed il carico idraulico a monte espresso in ft (piedi) in funzione delle dimensioni geometriche di tombini a sezione rettangolare o circolare, configurazione questa che risulta rappresentativa di tutte le situazioni riscontrate.

Quindi note le dimensioni del manufatto e valutato il carico idraulico a monte, attraverso l'utilizzo delle relazioni matematiche esplicitate graficamente nei diagrammi sopra riportati, è possibile determinare la portata che può defluire attraverso un tombino a sezione scatolare o circolare.

La tipologia progettuale degli attraversamenti sui corsi d'acqua secondari è normalizzata allo scatolare 2x2 m, per favorire e agevolare operazioni di manutenzione e allo stesso tempo garantire il dimensionamento rispetto a fenomeni di sedimentazione e ostruzione. In attraversamento alle viabilità di svincolo, in alcuni casi è stata prevista la tipologia circolare con diametro 1000 mm.

In virtù della sezione corrente stradale di mezzacosta, le opere idrauliche hanno spesso un tipologico di imbocco a pozzo, necessario per vincere il dislivello altimetrico dello scavo di versante.

PROGETTAZIONE ATI:

Nelle Tabelle sottostanti sono riportati i dati di verifica dei tombini calcolati col metodo descritto. Si ricorda che la normativa nazionale intende i tombini idraulici come manufatti totalmente rivestiti in sezione, eventualmente suddivisi in più canne, in grado di condurre complessivamente portate fino a 50 m³/s.

Ai fini delle verifiche idrauliche l'evento di progetto deve avere tempo di ritorno uguale a quello da assumere per i ponti, ovvero 200 anni ed è necessario garantire, in caso di funzionamento a superficie libera, un tirante idrico inferiore ai 2/3 dell'altezza della sezione, garantendo comunque un franco minimo di 0.50 m. Per i canali a sezione aperta il franco idraulico rispettato ai fini delle verifiche è pari ad 1/3 dell'altezza della sezione.

I compluvi inseriti alle progressive 9+738 e 10+251 dell'opera connessa nord devono garantire i limiti sopracitati per far sì che il proseguimento dei corsi d'acqua presenti allo stato di fatto ed ora interferenti con l'opera di progetto avvenga in sicurezza.

Nelle tabelle successive si riportano le caratteristiche geometriche ed idrologiche utilizzate per la verifica assieme al valore del franco minimo da normativa e calcolato grazie ai quali, tramite confronto, dimostrano l'esito positivo della verifica.

