# PROGETTO DEFINITIVO

# RIO MELARA - INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO AREA SIMAN - VIA DEL MOLO

Città della Spezia

Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale
Porto di La Spezia e
Marina di Carrara

La Spezia Container Terminal

TITOLO ELABORATO

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

CODICE ELABORATO

23 01 PD 002 01

| Rev. | Data | Causale |
|---|---|---|
| 0 | 02/03/2023 | Emissione |
| 1 | 04/04/2023 | Modifica cartiglio |
| 2 | | |


IL PROGETTISTA

Modimar Project S.r.l.
Via Asmara, 72 - 00199 Roma (RM)
P. IVA 16016151009

GES - Geotechnital Engineering Service S.r.l.
Via Sandro Totti, 7/A - 60131 Ancona (AN)
P. IVA 02528430420

GeoEquipe - Studio Tecnico Associato
Via Sandro Pertini, 55 - 62029 Tolentino (MC)
P. IVA 00817500432

IL CONSULENTE PER LA PARTE IDRAULICA

HYDRODATA S.p.a.
Via Pomba 23 - 10123 Torino (TO)
P. IVA 01735260018


Dimensioni foglio: A4

| Redatto: | Controllato: | Approvato: |
|---|---|---|
| Camusi | Sanzone | Tartaglini |

Note:

# SOMMARIO

**1 PREMESSA ..... 2**
**2 ASSETTO ATTUALE DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA ..... 5**
**3 INTERVENTI GIÀ OGGETTO DI PROGETTAZIONI IN CORSO ..... 9**
**3.1 ADEGUAMENTO DEL FOSSO MELARA PRESSO IL DEPURATORE ..... 9**
**3.2 NUOVO TERMINAL RAVANO ..... 10**
**4 DESCRIZIONE DEL PROGETTO ..... 12**
**4.1 CARATTERIZZAZIONE DELLO STATO ATTUALE DEL SITO DI INTERVENTO ..... 13**
**4.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE ..... 14**
**4.3 GESTIONE DEI MATERIALI DI SCAVO E DEMOLIZIONE ..... 18**
**5 INDAGINI PROPEDEUTICHE ALL'INTERVENTO ..... 19**
**6 ANALISI IDROLOGICA E IDRAULICA ..... 20**
**6.1 FOSSO MELARA ..... 21**
**7 FASI ATTUATIVE DELL'INTERVENTO IN PROGETTO E CRONOPROGRAMMA ..... 25**
**8 COSTI DELL'INTERVENTO ..... 26**

# 1 PREMESSA

La presente relazione illustra il progetto definitivo dell'intervento di mitigazione del rischio idraulico per il bacino del Fosso Melara, in Comune di La Spezia, relativo al tratto che attraversa l'area SIMAN in via del Molo.
Si precisa che il presente progetto insieme a quello degli interventi di sistemazione del fosso Melara previsti nell'ambito del progetto del nuovo Terminal Ravano del porto di La Spezia costituiscono un progetto unitario di messa in sicurezza del corso d'acqua.
Il fosso Melara drena un'area prettamente urbana, non presentando caratteri morfologici naturali ma piuttosto caratteristiche affini a quelle di una rete di drenaggio delle acque meteoriche. Esso è suddiviso in due rami principali, Est e Ovest, che confluiscono nel tratto terminale in corrispondenza dell'attraversamento della linea ferroviaria.
In Figura 1 è rappresentato il bacino contribuente complessivo (denominato ME-A, suddiviso nel tratto di monte in due sottobacini ME-B e ME-C) con la traccia dell'asse degli alvei dei vari rami del corso d'acqua.

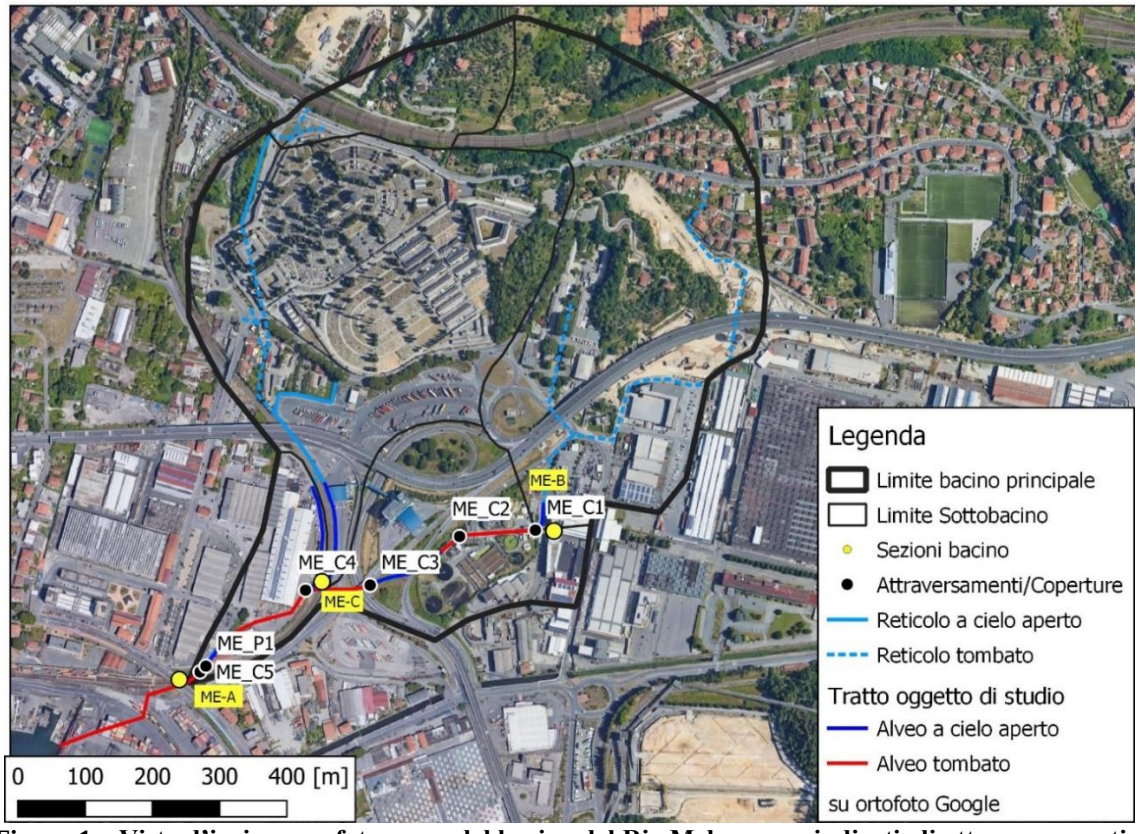



**Figura 1 – Vista d'insieme su foto aerea del bacino del Rio Melara, con indicati gli attraversamenti e le coperture ubicati nel tratto oggetto di studio.**

La più recente ed aggiornata caratterizzazione dell'assetto del Fosso Melara è contenuta in uno *studio*[1] *idrologico e idraulico per la definizione delle fasce di esondazione dei*

[1] Città della Spezia. Studio idrologico e idraulico per la definizione delle fasce di esondazione dei principali torrenti, fossi e canali ricadenti nel Comune della Spezia - Aggiornamento e integrazione con definizione di

*principali torrenti, fossi e canali ricadenti nel Comune* (…) a supporto delle attività di protezione civile e del Piano Urbanistico Comunale, predisposto dal Comune della Spezia nel 2019, aggiornato e integrato nel 2021, dal quale è derivata una proposta di nuova perimetrazione delle fasce di pericolosità idraulica sull'area di studio. Da esso è stata estratta la Figura 1. Lo studio idrologico di riferimento è riportato integralmente all'interno degli elaborati di progetto (v. Elaborato 23 01 PD R007 Relazione idrologica ed idraulica). Lo studio ha fatto emergere una generale inadeguatezza allo smaltimento delle portate di piena del reticolo idrografico dell'asta del Melara, che peraltro nei tratti di monte è assimilabile a una rete di fognatura urbana, non direttamente leggibile sul territorio sul piano di superficie. Sia i (prevalenti) tratti tombinati che quelli a cielo aperto del corso d'acqua presentano una capacità di deflusso significativamente inferiore alle portate di riferimento definite dall'analisi idrologica eseguita nello studio citato, per cui già per l'evento di piena cinquantennale si riscontrano ampi allagamenti delle aree urbanizzate circostanti.
Considerando la porzione di valle del reticolo del Fosso Melara, dove esso assume connotazioni proprie di un corso d'acqua (per quanto artificializzato) anziché di rete fognaria, dallo studio citato si desumono due elementi principali di criticità idraulica, localizzati in Figura 2:

1. il tombino di attraversamento dell'area del depuratore degli Stagnoni (che comporta esondazioni nell'omonima area artigianale non precedentemente considerate nel Piano di Bacino);
2. la tubazione in uscita dalla "vasca di calma" posta a valle dell'attraversamento ferroviario (denominata ME-CP4), decisamente inferiore come capacità di deflusso alle sezioni di monte, e causa di un allagamento che interessa l'intera sede ferroviaria e si propaga interessando potenzialmente anche la galleria subalvea.

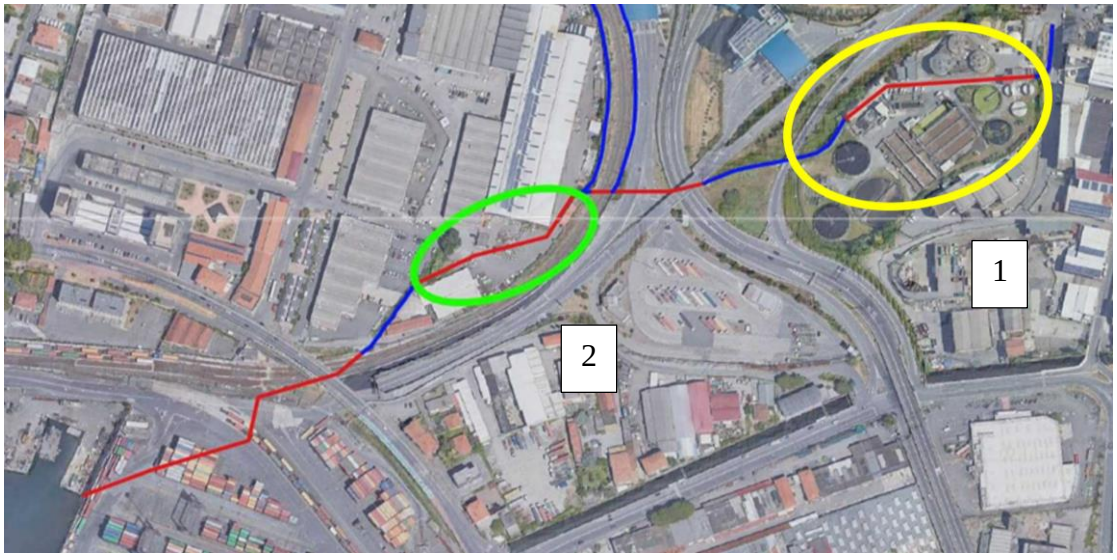



**Figura 2 – Corografia con identificazione degli elementi di criticità. I tratti blu rappresentano le porzioni di reticolo idrografico del rio Melara a cielo aperto; quelle rosse i tratti tombati.**

possibili interventi di mitigazione del rischio idraulico relativi ad alcune specifiche criticità puntuali. HYDRODATA S.p.A., luglio 2021.

La prima criticità è stata già affrontata e risolta nell'ambito della progettazione dell'intervento di adeguamento idraulico del tratto di canale che attraversa le aree dell'impianto di depurazione (intervento B in Figura 3) ad opera del gestore ACAM Acque S.p.A.
Il presente studio si è quindi focalizzato sull'elemento di criticità residuo ("2" in Figura 2) ipotizzando un intervento (C in Figura 3) di adeguamento delle sezioni di deflusso del corso d'acqua, finalizzato a minimizzare le aree di esondazione mitigando il rischio idraulico per le aree circostanti.
L'intervento in oggetto, grazie all'introduzione di una vasca di sedimentazione e intercettazione del materiale flottante a presidio della lunga tombinatura terminale esistente che si connette con il nuovo canale marino previsto nel progetto del nuovo terminal Ravano (intervento A in Figura 3), risulta funzionalmente connesso con quest'ultimo intervento insieme al quale costituisce un progetto unitario di mitigazione del rischio idraulico del fosso Melara.

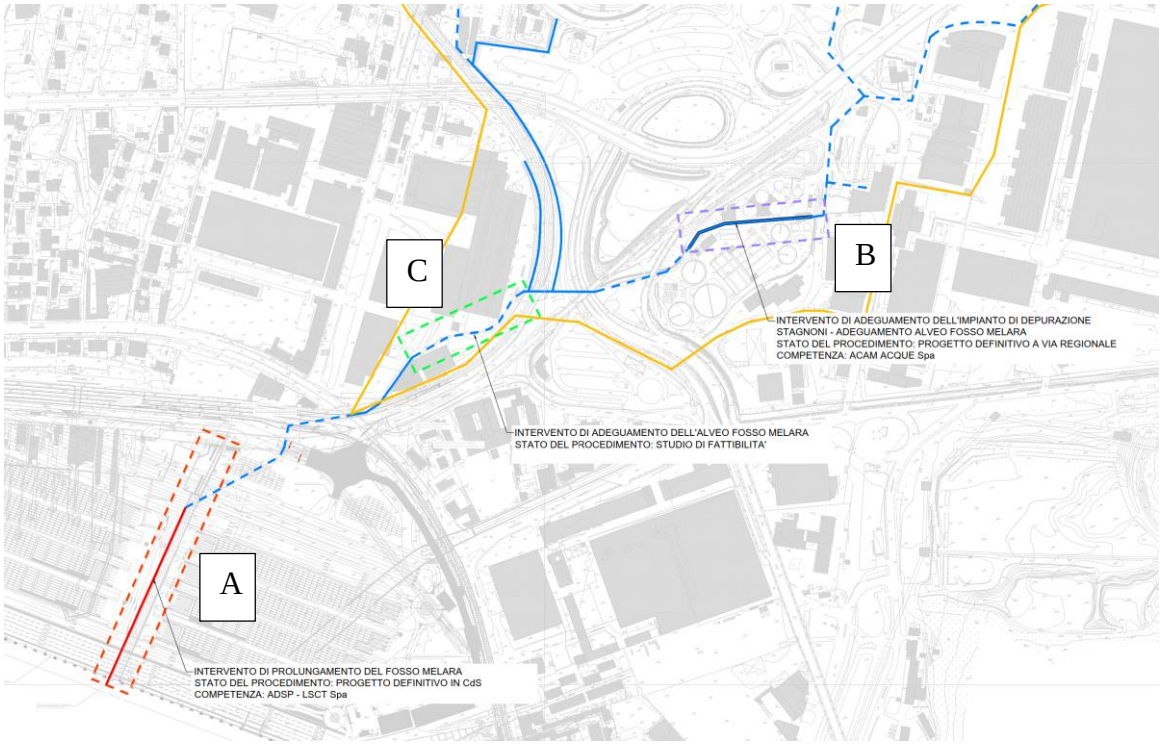



**Figura 3 – Corografia con identificazione degli interventi in progetto noti.**

Nel seguito della presente relazione si caratterizza l'assetto attuale del corso d'acqua, illustrando poi l'intervento a progetto ed i tempi e costi di esecuzione.

## 2 ASSETTO ATTUALE DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA

Il vigente Piano di Bacino definisce per le aree di interesse le perimetrazioni di pericolosità idraulica rappresentate in Figura 4 e Figura 5 (aggiornamento ottobre 2021).

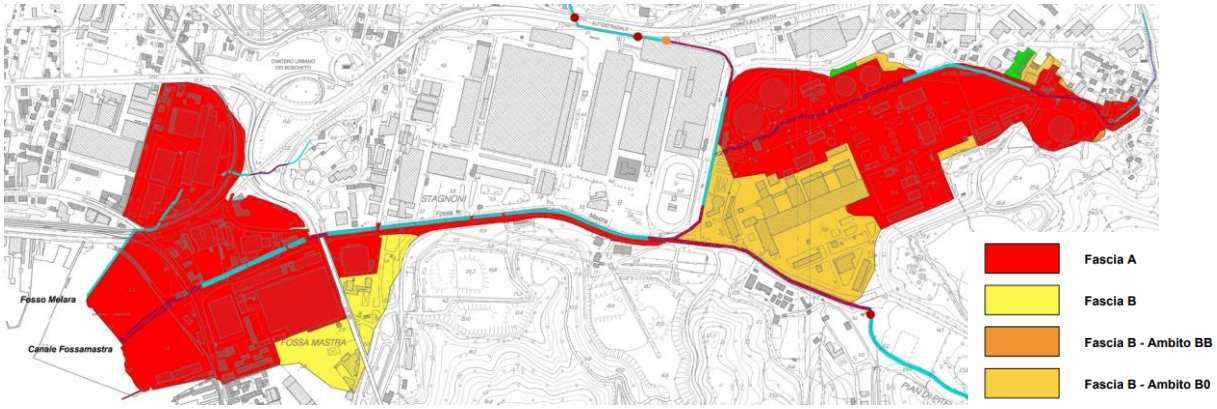



**Figura 4 – Fasce di pericolosità idraulica da Piano di Bacino vigente (Fosso Melara, canale Fossamastra).**

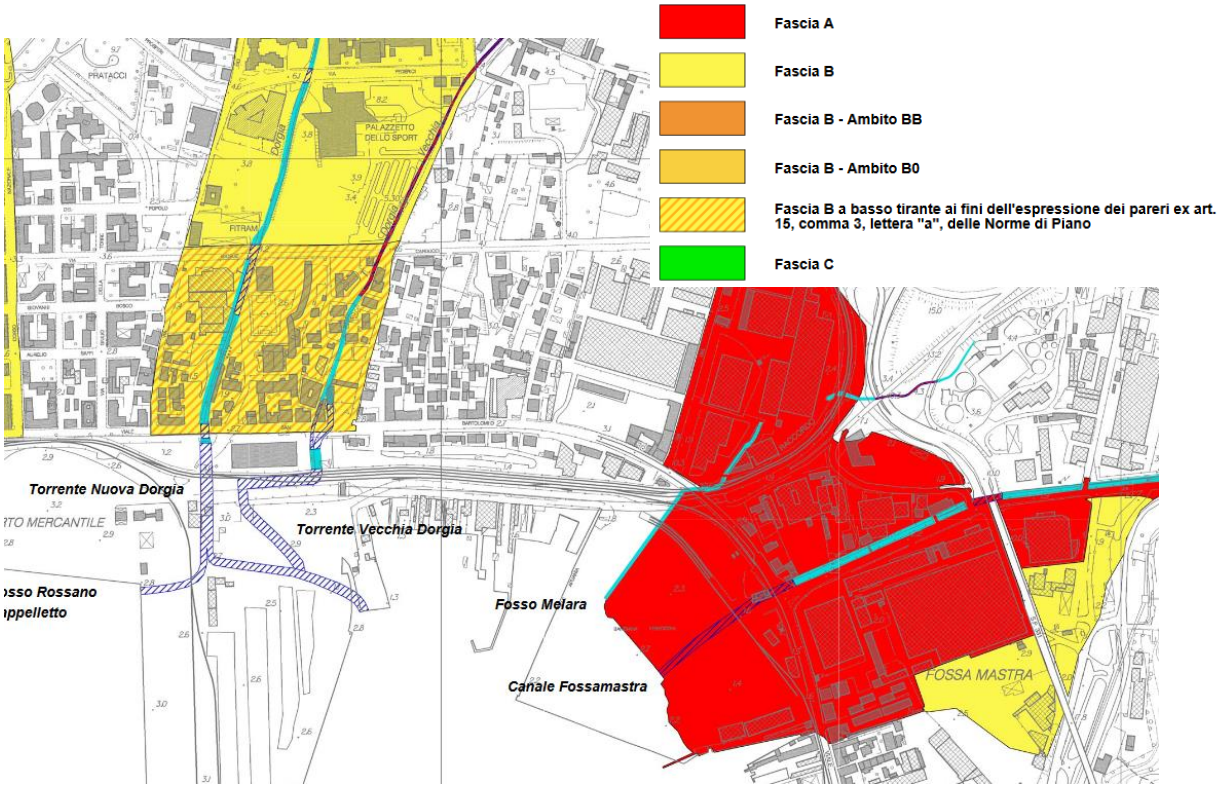



**Figura 5 - Fasce di pericolosità idraulica da Piano di Bacino vigente (dettaglio area di intervento): Rio Melara, Canale Fossamastra, torrente Vecchia Dorgia.**

Il Comune della Spezia ha predisposto nel 2019 uno studio idrologico e idraulico, già citato in premessa, dal quale è derivata una proposta di nuova perimetrazione delle fasce di pericolosità idraulica sull'area di studio, comportando un generale ampliamento di queste ultime rispetto a quanto precedentemente perimetrato nel Piano di Bacino vigente, prevalentemente a causa delle analisi condotte su tratti di reticolo idrografico

precedentemente non studiati dal punto di vista dell'assetto idraulico. Le risultanze di tale studio sono contenute nella variante all'attuale Piano di Bacino predisposta dalla Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale la quale ha trasmesso alla Regione Liguria il Decreto del Segretario Generale n. 113 del 14/11/2022 ad oggetto: "Piano di bacino, stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) del territorio dei bacini regionali liguri. Piano di Bacino Ambito 20. Presa d'atto della proposta di variante non sostanziale relativa alla riperimetrazione delle fasce di inondabilità dei principali torrenti, rii, fossi e canali nel comune della Spezia (SP), ai fini dell'avvio della fase di pubblicità. Adozione di misure di salvaguardia in attesa dell'approvazione definitiva. Art. 68 commi 4-bis e 4-ter del d.lgs. 152/2006. Contestuale avvio della procedura di aggiornamento delle mappe del PGRA ai sensi dell'art. 14 della disciplina di PGRA."
Le aree di esondazione del Rio Melara nel nuovo studio risultano molto simili alle perimetrazioni pregresse, estese prevalentemente a monte di Viale San Bartolomeo.
In generale si evidenzia come elemento di criticità di tutto il tratto la limitatissima pendenza longitudinale: l'imbocco della tombinatura al di sotto del depuratore ha una quota di fondo circa pari al livello di mare imposto come condizione di valle (circa 0,5 m s.m.). Più a valle, l'intero tratto sistemato dall'imbocco dell'attraversamento della A15 fino allo sbocco di quello ferroviario ha un fondo orizzontale posto a quota -0,45 m s.m.; l'attuale sbocco a mare si ha con fondo a quota -1,0 m s.m. Tale inadeguatezza induce esondazioni diffuse nelle aree oggetto di simulazione.
Nell'attuale configurazione del rio Melara, limitatamente alle porzioni di reticolo analizzate dallo studio del Comune, si riscontrano fuoriuscite di portata dall'alveo, con allagamenti delle aree circostanti, in corrispondenza di due specifici punti critici (rif. Figura 2): l'imbocco della tombinatura che si sviluppa al di sotto dell'impianto di depurazione e l'imbocco della tombinatura circolare a valle dell'attraversamento della ferrovia (al di sotto del piazzale dell'area artigianale - cantiere navale SIMAN). Per entrambi le fuoriuscite sono dovute sia alla modesta capacità di smaltimento del manufatto, sia a fenomeni di rigurgito da valle.
In maggior dettaglio le dinamiche di esondazione dello stato attuale possono essere descritte come segue, secondo quanto riportato dal citato studio del Comune, dal quale è mutuata anche la Figura 6 che rappresenta la distribuzione delle massime altezze d'acqua osservate per l'evento caratterizzato da un tempo di ritorno di 200 anni.

- Nel tratto a cielo aperto a monte del tombino al di sotto dell'impianto di depurazione si riscontrano fuoriuscite di portata rilevanti. La portata esondata allaga via degli Stagnoni propagandosi nell'area produttiva prevalentemente verso Sud, fino a riversarsi nell'alveo del Canale Fossamastra, giungendo anche a lambire l'area dello stabilimento industriale Leonardo, nel cui perimetro entra (marginalmente) attraverso il varco di accesso in via privata OTO. L'esondazione si attesta contro il rilevato dell'autostrada A15 della Cisa. Gli allagamenti circondano l'area del depuratore, posta a quota più elevata, interessando solo una porzione limitata a Nord, e rientrano parzialmente in alveo a valle dello sbocco della tombinatura. Parte della portata esondata rientra anche in alveo nel tratto a cielo aperto su via degli Stagnoni, al decrescere dei livelli idrici di valle.
- Nel tratto d'alveo a cielo aperto a monte della A15 i livelli idrici sono maggiori delle quote di sponda della sezione rivestita, ma a causa delle ripide scarpate in terra soprastanti gli allagamenti sono sostanzialmente nulli.

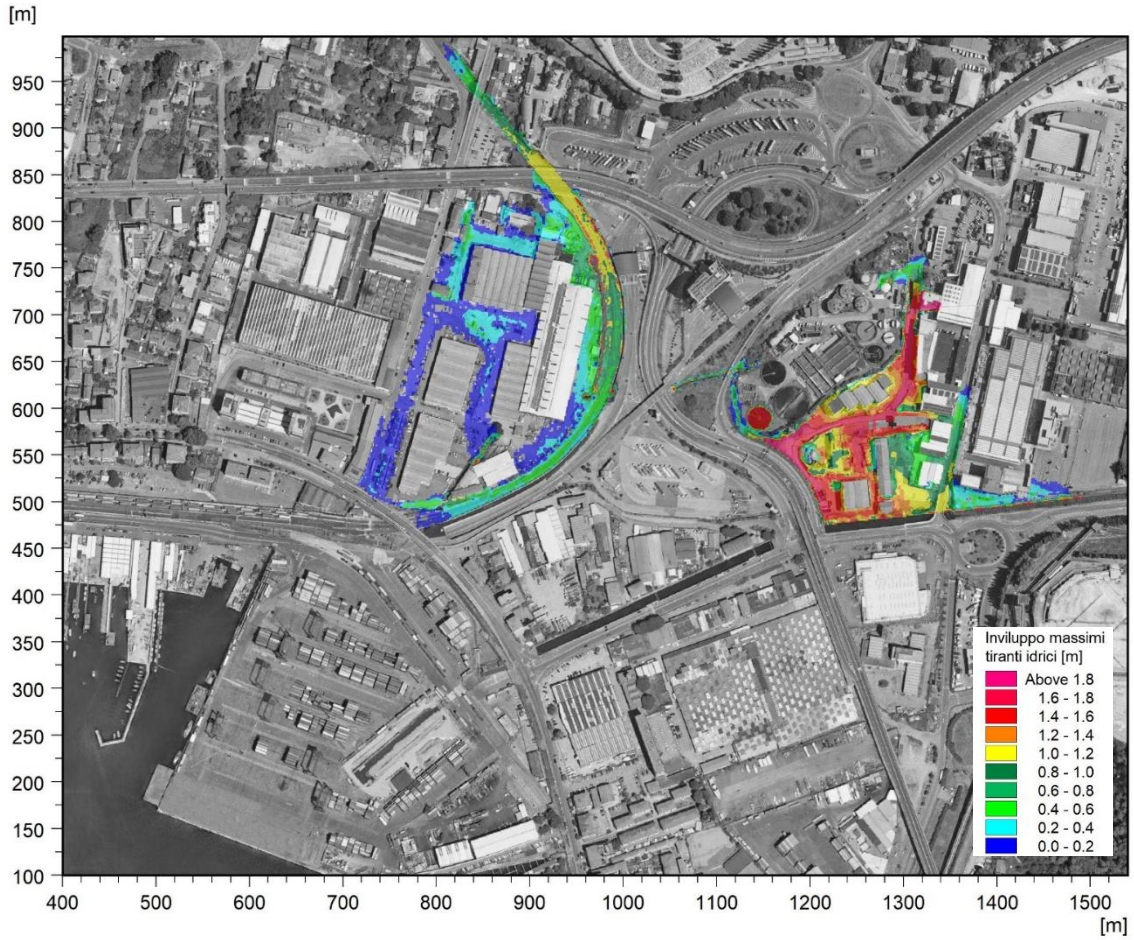



**Figura 6 – Distribuzione inviluppo delle massime altezze idriche rispetto al piano campagna, TR=200 anni.**

- A valle di questo tratto sono stati realizzati negli ultimi 20 anni interventi significativi per migliorare la funzionalità idraulica del corso d'acqua, eseguiti da vari soggetti (SALT, RFI, Autorità Portuale), con raddoppi o potenziamenti delle originarie tombinature di attraversamento. Il tratto di sistemazione SALT+RFI presenta un fondo scorrevole orizzontale (a quota -0,45 m s.m.), al quale fa seguito una tombinatura circolare al di sotto del piazzale dell'area artigianale (cantiere navale SIMAN), di diametro 1,8 m, e quindi, a valle di un breve tratto di canale a cielo aperto, la tombinatura terminale costituita da una sezione con due canne parallele di larghezza 4,0 m e altezza circa 1,9 m che si sviluppa con tracciato sinuoso al di sotto del sedime ferroviario.
- Il nodo idraulico dell'attraversamento ferroviario, in cui si ha la confluenza del ramo di ponente del Melara e di un fosso minore, è fortemente critico in quanto nettamente rigurgitato dalla tubazione di uscita dalla "vasca di calma" a valle dell'attraversamento (tombinatura circolare di diametro 1,80 m), decisamente inferiore come capacità di deflusso alle sezioni di monte. Il carico idraulico che si instaura a monte di essa risulta superiore alle quote di sponda dei canali che si sviluppano su entrambi i lati della linea ferroviaria, provocando l'allagamento del piano dei binari. In virtù delle limitate pendenze tale allagamento si estende anche

a monte fino a via Carducci, mentre a valle defluirebbe verso sinistra andando a invadere anche la galleria subalvea (tale analisi non considera la presenza di muri perimetrali in quanto non è nota la loro adeguatezza a contenere i livelli idrici di piena).

- Nel tratto a valle dell'area artigianale (cantiere navale SIMAN) la portata residua (ridotta a causa delle esondazioni di monte a un colmo di circa 7,3 $m^3/s$ rispetto al valore idrologico di circa 13,5 $m^3/s$) è contenuta nell'alveo e transita attraverso il ponticello ad arco al di sotto della ferrovia e nella successiva tombinatura di attraversamento dell'area portuale, senza generare in essa un funzionamento in pressione, con franchi idraulici compresi tra 0,7 m e 1,0 m (il valore minore è indotto, nella sezione terminale, dal livello idrico imposto a valle).

# 3 INTERVENTI GIÀ OGGETTO DI PROGETTAZIONI IN CORSO

## 3.1 ADEGUAMENTO DEL FOSSO MELARA PRESSO IL DEPURATORE

In corrispondenza del nodo critico "1" di Figura 2 nell'ambito del progetto di ristrutturazione dell'impianto di depurazione Stagnoni di ACAM ACQUE S.p.A. è previsto un intervento di adeguamento idraulico del tratto di canale che attraversa le aree dell'impianto (Figura 7). Esso prevede di modificare la sezione dell'attuale tombinatura trasformandola in un canale a pelo libero di geometria rettangolare, sostanzialmente "aprendo" la sezione fino al piano soprastante senza modificarne la larghezza (cfr. Figura 8).
Tale modifica permette quindi di ottenere in corrispondenza dell'area del depuratore un franco idraulico maggiore od uguale ad un metro, sufficiente a garantire la sicurezza idraulica dell'impianto.
Tuttavia, i livelli che si generano (dovuti alla limitata larghezza della sezione, circa 2 m) continuano a creare rigurgito verso le aree a monte, e non modificheranno pertanto l'estensione degli allagamenti attesi per la configurazione attuale (Figura 6), come riportato anche nella relazione di compatibilità idraulica di tale progetto (capitolo 3).



**Figura 7 – Intervento di ristrutturazione dell'impianto di depurazione Stagnoni – Planimetria di progetto.**

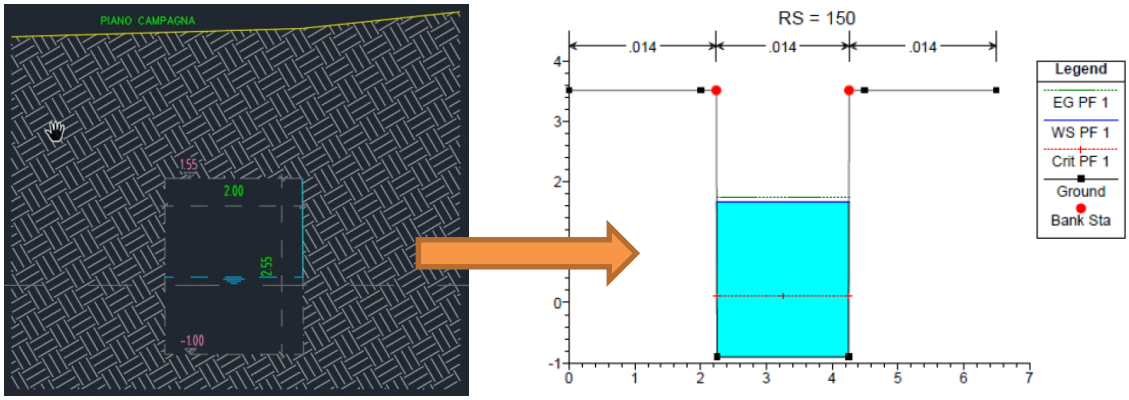



**Figura 8 – Intervento di ristrutturazione dell'impianto di depurazione Stagnoni – Schema di intervento sul tratto di Fosso Melara tombato (estratto dalla relazione di compatibilità idraulica di progetto).**

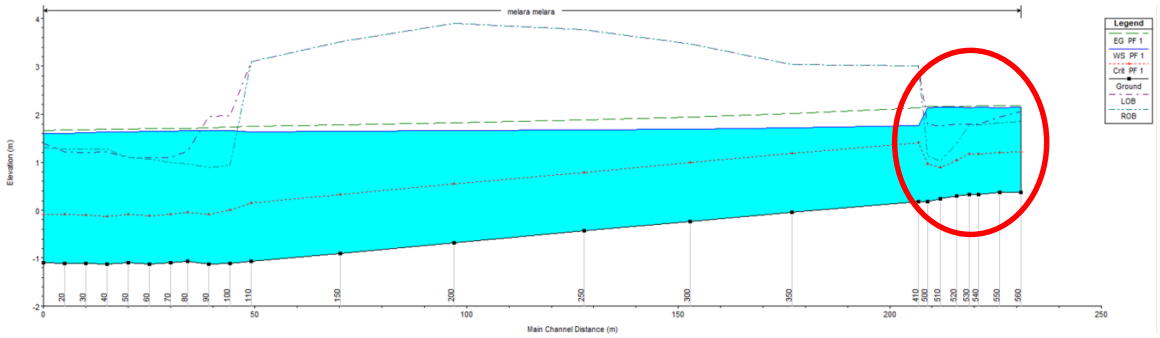



**Figura 9 – Intervento di ristrutturazione dell'impianto di depurazione Stagnoni – Profilo idrico di progetto per il tratto di Fosso Melara tombato (estratto dalla relazione di compatibilità idraulica di progetto). L'ovale rosso evidenzia l'effetto di rigurgito prodotto dalla strettoia costituita dal tratto in corrispondenza del depuratore, che genera a monte il sormonto delle sponde.**

Il progetto prevede che nel tratto interno al depuratore la sezione sia sormontata da un grigliato carrabile, poiché il tracciato è posizionato al di sotto di una viabilità interna indispensabile per la circolazione viaria all'interno del depuratore.

## 3.2 NUOVO TERMINAL RAVANO

Il nuovo terminal in progetto, rappresentato nello stralcio planimetrico di Figura 10, è dotato di una banchina operativa di lunghezza pari a 520 m circa.
Il piazzale operativo del terminal ha una superficie complessiva pari a circa 12 ha e al suo interno sono previste 8 aree dove i contenitori verranno impilati. Queste aree presentano una larghezza di circa 28 m, così da permettere lo stoccaggio dei contenitori su 10 file affiancate. Ciascuna area di deposito è asservita a due gru su rotaia automatiche (tipo ASC); avendo previsto un sistema di movimentazione dei contenitori automatico tutte le aree di deposito dei contenitori verranno completamente recintate mediante new jersey dotati superiormente di griglia metallica, così da impedire l'ingresso dell'uomo all'interno delle aree operative.
A tergo delle aree di deposito dei contenitori è inoltre prevista la realizzazione di un moderno scalo ferroviario, collegato direttamente alla rete ferroviaria portuale (La Spezia Marittima). Lo scalo è dotato di 5 binari lunghi mediamente circa 500 m asserviti da 4 gru su rotaia tipo RMG.
Come visibile dallo stralcio planimetrico di Figura 10, nell'area di intervento sono presenti alcuni corpi idrici tombati. Inoltre, il prolungamento della banchina nell'area in cui attualmente sfocia il Fosso Melara rende necessario traslare tale foce verso mare fino alla nuova linea di costa artificiale.
Questo raccordo è effettuato con un nuovo canale marino, il quale colletta anche la portata di alcuni corpi idrici minori (interclusi tra i bacini del Fosso Melara e del torrente Vecchia Dorgia) integrati con il reticolo fognario. Tale canale è schematizzato nello stralcio planimetrico di Figura 11, e presenta in sommità una successione di attraversamenti, necessari a garantire il transito tra le aree di impilaggio dei contenitori, intervallati da porzioni a cielo aperto sormontate da un grigliato carrabile F900 rimovibile per attività di ispezione e manutenzione.

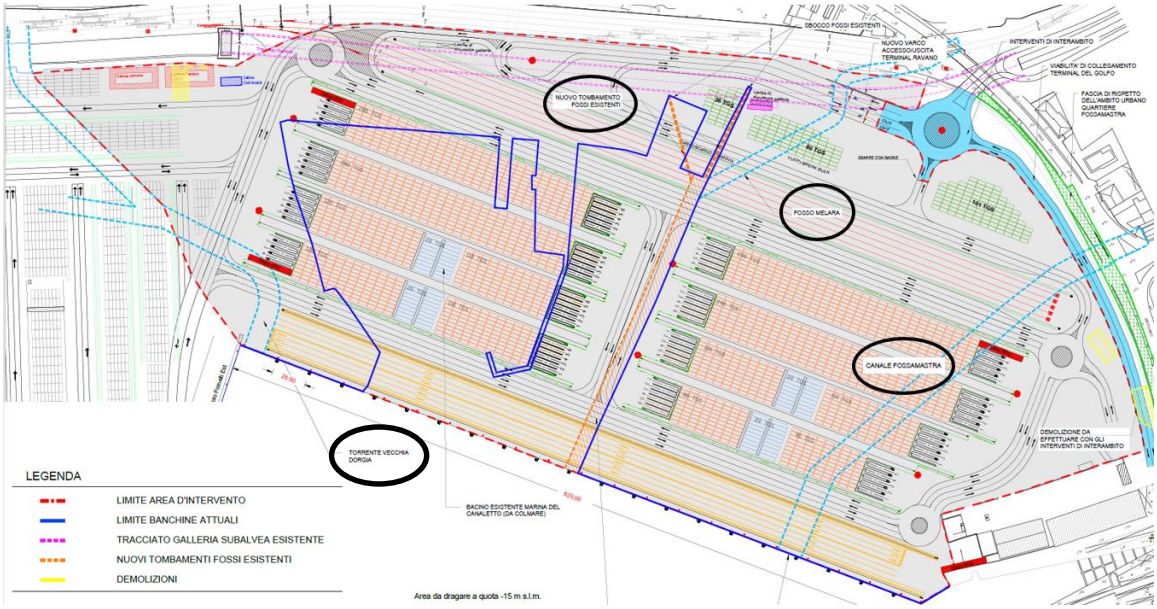



**Figura 10 – Schema planimetrico di progetto per il nuovo terminal Ravano.**

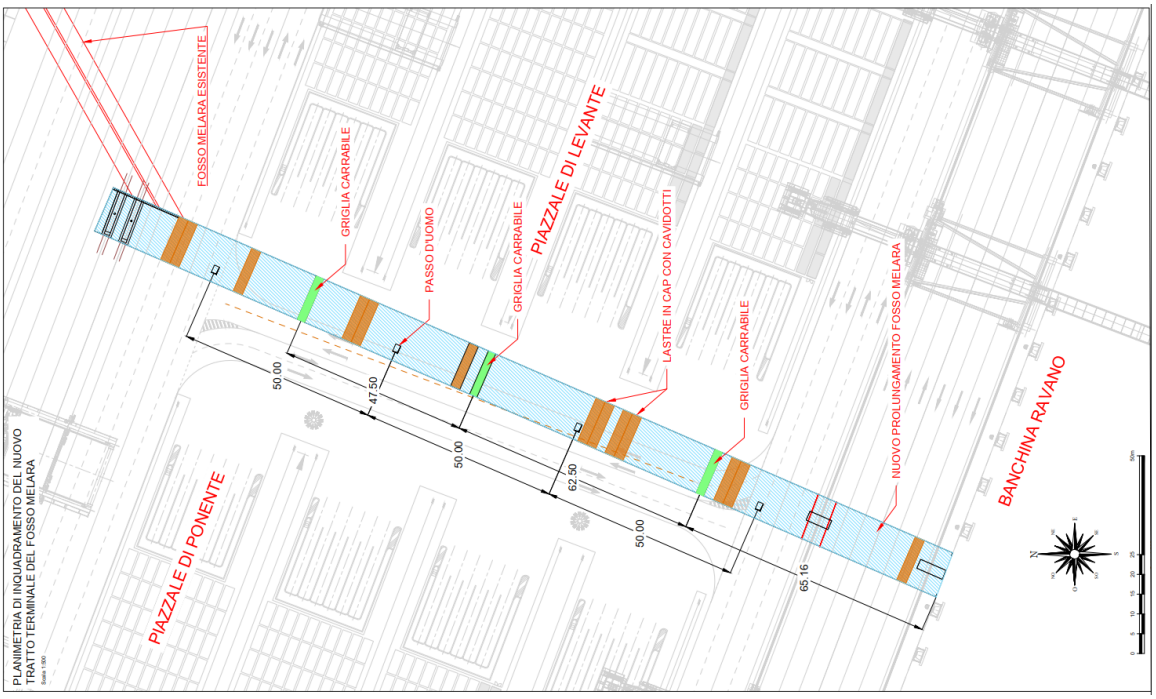



**Figura 11 – Schema planimetrico di progetto del nuovo canale marino che trasla la foce alla nuova linea di costa artificiale.**

# 4 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Come indicato in premessa, l'obiettivo del presente documento è l'identificazione di una progettualità funzionale alla mitigazione delle attuali condizioni di rischio idraulico del Fosso Melara, valutando queste ultime anche in relazione agli interventi previsti nell'ambito del progetto del nuovo terminal Ravano insieme ai quali realizzare un progetto unitario di mitigazione del rischio idraulico del fosso Melara.
Dall'analisi svolta il più opportuno elemento critico su cui intervenire è risultato essere il tratto a valle dell'attraversamento ferroviario in cui, a causa della presenza di un tratto di tombinatura di dimensioni inadeguate, si verificano allagamenti che interessano il sedime ferroviario e le aree circostanti (fino potenzialmente a invadere anche la galleria subalvea). Il tratto in questione è identificato con il numero "2" in Figura 2 e con la denominazione di tratto "SIMAN" (dal nome della proprietà delle aree).
L'altro tratto identificato dallo studio del Comune come causa di potenziali esondazioni nell'area urbana, ovvero la tombinatura al di sotto del depuratore degli Stagnoni, è già oggetto di intervento da parte del gestore ACAM. Per quanto tale progetto non sia risolutivo nell'eliminare gli allagamenti a monte, come descritto nel capitolo 3.1, per raggiungere questo scopo risulterebbe necessario intervenire nel tratto interno al perimetro del depuratore, richiedendo quindi il coinvolgimento del gestore stesso che potrà eventualmente farsene promotore.
Gli studi condotti in questa sede hanno verificato la non interferenza con l'intervento previsto presso il depuratore, nei termini di non indurre effetti di rigurgito verso monte che aggravino la condizione attuale, ma anzi riducendo tali effetti.
Per quanto riguarda invece l'intervento di realizzazione del nuovo terminal Ravano, al quale il presente progetto è direttamente collegato, si è tenuto in maggior conto la potenziale interferenza, essendo tale intervento ubicato a valle di quello in esame, in un tratto caratterizzato da notevoli fenomeni di rigurgito.
Un elemento critico per l'intero tratto è infatti costituito dalle modestissime pendenze disponibili, in ragione dei minimi dislivelli delle aree drenate rispetto alla foce, che non rendono possibile la progettazione di opere in grado di inserirsi nel tessuto urbano esistente rispettando i criteri di dimensionamento previsti dal piano di Bacino: la sola imposizione del livello idrico di mare di riferimento è tale da non consentire di verificare adeguati franchi idraulici. Anche in considerazione dell'assimilabilità del Melara a una tipologia di corso d'acqua "ibrido", si ritiene in ogni caso appropriata la definizione di interventi di adeguamento che portino di fatto a una mitigazione del rischio idraulico rispetto all'assetto esistente.
L'intervento in progetto è stato impostato in modo da dare continuità ai tratti già oggetto di pregresse sistemazioni idrauliche, evitando o minimizzando il potenziale rischio di allagamento del sedime ferroviario, della galleria subalvea e dell'area artigianale limitrofa, e da connettersi funzionalmente con il progetto del nuovo terminal, grazie alla realizzazione di una vasca di sedimentazione e intercettazione del materiale flottante di grandi dimensioni che potrebbe interferire con l'officiosità dei tratti coperti più a valle.

## 4.1 CARATTERIZZAZIONE DELLO STATO ATTUALE DEL SITO DI INTERVENTO

Al fine di definire con esattezza il tracciato della tubazione DN 1800 che costituisce la tombinatura in esame, la configurazione delle aree di intervento e delle infrastrutture esistenti al suo interno, all'inizio del mese di ottobre 2022 è stato eseguito un rilievo topografico di tutta l'area di interesse, compresi i manufatti esistenti.
Tale rilievo (v. elaborati 23 01 PD T003 Rilievo topografico – Ortomosaico e 23 01 PD T004 Rilievo topografico – Planimetria e Profilo idraulico) ha confermato che la tubazione ha origine dalla "vasca di calma" collocata a valle dell'attraversamento ferroviario, nella quale, oltre al canale di gronda posto sulla sponda Ovest del rilevato ferroviario, si immette lungo la parete Ovest anche una tubazione ϕ500, con fondo di scorrimento posto a quota +1,15 m s.m., proveniente dal piazzale del cantiere di cui presumibilmente raccoglie le acque meteoriche.

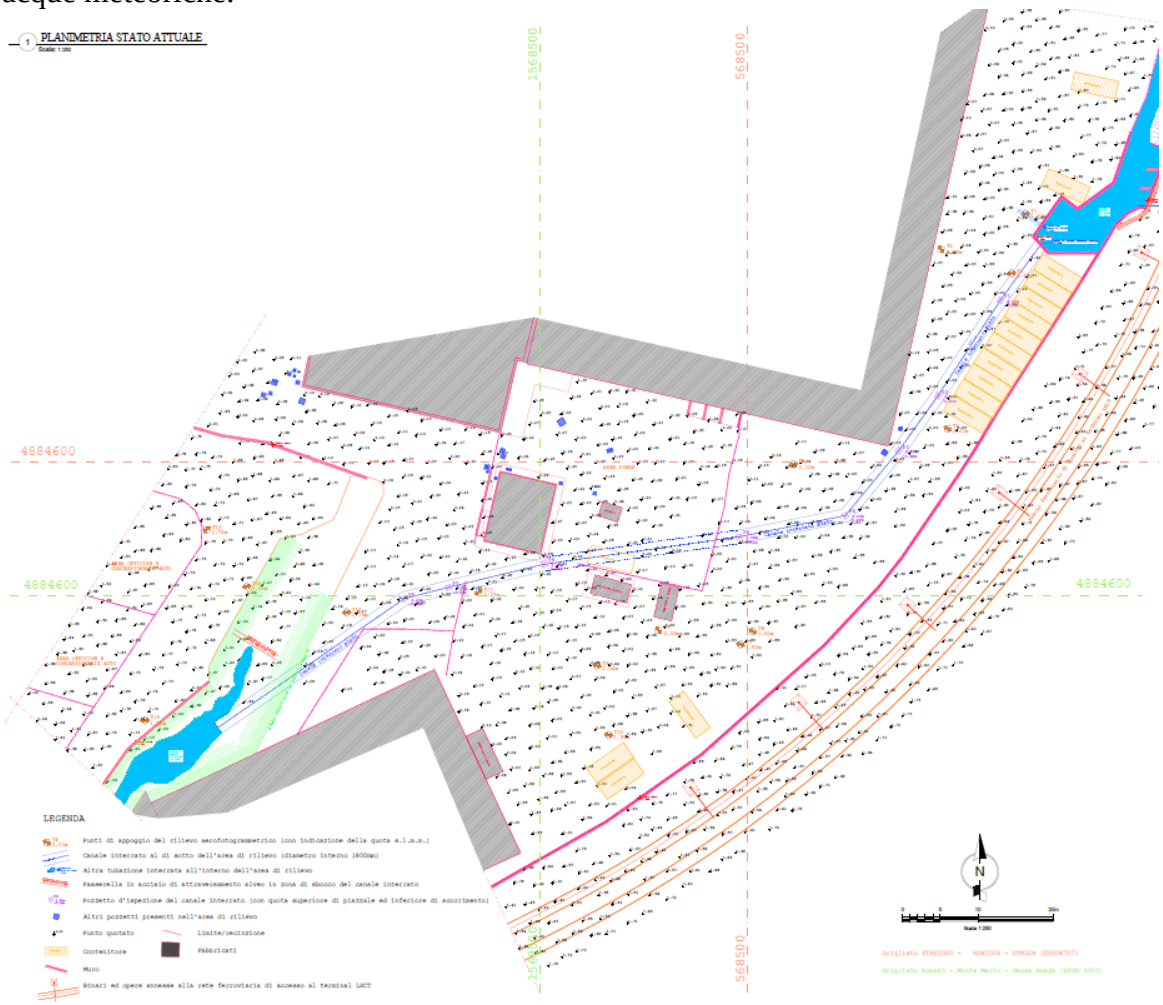



**Figura 12 – Rilievo topografico dell'area d'intervento .**

La quota di scorrimento della tubazione DN 1800 in corrispondenza della intersezione con la vasca di calma è pari a -0.44 m s.m. In uscita dalla vasca di calma essa percorre circa 44 m parallelamente alla recinzione del rilevato ferroviario, lambendo lo spigolo Sud Est del capannone del cantiere navale SIMAN; devia quindi di circa 40° verso Ovest. Successivamente, dopo aver attraversato il piazzale del cantiere con un tracciato pseudo

rettilineo, attraversa il cancello di ingresso (tratto di circa 60 m di sviluppo), devia di circa 20° verso Sud e dopo aver percorso ulteriori 30 m si immette nel tratto a cielo aperto del Fosso Melara. La quota media di fondo alveo in corrispondenza della sezione di immissione nel canale è pari a circa -0,50 m s.m.
Lungo il percorso della tubazione sono stati realizzati n°8 pozzetti di accesso che ne evidenziano il tracciato.
Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato 23_01_PD_T04 Rilievo topografico – Planimetria e Profilo idraulico, nel quale oltre alla planimetria dell'area rilevata è riportato anche il profilo della tubazione esistente DN 1800.

Le quote medie del piazzale lungo il tracciato della tubazione sono variabili da circa +2,00 m s.m. nella parte di monte (presso l''imbocco) a circa +2,20 m nella parte di valle (in prossimità della confluenza).

## 4.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE

Il progetto prevede di incrementare la capacità di deflusso del tratto d'alveo in corrispondenza dell'area SIMAN, realizzando a fianco della tombinatura esistente un nuovo canale, realizzato con una struttura di c.a. a sezione aperta, al di sopra della quale è prevista la posa di un grigliato carrabile, in modo da non compromettere l'operatività del cantiere navale.

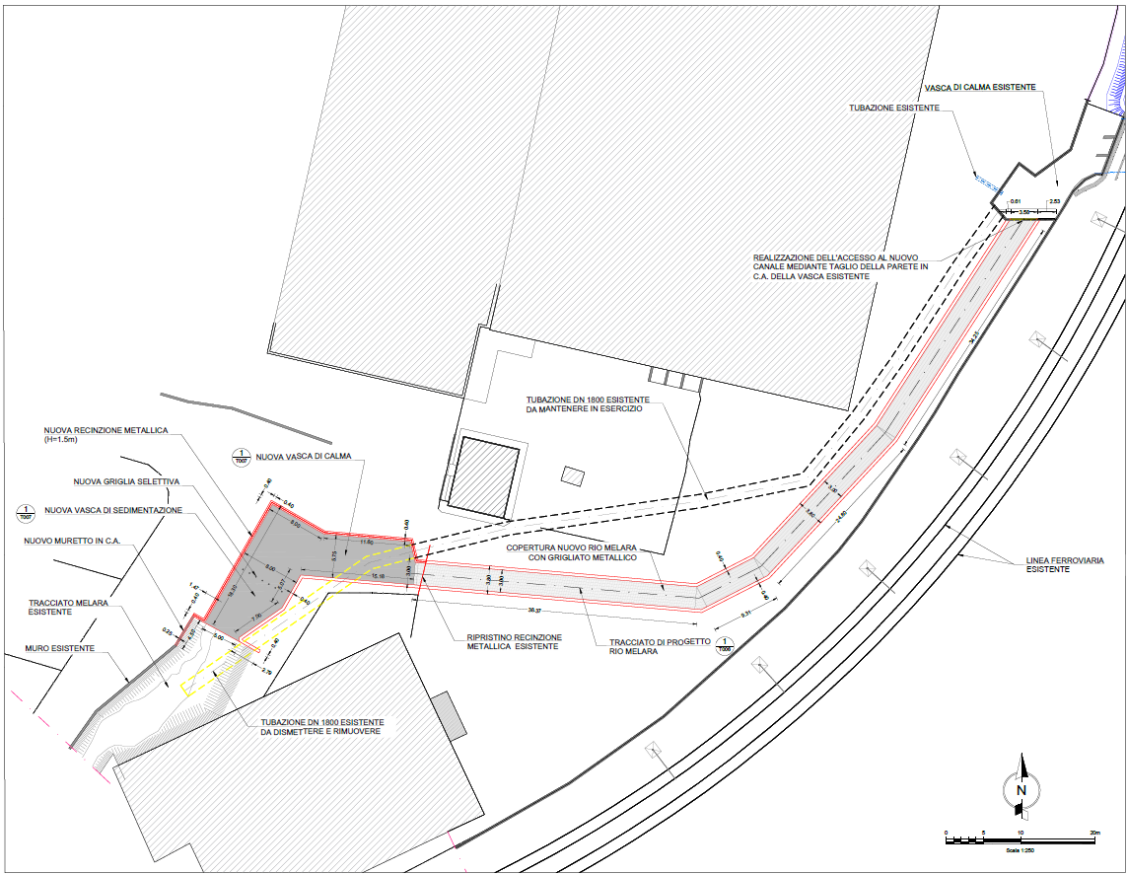



**Figura 13 – Planimetria di progetto.**

Il nuovo canale (v. Figura 13), che avrà una luce libera pari a 3,0 m, non sostituirà la tubazione DN 1800 esistente, che continuerà a svolgere la sua funzione anche dopo la sua realizzazione contribuendo al deflusso delle portate di piena del Fosso Melara. Per questo motivo il tracciato del nuovo canale (v. Figura 14) e le modalità costruttive ipotizzate per la sua realizzazione sono stati definiti in modo da non interferire con l'integrità e la funzionalità della tubazione esistente anche durante l'esecuzione dell'opera.

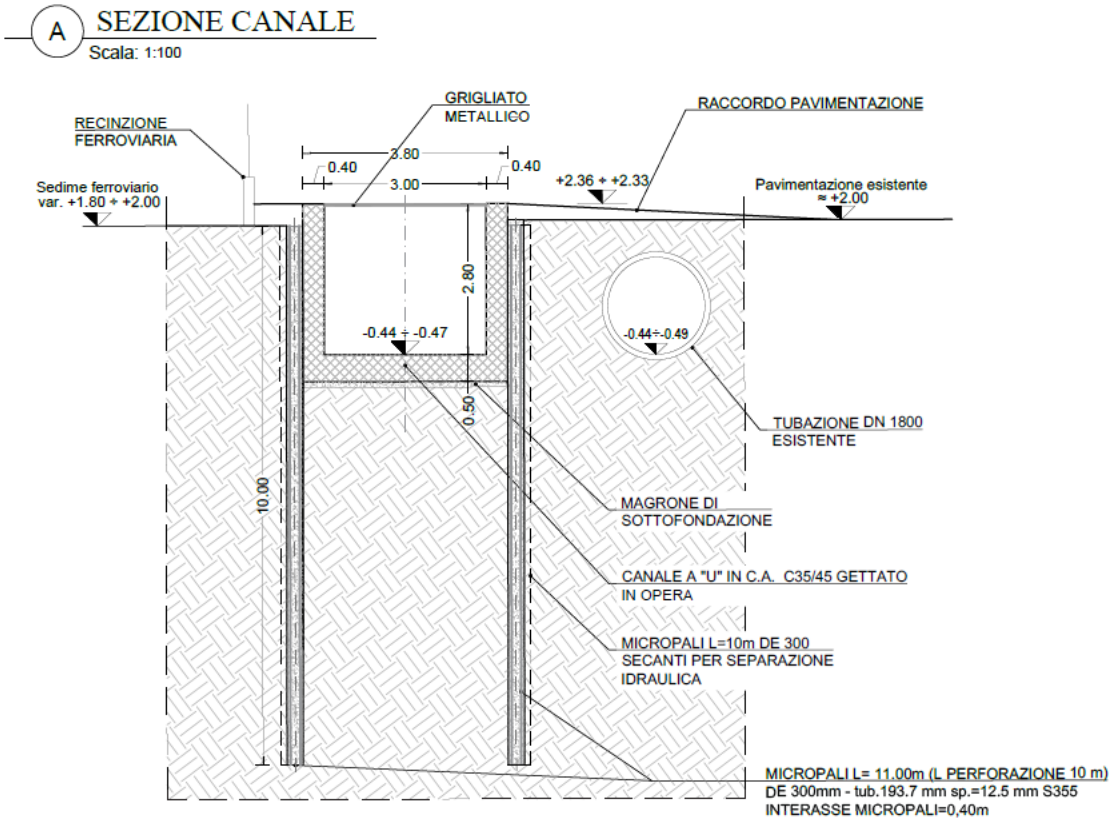



**Figura 14 – Sezione tipo canale.**

In particolare il nuovo canale (v. Figura 13) ha origine sulla sponda meridionale della vasca di calma esistente a valle dell'attraversamento ferroviario, con fondo scorrevole posto alla stessa quota del tubo attuale (-0.44 m s.m.).
Successivamente esso si sviluppa per circa 60 m parallelamente alla recinzione del rilevato ferroviario, mantenendosi ad una distanza minima dalla tubazione esistente pari a circa 1,85 m. Quindi il tracciato devia di circa 52° verso Ovest, e dopo aver percorso circa 46 m si immette in una vasca in c.a. a cielo aperto, che verrà realizzata nell'area esterna alla recinzione del cantiere navale interessando in parte anche l'alveo a cielo aperto del rio Melara, e nella quale si immetterà anche la tubazione DN 1800 esistente (che sarà intercettata in una sezione a monte dell'attuale confluenza). Nella definizione della configurazione della vasca e delle modalità esecutive da adottare per la sua realizzazione, si è tenuto conto della necessità che la tubazione DN1800 continui a mantenere la sua funzionalità per tutta la durata dei lavori.
Al fine di limitare le interferenze dei lavori di costruzione del nuovo canale con le strutture esistenti (rilevato ferroviario, tubazione DN 1800 e edifici circostanti), per i necessari scavi

è stata prevista la realizzazione di una struttura di sostegno delle pareti di scavo costituita da una doppia parete di micropali ϕ300 mm posti in opera con un interasse di 40 cm. A tergo dei micropali, in corrispondenza dei giunti tra i micropali contigui, è stata prevista l'esecuzione di un trattamento colonnare a media pressione così da realizzare un diaframma continuo impermeabile ed impedire l'ingresso all'interno degli scavi necessari per la realizzazione del nuovo canale dell'acqua di falda. La presenza di uno strato superficiale di terreno di riporto di spessore medio pari a circa 5 m ad elevata permeabilità (v. elaborato 23 01 PD R004 Indagini geognostiche e geotecniche) ha richiesto l'adozione di tale soluzione al fine di garantire che durante le fasi di costruzione del nuovo canale le trincee di scavo si mantengano asciutte (la falda idrica che nell'area di intervento si trova mediamente a quota +0.80 m s.l.m.m.)
Il manufatto in c.a. previsto a valle del nuovo canale (vasca di deviazione e sedimentazione – v. Figura 15) , caratterizzato da pareti verticali, ha una configurazione planimetrica a L:

- la prima porzione (L= 13 m circa), allineata con il tracciato del canale rispetto al quale si allarga bruscamente a 5 m intercettando la tubazione esistente, ha funzione di vasca di calma e consente la regolarizzazione dei due flussi in ingresso;
- la seconda porzione, in asse all'alveo a cielo aperto esistente del Melara, ha funzione di vasca di sedimentazione e di intercettazione del materiale flottante, e presenta una maggiore larghezza, pari a 8 m. Nel tratto terminale la larghezza della vasca si riduce progressivamente da 8 m a circa 5 m, raccordandosi con il tratto a cielo aperto del rio Melara più a valle.

Nel primo tratto della vasca di sedimentazione è prevista la realizzazione di una briglia selettiva costituita da una serie di profilati metallici verticali allineati, posti ad un interasse di circa 1 m (luce libera tra due elementi pari a 80 cm circa). L'allargamento della sezione consente di mantenere una larghezza netta di deflusso attraverso la briglia di quasi 6,5 m, superiore di circa il 30% alla sezione corrente a valle (circa 5 m) e alla somma delle larghezze del tratto di monte. In questo modo si garantisce la sostanziale assenza di rigurgito verso monte e una più robusta funzionalità dell'opera, con buona capacità di smaltimento di portata anche in condizioni di parziale ostruzione per intercettazione di materiale.
Tutta la vasca è stata prevista a cielo aperto, senza coperture, così da agevolare lo svolgimento di periodici interventi di pulizia delle vasche.
In relazione alle modeste quote altimetriche che caratterizzano l'area di intervento, per garantire rispetto alle sponde del canale e della vasca un franco idraulico coerente con le richieste del Piano di Bacino (0,50 m rispetto all'evento di piena caratterizzato da un tempo di ritorno TR= 200 anni) è necessario un sovralzo delle sponde rispetto alle quote delle aree asfaltate circostanti (fino a circa 2,35 m s.l.m.m.).
Pertanto, al fine di mantenere inalterata la funzionalità del piazzale operativo del cantiere navale, è stata prevista la realizzazione, a fianco delle pareti del canale, di fasce di raccordo con la pavimentazione esistente.
Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

1 VASCA DI CALMA E SEDIMENTAZIONE - PIANTA CARPENTERIA
Scala: 1:100

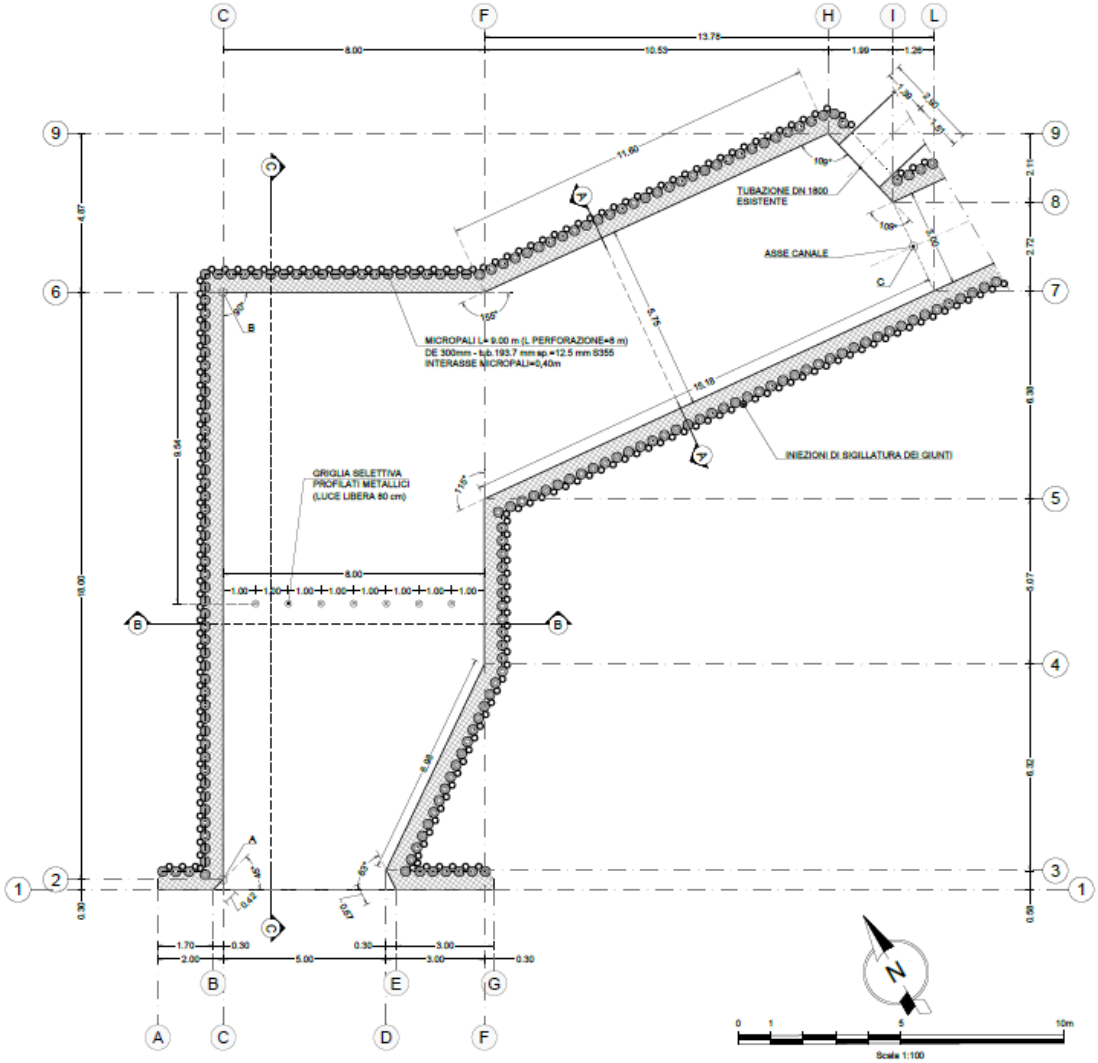



**Figura 15 – Pianta vasca di calma e di sedimentazione.**

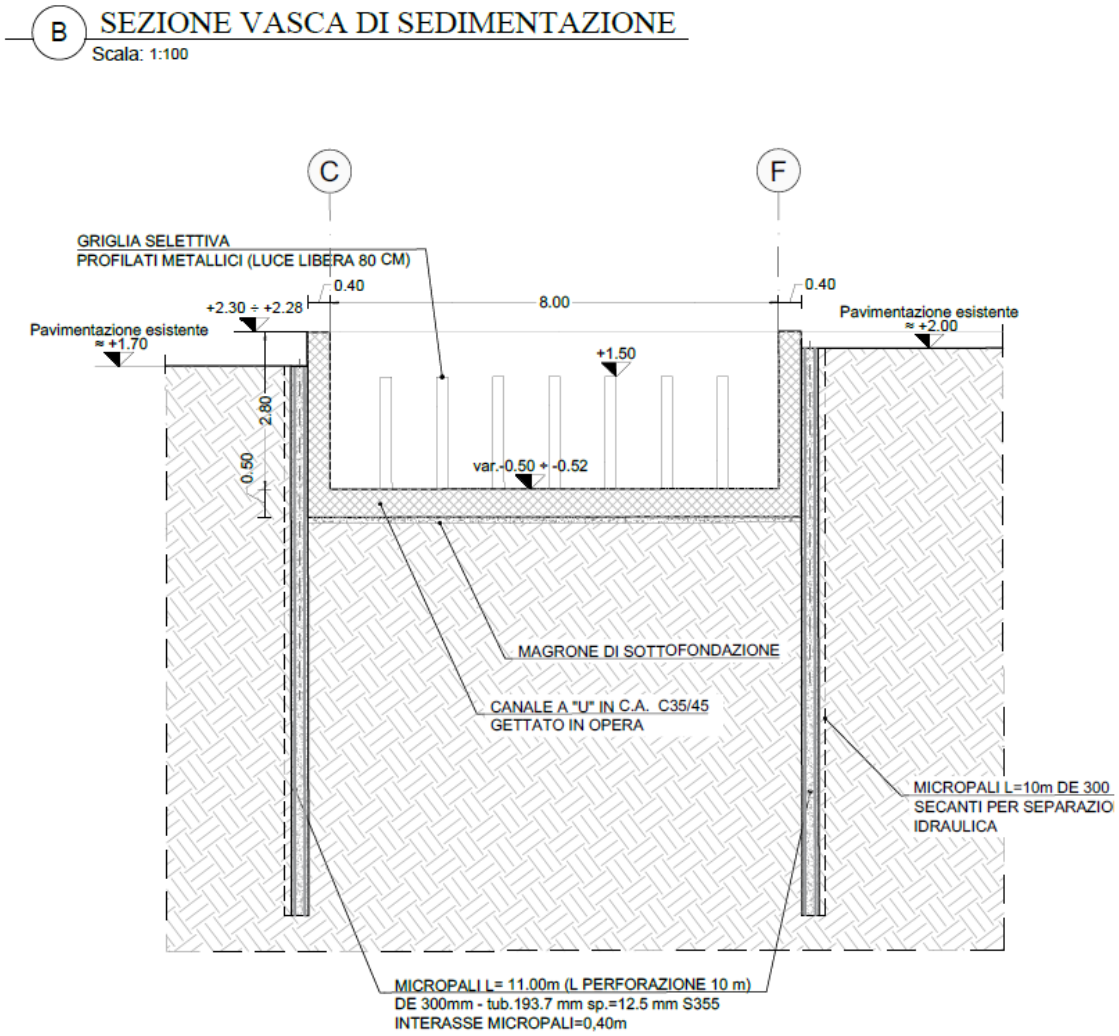



**Figura 16 – Sezione vasca di sedimentazione.**

## 4.3 GESTIONE DEI MATERIALI DI SCAVO E DEMOLIZIONE

Relativamente alla gestione dei materiali di risulta delle demolizioni delle pavimentazioni esistenti e degli scavi necessari alla realizzazione delle opere in oggetto, non essendo previsto il loro riutilizzo nell'ambito dei lavori, verranno conferiti in discarica.
A tal proposito, ai fini della definizione degli oneri da sostenere, è stata considerata una distanza media dal cantiere degli impianti di conferimento pari a 30 km mentre per la definizione degli oneri di conferimento si è fatto riferimento al Prezzario della Regione Liguria aggiornato al 2023.

# 5 INDAGINI PROPEDEUTICHE ALL'INTERVENTO

Nell'ambito dello sviluppo del progetto delle opere in oggetto sono state eseguite le seguenti indagini propedeutiche alla individuazione di un quadro di riferimento esaustivo e adeguato al livello di progettazione definitivo.
In particolare sono state eseguite le seguenti indagini:

- Rilievo topografico dell'area di intervento compresi i manufatti esistenti;
- Campagna di indagini geognostiche consistente in:
    - n°2 sondaggi a carotaggio continuo di cui uno di lunghezza pari a 20 m e l'altro di lunghezza pari a 15 m, con esecuzione di prove SPT in foro e prelievo di campioni indisturbati;
    - n°2 prove penetrometriche dinamiche DPSH (L= 12 m);
    - n°2 prove penetrometriche CPTU (L= 17 m);
    - n°1 prova sismica di tipo MASW e n°1 prova sismica passiva HSVR;
    - prove di laboratorio sui campioni indisturbati prelevati nel corso dei sondaggi.
- Indagini geoarcheologiche;

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati:

- 23 01 PD R004 Indagini geognostiche e geotecniche
- 23 01 PD R005 Prove geotecniche di laboratorio
- 23 01 PD R009 Relazione archeologica
- 23 01 PD T003 Rilievo topografico - Ortomosaico
- 23 01 PD T004 Rilievo topografico – Planimetria e Profilo d'alveo

# 6 ANALISI IDROLOGICA E IDRAULICA

Per l'analisi idrologica del corso d'acqua, come già evidenziato in precedenza, si è fatto riferimento allo studio idrologico e idraulico per la definizione delle fasce di esondazione dei principali torrenti, fossi e canali ricadenti nel Comune (…) a supporto delle attività di protezione civile e del Piano Urbanistico Comunale, predisposto dal Comune della Spezia nel 2019, aggiornato e integrato nel 2021 che è riportato in allegato all'elaborato 23 01 PD R007 Relazione Idrologica ed Idraulica.
L'analisi idrologica utilizzata è basata su una regolarizzazione statistica dei dati di pioggia intensa osservati alla stazione pluviometrica di La Spezia del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (e dell'ARPA Liguria per gli anni recenti), con aggiornamento all'anno 2018 (61 anni di osservazioni).
I dati disponibili hanno permesso di ricavare direttamente le curve di possibilità pluviometrica per durate superiori e inferiori all'ora, associate a diversi tempi di ritorno. Il punto di cambio di pendenza, per tutti i tempi di ritorno, presenta una durata mediamente pari a 40 minuti. Nella Tabella 1 sono riportate le espressioni delle curve di possibilità pluviometrica di progetto di assegnato tempo di ritorno così determinate.

| | Curve valide per durate > 40 minuti | Curve valide per durate ≤ 40 minuti |
|---|---|---|
| TR10 | $h = 55{,}61 \cdot t^{.291}$ | $h = 65{,}40 \cdot t^{.711}$ |
| TR20 | $h = 63{,}75 \cdot t^{.285}$ | $h = 76{,}07 \cdot t^{.737}$ |
| TR50 | $h = 74{,}55 \cdot t^{.279}$ | $h = 89{,}94 \cdot t^{.763}$ |
| TR100 | $h = 82{,}56 \cdot t^{.275}$ | $h = 100{,}39 \cdot t^{.778}$ |
| TR200 | $h = 90{,}55 \cdot t^{.272}$ | $h = 110{,}82 \cdot t^{.791}$ |
| TR500 | $h = 101{,}10 \cdot t^{.269}$ | $h = 124{,}59 \cdot t^{.805}$ |

**Tabella 1 - Stazione di La Spezia – Curve di possibilità pluviometrica di progetto di assegnato tempo di ritorno.**

Per ciascun corso d'acqua sono stati tracciati, sulla base della Carta Tecnica Regionale e con supporto del modello digitale del terreno (DTM) da volo LiDAR prodotto dal MATTM, i bacini imbriferi sottesi da sezioni idrologiche significative in relazione all'estensione dei tratti oggetto di indagine, e sono stati definiti i principali parametri idrologici tra cui il parametro CN del metodo SCS e il coefficiente di deflusso, sulla base di valutazioni in merito alla classe di appartenenza del suolo e al tipo di copertura e destinazione d'uso del terreno.
La stima delle portate di piena di progetto per i bacini in esame è stata effettuata mediante applicazione di un modello di trasformazione afflussi-deflussi di tipo concettuale (metodo razionale) al set di parametri di pioggia critica di progetto, nell'assunzione che ad eventi di precipitazione associati a determinati tempi di ritorno corrispondano eventi di piena caratterizzati dalla medesima probabilità di occorrenza.
Tale approccio è coerente con l'impostazione data nel vigente Piano di Bacino[2] (PdB), nel quale – data la modesta estensione dei bacini che interessano il territorio comunale – è stato condotto un confronto tra i valori di portata al colmo risultanti dall'applicazione del metodo razionale e la procedura di regionalizzazione contenuta nello studio Caratterizzazione delle

[2] Provincia della Spezia – Piano di Bacino Ambito 20 – Golfo della Spezia.

precipitazioni intense e delle portate di piena dei bacini liguri, redatto dal Centro di Ricerca in Monitoraggio Ambientale (CIMA) dell'Università di Genova per conto della Regione Liguria.

Sulla base delle risultanze degli studi a supporto del PdB, in quest'ultimo si fa riferimento a una versione modificata del metodo CIMA, per adattarlo alla specifica situazione locale (l'intero Ambito 20 è costituito da un golfo in cui lo sviluppo degli eventi pluviometrici intensi ha generalmente caratteristiche differenti rispetto alle aree contigue del territorio ligure, per cui la regionalizzazione a scala ampia può fornire risultati non pienamente rappresentativi). In particolare è stato utilizzato come valore di pioggia indice non quello derivante dalla regionalizzazione ma quello determinato dall'analisi della serie storica della stazione pluviometrica di La Spezia.
Il confronto effettuato ha portato nel PdB ad assumere per quasi tutti i bacini la portata di riferimento derivante dal metodo razionale, in quanto generalmente (ma non sempre) più gravosa, con l'eccezione di alcuni bacini di superficie superiore a 2 $km^2$.
Nel già citato studio del Comune del 2021 si è proceduto a una rivalutazione delle portate di piena di riferimento, mantenendo per congruenza la stessa impostazione di confronto tra il modello razionale e la regionalizzazione CIMA adottata nel PdB, in funzione:

- dell'aggiornamento dell'input pluviometrico di precipitazione intensa come precedentemente descritto;
- di variazioni introdotte nella definizione delle aree contribuenti e dello sviluppo delle aste principali per alcuni dei corpi idrici in esame;
- della rivalutazione dei tempi di corrivazione dei bacini facendo riferimento a una serie di formulazioni differenti, anziché all'unica formula di Viparelli.

Poiché per le analisi in oggetto risulta opportuno il riferimento a uno schema di moto vario, nello studio citato sono stati inoltre definiti gli idrogrammi di piena di riferimento da associare alle portate al colmo precedentemente definite. Affinché tali idrogrammi avessero una forma e pertanto un volume sufficientemente gravoso e realistico, per la loro determinazione è stato messo a punto un modello idrologico afflussi-deflussi che implementa il metodo dell'idrogramma unitario, mediante il codice di calcolo MIKE 11 – UHM del DHI.
Si evidenzia come la procedura seguita per la determinazione dell'idrogramma sia congruente con quanto indicato dalla D.G.R. 359/2008. In particolare, l'approccio utilizzato è quello dell'idrogramma istantaneo unitario con definizione dei parametri sulla base del metodo CN-SCS, considerata una condizione di umidità del suolo AMC III.
L'evento critico per il singolo bacino in esame è quello che comporta una precipitazione di massima intensità (scroscio) di durata pari al tempo di corrivazione.

### 6.1 FOSSO MELARA

In Figura 17 si riporta uno schema planimetrico del bacino idrografico del Fosso Melara con i suoi sottobacini contribuenti, così come ricostruito nello studio del 2021 a seguito di sopralluoghi e esame di documentazione progettuale. L'area totale contribuente è di circa 0,6 $km^2$; le caratteristiche fisiografiche salienti per la chiusura idrologica alla foce (ME-A) e ai due sottobacini dei rami principali (ME-B, ME-C) sono indicate in Tabella 2.

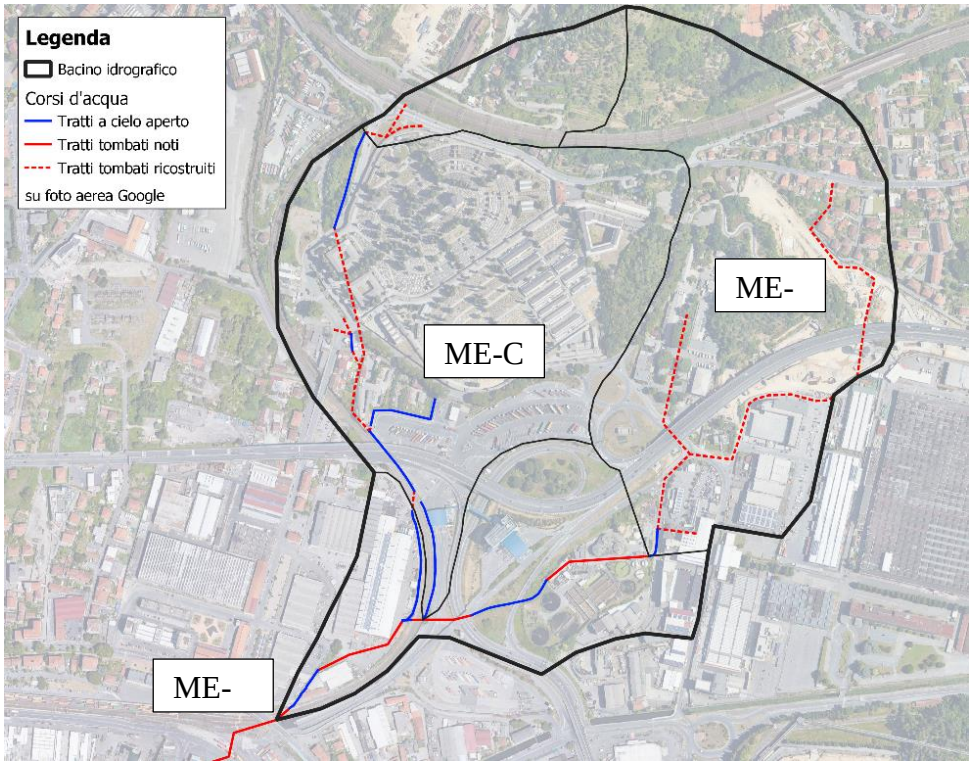



**Figura 17 - Bacino idrografico del Fosso Melara.**

| Corso d'Acqua | Sezione | Area bacino | Quota massima | Quota media | Lunghezza asta | Pendenza asta | Pendenza versanti | Curve Number |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | [-] | A [km$^2$] | $H_{max}$ [m s.m.] | $H_{med}$ [m s.m.] | L [km] | $i_a$ [m/m] | $i_v$ [%] | CN [-] |
| Melara | ME-A | 0,59 | 80 | 14 | 1,83 | 0,04 | 17 | 94 |
| Melara | ME-B | 0,21 | 80 | 16 | 1,23 | 0,06 | 18 | 94 |
| Melara | ME-C | 0,22 | 80 | 13 | 1,14 | 0,07 | 16 | 94 |

**Tabella 2 - Caratteri fisiografici di sintesi del bacino del Fosso Melara alla foce e dei due sottobacini principali.**

Applicando la medesima metodologia di analisi descritta in precedenza, sono stati definiti gli idrogrammi di piena di riferimento da associare alle portate al colmo del Fosso Melara, per diversi tempi di ritorno. Per il bacino ME-A chiuso alla foce si è calcolato un tempo di corrivazione di circa 30 minuti, che definisce la durata dell'evento di precipitazione critico. Per maggiori dettagli in merito alle portate massime teoriche di riferimento si rimanda al già citato studio del Comune allegato alla Relazione Idrologica ed Idraulica di progetto (elaborato 23 01 PD R007).
Il dimensionamento idraulico delle opere in oggetto è stato eseguito con riferimento a condizioni di moto non stazionario, assumendo come evento di riferimento per la progettazione quello a tempo di ritorno 200 anni; al fine di determinare compiutamente il funzionamento delle opere in progetto sono state tuttavia condotte anche simulazioni per i tempi di ritorno di 50 e 500 anni.

L'analisi è stata svolta mediante allestimento di modellistica numerica integrata 1D-2D, utilizzando il codice di calcolo MIKE Flood del DHI, con descrizione dell'alveo inciso mediante modello 1D (in grado di meglio rappresentare l'effetto di strutture ed elementi singolari) e utilizzo del modello 2D dinamicamente accoppiato per la rappresentazione della propagazione delle esondazioni sulle aree esterne all'alveo.
Le simulazioni sono state eseguite unicamente con riferimento a configurazioni di progetto, considerando lo stato attuale descritto adeguatamente dalle risultanze del già citato studio del Comune (2021).
La configurazione di progetto considerata nello studio include sia la realizzazione del terminal Ravano, con il relativo canale marino allo sbocco dell'attuale tombinatura terminale del Fosso Melara, sia il nuovo canale in progetto nell'area SIMAN.
Le analisi condotte hanno fatto riferimento a due condizioni di verifica.

- "Assetto di progetto": rappresenta con il modello integrato 1D-2D l'effettiva evoluzione dell'evento, incluse le esondazioni e la propagazione dei deflussi nelle aree esterne all'alveo. Si considerano pertanto i possibili fenomeni di laminazione dei colmi di piena degli idrogrammi di riferimento inseriti in input dovuti a tali esondazioni. Con tale rappresentazione si determinano in modo dettagliato gli ambiti di allagamento che si generano nell'alveo di piena in modo da perimetrare le relative superfici e aree di pericolosità idraulica.
- "Assetto di progetto in assenza di laminazione": essa considera la sola propagazione da monte verso valle degli idrogrammi di riferimento, inibendo le esondazioni nei tratti di monte ("scollegando" il modello 1D dal 2D, evitando quindi la fuoriuscita di portata). Questa configurazione consente quindi di dimensionare la geometria delle opere per garantire un adeguato franco idraulico con riferimento a livelli e portate che prescindono dall'inadeguatezza di tratti fluviali a monte e dall'eventuale futura sistemazione degli stessi.

L'analisi idraulica svolta, mediante applicazione di modellistica numerica integrata 1D-2D, ha mostrato che le opere in progetto risultano funzionali e idraulicamente compatibili, come di seguito esposto.

- Le nuove opere non generano innalzamenti di livello verso monte, bensì riducono l'attuale effetto di rigurgito dovuto all'inadeguatezza della tombinatura esistente, riducendo fortemente gli allagamenti e incidendo favorevolmente sulle condizioni di deflusso dei tratti fluviali a monte.

- Le geometrie di progetto sono adeguate a eliminare quasi completamente gli allagamenti nell'area degli Stagnoni, con rilevante mitigazione della pericolosità idraulica. Risultano solo limitate esondazioni residue in corrispondenza del sedime ferroviario, dovute non più all'effetto di rigurgito della tombinatura ma alla limitata capacità di deflusso dei fossi a lato della ferrovia, in relazione alle portate idrologiche teoriche ad essi attribuite.

- Tale contenimento delle esondazioni provoca limitati effetti di concentrazione delle portate verso valle, con incremento dei valori al colmo. Considerando la sezione di imbocco del nuovo canale marino, in cui confluiscono anche gli apporti dei rii minori, in assenza di interventi sul reticolo di monte la portata massima risulta pari a 17,2 $m^3/s$. Con l'intervento in progetto il valore massimo cresce a 21,0 $m^3/s$ considerando che permangano gli allagamenti nell'area del depuratore a monte, e 21,8 $m^3/s$ qualora questi ultimi fossero eliminati. Tale modesto incremento non risulta comunque

aggravare la funzionalità idraulica delle opere a valle, in quanto esse sono state dimensionate con riferimento all'idrogramma teorico idrologico, il cui valore al colmo è pari a 22,7 $m^3/s$, cautelativamente superiore in quanto non tiene conto degli effetti di modifica degli idrogrammi indotti dalla propagazione degli stessi nel reticolo di monte.

- Le quote di sponda del nuovo canale e della vasca di sedimentazione sono tali da garantire un franco minimo di 0,50 m rispetto alla quota di massimo pelo libero osservabile in corrispondenza dell'evento di piena con tempo di ritorno di 200 anni, con riferimento alle condizioni di simulazione più gravose (assenza di esondazioni a monte) e a un livello di mare, comprensivo del sovralzo per effetto di storm surge, pari a 0,50 m s.m.

L'intervento proposto nel presente documento consente quindi di realizzare una mitigazione del rischio idraulico riducendo in modo significativo le aree allagabili sul territorio urbano, ed in particolare:

- per eventi di piena con tempo di ritorno 50 anni: si evitano esondazioni – nell'attuale assetto idraulico dei tratti di monte – in tutta l'area a valle del depuratore;
- per eventi di piena con tempo di ritorno 200 e 500 anni: si evitano esondazioni nell'area artigianale limitrofa e che possano minacciare la galleria subalvea; permangono invece allagamenti residui sul sedime ferroviario, dovuti all'inadeguatezza delle sezioni dei due rami che si sviluppano a lato dei binari.

In ottemperanza alle raccomandazioni espresse dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici per il progetto di ampliamento del Terminal Ravano nel porto della Spezia (rif. Affare 58/2022, parere facoltativo CSLLPP ai sensi del D.P.R. 204/2006, art. 2, comma 1, lett. B, trasmesso via PEC all'Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale e assunto con Protocollo N. 26190 del 10/10/2022) sono state eseguite delle ulteriori analisi idrauliche considerando una quota del livello medio marino di riferimento superiore a quella considerata negli studi pregressi del Comune di La Spezia (+0.50 m s.l.m.m.).
Lo studio condotto, che ha considerato un livello di mare pari a +0.68 m s.l.m.m. e +0.89 m s.l.m.m., ha dimostrato che il sistema in progetto risulta sufficientemente "robusto" da assorbire innalzamenti del livello del mare di circa 40 cm senza fuoriuscite dei livelli di piena nei tratti oggetto di intervento, anche per tempi di ritorno di 500 anni, pur con franchi idraulici ridotti. Anche in queste condizioni l'intervento è dunque in grado di eliminare completamente gli attuali fenomeni di allagamento responsabili della pericolosità idraulica delle aree in esame
Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato 23 01 PD R007 Relazione Idrologica ed Idraulica.

# 7 FASI ATTUATIVE DELL'INTERVENTO IN PROGETTO E CRONOPROGRAMMA

La realizzazione degli interventi previsti in progetto è prevista in due fasi funzionali in modo che i lavori gravino il meno possibile sulla operatività della attività industriali presenti nell'area di intervento.
In particolare nella prima fase verrà realizzata la porzione settentrionale del nuovo canale, dalla vasca di calma esistente fino alla prima curva inclusa, e la nuova vasca di sedimentazione. Le aree di cantiere occuperanno, oltre quelle di lavoro, anche la porzione di piazzale prospiciente il lato sud del capannone di grandi dimensioni esistente lasciando quindi invariata la funzionalità della restante porzione di piazzale e in particolare consentire l'accesso al capannone collocato nella porzione sud dell'area di intervento.
Nella seconda fase si procederà alla realizzazione del restante tratto del canale compreso tra la curva e la vasca di sedimentazione. In questa fase per l'accesso al suddetto capannone si potrà passare sopra il tratto di canale realizzato nella fase precedente.
Per valutare il tempo di esecuzione dei lavori si è studiato con accuratezza un programma dei lavori, tenendo conto dei tempi di predisposizione del cantiere, di approvvigionamento dei materiali, di realizzazione delle opere, considerando 5 giorni lavorativi alla settimana, l'impiego di due attrezzature per la realizzazione dei micropali e delle iniezioni a media pressione ed ipotizzando una incidenza delle sospensioni delle lavorazioni per mal tempo pari al 10%.
La durata complessiva dei lavori così determinata è pari a 9 mesi (corrispondenti a 270 giorni circa - v. Figura 18) oltre un mese per il completamento delle operazioni di collaudo delle opere e per lo smobilizzo del cantiere.

**Figura 18 - Cronoprogramma**

| CRONOPROGRAMMA DEI LAVORI | TEMPI DI ESECUZIONE (mesi) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Installazione cantiere, approntamento materiali e mezzi, rilievi | ■ | ■ | | | | | | | | |
| ***Fase 1 - Canale tratto nord e vasca di sedimentazione*** | | | | | | | | | | |
| Scarifica pavimentazione | | ■ | | | | | | | | |
| Esecuzione micropali e iniezioni di intasamento | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| Installazione puntoni e scavo | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |
| Realizzazione canale di c.a. | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | |
| Installazione grigliati | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| Pavimentazione fascia di raccordo | | | | | | | ■ | ■ | | |
| ***Fase 2 - Canale tratto sud*** | | | | | | | | | | |
| Scarifica pavimentazione | | | | | ■ | | | | | |
| Esecuzione micropali e iniezioni di intasamento | | | | | | ■ | | | | |
| Installazione puntoni e scavo | | | | | | | ■ | | | |
| Realizzazione canale di c.a. | | | | | | | | ■ | | |
| Installazione grigliati | | | | | | | | | ■ | |
| Pavimentazione fascia di raccordo | | | | | | | | | ■ | |
| Collaudo e smobilizzo cantiere | | | | | | | | | | ■ |

# 8 COSTI DELL'INTERVENTO

Per la quantificazione dei costi degli interventi previsti nel presente progetto si è tenuto conto delle indicazioni del Prezzario della Regione Liguria aggiornato al 2023.
Per le lavorazioni non previste nel suddetto Prezzario di riferimento sono state eseguite specifiche analisi dei prezzi. A tal scopo oltre a fare riferimento ai prezzi elementari desumibili dal prezzario regionale si è fatto riferimento ai listini ufficiali relativi ai prezzi correnti di mercato oppure sono state acquisite delle offerte.
In alcune casi, per alcune lavorazioni specifiche, si è anche fatto riferimento al prezzario ANAS aggiornato al 2022 ed al Prezzario della Regione Toscana – Provincia di Massa Carrara – aggiornato al 2023.
Dalla stima svolta si ricava che l'importo totale dei lavori è pari a Euro 4´758´986.80, di cui Euro 4´650´986,80 per lavori e forniture necessari per la realizzazione delle opere previste nel presente progetto, al netto degli oneri della sicurezza e compresi i costi per il campionamento e la caratterizzazione del materiale da scavare, ed Euro 108´000,00 per i costi della sicurezza.