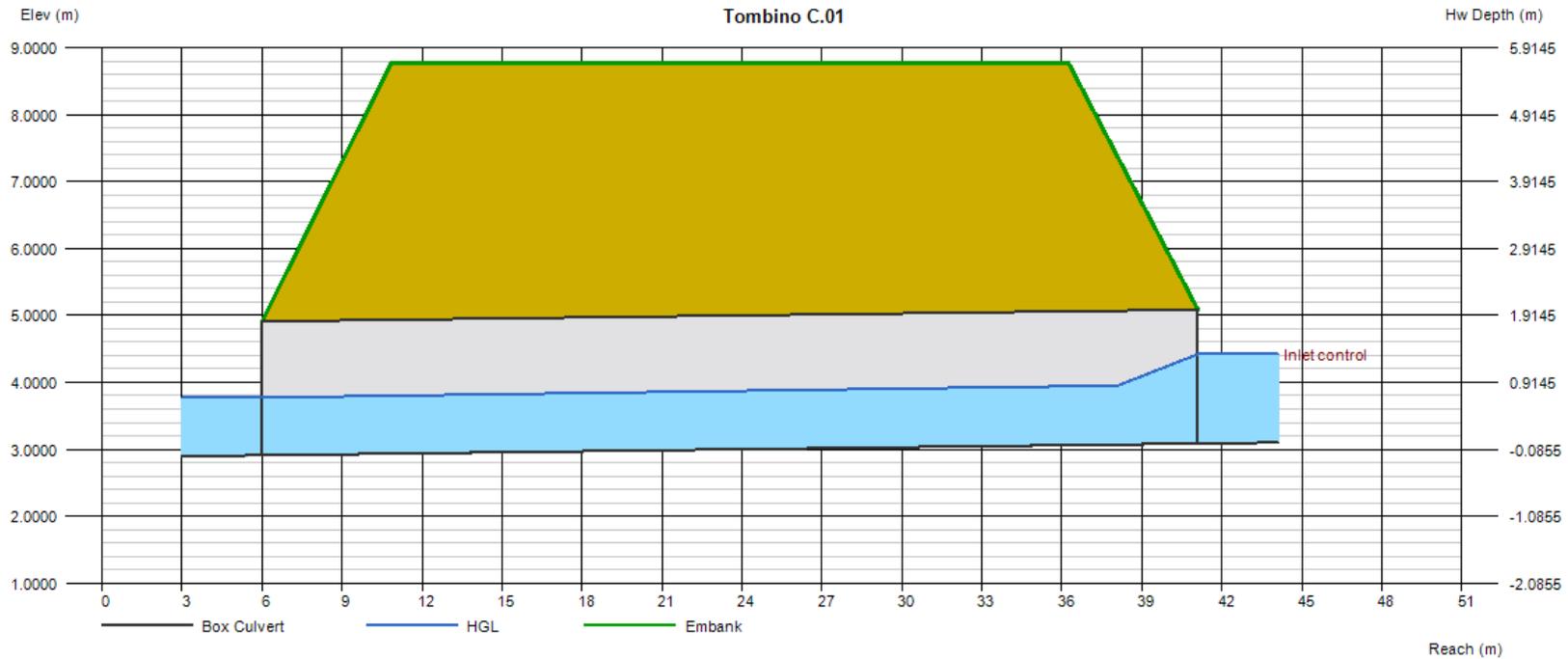


Figura 30 - Sezione longitudinale del compluvio C.01 con profilo idrico

PROGETTAZIONE ATI:

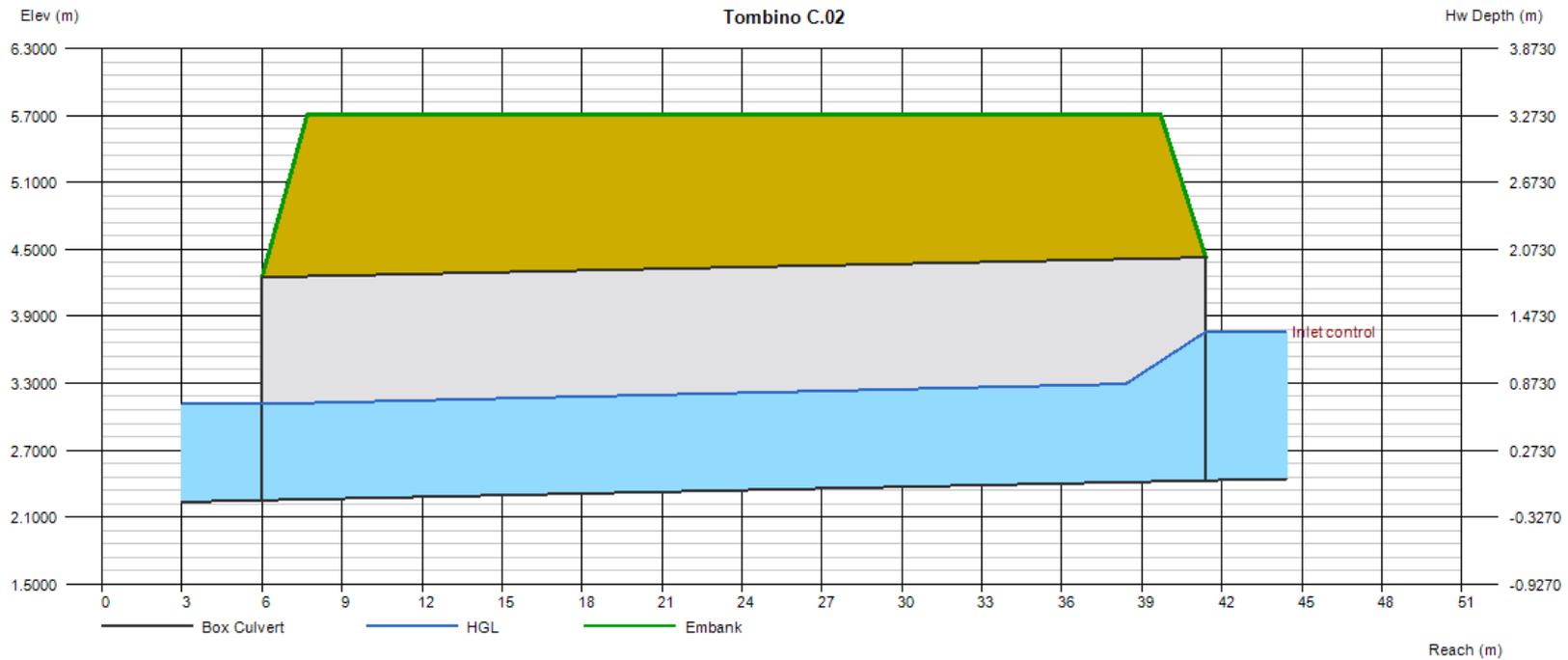


Figura 31 - Sezione longitudinale del compluvio C.01 con profilo idrico

PROGETTAZIONE ATI:

Tab. 8 - Caratteristiche geometriche dei compluvi

Interferenza	Attraversam.		Larghezza	Altezza	Lunghezza	Scabrezza	Quota ingresso	Quota sbocco	Pendenza
ID	ID	pk	b	h ₁	L	K	Z _{in}	Z _{out}	i
			(m)	(m)	(m)	(m ^{1/3} /s)	(m s.m)	(m s.m)	(-)
C.01	TO01	9+738	2	2	35.1	70	3.09	2.91	0.005
C.02	TO02	10+251	2	2	35.4	70	2.43	2.25	0.005

Tab. 9 - Parametri idrodinamici e risultati del dimensionamento dei compluvi

Interferenza	Attraversam.	Portata	Tirante	Altezza critica	Velocità di moto uniforme	Carico totale	Carico parziale	Franco NTC 2018	Franco calcolato
id	pk	TR=200	h	y _c	V	H _T =h+V ² /2g	H _{0.5} =h+0.5*V ² /2g	F(min)	F
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m)
C.01	TO01	5.2	1.33	0.69	2.95	1.78	1.56	0.67	0.67
C.02	TO02	5.2	1.33	0.69	2.95	1.78	1.56	0.67	0.67

PROGETTAZIONE ATI:

5. CONCLUSIONI

L'intervento progettuale è di potenziamento e raccordo con la viabilità esistente, dal punto di vista idraulico gli attraversamenti in progetto rispettano il franco idraulico secondo le NTC 2018. Tali attraversamenti non presentano opere fondazionali che impattano con il deflusso della corrente.

Nel nodo di raccordo tra la viabilità in progetto e quella esistente vi è una minima esondazione dovuta al restringimento del passaggio del canale al di sotto della fascia tubiera. Per ragioni tecniche si è scelto di adeguare il rilevato stradale in progetto alzando la livelletta e tenendo la strada più alta rispetto ai livelli di piena di progetto con un sufficiente franco di sicurezza. Si evidenzia che l'allagamento che lambisce il rilevato stradale in progetto in tali aree riporta velocità pressoché nulle.

PROGETTAZIONE ATI: