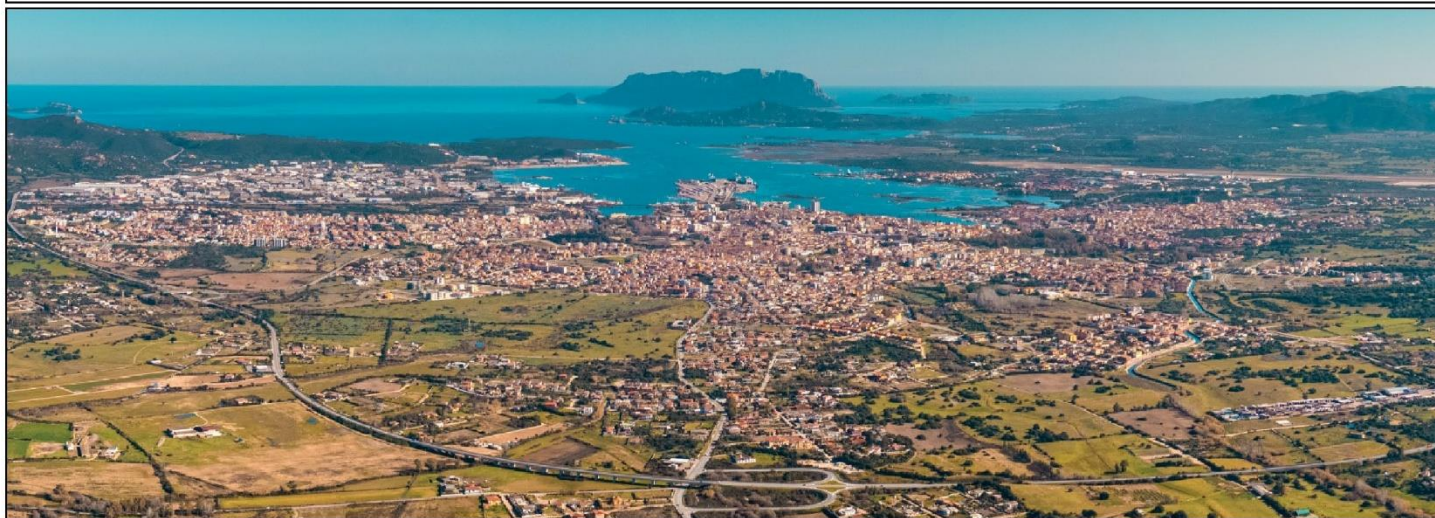




Commissario straordinario delegato per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico per la Regione Sardegna - Accordo di programma 23 dicembre 2010



PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ED ECONOMICA

OLBIA E LE SUE ACQUE

Opere di mitigazione del rischio idraulico e recupero del rapporto della città con i suoi fiumi

MACROAREA 3 - AMBITO URBANO

PROGETTAZIONE RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI IMPRESE:

(Capogruppo mandataria)

(Mandanti)



IL SINDACO:
Settimo Nizzi

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE: Ing. Simone Venturini

TITOLO

Elaborati generali e specialistici

Idrologia e idraulica

Relazione idraulica

IL DIRIGENTE:
Ing. Diego Ciceri

CODICE ELABORATO

A.2.2

SCALA

DATA

OTTOBRE 2023

NOME FILE

A.2.2_Relazione idraulica.docx

ELABORAZIONE PROGETTUALE

REVISIONI

BETA Studio s.r.l.
Ing. PAOLO MARTINI
Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Padova
N.3724

0	10.2023	Emissione	S. Signore/A. Papale/E. Gennaro	Ing. P. Martini	Ing. S. Venturini
REV.	DATA	MOTIVO	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

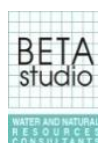
SOMMARIO

INDICE DELLE FIGURE	III
INDICE DELLE TABELLE	IX
1 INTRODUZIONE	1
2 SINTESI DELLA SOLUZIONE DI PROGETTO	2
3 INQUADRAMENTO	6
3.1 Generale	6
3.2 Idrologia	7
4 CRITERI DI PROGETTAZIONE	11
4.1 Normativa di riferimento	11
4.2 Rizezionamento degli alvei	12
4.3 Opere di difesa spondale	13
4.3.1 Scogliere	13
4.3.2 Muri su micropali	14
4.3.3 Sottofondazioni di muri esistenti	16
4.4 Deviatori	16
4.4.1 Canali deviatori	16
4.4.2 Partitori	18
4.5 Opera di regolazione diversivo San Nicola Zozò	20
4.6 Briglie e salti di fondo	25
4.7 Opere di attraversamento	28
5 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI E VERIFICHE IDRAULICHE DEI CANALI	30
5.1 Riu Seligheddu	30
5.2 Riu Pasana	35
5.3 Riu San Nicola	41
5.4 Riu Zozò	45
5.4.1 Tratto di monte	45
5.4.2 Tratto di valle	45
5.5 Riu Abba Fritta	48
5.6 Riu Gadduresu	50
5.7 Riu Cabu Abbas	55
5.8 Deviatore San Nicola – Zozò	59
5.9 Deviatore Zozò – Gadduresu	60
5.10 Deviatore Gadduresu – Seligheddu	62

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



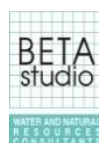
5.11	Deviatore Paule Longa/Tannaule – Seligheddu	64
5.12	Riu Ua Niedda	69
6	OPERE DI PRESA	72
6.1	Scolmatore 1	73
6.1.1	Opera di presa sul rio Seligheddu	74
6.1.2	Opera di presa sul rio Pasana	76
6.1.3	Opera di presa sul rio Paule Longa	78
6.2	Scolmatore 2	79
6.2.1	Opera di presa sul rio Abba Fritta	79
6.3	Scolmatore 3	80
7	SCOLMATORI	83
7.1	Scolmatore Seligheddu-Padrongianus	83
7.1.1	Verifiche idrauliche	84
7.2	Scolmatore 2 Abba Fritta-Cabu Abbas	97
7.2.1	Verifiche idrauliche	98
8	OPERE DI ATTRAVERSAMENTO	104
8.1	Attraversamenti mantenuti nello stato attuale	104
8.2	Nuovi attraversamenti	105
9	CONCLUSIONI	108

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

//



(Capogruppo mandataria)



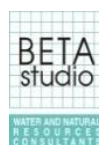
INDICE DELLE FIGURE

Figura 2.1 - Rappresentazione della soluzione progettuale. In arancione, i tracciati dei tre scolmatori: scolmatore 1 Seligheddu-Padrongianus con l'opera di scarico nel Padrongianus, scolmatore 2 Abba Fritta-Cabu Abbas e scolmatore 3 San Nicola-Zozò. In rosso, le opere di presa degli scolmatori: ABF – Abba Fritta; SNI – San Nicola; SEL – Seligheddu; PAS – Pasana; PLO – Paole Longa. In giallo, i deviatori in città: DEV1 - Zozò-Gadduresu; DEV2 - Gadduresu-Seligheddu; DEV3 - Paole Longa/Tannaule-Seligheddu.	3
Figura 3.1 - Macrobacini dell'Area Urbana di Olbia.	7
Figura 3.2 - Schema del modello idrologico sviluppato in HEC-HMS. In rosso gli scolmatori e i deviatori di progetto.	8
Figura 3.3 - Schema concettuale della ripartizione delle portate nei rii nella condizione di progetto con indicazione dei rii in cui si ha un aumento della portata massima e dove una diminuzione in confronto allo stato di fatto.	10
Figura 4.1 - Esempi di scogliera di media pezzatura a sistemazione delle sponde di progetto.	14
Figura 4.2 - Particolari costruttivi del muro di micropali- sezione tipo SEL 6 di riferimento.	15
Figura 4.3 - Esempio di lavorazioni per la realizzazione di muri di micropali.	15
Figura 4.4 - A sinistra particolare costruttivo della sottofondazione di un muro esistente (sez. ti riferimento- sez. tipo SNI 6) a destra esempio di realizzazione del cordolo in C.A. di collegamento dei micropali.	16
Figura 4.5 - Planimetria di inquadramento posizionamento partitori.	19
Figura 4.6 - Pianta, sezione e prospetto dei partitori - stralcio elaborato grafico 5.02.44.	20
Figura 4.7 - Particolare del nodo San Nicola – Diversivo Zozò modellato in Infoworks ICM nello stato di fatto.	20
Figura 4.8 - Risultati del modello Infoworks ICM sul nodo del diversivo San Nicola – Zozò	

nello stato di fatto.	21
Figura 4.9 - Foto del sopralluogo – a sinistra vista dal riu San Nicola a monte dell'incile del diversivo; a destra il tratto rivestito in calcestruzzo sul riu Zozò.	22
Figura 4.10 - Sezione stato di fatto del tratto rivestito in calcestruzzo sul riu Zozò e massimo livello raggiunto nella condizione di fatto e di progetto.	22
Figura 4.11: - Stralcio planimetro del diversivo San Nicola – Zozò.	23
Figura 4.12 - Sezione longitudinale e prospetto dell'opera di regolazione sul diversivo San Nicola – Zozò.	24
Figura 4.13 - Pianta, sezione trasversale e sezione longitudinale tipo del salto di fondo con paramento verticale previsto nella soluzione di progetto.	26
Figura 4.14 - Pianta, sezione trasversale e sezione longitudinale tipo del salto di fondo a rampa previsto nella soluzione di progetto.	26
Figura 4.15 - Pianta, sezione trasversale e sezione longitudinale tipo della soglia/briglia previste nella soluzione di progetto.	27
Figura 5.1 - Andamento delle portate nel tempo alla foce del riu Seligheddu – risultati della modellazione idraulica.	31
Figura 5.2 - Estratto planimetrico su CTR. In rosso il tratto oggetto di intervento sul riu Seligheddu.	32
Figura 5.3 - Foto sopralluogo riu Seligheddu. In alto a sinistra vista del ponte di via Tre Venezia, a destra interferenza longitudinale fognaria in sinistra idraulica all'immissione del riu Tannaule; in basso a sinistra vista in prossimità dell'artiglieria, in destra vista in prossimità di via dei Mandarinini.	33
Figura 5.4 - Sezione tipo sul riu Seligheddu in prossimità dell'Artiglieria.	34
Figura 5.5 - Andamento dei livelli nel tempo a monte del ponte di via Tre Venezie del riu Seligheddu – risultati della modellazione idraulica.	35
Figura 5.6 - Tratto tombato esistente sul riu Pasana.	36
Figura 5.7 - Andamento del tirante nel tempo nel tratto tombato di progetto sul riu Pasana	

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

IV



in corrispondenza di via Giove - risultati della modellazione idraulica.	38
Figura 5.8 - Andamento delle velocità nel tempo nel tratto tombato di progetto sul riu Pasana in corrispondenza di via Giove - risultati della modellazione idraulica.	38
Figura 5.9 - Sezione di Progetto del tratto tombato.	39
Figura 5.10 - Sezione tipo sul riu Pasana nel tratto di valle (in prossimità dell'immissione nel Seligheddu).	39
Figura 5.11 - Estratto planimetrico su CTR. In rosso il tratto oggetto di intervento sul riu Pasana.	40
Figura 5.12 - Andamento della portata nel tempo sul riu Pasana alla confluenza con il riu Seligheddu – risultati della modellazione idraulica.	40
Figura 5.13 - Estratto planimetrico su CTR. In rosso il tratto oggetto di intervento sul riu San Nicola.	41
Figura 5.14 - Foto sopralluogo sul riu San Nicola - a sinistra tratto rivestito in cls a monte del diversivo San nicola-Zozò; a destra tratto in prossimità del vivaio Fausto Noce.	43
Figura 5.15 - Sezione tipo sul riu San Nicola in prossimità del parco Fausto Noce.	43
Figura 5.16 - Stralcio della planimetria di intervento sul riu San Nicola in prossimità della foce e del Bingo Olbia.	44
Figura 5.17 - Andamento della portata nel tempo sul riu San Nicola alla foce – risultati della modellazione idraulica 1D.	45
Figura 5.18 - Estratto planimetrico su CTR. In rosso il tratto oggetto di intervento sul riu Zozò tratto di valle.	46
Figura 5.19 - Sezione tipologica sul riu Zozò, tratto di valle.	47
Figura 5.20 - Andamento della portata nel tempo sul riu Zozò alla foce – risultati della modellazione idraulica.	47
Figura 5.21 - Estratto planimetrico su CTR. In rosso il tratto oggetto di intervento sul riu Abba Fritta.	49

Figura 5.22 - Sezione tipo di progetto sul riu Abba Fritta (ABF_2).	49
Figura 5.23 - Stralcio planimetrico della sistemazione nel riu Abba Fritta a sinistra; a destra foto del sopralluogo sul ponte via Nervi e a valle del ex ponte di via Fara.	50
Figura 5.24 - Estratto planimetrico su CTR. In rosso il tratto oggetto di intervento sul riu Gadduresu.	51
Figura 5.25 - Foto scattate in corrispondenza rispettivamente della sezione rilevata GAD 21 e GAD 20 durante il rilievo topografico del riu Gadduresu, rappresentative dei tratti non urbanizzati.	52
Figura 5.26 - Tipologico, nei tratti non urbanizzati, della sezione avente fondo e sponde rivestite in scogliera- Sezione tipo da sinistra GAD 1 e GAD2.	52
Figura 5.27 - Foto scattata in corrispondenza della sezione rilevata GAD 18 durante il rilievo topografico del riu Gadduresu, rappresentativa dei tratti più urbanizzati.	53
Figura 5.28 - Particolari costruttivi dei rivestimenti progettuali scelti in zone urbanizzate e/o in corrispondenza di attraversamenti stradali sul riu Gadduresu. In sinistra tipologico di sezione con muri di sostegno in CA su entrambe le sponde dotati di sottofondazione, in destra tipologico di canale a U in CA.	53
Figura 5.29 - Scatolari in CA di progetto in corrispondenza degli attraversamenti in via San Michele e in via Archimede.	54
Figura 5.30 - Intervento in alveo di sottofondazione delle spalle esistenti del ponte di via Barcellona.	54
Figura 5.31 - Estratto planimetrico su CTR. In rosso il tratto oggetto di intervento sul riu Cabu Abbas.	56
Figura 5.32 - Sezione rivestita in calcestruzzo nel riu Cabu Abbas e massimo livello raggiunto nella condizione di progetto (CAB_5).	57
Figura 5.33 - Riu Cabu Abbas – a sinistra tratto rivestito in calcestruzzo; a destra tratto non rivestito.	57
Figura 5.34 - Sezione tipo di progetto sul riu Cabu Abbas.	58

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

VI

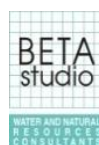


Figura 5.35 - Andamento della portata nel tempo sul riu Cabu Abbas alla foce – risultati della modellazione idraulica.	58
Figura 5.36 - Planimetria del deviatore San Nicola-Zozò.	60
Figura 5.37 - Sezione tipologica del deviatore San Nicola-Zozò.	60
Figura 5.38 - Planimetria del deviatore Zozò-Gadduresu.	61
Figura 5.39 - Sezioni tipologiche del deviatore Zozò-Gadduresu.	62
Figura 5.40 - Planimetria del deviatore Gadduresu-Seligheddu.	63
Figura 5.41 - Sezioni tipologiche del deviatore Gadduresu-Seligheddu.	64
Figura 5.42 - Planimetria del deviatore Paule Longa-Tannaule-Seligheddu.	65
Figura 5.43 - Sezioni tipologiche del primo tratto del deviatore Paule Longa-Tannaule.	66
Figura 5.44 - Sezione tipologica a valle dell'attraversamento ferroviario sul deviatore Paule Longa-Tannaule.	67
Figura 5.45 - Dettaglio dell'intersezione del deviatore di progetto con il nuovo progetto RFI di via Portogallo.	68
Figura 5.46 - Sezione tipologica del tratto di attraversamento del viadotto di progetto di via Portogallo.	69
Figura 5.47 - Estratto planimetrico su CTR. In rosso il tratto oggetto di intervento sul riu Ua Niedda.	70
Figura 5.48 - Sezione tipo 1, 2 e 3 sul riu Ua Niedda.	71
Figura 6.1 - Rendering dell'opera di presa sul rio Seligheddu.	72
Figura 7.1 – Tracciato planimetrico dello scolmatore 1.	86
Figura 7.2 – Sezione rettangolare 9x7 m adottata per lo scolmatore 1.	87
Figura 7.3 - Localizzazione delle sezioni topografiche rilevate nel 2023. In rosso indicato il tracciato dell'opera di scarico della galleria scolmatrice.	88
Figura 7.4 - Sezioni topografiche rilevato nel 2023 (verde) messe a confronto con sezioni da DTM 2020 del Comune di Olbia (marrone).	90

Figura 7.5 – Estratto nei pressi dell'opera di scarico del modello 2D di dettaglio sviluppato di HEC-RAS.	91
Figura 7.6 – Scenario di progetto. Portate della galleria scolmatrice e del Padrongianus a monte e a valle dello scarico.	92
Figura 7.7 - Livelli nel Padrongianus nelle 3 sezioni di riferimento. Scenario 2-TR200-Tp100min-t=115 min.	93
Figura 7.8 – Inquadramento delle sezioni di interesse.	94
Figura 7.9 – Confronto delle mappe di inviluppo dei massimi tiranti e dei livelli nella sezione subito a valle dello sbocco in Padrongianus.	95
Figura 7.10 – Profilo a moto permanente. I tratti a cielo aperto, da monte verso valle, individuano la localizzazione delle opere di presa Pasana e Paule Longa.	96
Figura 7.11 – Tracciato planimetrico dello scolmatore 2	99
Figura 7.12 – Sezione rettangolare 6 x 4 m adottata per lo scolmatore 2	100
Figura 7.13 – Sezione trapezia a cielo aperto adottata per lo scolmatore 2	100
Figura 7.14 –Portata e tirante nel rio Cabu Abbas nella sezione di scarico dello scolmatore 2	102
Figura 7.15 – Profilo a moto permanente. Il tratto centrale, in galleria, risulta essere composto da un tratto in cut&cover (iniziale e finale) ed un tratto in galleria naturale (centrale) sotto la zona Sa Minda Noa.	103
Figura 9.1 – Portate in ingresso alla città (alla sezione di gronda indicata in verde in figura). SDF e SDP indicano rispettivamente lo stato di fatto e di progetto.	108

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 3.I – Portate [m ³ /s] alle opere di presa e alle opere di sbocco.	9
Tabella 7.I: Portate cumulate nello scolmatore 1 alle sezioni delle opere di presa.	85
Tabella 7.II – Tabella riassuntiva dei livelli nelle varie sezioni in corrispondenza del picco dell'idrogramma dalla galleria scolmatrice t=115 minuti.....	94
Tabella 7.III - Portata di picco nello scolmatore 2 Abba Fritta-Cabu Abbas.....	98
Tabella 8.I – Confronto i livelli di piena TR200 e le quote di intradosso delle opere di attraversamento.....	104
Tabella 9.1 – Confronto allo stato di fatto e di progetto della portata di picco in sezioni significative dell'Area Urbana di intervento (portate del modello 1D).....	109

1 INTRODUZIONE

Il Comune di Olbia ha incaricato il Raggruppamento Temporaneo di Progettisti, di seguito RTP, costituito dalle società Technital S.p.A., Beta Studio S.r.l., Politecnica - Ingegneria ed Architettura, Società cooperativa, e Metassociati S.r.l. per lo sviluppo del progetto di fattibilità tecnica ed economica “Olbia e le sue acque – Opere di mitigazione del rischio idraulico e recupero del rapporto della città con i suoi fiumi”.

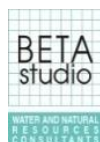
La presente relazione costituisce la **relazione idraulica** del Progetto.

Nella seguente relazione viene fatta una breve descrizione dell'inquadramento generale dell'area di studio, vengono elencati e presentati i criteri seguiti nella progettazione ed infine vengono descritti i dimensionamenti degli interventi progettati.

Fanno da supporto alla presente relazione gli elaborati:

- A.2.1 Relazione idrologica;
- A.2.3 Modellazione idraulica 1D;
- A.2.4 Studio di compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 del NTA PAI Sardegna;
- Il pacchetto di elaborati indicati con il codice 4.2 “Sistemazioni in ambito extra-urbano”-“Sistemazioni fluviali” che contiene planimetria, profilo e sezioni di ogni corso d'acqua in ambito extra-urbano;
- Il pacchetto di elaborati indicati con il codice 5.2 “Sistemazioni in ambito urbano”-“Sistemazioni fluviali e deviatori” che contiene planimetria, profilo e sezioni di ogni corso d'acqua in ambito urbano.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



2 SINTESI DELLA SOLUZIONE DI PROGETTO

Al fine di poter meglio comprendere la descrizione dei risultati dei dimensionamenti idraulici delle opere che compongono la soluzione di progetto, si descrivono di seguito i caratteri essenziali della soluzione progettuale.

La soluzione si compone dei seguenti elementi:

1. Scolmatori in ambito extraurbano:

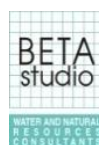
- a. **Scolmatore 1 “Seligheddu – Padrongianus”**: parte dall’opera di presa sul rio Seligheddu (ad ovest di Olbia), prosegue verso sud, intercettando le acque dei rii Pasana e Paole Longa e scarica nel fiume Padrongianus; le portate di piena dei rii intercettati;
- b. **Scolmatore 2 “Abba Fritta - Cabu Abbas”**: parte dall’opera di presa sul rio Abba Fritta, prosegue verso est, sottopassando la zona Sa Minda Noa, e scarica nel rio Cabu Abbas a monte della zona industriale di Olbia le portate di piena del rio Abba Fritta;
- c. **Scolmatore 3 “san Nicola – Zozò”**: parte dall’opera di presa sul rio San Nicola e scarica nel tratto di monte del rio Zozò le portate di piena del Riu san Nicola;

2. Deviatori in ambito urbano:

- a. **Deviatore 1 Zozò**: parte dal rio Zozò e devia le portate di piena verso sud, nel rio Gadduresu;
- b. **Deviatore 2 Gadduresu**: parte dal rio Gadduresu e devia le acque nel rio Seligheddu;
- c. **Deviatore 3 Paole Longa - Tannaule**: parte dal rio Paole Longa e devia le acque nel rio Seligheddu, raccogliendo sul suo percorso anche le acque del rio Tannaule.

3. **Opere di adeguamento dei rii e dei canali**: si prevedono risezionamenti dei canali esistenti sia in ambito urbano (Pasana, Seligheddu, san Nicola, Zozò), con particolare riguardo ai tratti di foce dove è previsto il dragaggio del fondo dei rii San

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



Nicola, Zozò e Seligheddu sino alla quota di -2,00 m s.m.m., sia in ambito extraurbano, a monte delle opere di presa, laddove la sezione idraulica esistente non è adeguata a contenere la piena TR200. I tratti, in ambito extraurbano, localizzati a monte delle opere di presa che alimentano gli scolmatori, sui quali si interviene sono collocati lungo il riu Ua Niedda, affluente del rio Seligheddu.



Figura 2.1 - Rappresentazione della soluzione progettuale. In arancione, i tracciati dei tre scolmatori: scolmatore 1 Seligheddu-Padrongianus con l'opera di scarico nel Padrongianus, scolmatore 2 Abba Fritta-Cabu Abbas e scolmatore 3 San Nicola-Zozò. In rosso, le opere di presa degli scolmatori: ABF – Abba Fritta; SNI – San Nicola; SEL – Seligheddu; PAS – Pasana; PLO – Paole Longa. In giallo, i deviatori in città: DEV1 - Zozò-Gadduresu; DEV2 - Gadduresu-Seligheddu; DEV3 - Paole Longa/Tannaule-Seligheddu.

Le opere individuano 3 direttrici principali:

- 1) La direttrice Seligheddu-Padrongianus, lunga la quale si sviluppa lo scolmatore 1 e

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

- le opere di presa sui rii Seligheddu, Pasana e Paole Longa, che permette di convogliare le portate di piena nell'alveo del riu Padrongianus, esterno alla città, con successivo scarico a mare;
- 2) La direttrice Abba Fritta-Cabu Abbas, lunga la quale si sviluppa lo scolmatore 2 e con scarico nel rio Cabu Abbas in zona industriale, esterno al centro abitato, e successivo scarico a mare;
 - 3) La direttrice San Nicola-Zozò-Gadduresu-Seligheddu, lunga la quale si sviluppano lo scolmatore 3 e gli interventi di adeguamento di sezioni e profili del tratto di monte del rio Zozò, il deviatore Zozò-Gadduresu, gli interventi di adeguamento di sezioni e profili del Gadduresu, il deviatore Gadduresu-Seligheddu gli interventi di adeguamento di sezioni e profili del tratto finale del rio Seligheddu. Questa direttrice si sviluppa in parte in ambito urbano.

Una quarta direttrice, minore, è formata dal deviatore Paole Longa/Tannaule-Seligheddu che ha la finalità di risolvere le criticità idrauliche della zona Bandinu e si sviluppa in una zona non urbanizzata.

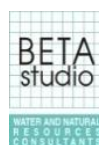
Gli scolmatori in progetto sono caratterizzati da tratti a cielo aperto, tratti in galleria artificiale (scavati con tecnica cut&cover) e tratti in galleria naturale (dove i ricoprimenti estesi, maggiori di 10 m, ne permettono la realizzazione), a seconda della localizzazione dello scolmatore rispetto alla quota del piano campagna.

Lo scolmatore 1 “Seligheddu-Padrongianus” ha sezione rettangolare di larghezza 9 m ed altezza 7 m. Il tracciato si sviluppa in galleria, e prevalentemente in galleria naturale. Sono previsti alcuni tratti in galleria “artificiale” con tecnologia cut&cover, laddove i ricoprimenti non permettono la realizzazione della galleria naturale. I tratti di canale a cielo aperto sono invece previsti in prossimità delle opere di presa intermedie (Pasana e Paole Longa) e allo sbocco nel riu Padrongianus.

Lo scolmatore 2, che convoglia le portate di piena rio Abba Fritta nel rio Cabu Abbas, è caratterizzato, per i primi 330 m, da un canale di larghezza 6 m e altezza 4 m, a cielo aperto, collocato all'interno di una zona di valorizzazione ambientale ove è stata prevista

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

4



anche la realizzazione di un laghetto e zona umida. Il canale a cielo aperto è seguito, per un tratto di 270 m, da una galleria artificiale realizzata con tecnologia cut&cover, e poi da una galleria naturale di 1.000 m che sottopassa la zona collinare di Sa Minda Noa. Anche la galleria presenta sezione rettangolare 6x4 m, scavata nel granito integro, senza rivestimenti, in parete di granito vivo.

All'uscita della galleria naturale, dopo un breve tratto in cut&cover sempre a sezione rettangolare 6 x 4 m, è previsto un tratto di canale a cielo aperto ottenuto dall'allargamento ed approfondimento del canale esistente localizzato alla base del rilevato della tangenziale. Uno scatolare 6x4, per sottopassare via Birmania, conclude l'opera prima dello scarico nel Cabu Abbas.

Lo scolmatore 3, San Nicola-Zozò, è costituito da un canale a cielo aperto di lunghezza 350 m e sezione trapezoidale con base minore di 5 m. Tale scolmatore consente di operare un salto di bacino convogliando le portate di piena del riu sa Nicola nel vicino canale Zozò.

L'intercettazione delle portate di piena con immissione negli scolmatori avviene presso alcune opere di presa.

Le opere sono costituite da un tratto di corso d'acqua reso più largo e profondo rispetto alla sezione corrente del rio, nel quale viene realizzata una “vasca di calma” in linea, che ha un duplice scopo: costituire una zona ove la corrente rallenta ottenendo il tirante per attivare lo stramazzo di presa, mediante sfioro laterale delle portate nello scolmatore e fungere da trappola per i sedimenti ovvero per intercettare una parte del trasporto solido, preservando da possibili danneggiamenti le pareti degli scolmatori ed il golfo di Olbia da interrimenti. A valle della soglia di presa è prevista una “vasca di dissipazione” che permette di dissipare il carico cinetico, contenendo al piede dello stramazzo la formazione del risalto.

3 INQUADRAMENTO

Olbia è una città d'acqua. È attraversata da una serie di corsi d'acqua che la percorrono a raggiera. L'area urbana si estende per circa 20 km² ed è delimitata da una parte dal golfo omonimo e dall'altra dalla tangenziale.

3.1 Generale

Secondo la classificazione dei bacini sia del PAI 2015 sia del PAI 2022-2023, in fase di approvazione presso l'Autorità di Bacino della Sardegna, l'area urbana è interessata da 6 macrobacini (Figura 3.1):

- Macrobacino del rio Paule Longa (B1);
- Macrobacino del rio Seligheddu (B2);
- Macrobacino del rio Gadduresu (B3);
- Macrobacino del canale Zozò (B4);
- Macrobacino del rio San Nicola (B5);
- Macrobacino del rio Tilibbas (B6).

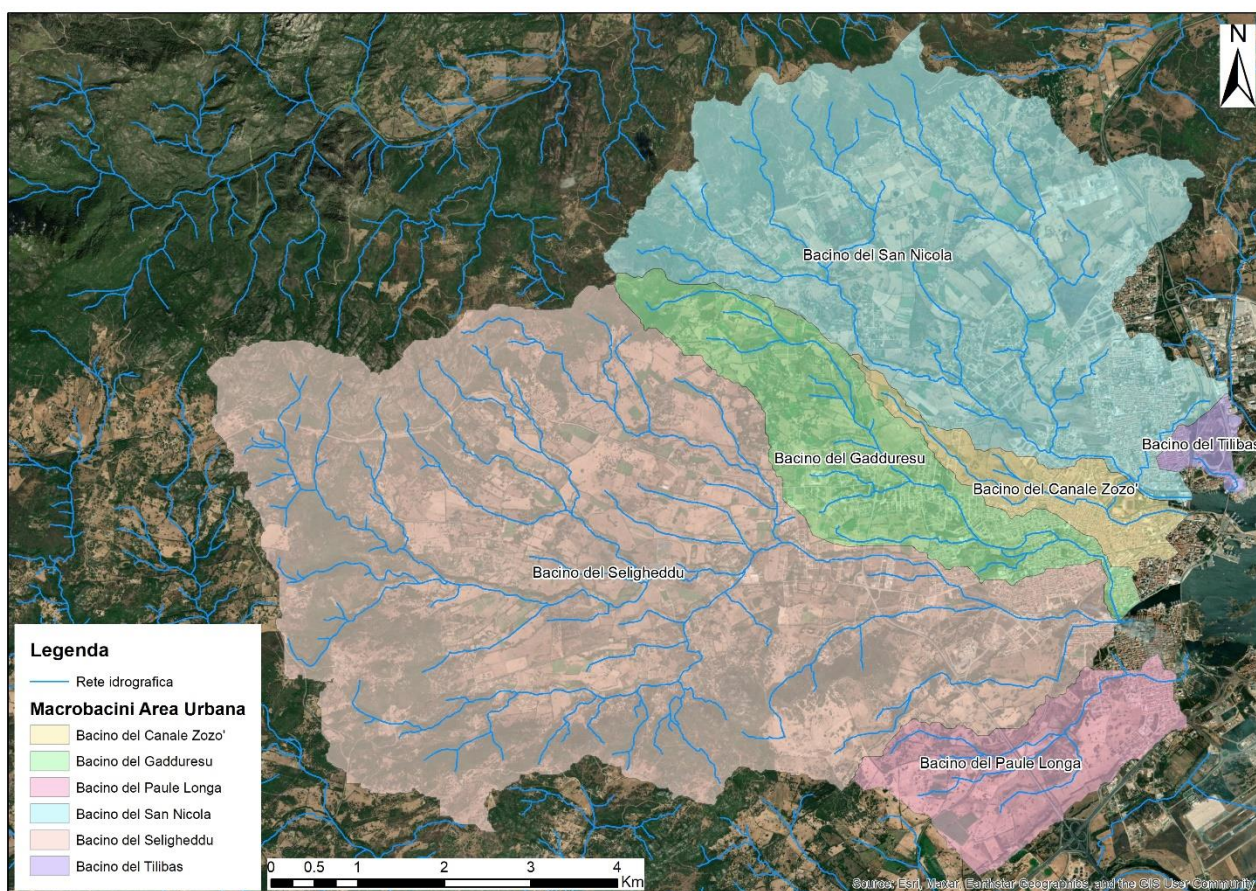


Figura 3.1 - Macrobacini dell'Area Urbana di Olbia.

Si precisa che il presente progetto interessa e coinvolge i bacini e le aste fluviali dei primi 5 corsi d'acqua sopra elencati.

Non è considerato il riu Tilibbas perché ricadente nell'area di competenza del consorzio Cipnes da oggetto di autonoma progettazione.

3.2 Idrologia

La soluzione progettuale prevede una riconfigurazione dei bacini idrografici con l'introduzione di salti di bacino tramite i deviatori di progetto.

Tali interventi di progetto sono atti ad una ridistribuzione delle portate più omogenea in base alla capacità di deflusso dei diversi rami fluviali.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Inoltre, l'introduzione di 2 canali scolmatori di gronda separa idraulicamente una buona parte dei bacini di monte, chiusi alle opere di presa degli scolmatori, dai bacini urbani.



Figura 3.2 - Schema del modello idrologico sviluppato in HEC-HMS. In rosso gli scolmatori e i deviatori di progetto.

Considerando come evento di riferimento l'evento critico del rio Seligheddu (ovvero l'evento meteorico TR200 con durata pari alla durata critica del bacino del rio Seligheddu), sono state estratte da modello idrologico, allo stato di progetto, le portate dei canali scolmatori e più in generale dei canali di progetto.

Le portate di progetto sono quelle riferite all'evento con tempo di ritorno di 200 anni e durata dell'evento di pioggia di 100 minuti. In Tabella 3.1 è riportato il riepilogo delle portate di riferimento. Lo studio idrologico più approfondito è consultabile nella relazione A.2.1 Relazione idrologica.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Tabella 3.1 – Portate [m^3/s] alle opere di presa e alle opere di sbocco.

TR [anni]		200
Tp [min]		100
Abba Fritta	Q in arrivo all'OdP Abba Fritta	41.1
	Abba Fritta in galleria	40
	Abba Fritta a valle dell'OdP	1.1
San Nicola	Q in arrivo all'OdP San Nicola	73.9
	San Nicola nel deviatore	40
	San Nicola a valle dell'OdP	33.9
Seligheddu	Q in arrivo all'OdP Seligheddu	279.5
	Seligheddu in galleria	278.9
	Seligheddu a valle dell'OdP	0.6
	Q totale in scolmatore	278.9
Pasana	Q in arrivo all'OdP Pasana	20.6
	Pasana in galleria	20.5
	Pasana a valle dell'OdP	0.1
	Q totale in scolmatore	289
Paule Longa	Q in arrivo all'OdP Paule Longa	26.2
	Paule Longa in galleria	24.1
	Paule Longa a valle dell'OdP	2.1
	Q totale in scolmatore	307.2
Sbocchi	Scolmatore 1 – Padrongianus	307.0
	Scolmatore 2 – Cabu Abbas	49.6

In Figura 3.3 si riporta uno schema raffigurante la ripartizione delle portate tra i rii e i deviatori/scolmatori. In particolare, si evidenziano in colore verde i tratti dei rii in cui la portata di picco $Tr=200$ anni, $Tp= 100$ min di progetto è inferiore a quella allo stato di fatto.

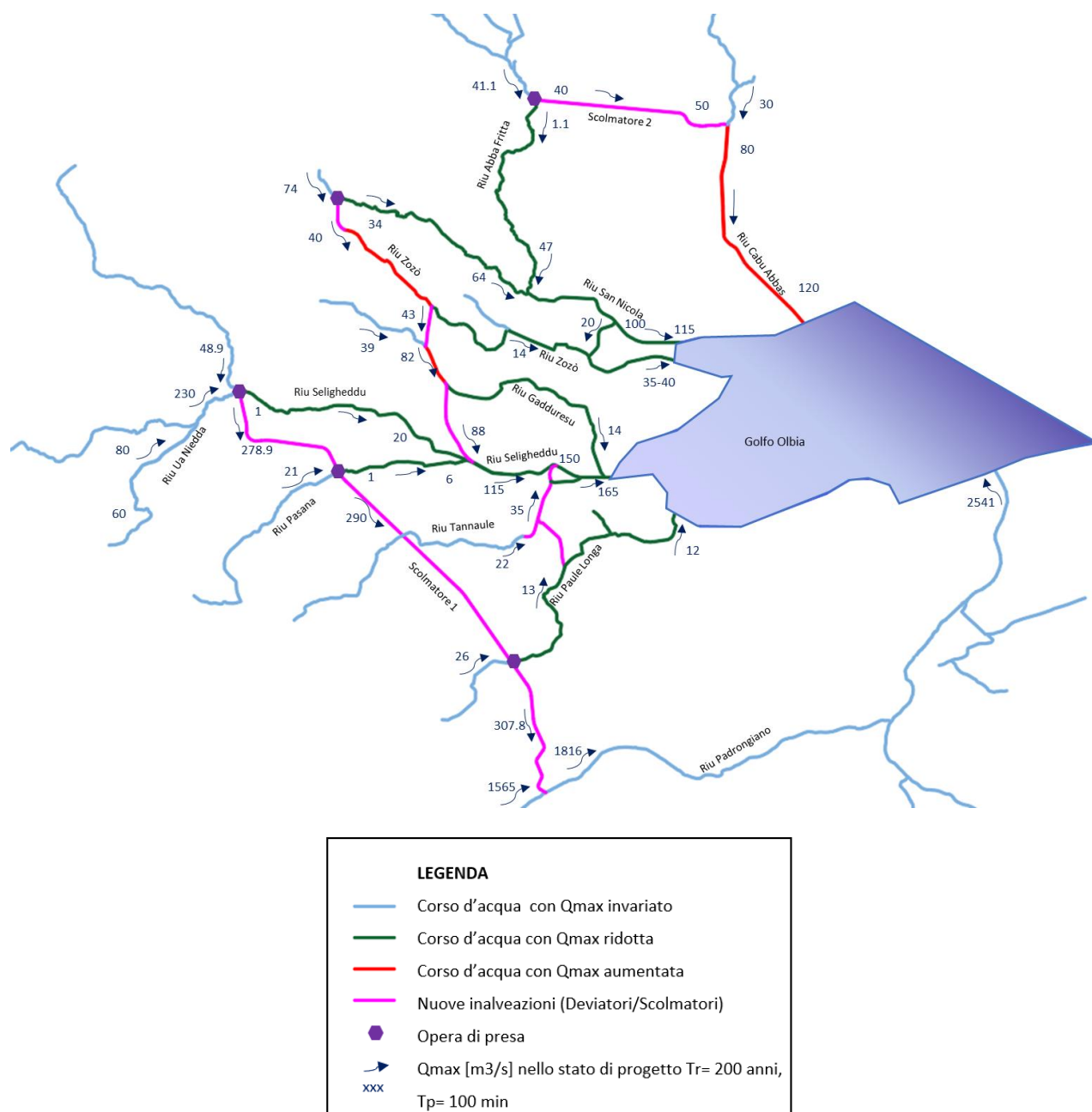


Figura 3.3 - Schema concettuale della ripartizione delle portate nei rii nella condizione di progetto con indicazione dei rii in cui si ha un aumento della portata massima e dove una diminuzione in confronto allo stato di fatto.

4 CRITERI DI PROGETTAZIONE

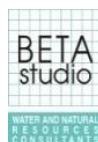
Si riportano di seguito dopo una breve elencazione delle principali norme tecniche seguite nel corso della progettazione, i criteri di dimensionamento adottati per la definizione delle caratteristiche delle opere idrauliche di progetto.

4.1 Normativa di riferimento

La progettazione fa riferimento al quadro normativo vigente del quale si riportano i principali riferimenti:

- Testo coordinato delle N.T.A. al P.A.I. – Aggiornato ai sensi della Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 15 del 22 novembre 2022, pubblicazione sul B.U.R.A.S n. 55 del 01/12/2022;
- Norme tecniche per le costruzioni 2018 e relativa Circolare Ministeriale 21 gennaio 2019;
- Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza dei canali tombati esistenti (Rev. Ottobre 2017) Allegato alla D.C.I. n. 2 del 17.10.2017;
- Studi, indagini, elaborazioni attinenti all'ingegneria integrata, necessari alla redazione dello studio denominato progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) della regione Sardegna;
- Studio di variante al piano di stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) e del quadro delle opere di mitigazione del rischio idraulico nel territorio comunale di Olbia (Settembre 2014) - Analisi Idrologica;
- Studio idraulico e idrogeologico del Piano di Utilizzo dei Litorali ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle NTA del PAI (Dicembre 2018);
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (Giugno 2007);
- Studio di Variante Generale al piano di stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) (Febbraio 2022 - Settembre 2023) - Analisi Idrologica (Variante PAI adottata dal CC del Comune di Olbia).

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



4.2 Risezionamento degli alvei

Il risezionamento dei canali è stato realizzato in tutte le aree urbane in cui le sezioni attuali non erano in grado di contenere la portata di progetto. Un'attenzione particolare è stata rivolta laddove la realizzazione degli scolmatori e deviatori aumenta la portata di picco del corso d'acqua (tratti evidenziati in rosso in Figura 3.3).

Il criterio progettuale per il risezionamento degli alvei è stato di limitare al minimo grandi variazioni rispetto allo stato attuale, garantire la naturalità del corso d'acqua in condizioni di magra e minimizzare l'alterazione al reticolo drenante. Per tale motivo sono state privilegiate sezioni tipo a forma trapezia, con sponde a dolce pendenza (2:1 o 3:2) e inerbite; ove la presenza di strade e/o edifici limitano l'ingombro della sezione di progetto, sono state previste sezioni a forma rettangolare con muri di sponda (talora su micropali) e rivestimento in pietra o muri realizzati con blocchi di granito mantenendo il fondo al naturale per favorire lo sviluppo di piccole anse.

Le altezze delle sezioni sono tali da garantire il franco idraulico nel rispetto dell'art. 21 delle NTA PAI (opera di difesa longitudinale) calcolato dunque, nel caso di velocità medie della corrente inferiore a 8 m/s, come il massimo tra:

- 1) $0,5 v^2/2g$, dove v indica la velocità media della corrente;
- 2) un metro, per profondità media della corrente superiore a 1 m oppure pari alla profondità media, per profondità media della corrente inferiore o uguale a 1 m;
- 3) $0,87\sqrt{y+\alpha y'}$, dove y è la profondità media della sezione contribuente al deflusso, y' è l'altezza della corrente areata ed α un coefficiente che varia linearmente tra 0 e 1 quando la velocità varia tra 5 m/s e 15 m/s, con le limitazioni che il valore $0,87\sqrt{y}$ sarà assunto al massimo pari a 1,5 ed y' viene assunto pari a 2 metri o alla profondità media y , se questa risulta minore di 2.

Si precisa che in quei tratti in cui non sono previsti interventi poiché le sezioni allo stato di fatto risultano contenere la piena di progetto, è stato assunto che sia stata operata opportunamente la manutenzione della rete idrografica, così come previsto nell'art. 15 delle NTA PAI.

Spesso l'entità del risezionamento degli alvei è risultata strettamente legata alla presenza di opere in attraversamento trasversale. Ci si riferisce alla necessità di dover salvaguardare attraversamenti esistenti evitando di realizzarne di nuovi sotto una viabilità urbana (a quota non modificabile facilmente) garantendo la trasparenza idraulica.

4.3 Opere di difesa spondale

Nei tratti in cui la velocità della corrente è risultata maggiore a 2 m/s, o dove le condizioni del contesto lo hanno reso necessario (presenza di abitazioni, muri, strade, etc...) sono state previste opere di difesa spondale come scogliere (con o senza presenza di vegetazione), muri (talora su micropali), sottofondazioni di muri esistenti, muri in blocchi di granito.

4.3.1 Scogliere

È stato previsto in alcuni tratti di rivestire le sponde con una massicciata di pezzatura media non inferiore a 70 kg di peso in modo da essere conforme alla forza di trascinamento della corrente. È stato previsto inoltre un piede di fondazione sufficientemente robusto per evitare fenomeni di scalzamento.

La massicciata verrà realizzata secondo una pendenza non superiore a 2:3 e in alcuni casi si prevede inoltre che tra i singoli massi vadano infisse talee di specie riparie autoctone di facile attecchimento.

Il dimensionamento della scogliera è stato condotto prendendo in riferimento la *Formula di Isbash* sotto riportata:

$$v_{cr} = C \sqrt{2gd(\gamma_s - \gamma_w)/\gamma_w}$$

Dove:

C= coefficiente pari a 0.86 quando il movimento avviene per strisciamento e pari a 1.20 nel caso in cui avvenga per rotolamento;

v_{cr} = velocità critica alla quale si instaura il movimento del masso;

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

d = diametro del masso;

γ_w = peso specifico dell'acqua;

γ_s = peso specifico del masso.

Quindi considerando il caso in cui il movimento avvenga per rotolamento, $C=1.20$, e γ_s pari a 26 KN/m^3 la formula viene si può semplificare come segue:

$$v_{cr} \approx 7\sqrt{d}$$

Per la verifica si è considerata come velocità critica la velocità massima che si instaura nei rii (3.3 m/s , incrementata a 4 m/s per sicurezza), con i valori indicati si determina un diametro pari a 0.3 m .

In definitiva, per una buona sicurezza si è considerato in questa fase un coefficiente di sicurezza al ribaltamento FS pari a 1.4 ricavando un diametro pari a circa 0.4 m pari ad una pezzatura (massima) di circa 70 kg .



Figura 4.1 - Esempi di scogliera di media pezzatura a sistemazione delle sponde di progetto.

4.3.2 Muri su micropali

Come già indicato, ove la presenza di strade e/o edifici si è rivelata condizionante nella definizione delle opere di sponda costituendo un limite per l'ingombro della sezione di progetto, sono state previste sezioni a forma rettangolare con muri di sponda su micropali. La paratia viene accoppiata a muro in ca con cassero a perdere rivestito in pietra. Tale

tecnologia è compatibile con un ridotto spazio di cantiere.

La lunghezza dei micropali varia dai 6 m a 9 m, in funzione dell'altezza dello sbalzo. Nei tratti in cui i profili geologici hanno evidenziato la presenza di strati di granito lapideo superficiali, la lunghezza del micropalo è stata ridotta fino all'ammorsamento in tale strato.

In alcuni casi sono stati previsti inoltre dei pali (1 su 3) da realizzare inclinati con funzione di cavalletto/tirante in maniera da aumentare la stabilità dell'opera.

In corrispondenza della testa dei pali è prevista la realizzazione di un cordolo in calcestruzzo armato con funzione di ripartizione.

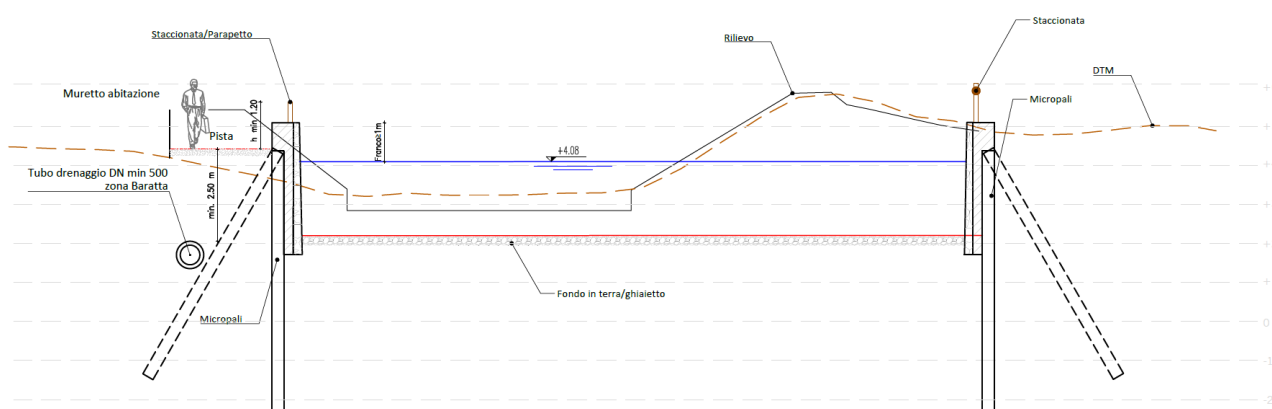


Figura 4.2 - Particolari costruttivi del muro di micropali- sezione tipo SEL 6 di riferimento.



Figura 4.3 - Esempio di lavorazioni per la realizzazione di muri di micropali.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

4.3.3 Sottofondazioni di muri esistenti

In diversi tratti oggetto di intervento in ambito urbano, si ha la presenza già nello stato di fatto di muri a protezione delle abitazioni che fungono da muro spondale. Ove il muro ha la funzione di tenuta idraulica e la sistemazione prevede lo scavo del fondo alveo, è stato previsto di realizzare una sottofondazione su micropali, essendo sconosciuti il tipo di fondazioni presenti, la loro profondità ed il loro stato di consistenza. In questo modo viene garantita la stabilità degli edifici.

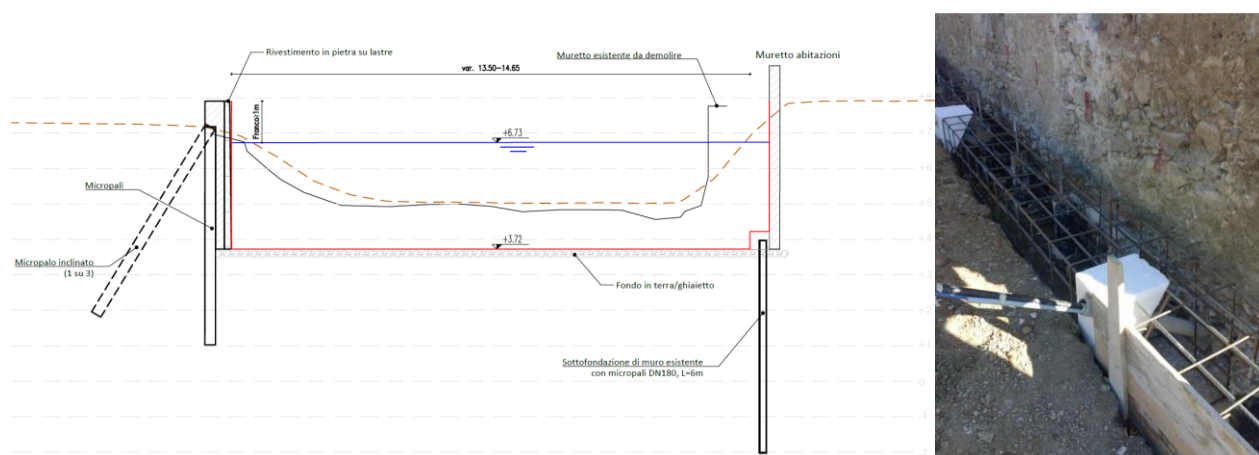


Figura 4.4 - A sinistra particolare costruttivo della sottofondazione di un muro esistente (sez. ti riferimento-sez. tipo SNI 6) a destra esempio di realizzazione del cordolo in C.A. di collegamento dei micropali.

4.4 Deviatori

Il progetto si basa sull'adozione di alcuni canali deviatori composti da partitori che consentono di prelevare tutta o una parte della portata dei corsi d'acqua principali per deviarli, attraverso nuovi canali definiti per l'appunto deviatori verso un ricettore di capacità di portata maggiore e adeguata.

4.4.1 Canali deviatori

I canali deviatori sono nuovi rami della rete di canali di progetto che permettono di trasferire le portate da un corso principale all'altro effettuando salti di bacino.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Nel presente progetto sono previsti 4 deviatori:

- Deviatore San Nicola-Zozò;
- Deviatore Zozò-Gadduresu;
- Deviatore-Gadduresu-Seligheddu;
- Deviatore Paule Longa-Tannaule-Seligheddu.

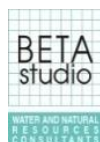
Il Deviatore San Nicola-Zozò preleva parte della portata in arrivo all’opera di presa sul San Nicola per un massimo di 40 m³/s e lo immette nel Rio Zozò. Tale rio viene completamente ri-sezionato in quanto allo stato di fatto la sua portata è estremamente piccola e non ben incanalata quindi la grandezza della sezione attuale è di gran lunga inferiore rispetto a quella di progetto.

Il Deviatore Zozò-Gadduresu è un’estensione del San Nicola-Zozò e prende tale nome dal punto in cui il deviatore San Nicola-Zozò si distacca dall’attuale tracciato del rio Zozò, ossia a valle del ponte sotto la tangenziale. In quel punto da progetto verrà installato un partitore con paratia sullo Zozò, descritto al paragrafo seguente, che impedirà il deflusso della portata proveniente dal deviatore di scorrere lungo lo Zozò esistente, diminuendo di conseguenza la portata in arrivo al canale tombato esistente di via Macchiavelli/Goldoni. Il deviatore Zozò-Gadduresu procede verso sud fino ad immettersi nel Gadduresu a valle di via Barcellona, la quale verrà attraversata con uno scatolare di progetto.

Il Deviatore Gadduresu-Seligheddu preleva le acque dal Gadduresu a valle del ponte di via Archimede e procede verso sud fino all’immissione nel Seligheddu. Anche in questo caso viene inserito un partitore perché l’intera portata del Gadduresu, a meno della portata rilasciata verso valle, venga convogliata verso il deviatore. Tale partitore sfrutterà la presenza del ponte di via Newton che verrà convertito a partitore.

Infine il deviatore Paule Longa-Tannaule-Seligheddu preleva tutta la portata, sempre a meno della portata rilasciata in condizioni ordinarie verso valle, dal Paule Longa, alleggerendo quindi il tratto tombato che attraversa in quartiere Bandinu, deviando verso il Tannaule. Il primo tratto del deviatore è costituito da un tratto tombato in quanto attraversa una piccola collina. Dopo un piccolo tratto a cielo aperto attraversa la ferrovia esistente per poi confluire con il rio Tannaule. Il rio Tannaule viene quindi immesso in quello che prende

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



il nome di deviatore Paule Longa-Tannaule-Seligheddu che scorre in parallelo al suo tracciato da reticolo allo stato di fatto per rispettare la fascia di salvaguardia di 30 m dal piano del ferro della ferrovia.

Il deviatore interseca però il nuovo progetto di RFI il quale prevede un rifacimento del ponte della ferrovia sul rio Seligheddu ed un rifacimento della strada di via Portogallo che per permette un cambio nella livelletta attuale del piano del ferro viene convertita in viadotto. Il deviatore quindi al fine di non interferire con tale progettazione, assume un tracciato che si avvicina alla ferrovia solo in corrispondenza delle pile del viadotto di via Portogallo, non rispettando quindi la fascia di salvaguarda in quel tratto, con sezione rettangolare per non intaccare le fondazioni delle file.

Infine, con un tracciato di invito sfocia nel Seligheddu dubito a valle della darsena di progetto.

4.4.2 Partitori

Sono stati realizzati a monte dell'incile dei canali deviatori n. 3 manufatti partitori al fine di ripartire la portata in arrivo tra i canali diversivi di progetto e i corsi d'acqua originali.

Nello specifico la loro collocazione è stata prevista (vedi Figura 4.5):

- sul riu Zozò a monte del Deviatore Zozò – Gadduresu;
- sul riu Gadduresu a monte del deviatore Gadduresu – Seligheddu;
- sul riu Paule Longa a monte del diversivo Paule Longa-Tannaule-Seligheddu.

I suddetti manufatti sono stati progettati con lo scopo di convogliare la maggior parte della portata verso i diversivi (o deviatori) lasciando fluire verso valle la portata necessaria per garantire la vivificazione dell'alveo a valle e l'apporto di acque dolci al golfo.

Per rendere questi manufatti adattabili alle diverse condizioni idrauliche che si possono presentare (situazioni di emergenza, manutenzione dei canali diversivi, adattabilità futura, etc..) i partitori sono dotati di paratoia di dimensione 2,00X2,00 manualmente regolabile (ma non certo in piena).

Il manufatto è costituito da una chiavica 2,00 X 2,00 m presidiata da paratoia, protetto a monte e a valle da platea in C.A. e dotata di muri d'ala, taglione di ammorsamento e protezione in massi sciolti a valle (vedi Figura 4.6).

L'attivazione dei diversivi avviene per superamento di una piccola soglia di fondo che, in condizioni di normale deflusso, consente invece di far transitare nell'alveo originario solo la portata ordinaria utile a mantenere attivo l'alveo e a alimentare il golfo con acqua dolce.

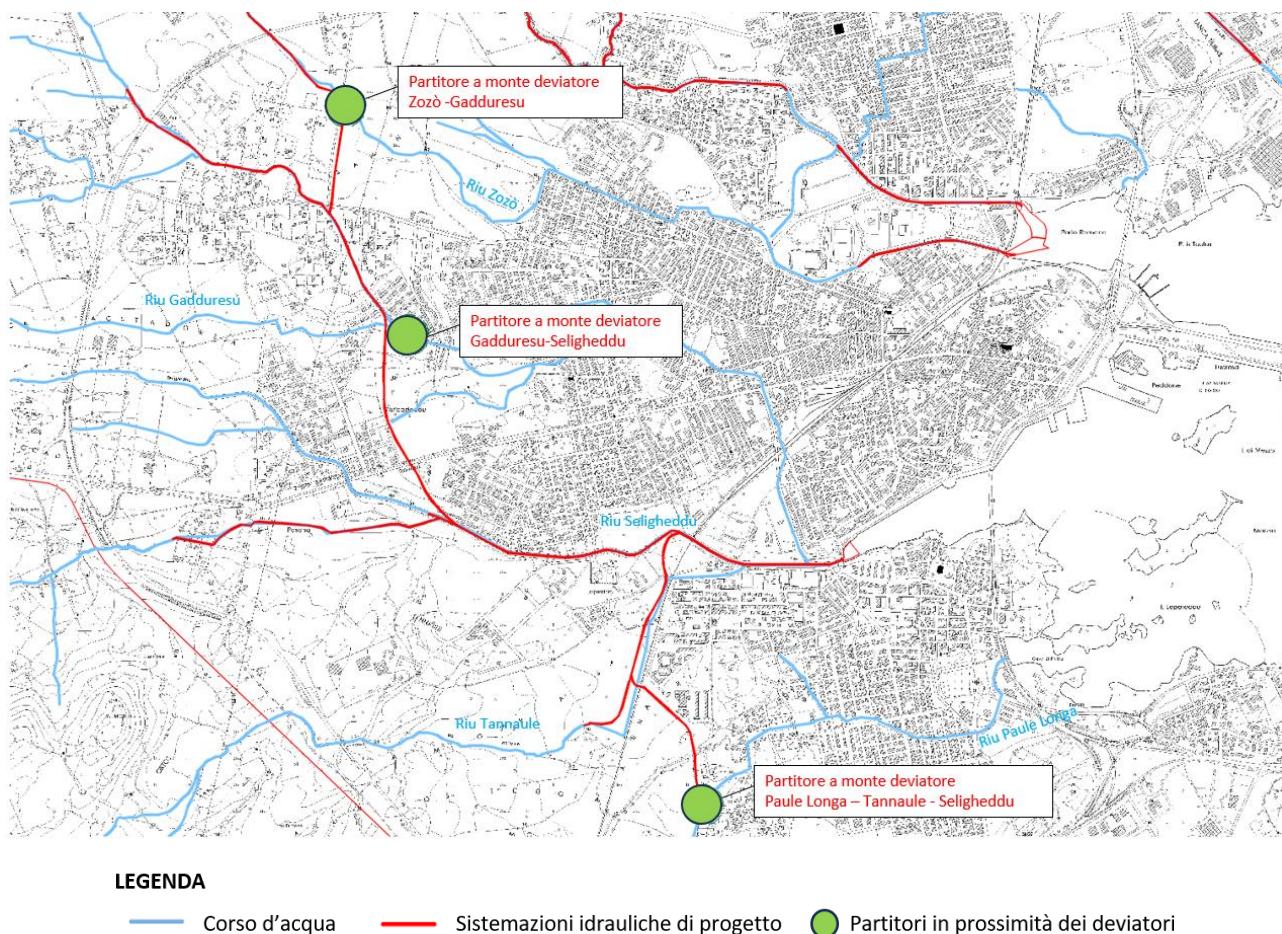


Figura 4.5 - Planimetria di inquadramento posizionamento partitori.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

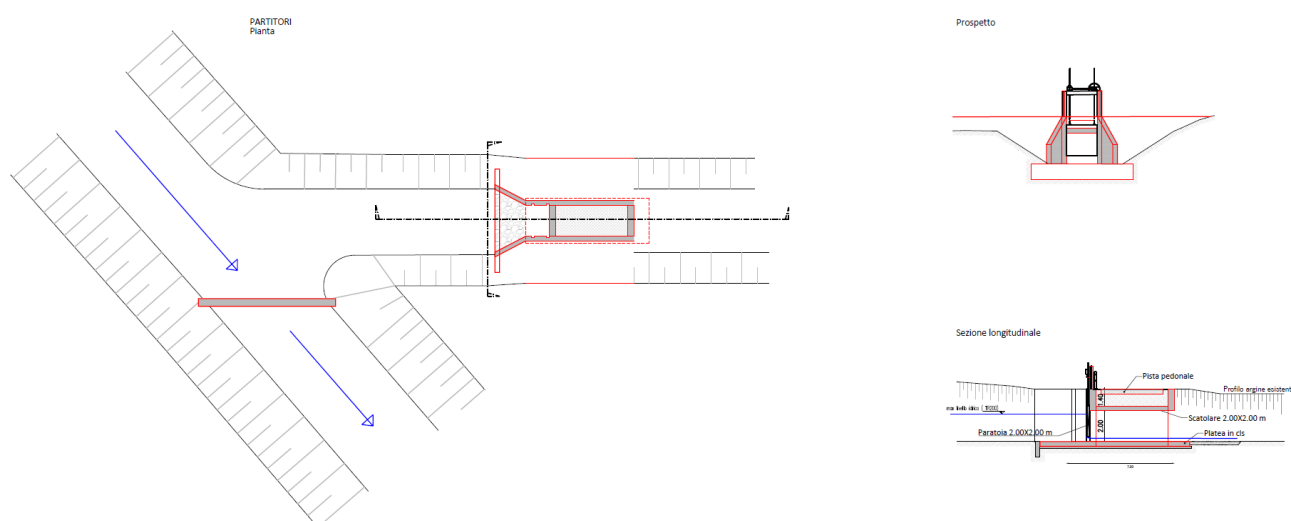


Figura 4.6 - Pianta, sezione e prospetto dei partitori - stralcio elaborato grafico 5.02.44.

4.5 Opera di regolazione diversivo San Nicola Zozò

Tra i rii San Nicola e Zozò, nei pressi di via Figoni, è presente un diversivo che nello stato di fatto non ha nessun'opera di regolazione delle portate all'incile.



Figura 4.7 - Particolare del nodo San Nicola – Diversivo Zozò modellato in Infoworks ICM nello stato di fatto.

La partizione delle portate al nodo avviene secondo gli idrogrammi indicati nel grafico di

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

seguito riportato.

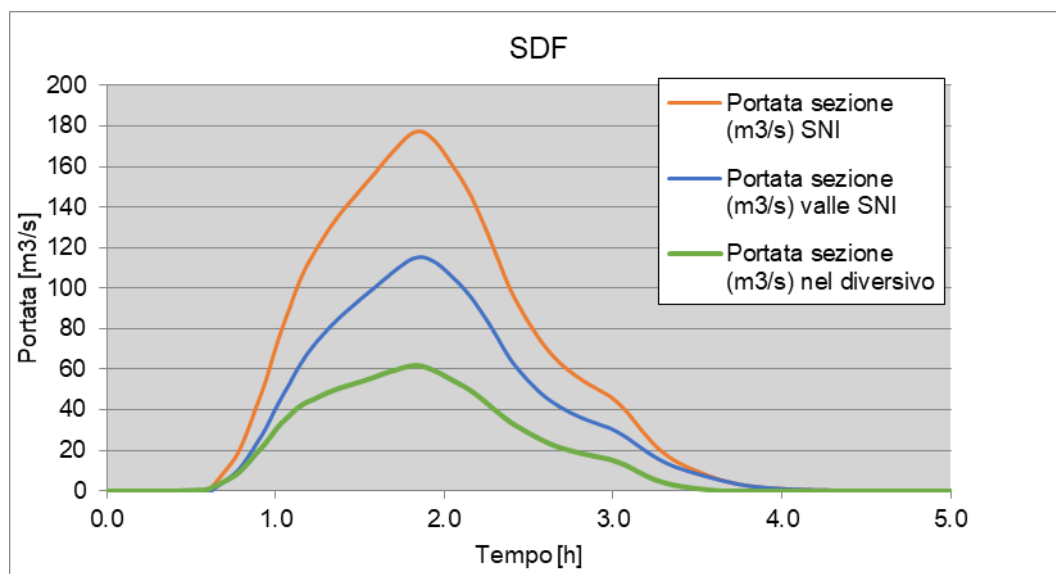


Figura 4.8 - Risultati del modello Infoworks ICM sul nodo del diversivo San Nicola – Zozò nello stato di fatto.

Il diversivo in piena ha lo scopo di deviare parte della portata dal San Nicola al riu Zozò.

Analizzando lo scenario nello stato di fatto, risulta che il diversivo devia sul riu Zozò circa 60 m³/s dei 177 m³/s in arrivo dal San Nicola (circa un 35 %).

Risulta però che l'assenza di un'opera di regolazione, comporta la deviazione verso il diversivo di una portata eccessiva che causa un'insufficienza delle sezioni dello Zozò. Si veda ad esempio la sezione ad "U" rivestita in calcestruzzo a valle del ponte di via Galvani (Croce Bianca) denominata ZOZ_5 (Figura 4.10) in cui nello stato di fatto il livello massimo raggiunge la quota di 2.97 m s.m.m. con i muretti spondali a quota pari a circa 2 m s.m.m.

La condizione di progetto prevede dunque un miglioramento all'interno del diversivo come anche sul riu Zozò in prossimità della foce. Infatti la portata sul San Nicola viene diminuita (da 177 a circa 120 m³/s) grazie alla presenza degli scolmatori e pertanto si riduce la portata in arrivo sul riu Zozò attraverso il diversivo esistente.

L'obiettivo è stato dunque determinare la massima portata tale per cui le sezioni del tratto del riu Zozò rivestite in calcestruzzo riuscissero a contenere le acque (vedi Figura 4.9 destra). La capacità di portata della sezione del riu Zozò è pari a circa 35 m³/s (vedi Figura 4.10). Tale condizione si realizza solo se la portata deviata dal San Nicola allo Zozò non

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

supera i 20 m³/s.



Figura 4.9 - Foto del sopralluogo – a sinistra vista dal riu San Nicola a monte dell'incile del diversivo; a destra il tratto rivestito in calcestruzzo sul riu Zozò.

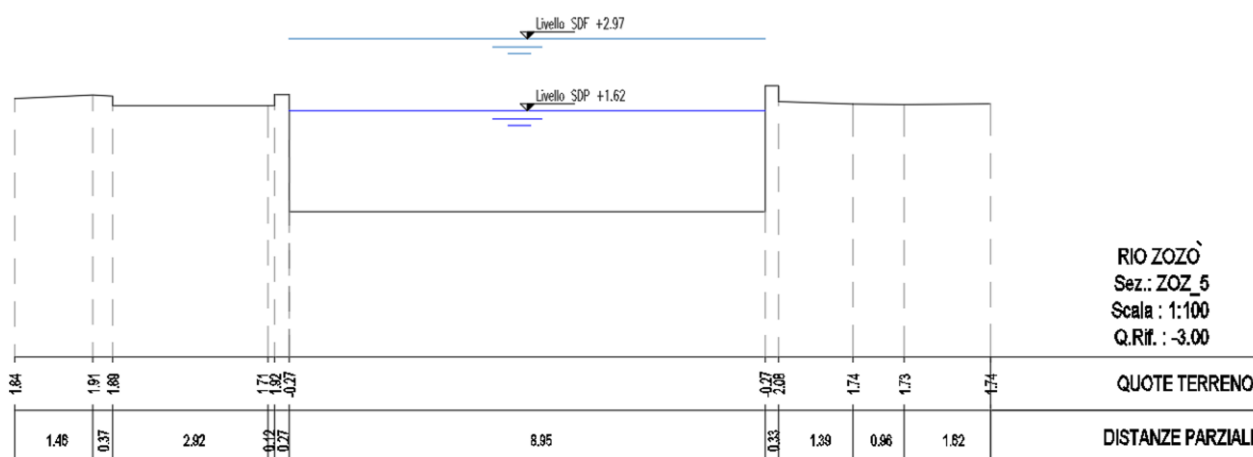


Figura 4.10 - Sezione stato di fatto del tratto rivestito in calcestruzzo sul riu Zozò e massimo livello raggiunto nella condizione di fatto e di progetto.

Per garantire il controllo della portata si prevede la realizzazione di un'opera di regolazione a monte del diversivo (vedi Figura 4.11). Nel tratto a valle dell'incile del diversivo, le sezioni sono rivestite in calcestruzzo (vedi Figura 4.9 sinistra).



Figura 4.11: - Stralcio planimetro del diversivo San Nicola – Zozò.

L’opera di regolazione è dotata di uno sfioratore a stramazzo con superficie di scorrimento sagomata con profilo Creager e di luce laterale 2,00 X 2,00 m presidiata da paratoia regolabile manualmente. Per aumentare la stabilità dell’opera sono previsti 2 file micropali di lunghezza 6 metri con interasse pari a 2 m (vedi Figura 4.12).

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Sezione longitudinale

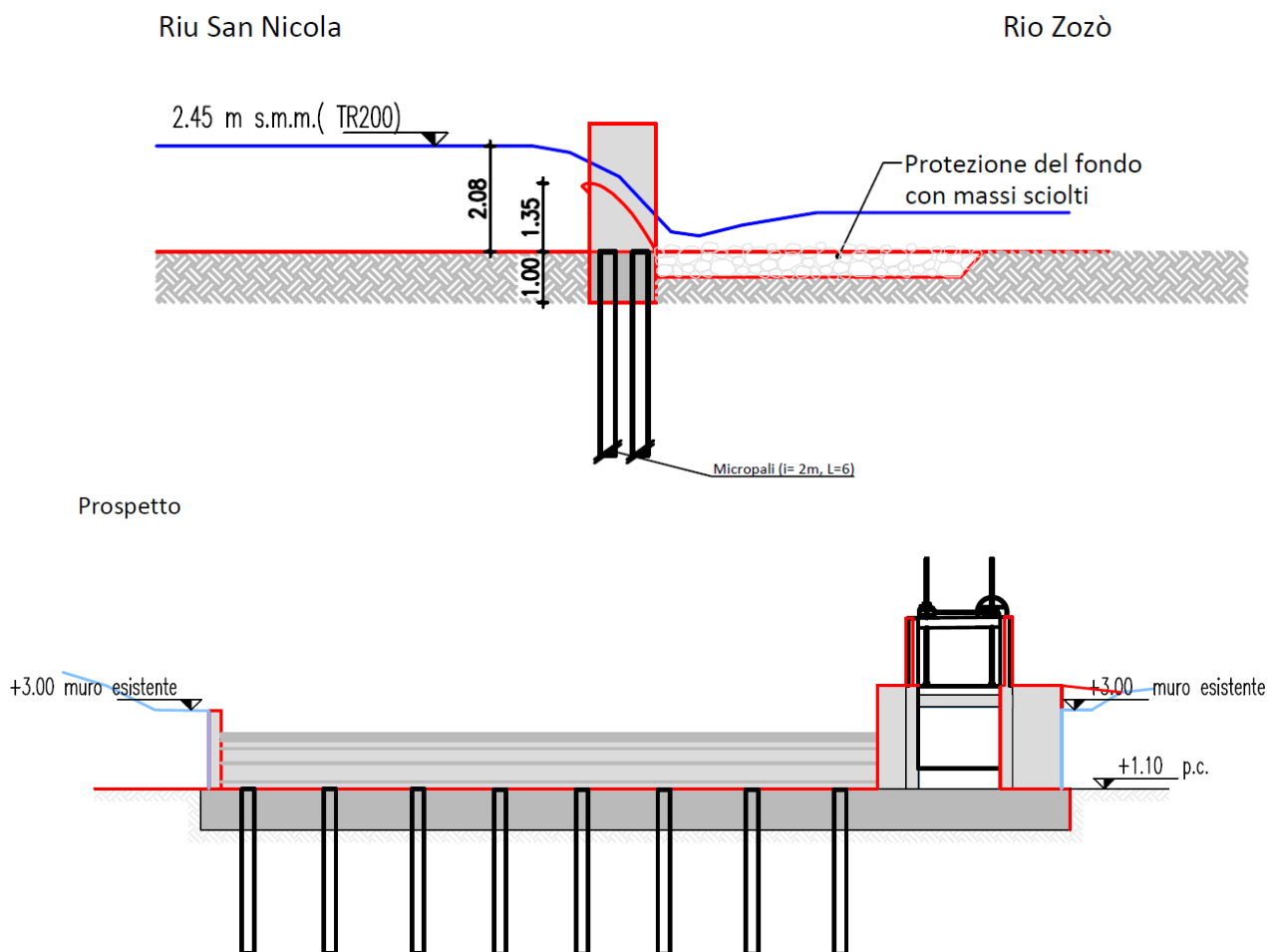


Figura 4.12 - Sezione longitudinale e prospetto dell'opera di regolazione sul diversivo San Nicola – Zozò.

Come detto in precedenza la verifica idraulica è stata condotta al fine di permettere il deflusso sulla lama sfiorante di 20 m³/s.

Utilizzando la formula dell'idraulica classica riportata di seguito:

$$Q_{sf} = C_q L (h - H_S)^{\frac{3}{2}} \sqrt{2g}$$

Dove:

C_q = coefficiente di efflusso per il funzionamento a stramazzo pari a 0,48;

L = lunghezza dello sfioratore di superficie pari a 15 m;

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

h = il tirante d'acqua sul rio San Nicola a monte dello sfioratore pari a 2,08 m generato grazie al restringimento nel salto subito a valle del nodo con il diversivo.

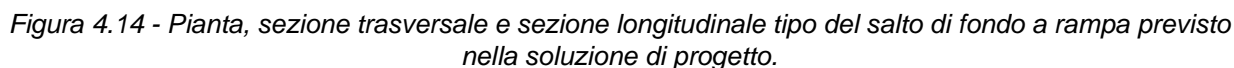
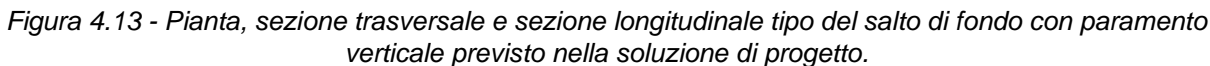
Imponendo una portata sfiorante di 20 m³/s e considerando la lunghezza dello sfioratore pari a circa 15 m, per renderlo compatibile con la morfologia della zona di collocazione, dalla formula inversa si ricava un'altezza della soglia sfiorante HS pari a 1,35 m.

Per ulteriori dettagli si fa riferimento all'elaborato grafico 5.02.44.

Una portata di circa 100 m³/s rimane nel rio San Nicola.

4.6 Briglie e salti di fondo

Lungo i tratti oggetto di intervento sono state inserite briglie/salti idraulici con lo scopo principale di mantenere una livelletta del profilo tale da non generare velocità troppo elevate nei rii. Generalmente la livelletta nell'area urbana non supera i 0.2-0.3% mentre nell'area extraurbana, nei tratti iniziali di alcuni rii si è arrivati a pendenza dell'ordine massimo del 1% (per esempio nel rio Ua Niedda). L'altezza massima dei salti è dell'ordine 1,50 m. Sono stati previsti due tipologie a seconda dell'altezza del salto e delle soluzioni progettuali previste per il corso d'acqua (tipologia dei rivestimenti, accessibilità, etc...). La prima tipologia prevede il paramento verticale e l'altra invece una rampa di pendenza 1 su 5 (vedi Figura 4.13 e Figura 4.14).



Raggruppamento temporaneo di progettisti:

prevede il rivestimento del fondo di lunghezza pari a 7/8 metri, piscina di dissipazione di 4m e dente di localizzazione al termine della stessa.

Nel caso in cui il corso d'acqua è rivestito nelle sponde ed è quindi meno necessario localizzare il risalto si è optato per un salto a rampa, in blocchi di granito legati, di pendenza 1 su 5. Questa tipologia permette inoltre una più facile accessibilità e viene utilizzata soprattutto nei casi in cui la sistemazione idraulica del rio e la sua (successiva) manutenzione debbano essere eseguite percorrendo il corso d'acqua.

I salti hanno altezza variabile ma, come detto, non superano mai l'altezza di 1,50 m. Fanno eccezione i salti realizzati in prossimità delle foci dei rii Seligheddu, San Nicola e Zozò, dove il raccordo con il nuovo fondo di progetto a seguito del dragaggio costringe a realizzare briglie di altezza maggiore (massimo 2,40 m sul riu Seligheddu). In questi casi si prevede la realizzazione di briglie in calcestruzzo rivestite in pietra e con paramento di valle verticale. Per questa tipologia, considerata la maggiore difficoltà nell'esecuzione dei lavori, viene utilizzata a protezione del fondo una distesa di massi sciolti per una lunghezza totale di 10 metri, 4 a monte e 6 a valle del paramento. (vedi Figura 4.15).

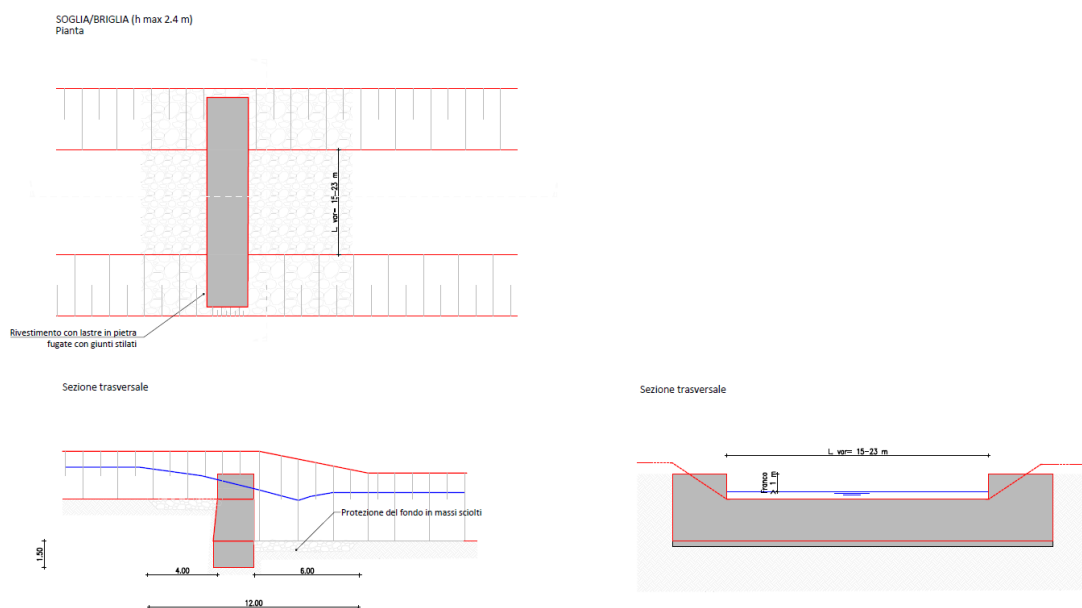


Figura 4.15 - Pianta, sezione trasversale e sezione longitudinale tipo della soglia/briglia previste nella soluzione di progetto.

In corrispondenza di tutti le briglie/salti idraulici è stato previsto un rivestimento delle

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

sponde a monte e a valle degli stessi per una lunghezza almeno pari a quelle utilizzate per le protezioni del fondo e mai inferiore ai 4-5m, con lastre in pietra fugate e giunti stilati.

4.7 Opere di attraversamento

Per i ponti e le opere di attraversamento che determinano, nello stato di progetto, ovvero nello scenario che prevede la realizzazione delle opere di scolmo e di diversione a monte e l'adeguamento delle sezioni dei canali, un effetto di rigurgito e/o di ostruzione e più in generale un aggravamento delle condizioni di pericolosità, si è assunto l'indirizzo di intervenire sull'opera stessa, secondo i criteri nelle NTA del PAI e delle NTC2018.

Qualora invece, nel contesto delle opere di adeguamento delle sezioni dei canali e di riduzione delle portate per effetto delle opere di scolmo e diversione a monte, le opere ed i ponti presenti lungo l'asta di detti canali si sono rivelati trasparenti alla piena di progetto (TR200), si è ritenuto di conservare l'opera nel suo stato attuale e piuttosto suggerire di mettere in campo misure non strutturali come la M43_2.

Per i ponti di nuova realizzazione, dunque, sono state seguite le indicazioni dell'art. 21 delle NTA PAI per le opere di attraversamento trasversale. Tra queste quelle relative al franco calcolato, per velocità medie della corrente inferiori a 8 m/s, come massimo tra:

- 1) $0,7v^2/2g$, dove v indica la velocità media della corrente;
- 2) il valore minimo del franco idraulico come definito dalle Norme tecniche per le costruzioni (NTC) di cui all'art. 52 del D.P.R. n. 380/2001 e delle relative circolari applicative;
- 3) $0,87\sqrt{y+\alpha y'}$ dove y è la profondità media della sezione contribuente al deflusso, y' è l'altezza della corrente areata e α un coefficiente che varia linearmente tra 0 e 1 quando la velocità varia tra 5 m/s e 15 m/s, con le limitazioni che il valore $0,87\sqrt{y}$ sarà assunto al massimo pari a 1,5 e y' viene assunto pari a 2 metri o alla profondità media y , se questa risulta minore di 2.

Il valore minimo del franco definito dalle NTC 2018 è pari a 1.5 m; di fatto, considerando le velocità e le profondità medie nei nostri tratti di studio, il criterio 2) risulta essere il

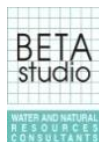
Raggruppamento temporaneo di progettisti:

massimo tra i tre criteri. In particolare, il criterio 1) sarebbe più vincolante per velocità medie $v > 6,5$ m/s; il criterio 3) sarebbe più vincolante per velocità medie $v > 5$ m/s e profondità medie $y > 3$ m. Tali condizioni non si verificano in prossimità dei ponti di nuova realizzazione pertanto il valore del franco è stato assunto maggiore o uguale a 1,50 m secondo il criterio 2).

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



5 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI E VERIFICHE IDRAULICHE DEI CANALI

Per la definizione della soluzione progettuale è stata realizzata un'analisi dettagliata dello stato di fatto grazie ai rilievi eseguiti nell'ambito del presente progetto e a vari sopralluoghi in campo; successivamente è stato eseguito un pre-dimensionamento idraulico attraverso calcoli idraulici a moto uniforme.

Per realizzare lo studio idraulico e in particolare per le verifiche idrauliche dei interventi di progetto viene implementato il modello matematico InfoWorks ICM di HR Wallingford – Innovyze.

Poiché lo scopo del progetto è quello di eliminare le aree allagate in ambito urbano, si è scelto di implementare un modello in configurazione di tipo monodimensionale.

Una dettagliata descrizione del modello e il metodo di implementazione è riportato nell'elaborato A.2.3 Modellazione idraulica 1D.

I risultati del modello sono stati utilizzati per la definizione dei massimi livelli e delle massime velocità e di conseguenza per la verifica dei franchi secondo le NTA del PAI.

Si riporta di seguito per ogni corso d'acqua, una descrizione sintetica degli interventi.

5.1 Riu Seligheddu

La portata massima di progetto raggiunta alla foce del riu Seligheddu è pari a circa 163,1 m³/s. La condizione al contorno di valle imposta sulla foce impone un livello idrico pari a 1,00 m s.m.m.

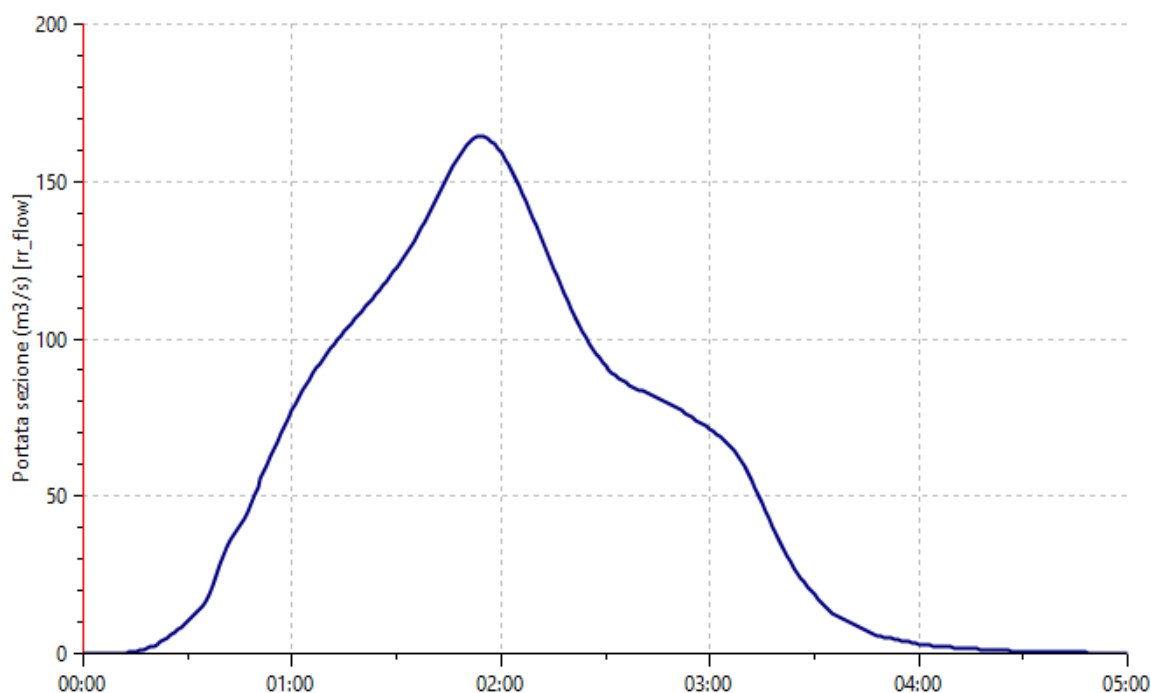


Figura 5.1 - Andamento delle portate nel tempo alla foce del riu Seligheddu – risultati della modellazione idraulica.

La sistemazione sul rio è limitata ad un tratto che dalla foce arriva poco a monte dell'immissione del deviatore 2 dal Gadduresu dove viene scaricata una portata massima di circa 87 m³/s (vedi Figura 5.2). A monte di questo tratto invece, le sezioni attuali sono sufficienti a contenere la piena essendo stata la stessa in gran parte scolmata attraverso lo scolmatore 1 – dal Seligheddu a valle dell'immissione con il rio Ua Niedda e scarico nel Padrongianus.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

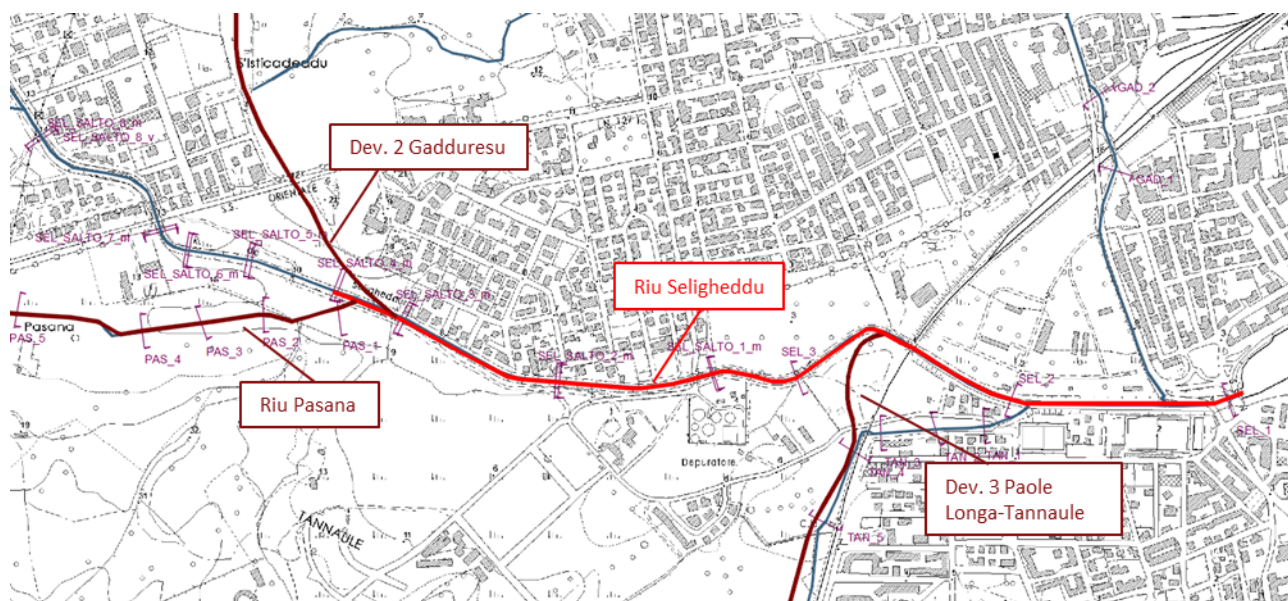


Figura 5.2 - Estratto planimetrico su CTR. In rosso il tratto oggetto di intervento sul riu Seligheddu.

Lungo il rio Seligheddu sono presenti diversi tratti critici che hanno condizionato la progettazione. Tra questi la presenza della zona ex Artiglieria in sinistra idrografica, interferenze longitudinali con condotte della fognatura in sinistra idrografica ed il ponte via tre Venezie (vedi Figura 5.3).



Figura 5.3 - Foto sopralluogo riu Seligheddu. In alto a sinistra vista del ponte di via Tre Venezia, a destra interferenza longitudinale fognaria in sinistra idraulica all'immissione del riu Tannaule; in basso a sinistra vista in prossimità dell'artiglieria, in destra vista in prossimità di via dei Mandarini.

Si prevede il dragaggio fino alla quota -2,00 m s.m.m. del tratto in prossimità della foce per una lunghezza di circa 930 m ovvero fino a circa 100 m a valle del ponte di via Tre Venezia. La sezione in questo tratto è di tipo mista, con sponda inerbita inclinata 3:2 in sinistra e muro con blocchi di granito a tenuta idraulica in destra. La sezione idraulica proposta evita un'interferenza con gli edifici dell'artiglieria; visto lo spazio limitato, per garantire il rispetto del franco idraulico è necessario prevedere la realizzazione di un muretto in calcestruzzo armato in sinistra.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

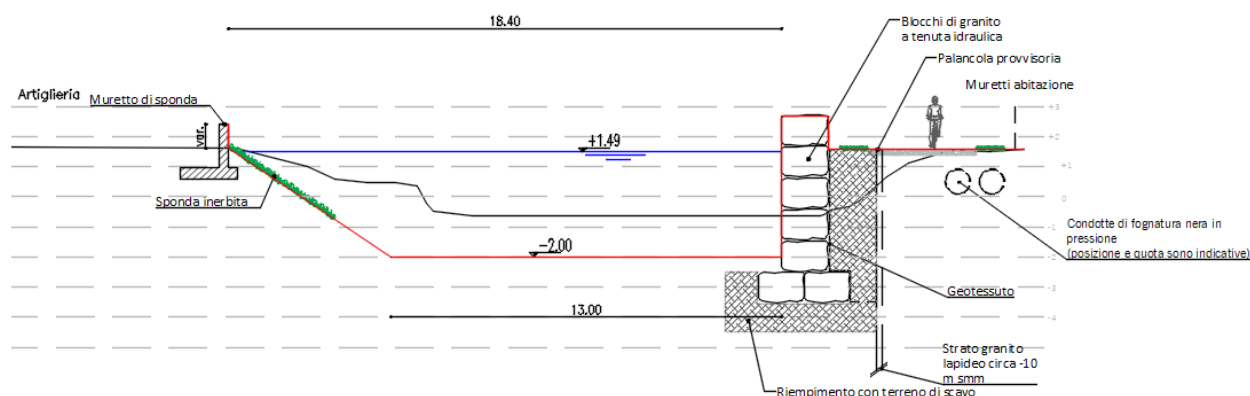


Figura 5.4 - Sezione tipo sul riu Seligheddu in prossimità dell'Artiglieria.

Procedendo verso monte le sezioni sono rettangolari con larghezza variabile da 15,00 a 17,00 m. Si è cercato per quanto possibile di eliminare il fondo esistente in calcestruzzo, fatto eccezione del tratto in prossimità del ponte di via Tre Venezie dove, per esigenze idrauliche, viene mantenuto il fondo attuale da allargare con laste in calcestruzzo prodotto con inerti provenienti dallo smarino delle gallerie. Il ponte delle Tre Venezie può essere mantenuto essendo l'impalcato ad una quota di 4,39 m s.m.m. e il franco rispetto al massimo livello di piena è pari a 1,38 m e quindi tale da non costituire ostacolo al regolare deflusso della piena.

Non viene rispettato il franco di 1,50 m ma trattandosi di ponte esiste non sussiste l'obbligo normativo di intervento.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

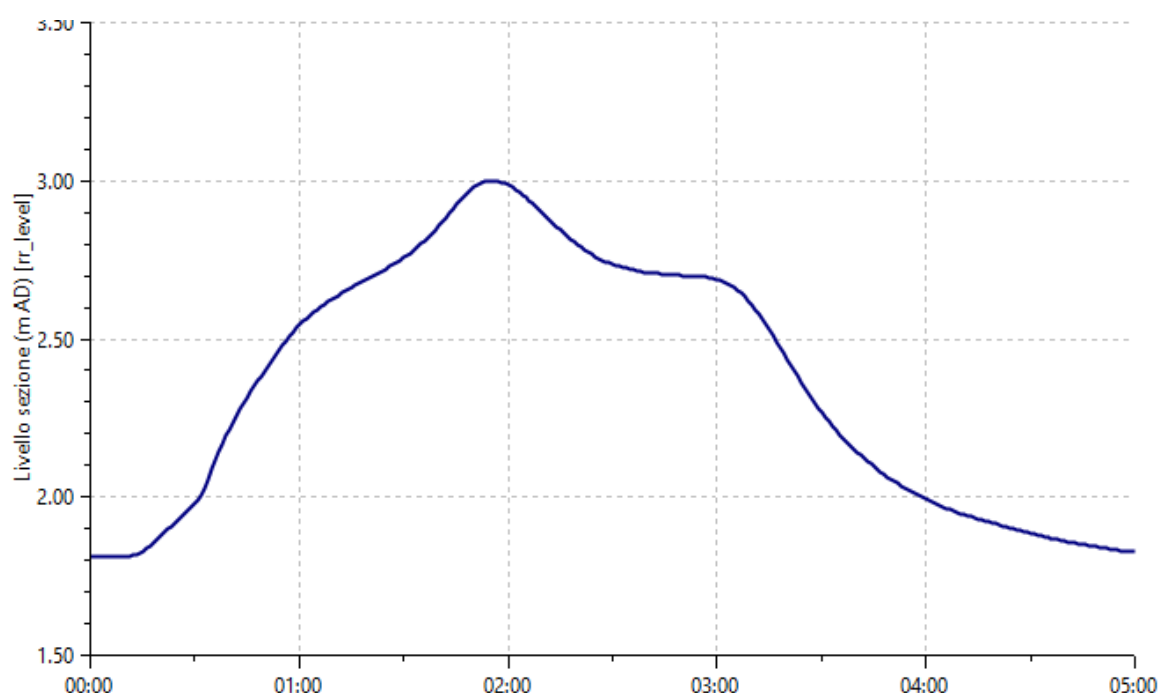


Figura 5.5 - Andamento dei livelli nel tempo a monte del ponte di via Tre Venezie del riu Seligheddu – risultati della modellazione idraulica.

Per garantire il drenaggio delle acque provenienti dal quartiere Baratta, si prevede inoltre la realizzazione di un tubo di drenaggio (DN min 500) posto longitudinalmente lungo il corso d'acqua in sponda sinistra che da via delle Ginestre arriva a valle del ponte di via Tre Venezie dove scarica a valle del salto.

Vengono demoliti i salti di fondo esistenti e si prevede la realizzazione di 4 nuovi salti e una pendenza media delle livellette del 0,2%.

Per maggiori dettagli si rimanda alle planimetrie, profili e sezioni contenute negli elaborati 5.02.13, 5.02.14, 5.02.15, 5.02.16, 5.02.17, 5.02.18, 5.02.19, 5.02.20.

5.2 Riu Pasana

Sul rio Pasana è presente un tratto tombato che attraversa un complesso residenziale che risulta essere sottodimensionato ($D = 0,80$ m).

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

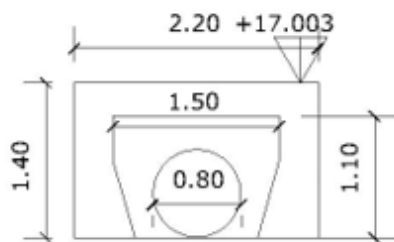


Figura 5.6 - Tratto tombato esistente sul riu Pasana.

Nella Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza dei canali tombati esistenti ed in particolare nel punto 9. "Misure strutturali" si indicano *"gli interventi sull'opera concernono le modifiche delle strutture che possono essere realizzate per ridurre gli aspetti per i quali l'opera non è adeguata rispetto ai criteri di funzionalità idraulica"*.

Nel rispetto di quanto indicato la soluzione di Progetto prevede:

- La realizzazione dello scolmatore Seligheddu-Pasana che consente di ridurre notevolmente la portata del riu Pasana (massima portata ante scolmatore pari a 21 m³/s; portata di Progetto a monte di via Giove post scolmatore pari a 1 m³/s);
- Riapertura del canale tombato per quanto possibile e compatibilmente con le condizioni del contesto;
- La realizzazione di aperture parziali della soletta superiore e inserimento nello sviluppo complessivo del canale di griglie carrabili che consentano la fuoriuscita dell'acqua e l'eventuale rientro nel canale lungo via Giove ogni 50 m;
- ampliamento della sezione esistente (la sezione di progetto ha larghezza 1.5 m e altezza 1 m con un'area di 1.5 m² contro l'area dello stato di fatto pari a 0.5 m²) esclusivamente in zona edificata e nel caso di dichiarata mancanza di alternative progettuali tecnicamente ed economicamente sostenibili, il tracciato viene lievemente delocalizzato per evitare il passaggio al di sotto delle abitazioni spostandolo al di sotto della strada (via Giove).

Seguendo inoltre le NTA PAI 2023 *"nel caso di canali tombati, si preveda la demolizione*

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

totale della copertura del canale, per quanto possibile e compatibilmente con le condizioni del contesto, anche mediante sostituzione della stessa con griglie carrabili” pertanto si è cercato di mantenere una sezione aperta per quanto possibile, mentre dove il contesto lo richiede, sono stati inseriti dei brevi tratti tombati (lunghezza massima 150 m) con l’inserimento di griglie carrabili.

Inoltre, nell’Articolo 21 delle NTA PAI si indica il franco sul livello della portata di progetto per velocità medie della corrente inferiori a 8 m/s pari al massimo tra:

- 4) $0,7v^2/2g$, dove v indica la velocità media della corrente;
- 5) il valore minimo del franco idraulico come definito dalle Norme tecniche per le costruzioni (NTC) di cui all’art. 52 del D.P.R. n. 380/2001 e delle relative circolari applicative;
- 6) $0,87\sqrt{y+\alpha y'}$.

Secondo le indicazioni delle NTC2018 (C5.1.2.3) per i tratti tombati, essendo nella condizione con una portata di progetto inferiore a 50 m³/s si ha che *“nel caso di funzionamento a superficie libera, il tirante idrico non dovrà superare i 2/3 dell’altezza della sezione, garantendo comunque un franco minimo di 0,50 m”*.

Essendo la velocità massima raggiunta inferiore a 2 m/s (vedi Figura 5.8) e la profondità media pari a circa 0,40 m (massima 0,47 m) (vedi Figura 5.7), il franco massimo risulta essere quello definito dal punto 2) pari a 0,50 m.

Nella soluzione di progetto è stata mantenuta una distanza minima di 70 cm tra il piano campagna e l'intradosso dello scatolare (vedi Figura 5.9).

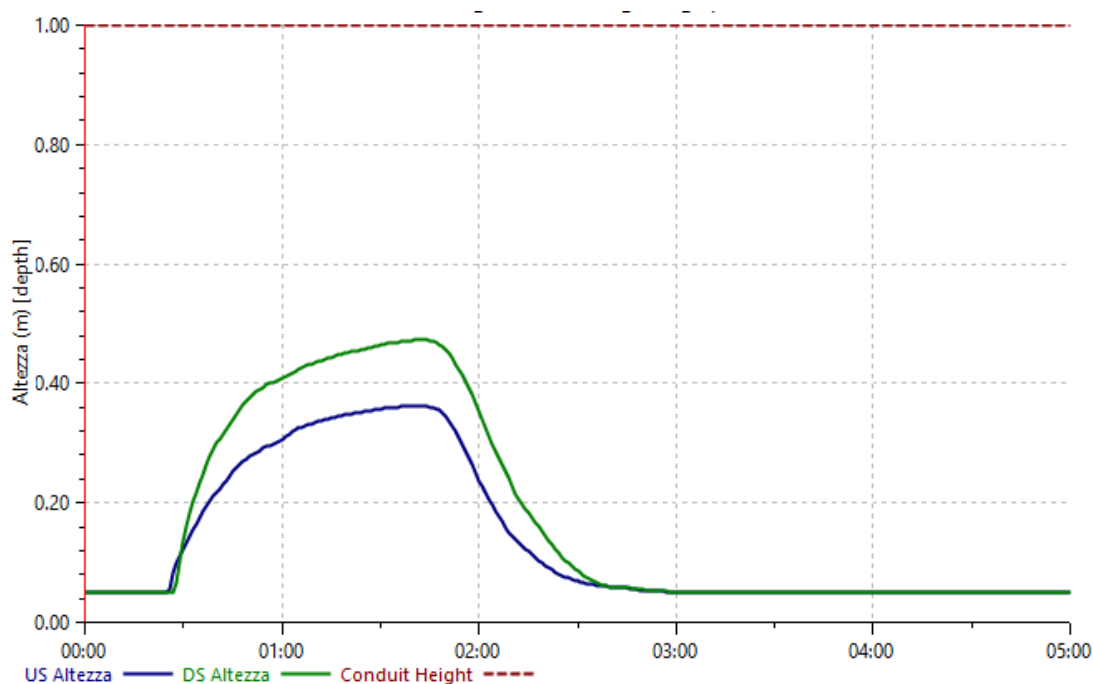


Figura 5.7 - Andamento del tirante nel tempo nel tratto tombato di progetto sul riu Pasana in corrispondenza di via Giove - risultati della modellazione idraulica.

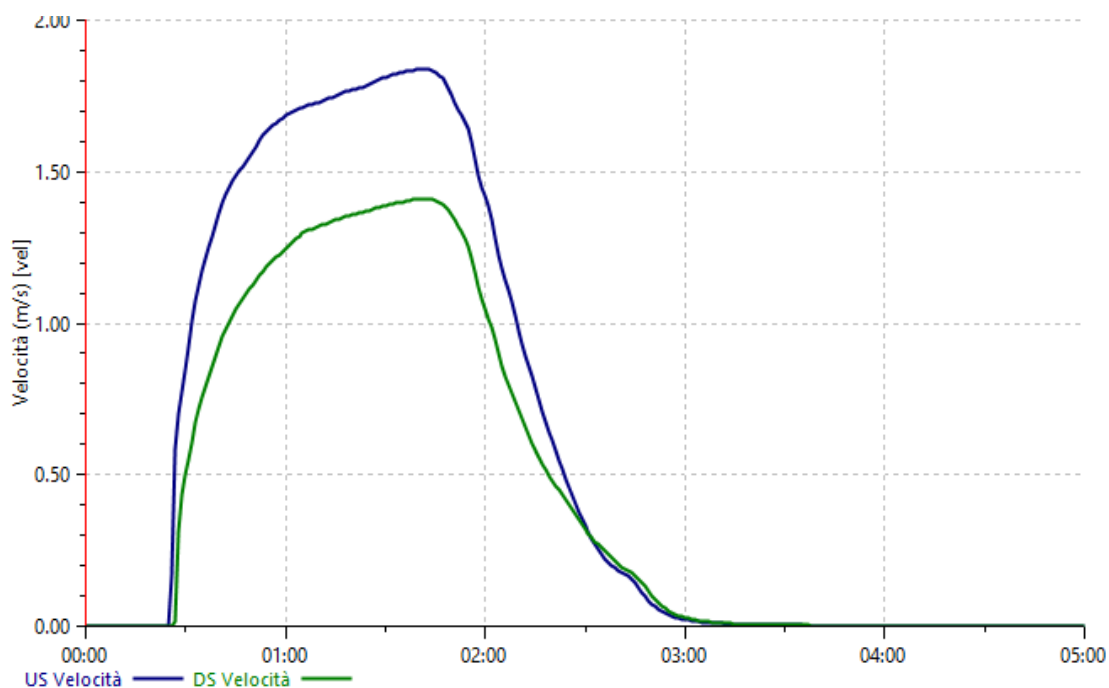


Figura 5.8 - Andamento delle velocità nel tempo nel tratto tombato di progetto sul riu Pasana in corrispondenza di via Giove - risultati della modellazione idraulica.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

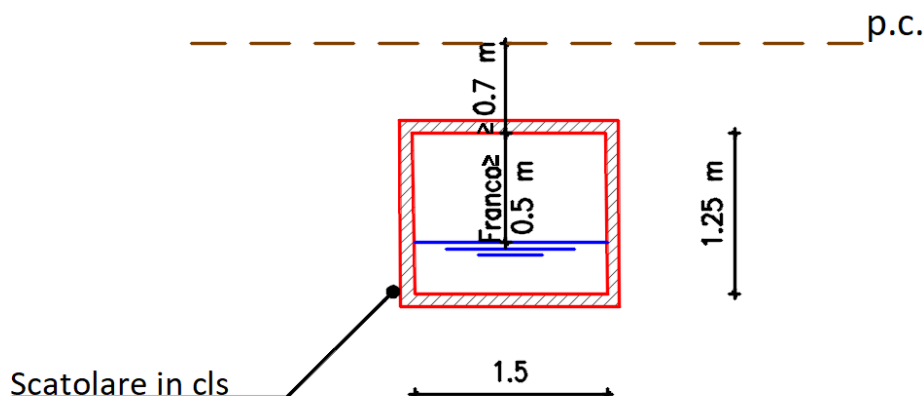


Figura 5.9 - Sezione di Progetto del tratto tombato.

Per poter rispettare tale distanza dal piano campagna è necessario prevedere uno scavo del fondo attuale (massimo 1.5 m). la pendenza varia da 0,7 % a 0,75 % e si prevede la realizzazione di 4 salti di altezza massima pari a 1,50 m fino al raccordo con il riu Seligheddu.

Le sezioni aperte sono di forma trapezia con sponde 2:1 e larghezza di base variabile da 1,00 a 1,50 m. in tali sezioni il limite sul franco è dato dal punto 2 dell'art. 21 delle NTA comma 2bis ovvero pari a "un metro, per profondità media della corrente superiore a 1 m oppure pari alla profondità media, per profondità media della corrente inferiore o uguale a 1 m".

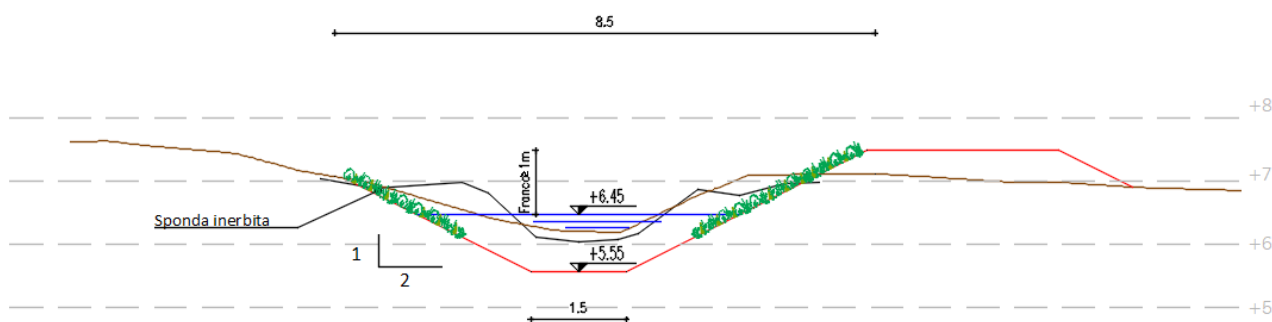


Figura 5.10 - Sezione tipo sul riu Pasana nel tratto di valle (in prossimità dell'immissione nel Seligheddu).

Il tratto di intervento inizia a valle dell'opera di presa sul Pasana (circa 330 m) fino

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

all'immissione sul riu Seligheddu (vedi Figura 5.11).

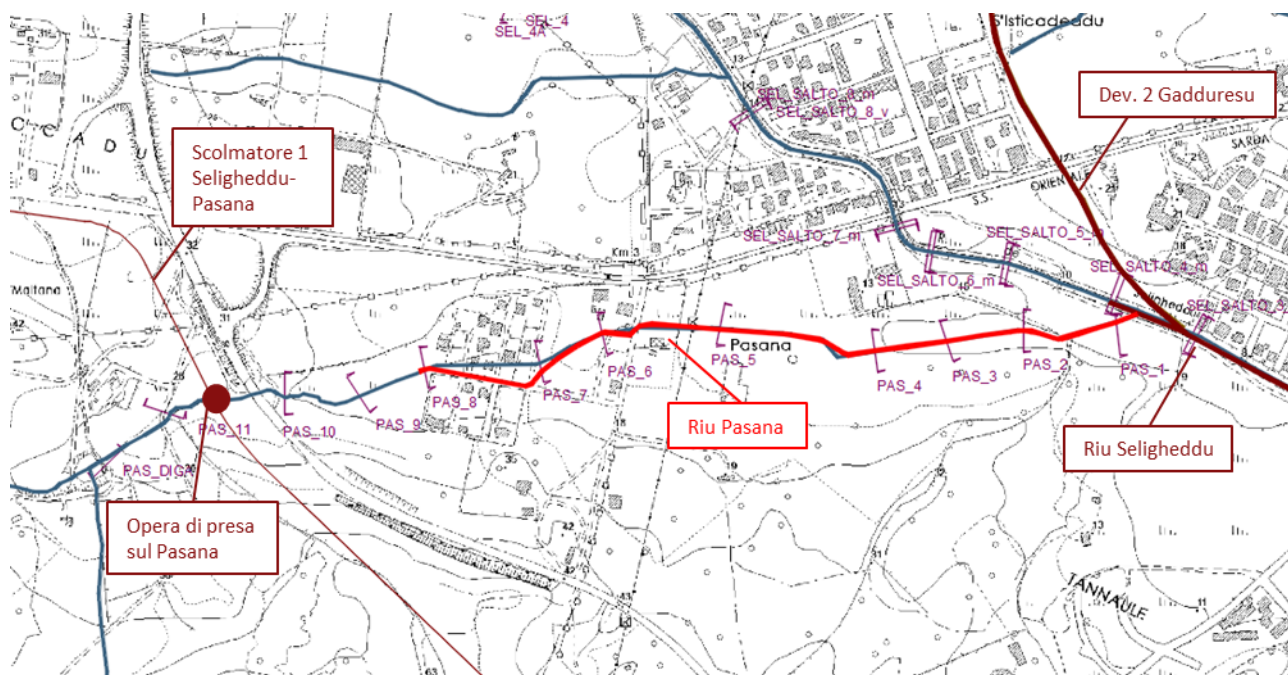


Figura 5.11 - Estratto planimetrico su CTR. In rosso il tratto oggetto di intervento sul riu Pasana.

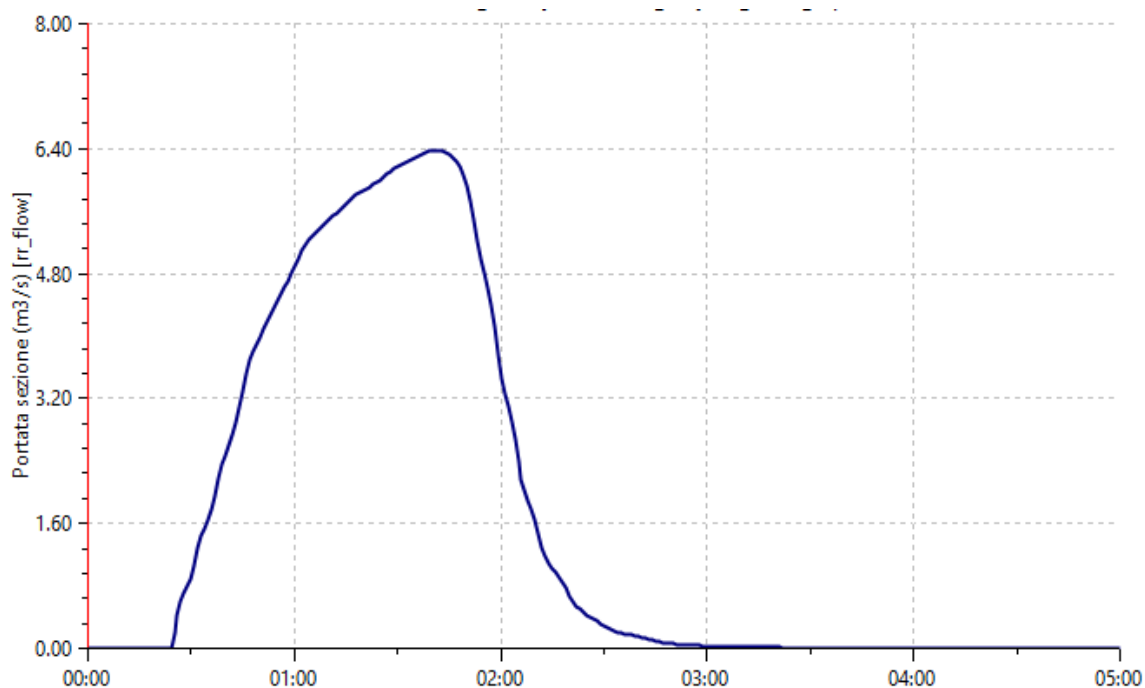


Figura 5.12 - Andamento della portata nel tempo sul riu Pasana alla confluenza con il riu Seligheddu – risultati della modellazione idraulica.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Per maggiori dettagli si rimanda alle planimetrie, profili e sezioni contenute negli elaborati 5.02.36, 5.02.37 e 5.02.38.

5.3 Riu San Nicola

L'intervento di progetto sul riu San Nicola si concentra sul tratto in ambito urbano dalla Strada Panoramica Olbia fino alla foce. La presenza dello scolmatore 3 San Nicola-Zozò, riduce di circa 40 m³/s le portate di progetto del riu. La portata viene ulteriormente ridotta grazie alla presenza dello scolmatore 2 Abba Fritta- Cabu Abbas che diminuisce le portate provenienti dall'immissione Abba Fritta.

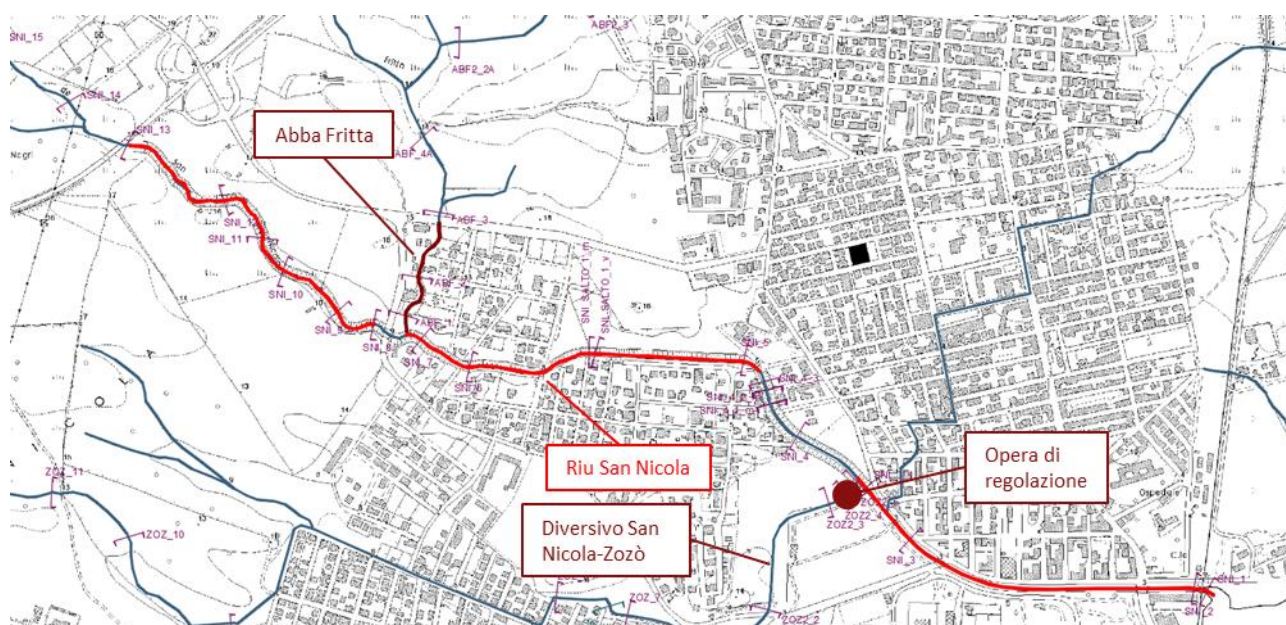


Figura 5.13 - Estratto planimetrico su CTR. In rosso il tratto oggetto di intervento sul riu San Nicola.

Il tratto tra il ponte sulla Strada Panoramica Olbia e il ponte di via Petta è lievemente urbanizzato, pertanto è stata realizzata una sezione di tipo composta (a più stadi), con sponde 2:1 inerbite e una larghezza complessiva di circa 33 m. Una sezione a più stadi risulta essere più efficace in termini di tutela e miglioramento dell'ambiente fluviale, le aree golenali vengono inondate solo periodicamente perciò costituiranno una “area margine” idonea all'attecchimento di comunità vegetali e animali.

La pendenza della livelletta è dello 0,4% con la presenza di 3 salti di progetto per limitare

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

la velocità.

Il ponte di via Petta, essendo stato recentemente ricostruito, è stato considerato un invariante alla progettazione pertanto si mantiene il fondo e la sezione attuale.

A valle del ponte di via Petta, l'area è fortemente urbanizzata e sono presenti spesso abitazioni in destra e sinistra idraulica pertanto è stato necessario prevedere un risezionamento a sezione rettangolare di larghezza variabile tra i 13,50 e i 15,00 m o mista dove gli spazi lo consentono. Si prevede la realizzazione di un salto di fondo a monte dell'immissione dell'Abba Fritta e di scavare fino ad una profondità massima di 1.2 m rispetto al fondo attuale fino a raccordarsi con una pendenza del 0,3% con la sezione di valle del salto che si trova in prossimità di via Serreri che verrà demolito.

Le sezioni tipo prevedono la realizzazione di muri su micropali con rivestimento in pietra su lastre o dove sono già presenti dei muri spondali, si prevede la sottofondazione con micropali.

A monte del ponte di via San Micheli si prevede di mantenere il fondo e la sezione attuale ma sarà necessaria la costruzione di un muretto (altezza di circa 1 m dal piano strada) a protezione della strada di via Ferrini in destra idraulica. In sinistra è presente un'area di espansione che potrà essere interessata nel caso di piene TR200 o maggiori (l'area di espansione viene acquisita al demanio idrico nell'ambito del piano particellare di progetto).

Procedendo verso valle, da ponte via Monti San Micheli nello stato di fatto il riu San Nicola è a sezione trapezia rivestita in calcestruzzo fino al diversivo San Nicola-Zozò (vedi Figura 5.14 sinistra). Questo tratto non è oggetto di intervento in quanto la piena duecentennale è contenuta nelle sezioni esistenti.



Figura 5.14 - Foto sopralluogo sul rio San Nicola - a sinistra tratto rivestito in cls a monte del diversivo San nicola-Zozò; a destra tratto in prossimità del vivaio Fausto Noce.

A valle del diversivo (che scarica in piena, grazie agli interventi previsti nel presente progetto, una portata massima sul rio Zozò pari a $20 \text{ m}^3/\text{s}$) si prevede il dragaggio a quota $-2,00 \text{ m s.m.m.}$ fino alla foce. La sistemazione in questo tratto vede diversi limiti, in sinistra idraulica la strada (via Veronese Fra Giacomo e via L. Galvani) mentre in destra la presenza del vivaio e parco Fausto Noce (vedi Figura 5.14 destra). Per mantenere la viabilità in sinistra, si prevede di realizzare una sezione mista (in sinistra muri su micropali e in destra scarpa 2:1). Inoltre ci si mantiene a circa 2 m dal marciapiede esistente, in modo da non dover interferire con la viabilità durante l'esecuzione dei lavori.

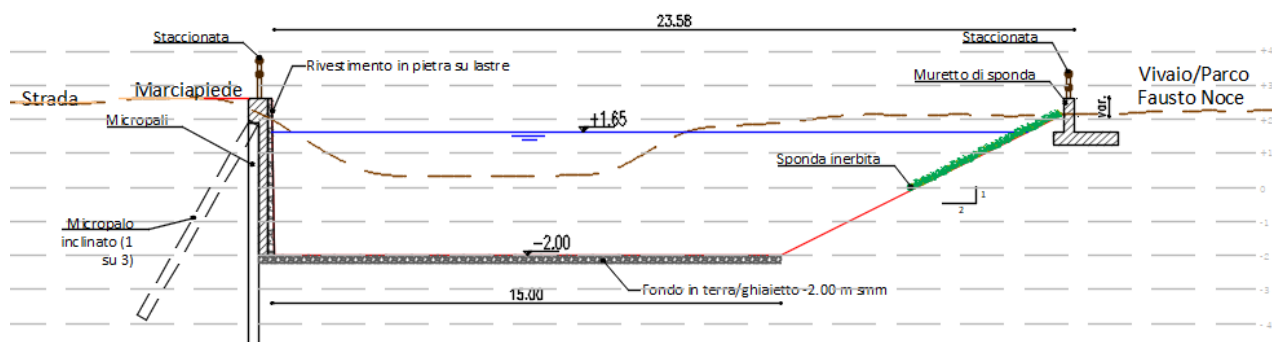


Figura 5.15 - Sezione tipo sul rio San Nicola in prossimità del parco Fausto Noce.

Per garantire il franco idraulico superiore ad $1,00 \text{ m}$ è necessario che la larghezza della sezione sia tale da interferire con la pista/passeggiata presente all'interno del parco Fausto Noce per la quale si dovrà quindi prevedere un altro tracciato.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



Figura 5.16 - Stralcio della planimetria di intervento sul riu San Nicola in prossimità della foce e del Bingo Olbia.

A valle del ponte Galvani, per il quale si prevede la ricostruzione, la presenza della strada in sinistra e del piazzale del Bingo Olbia in destra, impone la realizzazione di una sezione tipo rettangolare con muri rivestiti in pietra su lastre sostenuti da micropali. Sarà in ogni caso necessario spostare il confine del piazzale del Bingo Olbia di circa 1 m per permettere la realizzazione della pista ciclo-pedonale in destra idraulica. È comunque garantito l'accesso dei mezzi al piazzale con una larghezza disponibile di circa 3 m (vedi Figura 5.16).

La portata massima di progetto raggiunta alla foce del riu San Nicola è pari a circa 117 m³/s (da modello 1D, superiore a quella ottenuta in modo semplificato con il modello idrologico pari a 103,5 m³/s). La condizione al contorno di valle imposta alla foce è pari ad un livello idrico di 1,00 m s.m.m.

Per maggiori dettagli si rimanda alle planimetrie, profili e sezioni contenute negli elaborati 5.02.04, 5.02.05, 5.02.06, 5.02.07, 5.02.08, 5.02.09.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

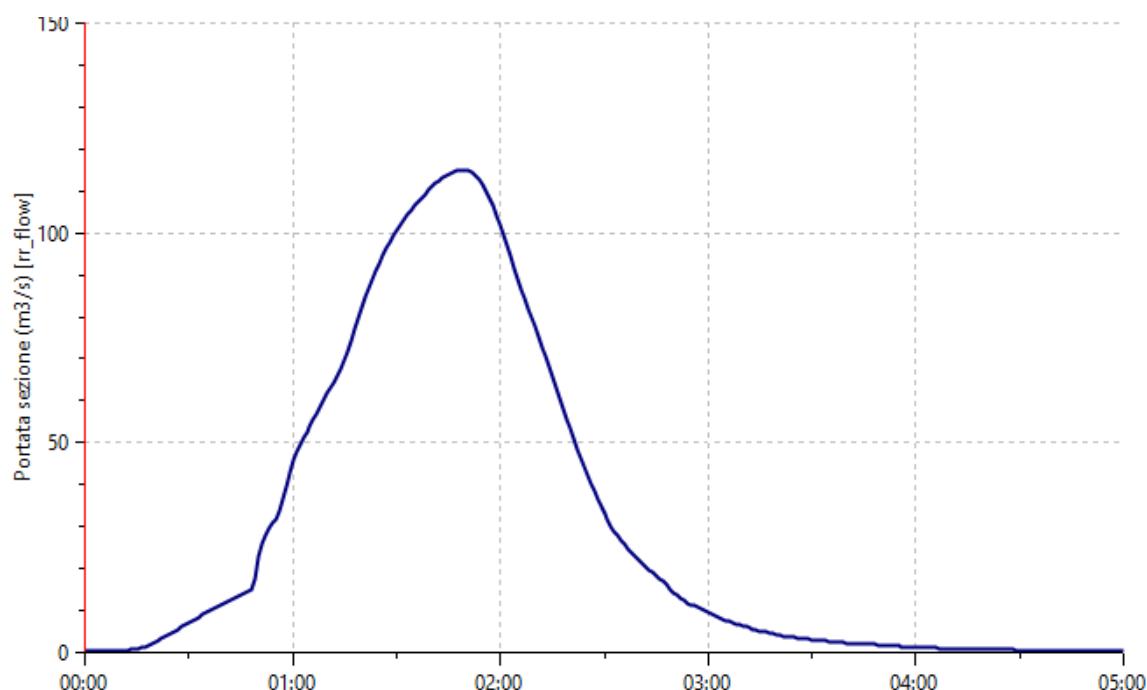


Figura 5.17 - Andamento della portata nel tempo sul riu San Nicola alla foce – risultati della modellazione idraulica 1D.

5.4 Riu Zozò

Si illustrano di seguito i dimensionamenti e le caratteristiche delle opere lungo il riu/canale Zozò.

5.4.1 Tratto di monte

Il tratto di monte del rio Zozò è totalmente ri-sezionato e prende il nome di deviatore San Nicola-Zozò.

5.4.2 Tratto di valle

A monte del tratto tombato sul riu Zozò, la presenza del deviatore 1 fino al riu Gadduresu, permette una notevole riduzione della pericolosità del riu Zozò nel tratto urbano. Per questo motivo il tratto di riu subito a valle del tratto tombato è in grado di contenere la

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

piena duecentennale pertanto non si prevedono interventi.

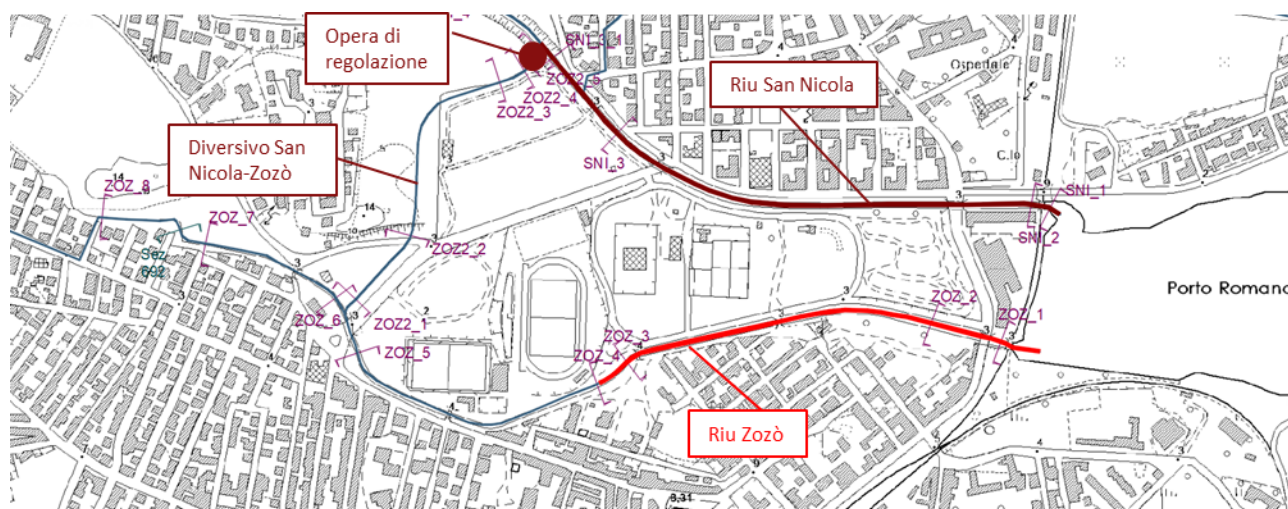


Figura 5.18 - Estratto planimetrico su CTR. In rosso il tratto oggetto di intervento sul riu Zozò tratto di valle.

Come già accennato nel paragrafo 4.5, sul diversivo esistente San Nicola-Zozò è stata prevista la realizzazione di un'opera di regolazione tale per cui le sezioni sul riu Zozò a valle del diversivo (rivestito in calcestruzzo) risultino adeguate al contenimento della piena di progetto.

L'intervento di progetto si concentra negli ultimi 610 m circa fino alla foce. Come per il riu Seligheddu e il riu San Nicola, si prevede il dragaggio fino a quota -2 m s.m.m.

La sezione di progetto è a forma trapezia di base minore pari a 5,50 m e lasciata al naturale; in alcuni tratti è necessario prevedere la realizzazione di muretti in calcestruzzo tali da garantire il franco idraulico come da normativa (vedi Figura 5.19) in modo da non dover interferire con le piste/strade presenti in sinistra idraulica e la passeggiata Sos Salineddas presente in destra idraulica.

Risulta necessario inoltre la demolizione del ponte di via Galvani in prossimità della Croce Bianca.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

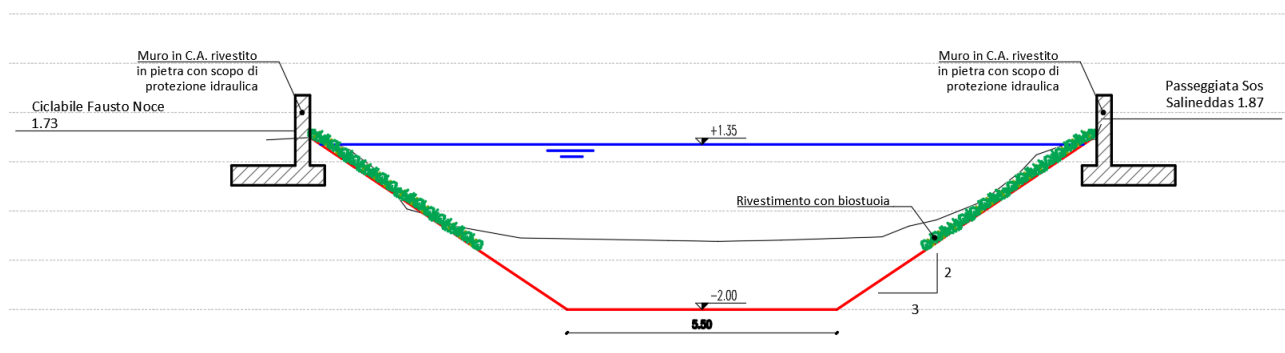


Figura 5.19 - Sezione tipologica sul riu Zozò, tratto di valle.

La massima portata raggiunta in prossimità della foce è pari a 39,90 m³/s (vedi Figura 5.20).

Per maggiori dettagli si rimanda alle planimetrie, profili e sezioni contenute negli elaborati 5.02.10, 5.02.11, 5.02.12.

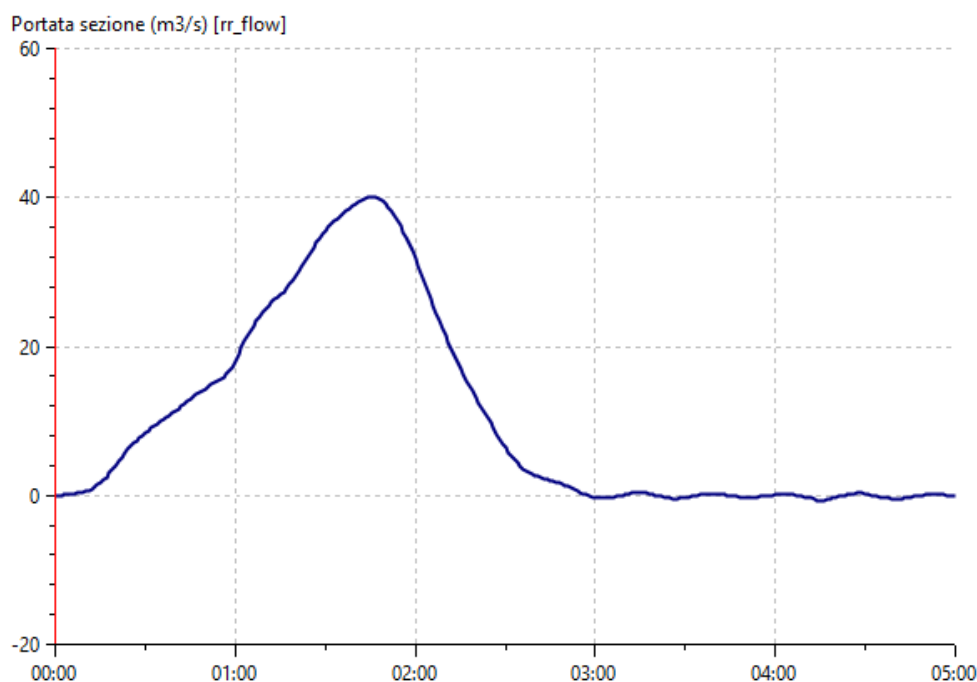


Figura 5.20 - Andamento della portata nel tempo sul riu Zozò alla foce – risultati della modellazione idraulica.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

5.5 Riu Abba Fritta

La portata di progetto del riu Abba Fritta viene ridotta, da 69 a 47,7 m³/s in immissione al San Nicola, grazie alla presenza dello scolmatore 2 Abba Fritta-Cabu Abbas che preleva pressoché interamente la portata in arrivo dai bacini di monte dell'Abba Fritta per una portata di picco pari a circa 40 m³/s per un evento TR200 Tp100 minuti; pertanto si ha un miglioramento e riduzione della pericolosità a valle.

L'intervento di progetto si concentra sul tratto del riu Abba Fritta dal ponte di via Nervi (che verrà demolito e ricostruito) all'immissione sul riu San Nicola (vedi Figura 5.21).

Il tratto è molto delicato in quanto il riu scorre in vicinanza ad abitazioni ed il profilo risulta essere a pendenza elevata (2,3 %).

Si prevede una riprofilatura delle sezioni lungo tutto il tratto di intervento, mantenendo il fondo pari a quello dello stato di fatto in modo da non dover scavare in prossimità delle abitazioni. Sarà necessario sottofondare con micropali i muri esistenti (vedi Figura 5.22), chiudere attraverso muri con fondazione su micropali la strada su via Fara e prevedere la realizzazione di un muretto in calcestruzzo dove nello stato di fatto non sono presenti muri di protezione.

Si prevede inoltre di realizzare un argine di raccordo con il riu San Nicola, con rivestimento in scogliera viva.

Per maggiori dettagli si rimanda alle planimetrie, profili e sezioni contenute negli elaborati 5.02.01, 5.02.02, 5.02.03, 5.02.04, 5.02.05, 5.02.06, 5.02.07, 5.02.08, 5.02.09.

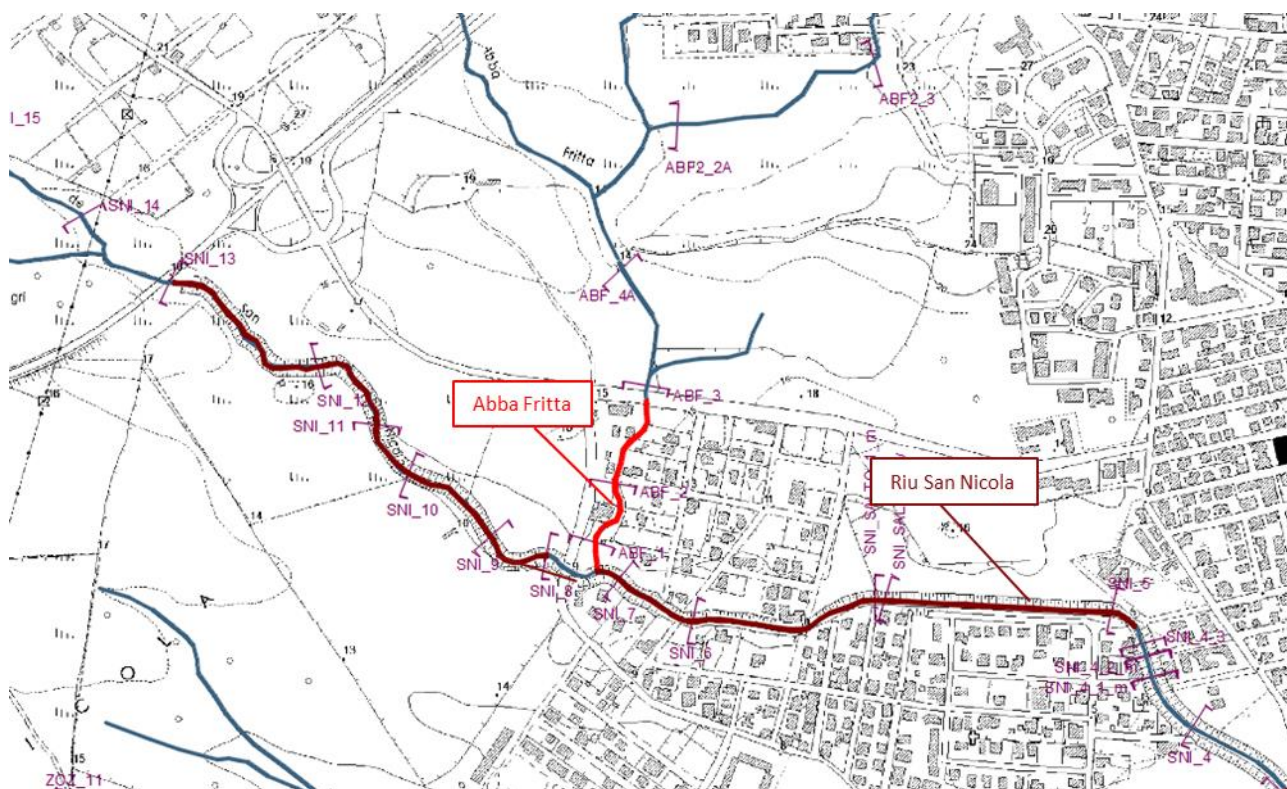


Figura 5.21 - Estratto planimetrico su CTR. In rosso il tratto oggetto di intervento sul riu Abba Fritta.

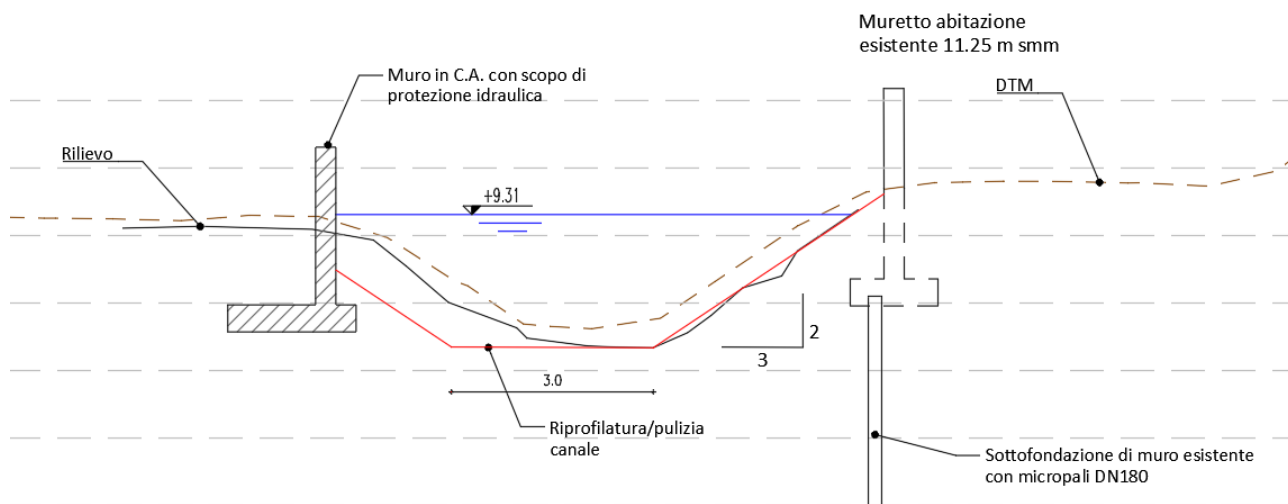


Figura 5.22 - Sezione tipo di progetto sul riu Abba Fritta (ABF_2).

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



Figura 5.23 - Stralcio planimetrico della sistemazione nel riu Abba Fritta a sinistra; a destra foto del sopralluogo sul ponte via Nervi e a valle del ex ponte di via Fara.

5.6 Riu Gadduresu

La portata di progetto del riu Gadduresu nel tratto urbano viene notevolmente ridotta grazie alla realizzazione del deviatore Gadduresu - Seligheddu che comporta una sensibile diminuzione della pericolosità idraulica. Nello specifico dallo stato di fatto allo stato di progetto c'è una riduzione della portata pari a $38,6 \text{ m}^3/\text{s}$ che corrisponde a circa il 74% della portata attuale.

Nello specifico il rio Gadduresu è oggetto di intervento dal tratto a monte della tangenziale fino all'immissione con il canale deviatore (vedi Figura 5.24).

Il tratto è molto delicato in quanto il rio scorre in vicinanza ad abitazioni ed il profilo risulta

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

di pendenza molto elevata (circa 0,8% fino a via Archimede).

Al fine di ridurre le pendenze nei tratti vengono inseriti n.5 salti idraulici di altezza variabile tra 1 e 1.50 m (vedi riferimento paragrafo 4.6).

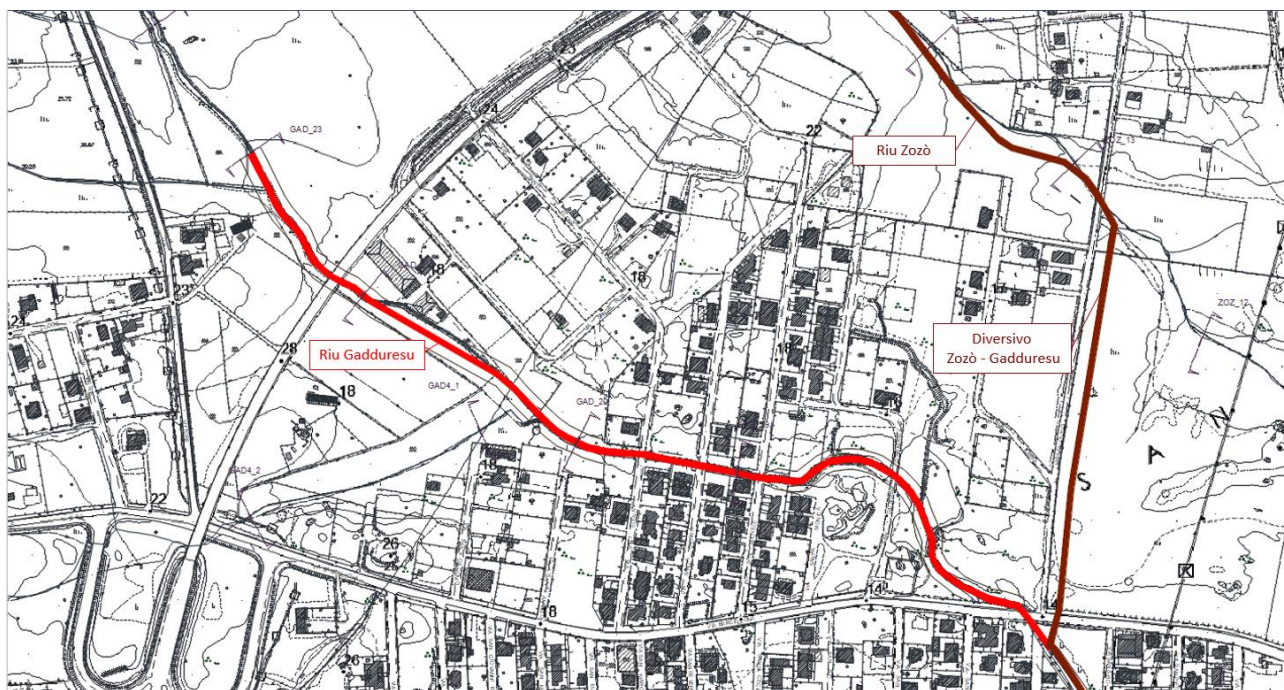


Figura 5.24 - Estratto planimetrico su CTR. In rosso il tratto oggetto di intervento sul riu Gadduresu.

Per la riprofilatura dell'alveo si sono adottate diverse soluzioni progettuali; generalmente laddove non vi erano dei vincoli di urbanizzazione si è optato per una sezione trapezoidale con scarpa 2:1 con rivestimento del fondo e delle sponde in pietrame, prevedendo inoltre, sulle sponde, che tra i singoli massi vadano infisse talee di specie riparie autoctone (scogliera rinverdita). Il rivestimento del fondo e delle sponde ha quindi il compito di riprofilare la sezione esistente e di diminuire la scabrezza dell'alveo naturale e di abbassare quindi il tirante idrico (vedi Figura 5.25 e Figura 5.26).

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



Figura 5.25 - Foto scattate in corrispondenza rispettivamente della sezione rilevata GAD 21 e GAD 20 durante il rilievo topografico del riu Gadduresu, rappresentative dei tratti non urbanizzati.

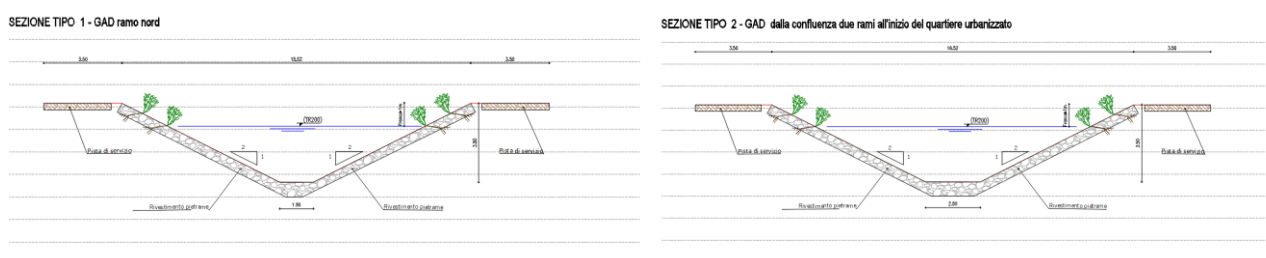


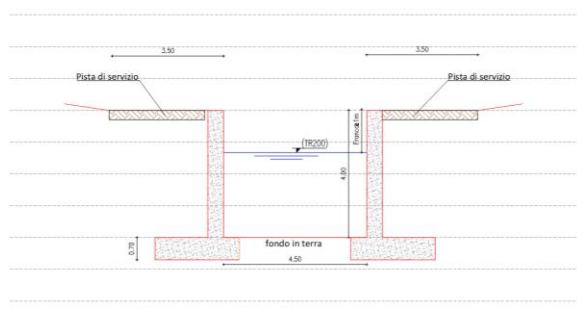
Figura 5.26 - Tipologico, nei tratti non urbanizzati, della sezione avente fondo e sponde rivestite in scogliera- Sezione tipo da sinistra GAD 1 e GAD2.

Mentre nei tratti più urbanizzati (Figura 5.27) e/o in prossimità di attraversamenti dove non si può provvedere ad un allargamento della sezione per la presenza di vicoli fisici, sono state previsti manufatti in C.A. come muri di sostegno con sottofondazione e canali a U come rappresentato in Figura 5.28.



Figura 5.27 - Foto scattata in corrispondenza della sezione rilevata GAD 18 durante il rilievo topografico del rio Gadduresu, rappresentativa dei tratti più urbanizzati.

SEZIONE TIPO 3 - Gadduresu nel quartiere urbanizzato



SEZIONE TIPO 7 - Gadduresu da immissione deviatore Zozò-Gadduresu al ponte di via Archimede

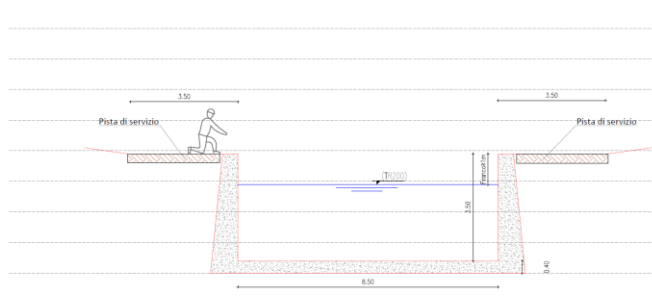


Figura 5.28 - Particolari costruttivi dei rivestimenti progettuali scelti in zone urbanizzate e/o in corrispondenza di attraversamenti stradali sul rio Gadduresu. In sinistra tipologico di sezione con muri di sostegno in CA su entrambe le sponde dotati di sottofondazione, in destra tipologico di canale a U in CA.

Il corso d'acqua, come detto in precedenza, scorre in un contesto piuttosto urbanizzato incontrando diversi attraversamenti stradali: via San Michele, via Barcellona e via Archimede.

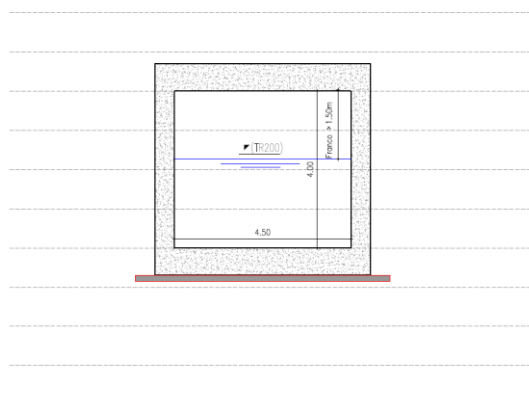
In corrispondenza dei suddetti attraversamenti stradali per via San Michele e via Archimede si è adottata come soluzione progettuale la realizzazione di uno scatolare in CA di dimensioni interne pari rispettivamente a 4.00X4.50 m e 3.50X8.50 m (vedi Figura

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

5.29).

Mentre per l'attraversamento di via Barcellona si è prevede un solo intervento in alveo mediante sottofondazione delle spalle esistenti tramite l'infissione di 3 micropali per metro di lunghezza 6 metri. Per maggiori dettagli si fa riferimento alla Figura 5.30.

SEZIONE TIPO 4 - ponte di via San Michele



SEZIONE TIPO 8 - ponte di via Archimede

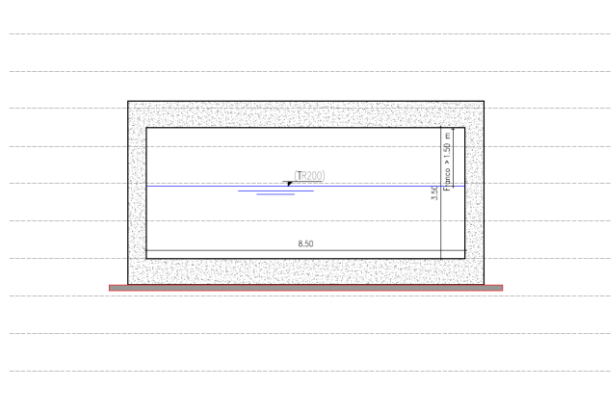


Figura 5.29 - Scatolari in CA di progetto in corrispondenza degli attraversamenti in via San Michele e in via Archimede.

Intervento in alveo- sottofondazione di muri esistenti (via Barcellona)

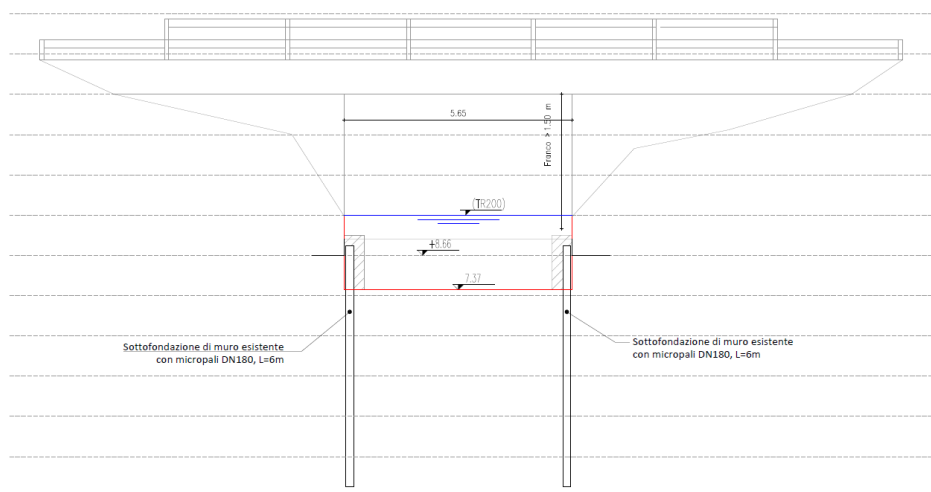


Figura 5.30 - Intervento in alveo di sottofondazione delle spalle esistenti del ponte di via Barcellona.

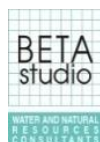
5.7 Riu Cabu Abbas

Nel riu Cabu Abbas vengono scaricate le acque provenienti dal riu Abba Fritta mediante lo scolmatore 2. Questo causa un incremento delle portate di picco nel riu Cabu Abbas di circa 40 m³/s. Pertanto viene condotto lo studio idraulico del riu Cabu Abbas per il tratto che va dallo scarico dello scolmatore 2 fino alla foce, al fine di verificare l’adeguatezza dell’asta a ricever le portate aggiuntive dello scolmatore 2.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



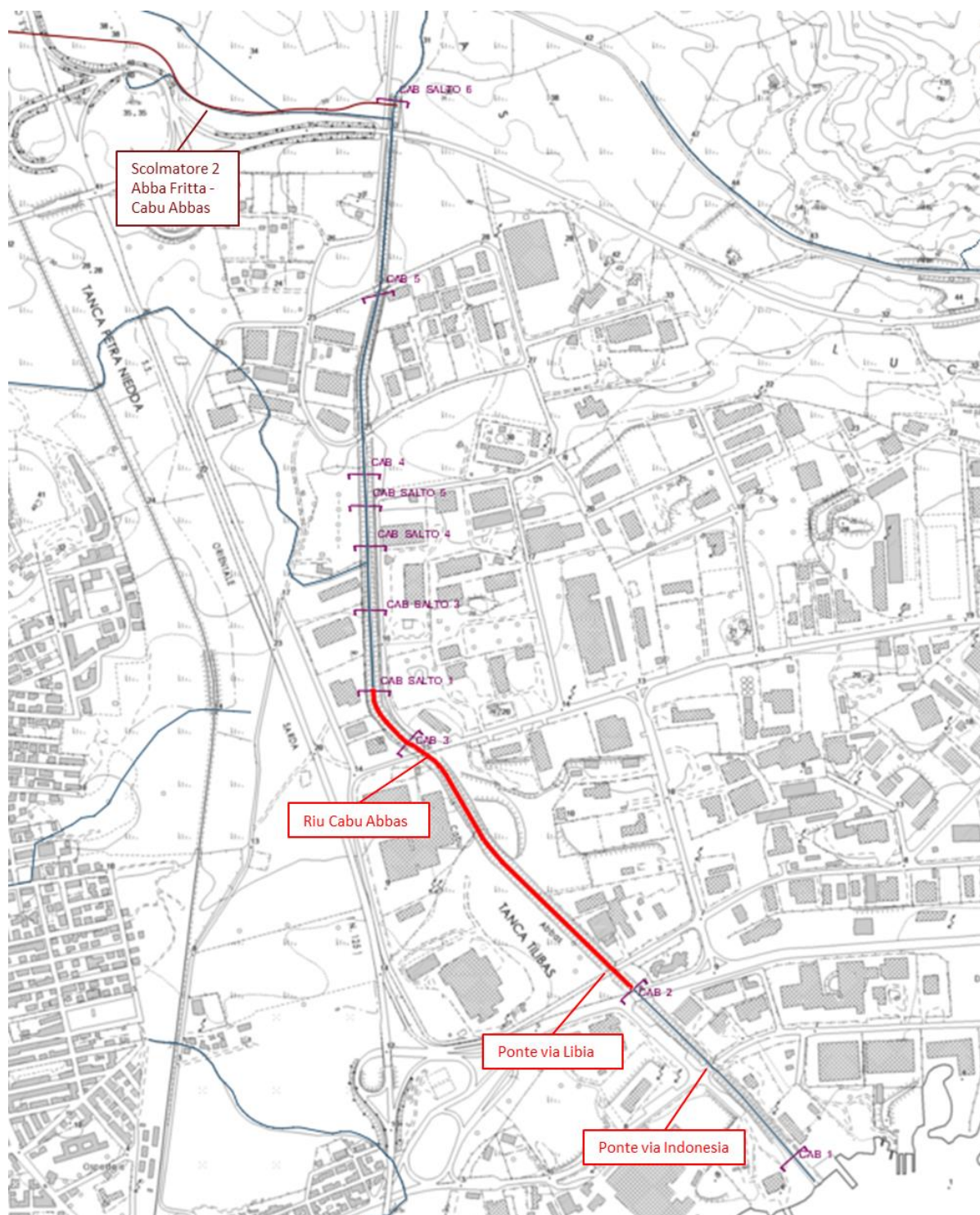


Figura 5.31 - Estratto planimetrico su CTR. In rosso il tratto oggetto di intervento sul rio Cabu Abbas.

Il rio risulta essere rivestito in calcestruzzo quasi per tutto il tratto. L'unico tratto critico è

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

quello dal ponte di via Libia fino a 800 m più a monte che non risulta essere rivestito (vedi Figura 5.31 e Figura 5.33).

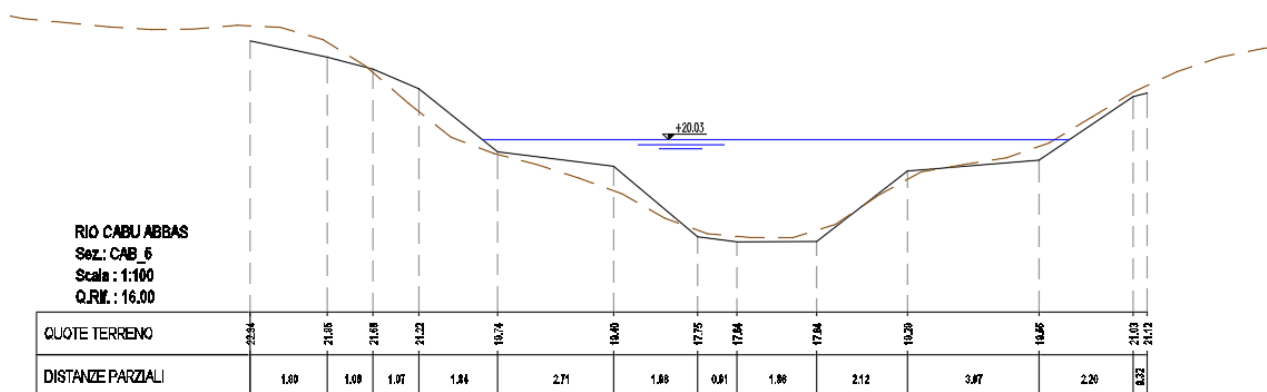


Figura 5.32 - Sezione rivestita in calcestruzzo nel rio Cabu Abbas e massimo livello raggiunto nella condizione di progetto (CAB_5).



Figura 5.33 - Riu Cabu Abbas – a sinistra tratto rivestito in calcestruzzo; a destra tratto non rivestito.

La soluzione di progetto prevede di riprofilare il tratto attualmente non rivestito con una pendenza del 0,8 % e la realizzazione di 2 nuovi salti fino a valle del ponte di via Libia. Viene mantenuta una sezione composta e viene realizzato il rivestimento solamente nella savanella centrale mediante la posa di blocchi di granito (vedi Figura 5.34).

Si prevede inoltre la demolizione e ricostruzione dei ponti di via Libia e di via Indonesia.

La massima portata raggiunta in prossimità della foce è pari a circa 117 m³/s (vedi Figura 5.35). La condizione al contorno di valle imposta sulla foce impone un livello idrico pari a

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



Portata sezione (m3/s) [rr_flow]

Time (rr_flow)	Portata sezione (m3/s)
00:00	0
00:15	0
00:30	10
00:45	25
01:00	50
01:15	75
01:30	100
01:45	115
02:00	90
02:15	60
02:30	30
02:45	15
03:00	5
03:15	2
03:30	0
04:00	0
05:00	0

58

5.8 Deviatore San Nicola – Zozò

Il Deviatore San Nicola-Zozò preleva una portata di picco di 40 m³/s dal rio San Nicola, si immette nel tracciato dello Zozò esistente, che al momento è un fosso appena accennato in quanto prima tratto di convogliamento delle acque del bacino dello Zozò, fino a valle di via San Guido dove lascia il tracciato dello Zozò esistente e devia verso destra in direzione del rio Gadduresu, prendendo il nome di deviatore Zozò-Gadduresu.

Il deviatore presenta una pendenza media notevole dell'1%. Tale pendenza è stata abbassata a 0,2% su tutto il tratto con l'introduzione di salti di fondo, in modo da contenere le velocità all'interno dell'alveo.

Il rio Zozò da progetto subisce delle profonde modifiche in quanto la portata al suo interno aumenta grandemente in quanto ricettore di parte della portata derivante dai bacini extra-urbani del rio San Nicola. Tuttavia attraversando solo zone rurali, tale ingrandimento della sezione non va in conflitto con fabbricati esistenti. Inoltre, per ridurre al massimo l'impatto visivo e paesaggistico dell'area, si è scelta una sezione tipologica, come rappresentata in Figura 5.37, con sponde rinverdite e poco pendenti (scarpa 2/1) in modo da agevolare anche eventuali attività manutentive in alveo.



Figura 5.36 - Planimetria del deviatore San Nicola-Zozò.

Sezione tipo 1 Deviatore San Nicola - Zozò

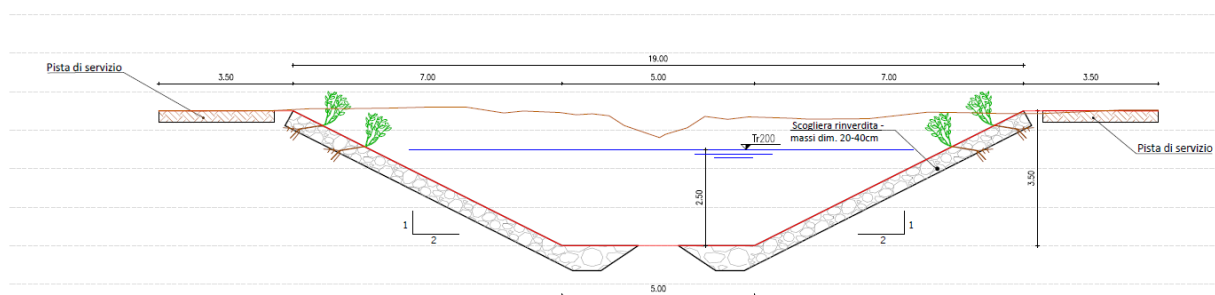


Figura 5.37 - Sezione tipologica del deviatore San Nicola-Zozò.

5.9 Deviatore Zozò – Gadduresu

Il Deviatore Zozò-Gadduresu, nella soluzione di progetto, collega il deviatore San Nicola-

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Zozò, da subito dopo il ponte di via S. Guido, al rio Gadduresu a valle del ponte su Via Barcellona. Tale deviatore preleva tutta la portata, a meno di un minimo deflusso regolato dal partitore, in arrivo dallo Zozò ora Deviatore San Nicola-Zozò pari a circa 43 m³/s.

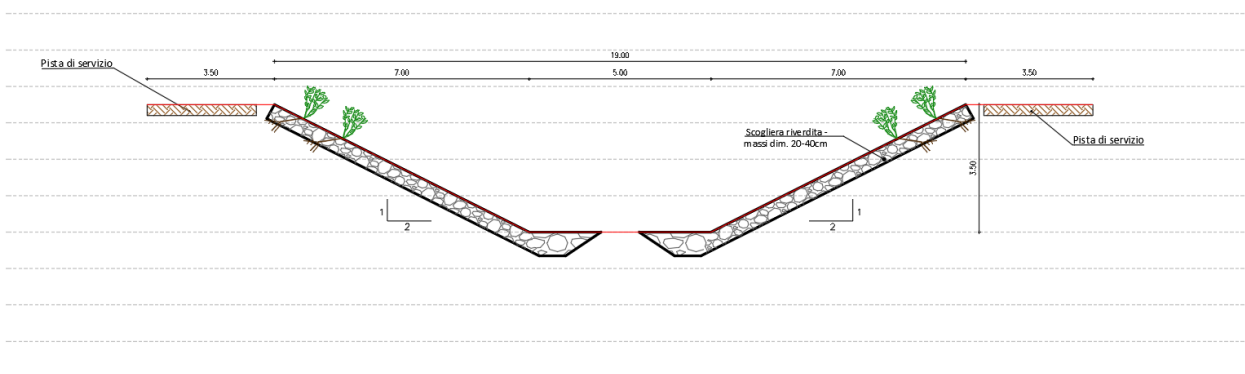


Figura 5.38 - Planimetria del deviatore Zozò-Gadduresu.

Analogamente al deviatore San Nicola-Zozò, sono stati inseriti 4 salti da 1 m per diminuire la pendenza del corso d'acqua e di conseguenza le velocità al suo interno. Anche la sezione tipologica è la medesima del deviatore San Nicola-Zozò, in continuità allo stesso, come si può vedere da Figura 5.39.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Sezione tipo 1 Deviatore Zozò - Gadduresu



Sezione tipo 2 Passaggio sotto la tangenziale, via San Guido e via Barcellona

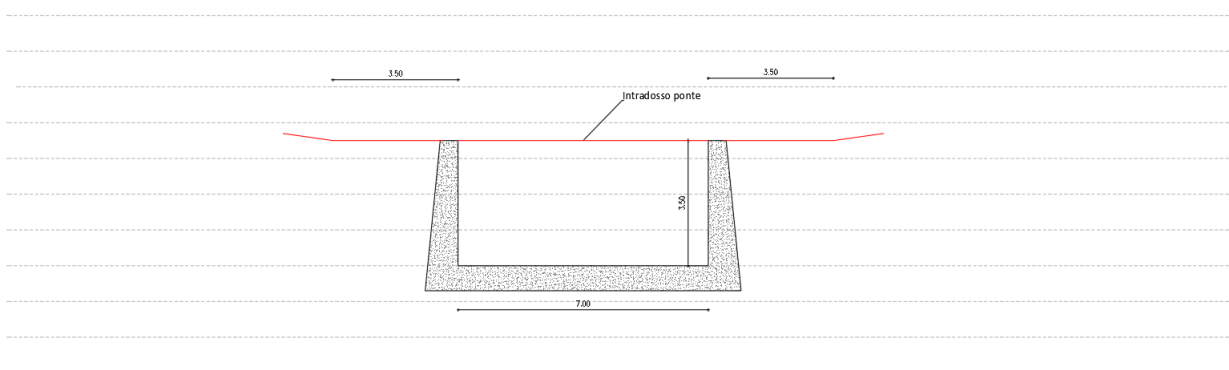


Figura 5.39 - Sezioni tipologiche del deviatore Zozò-Gadduresu.

5.10 Deviatore Gadduresu – Seligheddu

Il deviatore Gadduresu-Seligheddu devia la portata dal Gadduresu, pari a circa 88 m³/s per l'evento di progetto, verso il Seligheddu, asciugando a meno della portata che viene rilasciata nel tratto del Gadduresu a valle del partitore per vivificare l'asta urbana e garantire l'apporto di acque dolci al golfo. In questo modo si alleggeriscono notevolmente la lunga serie di attraversamenti e tratti tombati che caratterizzano il tratto urbano del Gadduresu.

Sono presenti due attraversamenti di progetto, sotto via Newton e sotto al SS127.

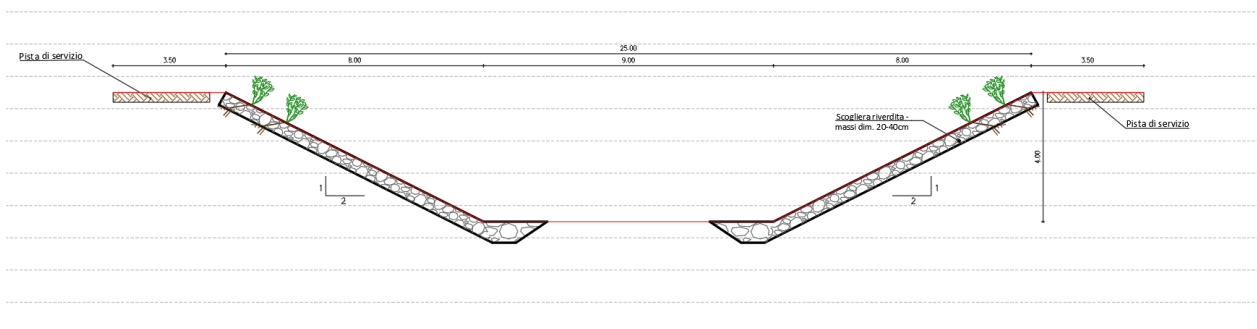
Raggruppamento temporaneo di progettisti:



Figura 5.40 - Planimetria del deviatore Gadduresu-Seligheddu.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Sezione tipo 5 Deviatore Gadduresu - Seligheddu



Sezione tipo 6 Passaggio sotto via Newton e SS127

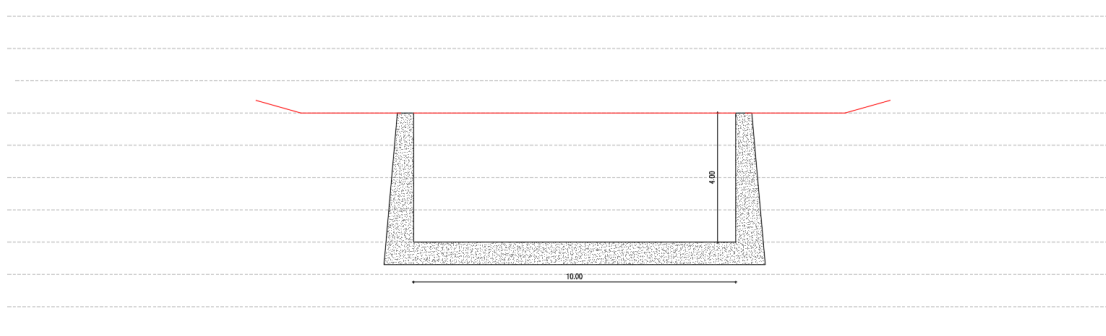


Figura 5.41 - Sezioni tipologiche del deviatore Gadduresu-Seligheddu.

5.11 Deviatore Paule Longa/Tannaule – Seligheddu

Il deviatore Paule Longa-Tannaule-Seligheddu preleva tutta la portata pari a $13.6 \text{ m}^3/\text{s}$, sempre a meno di una minima portata ordinaria regolata dal partitore, dal Paule Longa, alleggerendo quindi il tratto tombato che attraversa in quartiere Bandinu, deviando verso il Tannaule da cui preleva tutta la portata pari a $21.9 \text{ m}^3/\text{s}$, ottenendo quindi una portata di picco allo sbocco in Seligheddu pari a circa $35 \text{ m}^3/\text{s}$ per l'evento di progetto. Il primo tratto del deviatore è costituito da un tratto a cielo aperto (sezione tipologica 1) che diventa tombato (sezione tipologica 2) in attraversamento a via San Siro in quanto attraversa anche una piccola collina.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

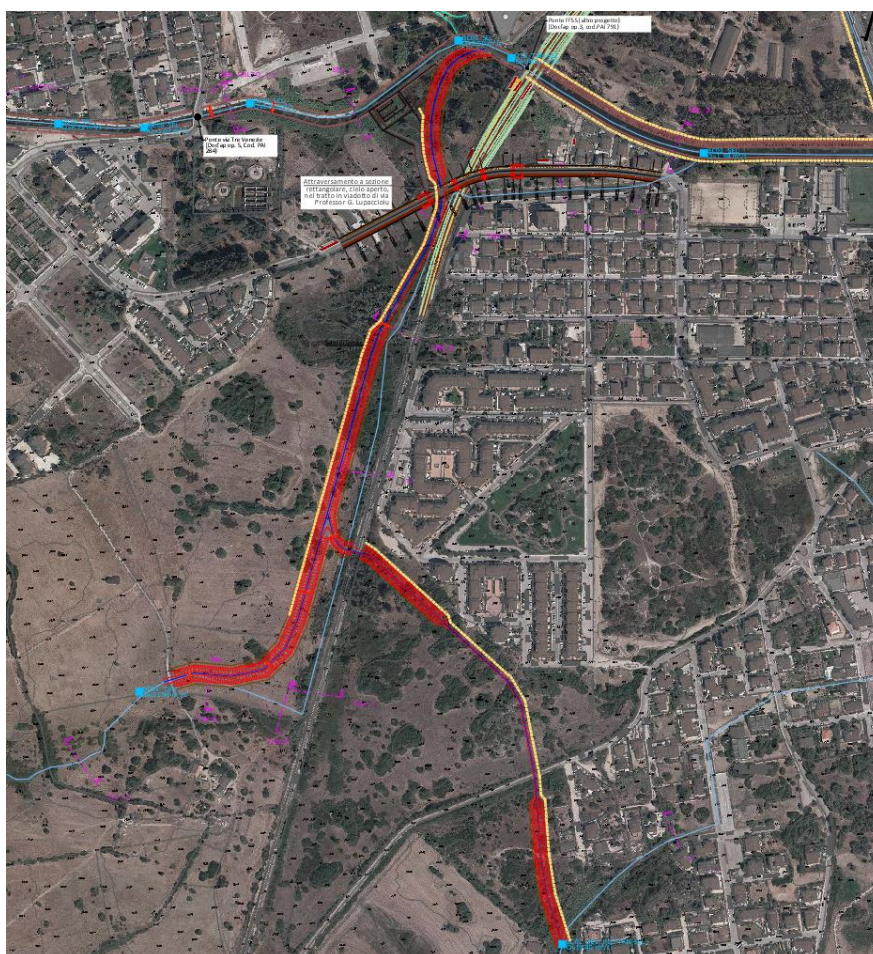
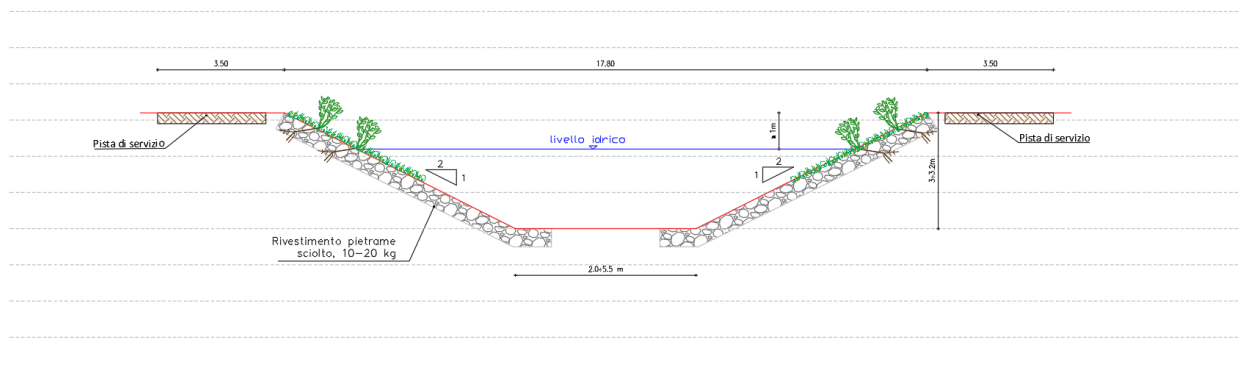


Figura 5.42 - Planimetria del deviatore Paule Longa-Tannaule-Seligheddu.

L'andamento planimetrico di progetto è mostrato in Figura 5.42 mentre le sezioni tipologiche si possono vedere a Figura 5.43. Il tratto a cielo aperto ha sponde dolci e rinverdite in modo da inserirsi in modo più naturale nel contesto ancora in parte rurale al limitare del quartiere Bandinu.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Sezione tipo 1 Deviatore Paole Longa - Tannaule - Seligheddu e rio Tannaule



Sezione tipo 2 DEV PLO-TAN SEL - tratto tombato

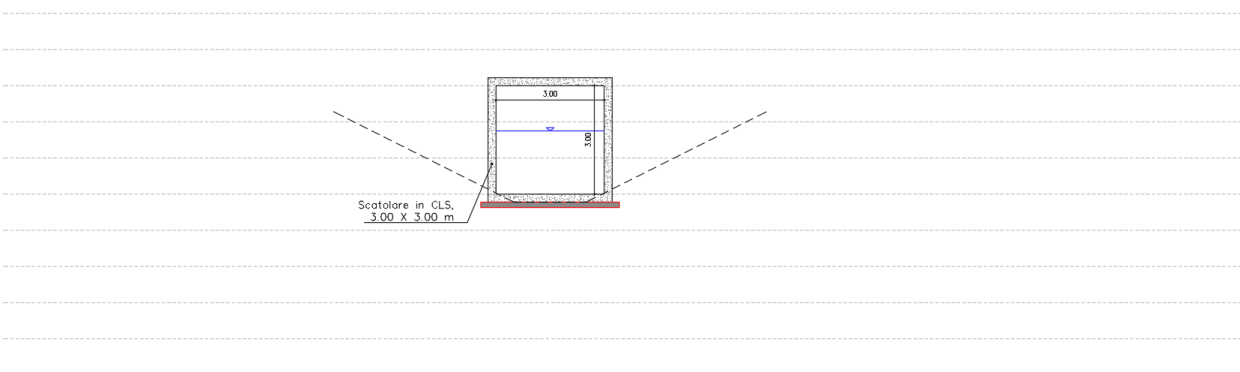


Figura 5.43 - Sezioni tipologiche del primo tratto del deviatore Paule Longa-Tannaule.

Dopo un piccolo tratto dove torna a cielo aperto, attraversa la ferrovia esistente per poi confluire con il rio Tannaule. Tale confluenza avviene con una curva stretta del deviatore che quindi prevede in tale tratto un rivestimento in masso intasato per evitarne lo scalzamento (Figura 5.44).

Sezione tipo 3 Deviatore Paule Longa - Tannaule - Seligheddu

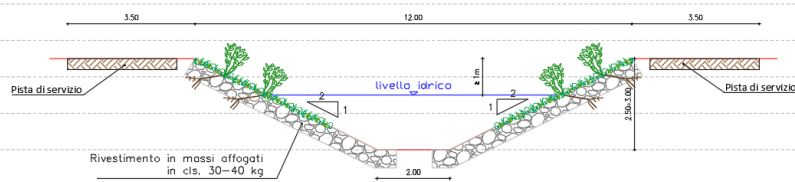


Figura 5.44 - Sezione tipologica a valle dell'attraversamento ferroviario sul deviatore Paule Longa-Tannaule.

Il rio Tannaule viene quindi immesso in quello che prende il nome di deviatore Paule Longa-Tannaule-Seligheddu che scorre in parallelo al suo tracciato allo stato di fatto per rispettare la fascia di salvaguardia di 30 m dal piano del ferro della ferrovia. La sezione tipologica di tale tratto torna la n. 1 mostrata in Figura 5.43.

Il deviatore interseca poi il nuovo progetto di RFI il quale prevede un rifacimento del ponte della ferrovia sul rio Seligheddu ed un rifacimento della strada di via Portogallo che per permette un cambio nella livelletta attuale del piano del ferro viene convertita in viadotto (Figura 5.45).

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

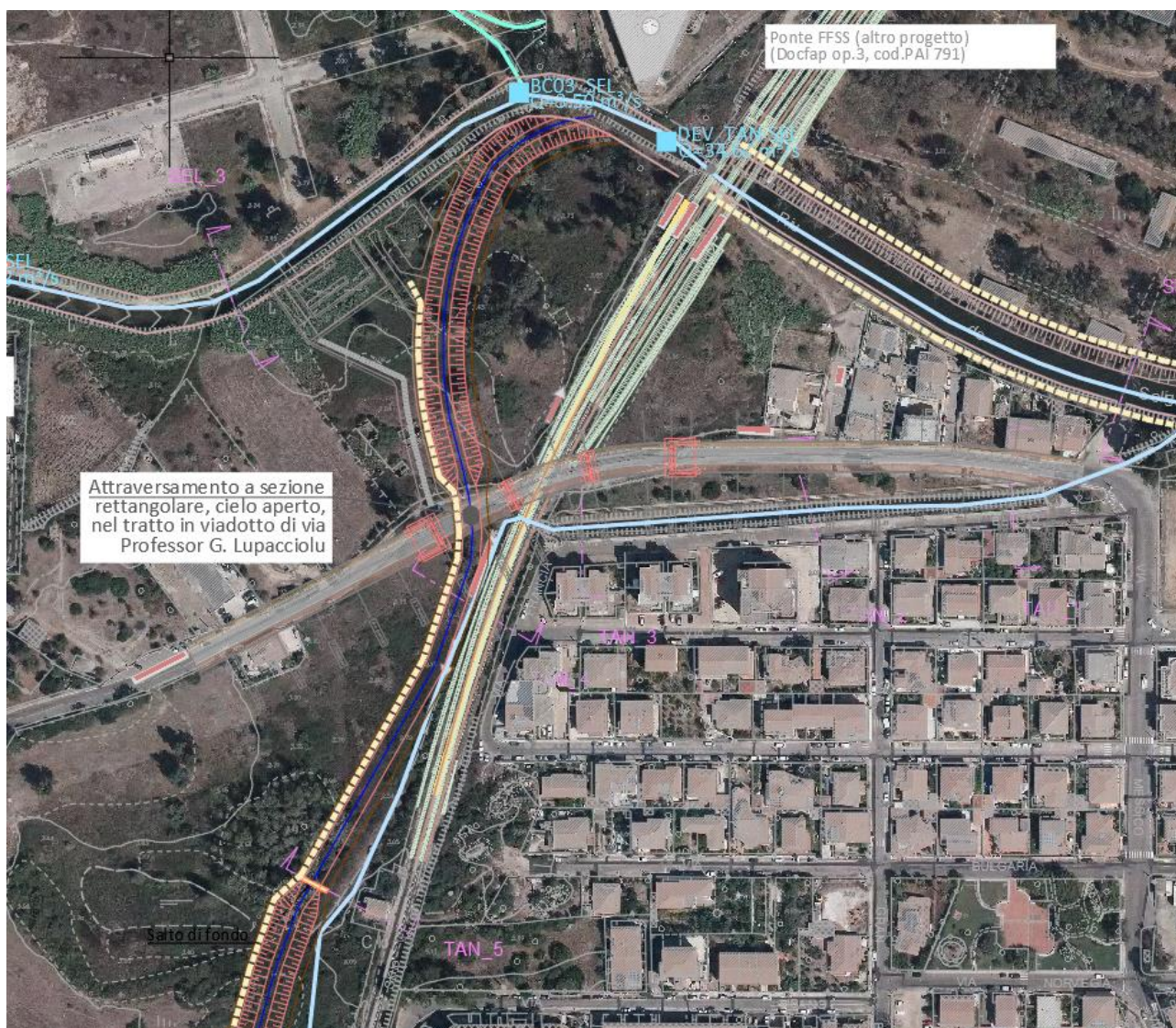


Figura 5.45 - Dettaglio dell'intersezione del deviatore di progetto con il nuovo progetto RFI di via Portogallo.

Il deviatore quindi al fine di non interferire con tale progettazione, assume un tracciato che si avvicina alla ferrovia solo in corrispondenza delle pile del viadotto di via Portogallo, non rispettando quindi la fascia di salvaguarda in quel tratto, con sezione rettangolare per non intaccare le fondazioni delle pile. La sezione tipologica corrispondente è mostrata in Figura 5.46.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Sezione tipo 4 DEV PLO-TAN SEL - canale rettangolare in attraversamento a via Portogallo

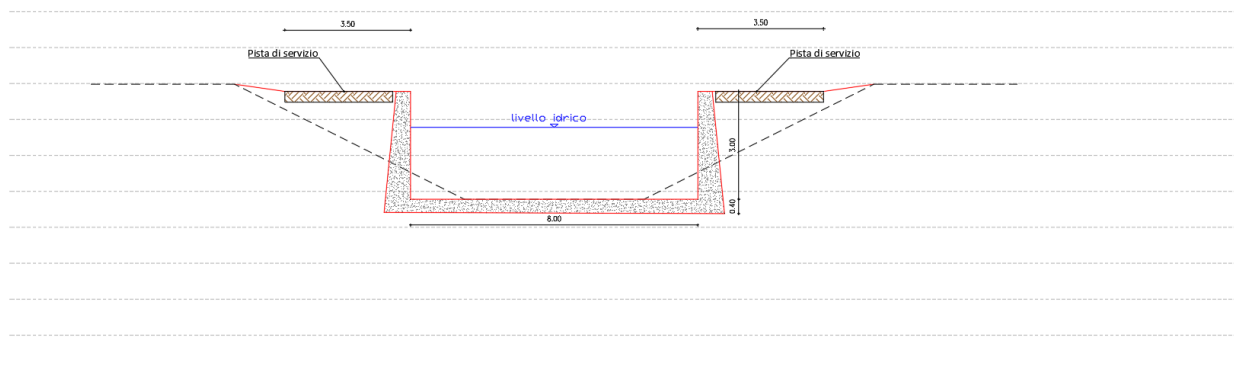


Figura 5.46 - Sezione tipologica del tratto di attraversamento del viadotto di progetto di via Portogallo.

Infine con un tracciato di invito sfocia nel Seligheddu subito a valle della darsena di progetto.

5.12 Riu Ua Niedda

Il riu Ua Niedda ricade all'interno delle sistemazioni fluviali in ambito extra-urbano.

Nel tratto di valle del riu, nell'immissione sul riu Seligheddu, è presente l'opera di presa che convoglia le acque di piena allo scolmatore 1 Seligheddu – Pasana.

Il tratto di intervento inizia dal ponte di via Raica fino all'opera di presa dello scolmatore. Lungo il tratto sono presenti due principali immissari che sono il riu Sa Fossa e il riu Santa Mariedda.

Si prevede una riprofilatura con pendenze del 0.5 % e del 1% (nei tratti più a monte). La sezione tipo 1, in prossimità dell'opera di presa fino all'immissione con il Sa Fossa, deve essere in grado di contenere una portata di progetto con il picco di circa 293 m³/s; si prevede una sezione a forma trapezia con sponde 2:1 rivestite in scogliera viva e una base minore di larghezza di 13 m.

Procedendo verso monte le sezioni di progetto si restringono fino ad una larghezza di base minore pari a 4 m. Nei tratti in cui si hanno velocità maggiori si prevede il

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

rivestimento in scogliera viva o inverdita.

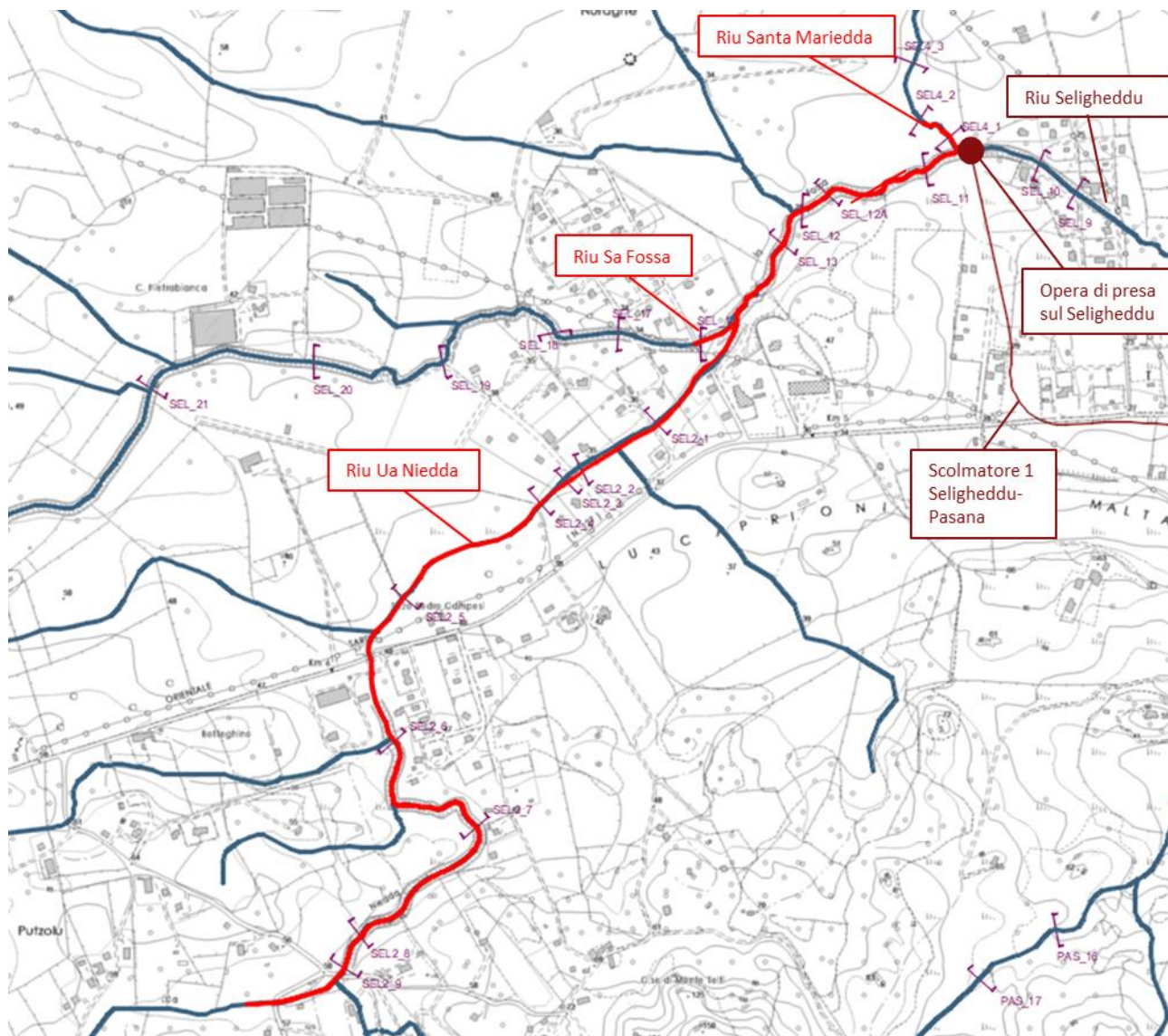


Figura 5.47 - Estratto planimetrico su CTR. In rosso il tratto oggetto di intervento sul riu Ua Niedda.

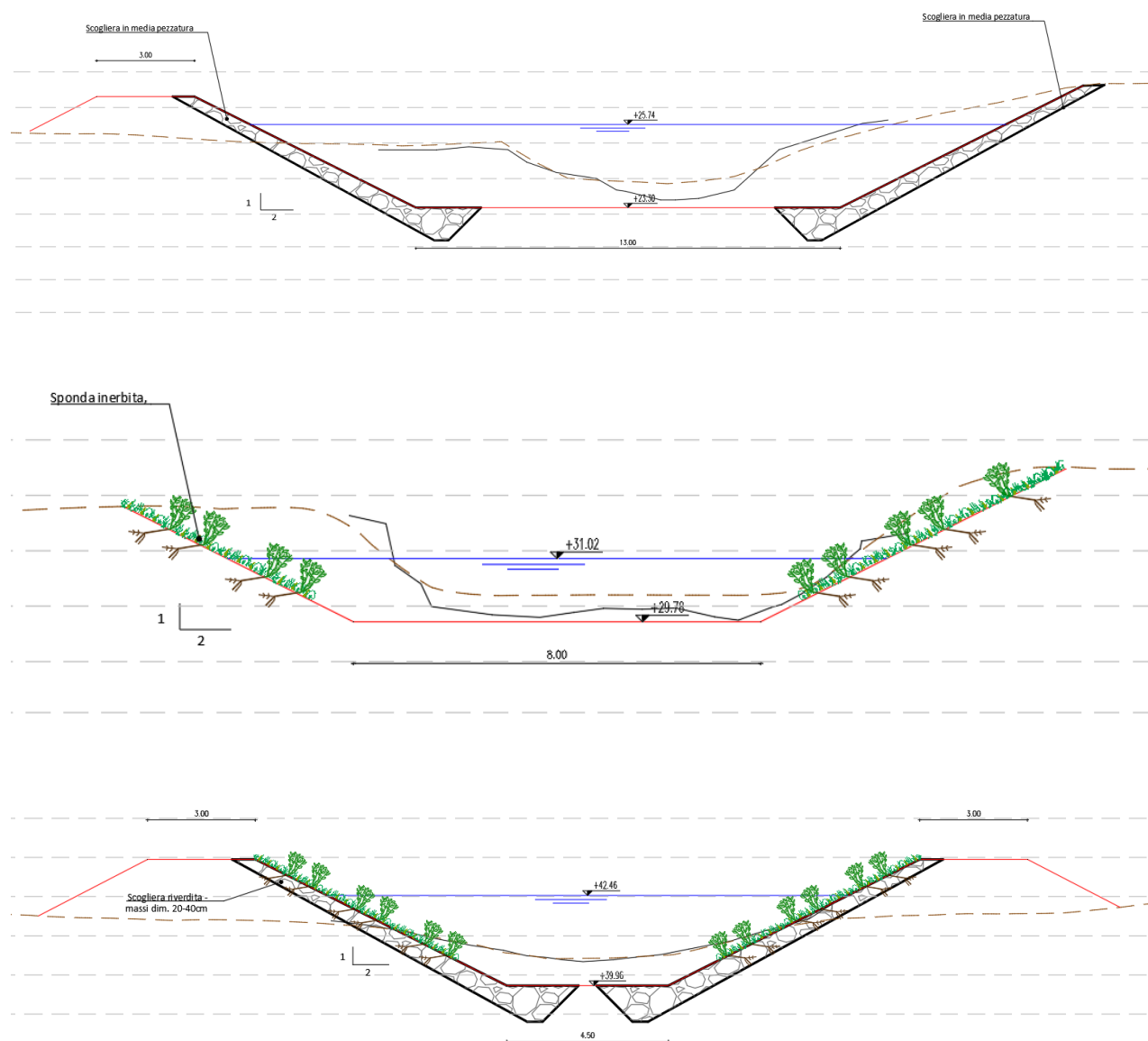


Figura 5.48 - Sezione tipo 1, 2 e 3 sul riu Ua Niedda.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

6 OPERE DI PRESA

Le opere di presa previste in progetto, allo scopo di intercettare le portate di piena e convogliarle nei canali scolmatori, prevedono tutte il medesimo funzionamento: una o più paratoie trasversali al rio, in caso di piena, generano un rigurgito a monte (all'interno di una vasca di calma) che, per effetto dell'innalzamento locale del livello, attiva uno stramazzo laterale. Dallo stramazzo, la portata da scolmare entra in una vasca di dissipazione prima di avviarsi nello scolmatore.



Figura 6.1 - Rendering dell'opera di presa sul rio Seligheddu.

Il dimensionamento dell'opera di presa è stata condotta mediante l'applicazione delle classiche formule idrauliche descrittive del deflusso sotto battente e o su uno stramazzo in parete sottile.

Deflusso sotto battente:

$$Q_{sb} = C_q ab \sqrt{2gH}$$

dove:

- Q_{sb} : portata sotto battente [m³/s];
- b : larghezza della paratoia [m];
- $C_q = \frac{c_c}{\sqrt{1 + \frac{a \cdot c_c}{H}}}$: coefficiente di deflusso sotto battente;
 - $c_c = 0.61$: coefficiente di contrazione della vena liquida;
 - a : apertura della paratoia [m];
 - H : tirante idrico in corrispondenza della paratoia [m];

Sfioratore a parete sottile (Bazin-Poleni):

$$Q_{sf} = C_d L \sqrt{2g} h^{\frac{3}{2}}$$

dove:

- Q_{sf} : portata sfiorata [m³/s];
- $C_d = 0.41$: coefficiente di deflusso per uno sfioratore a parete sottile;
- L : lunghezza dello sfioratore [m];
- h : carico idraulico sullo sfioratore [m].

Mettendo a sistema le due equazioni ed imponendo che la portata sfiorata sommata al deflusso sotto battente siano pari alla portata in ingresso all'opera di presa, è stato possibile definire il dimensionamento dell'opera stessa, imponendo la continuità idraulica nel nodo ed ottenendo la ripartizione delle portate in portata rilasciata verso valle e portata scolmata.

6.1 Scolmatore 1

Lo scolmatore 1 prevede 3 opere di presa lungo il suo tracciato:

- L'opera di presa sul rio Seligheddu;

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

- L'opera di presa sul rio Pasana;
- L'opera di presa sul rio Paule Longa.

Si riportano di seguito i risultati del dimensionamento idraulico delle opere.

6.1.1 Opera di presa sul rio Seligheddu

L'opera di presa sul rio Seligheddu è stata dimensionata e verificata sulla base della portata associata all'evento di progetto che massimizza le portate dell'intero bacino urbano (evento critico del rio Seligheddu) con tempo di ritorno di 200 anni. Con tale assunzione, le portate di riferimento per il dimensionamento dell'opera di presa risultano:

- Portata di picco in ingresso all'opera di presa: **279,5 m³/s**;
- Portata minima da garantire a valle dell'opera di presa: **0,6 m³/s** per la vivificazione dell'alveo a valle e la permanenza dell'apporto di acque dolci al golfo di Olbia.

L'opera di presa è caratterizzata da una vasca di carico, con relativo stramazzo, approfondita di 1,5 m rispetto al talweg del rio Seligheddu. L'approfondimento della vasca rispetto alla quota di talweg permette di creare una vasca di raccolta dei sedimenti che vengono trasportati dalla corrente durante gli eventi di piena. A seguito di un evento, quindi, sarà necessario provvedere alla rimozione dei sedimenti bloccati dalla vasca che, invece, in condizioni ordinarie, presenterà la sola acqua al suo interno.

In uscita alla vasca di carico sono presenti 3 paratoie, di dimensioni 2x3,5 m, che garantiscono il deflusso ordinario a valle dell'opera e, in condizioni di piena, fanno aumentare il livello all'interno della vasca di carico sino a raggiungere la quota dello stramazzo laterale, posto in destra idraulica, che alimenta lo scolmatore. A valle dello stramazzo, prima dell'inizio della galleria scolmatrice, è presente una vasca di dissipazione che agevola il formarsi di una corrente lenta, limitando al massimo l'estensione della parte di corrente caratterizzata da alte velocità e forte turbolenza.

Le quote assolute dell'opera di presa sono riportate nella seguente tabella.

Quota talweg [m s.m.m]	Quota fondo vasca di carico* [m s.m.m]	Quota fondo vasca di carico in condizioni di piena** [m s.m.m]	Quota stramazzo di presa [m s.m.m]	Quota vasca di dissipazione a valle dello starmazzo [m s.m.m]	Quota piano campagna [m s.m.m]
22,00	20,50	22,00	22,70	17,00	27,00

*In condizioni ordinarie si forma uno specchio d'acqua di 1,5 m all'interno della vasca di carico

**per la presenza di sedimenti in vasca

Considerando che a valle dell'opera di presa si dovrà (quando disponibile nel corso d'acqua) sempre far defluire una portata almeno pari alla portata di $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$, in modo da non ridurre l'apporto di acqua dolce al Golfo di Olbia, il dimensionamento e la verifica del corretto funzionamento delle paratoie e della soglia sfiorante è stato eseguito, inizialmente, in condizioni di magra, in maniera tale che lo sfioratore non si attivi con una portata in ingresso all'opera di presa pari alla portata semipermanente.

Imponendo un'apertura di due paratoie a +0,07 m rispetto alla quota di 22,00 m s.m.m, quota della vasca di carico riempita di acqua, è garantito il deflusso della portata semipermanente a valle delle paratoie, generando un carico a monte delle stesse di 0,70 m. Tale carico non attiva lo sfioratore, annullandone il franco.

In condizioni di piena, la verifica dell'opera di presa è stata condotta considerando la vasca di sedimentazione completamente riempita di sedimenti per effetto del trasporto solido causato dalla piena.

Mantenendo fisse le paratoie come nel caso di deflusso ordinario, con una luce di fondo di 0,07 m, il tirante che si genera a monte delle paratoie, considerando in ingresso la portata di piena, risulta pari a 3,15 m che corrisponde ad una quota di 25,15 m s.m.m. Tale tirante genera un battente di 2,45 m al di sopra dello sfioro, ottenendo una ripartizione delle portate tra soglia sfiorante e luce di valle (presidiata dalle paratoie) rispettivamente in $278,2 \text{ m}^3/\text{s}$ e $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$.

In condizioni di piena con $TR > 200$ anni, potrà accadere che il livello nella vasca di carico possa aumentare, producendo un aumento del carico sullo stramazzo di presa.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Ciò potrà comportare un aumento della portata derivata verso lo scolmatore ed anche un aumento della portata che defluisce verso la città, sottobattente.

In caso di evento estremo, potrà anche accadere che il livello in vasca aumenti talmente tanto da raggiungere la quota di 2 stramazzi laterali previsti ai lati delle paratoie di intercettazione e che avranno lo scopo di far defluire verso valle la portata eccedente. In questo modo si limita il sovraccarico dello scolmatore.

È del tutto evidente che tale circostanza avviene per eventi estremi, associati a TR maggiori del TR di progetto.

Gli stramazzi di sicurezza sono posizionati ad una quota prossima alla quota del massimo tirante che si genera in vasca, pari a 25,15 m s.m.m. Perciò, non appena il carico in vasca raggiunge il livello massimo associato alla portata stramazziante in scolmatore pari a quella di progetto, l'opera di presa è in grado di inviare verso valle parte della portata eccedente (per eventi estremi, TR>200 anni).

Si è inoltre verificato che il tirante generato in vasca non comporti esondazioni nei pressi e a monte dell'opera di presa. La quota del piano campagna nei pressi dell'opera risulta pari a 27,00 m s.m.m, presentando quindi un franco di 1,85 m. A monte, sul rio Ua Niedda, le quote di sommità degli argini risultano tutte maggiori di quota 27,00 m s.m.m.

6.1.2 Opera di presa sul rio Pasana

L'opera di presa sul rio Pasana è stata dimensionata e verificata sulla base delle portate associate all'evento di progetto che massimizza le portate dell'intero bacino urbano (evento critico del rio Seligheddu) con tempo di ritorno di 200 anni. Con tale assunzione, le portate di riferimento per il dimensionamento dell'opera di presa risultano:

- Portata di picco in ingresso all'opera di presa: **20,6 m³/s**;
- Portata minima da garantire a valle dell'opera di presa: **0,1 m³/s**.

L'opera di presa è composta da un ponte canale che attraversa il tratto a cielo aperto di scolmatore 1, situato in adiacenza alla tangenziale di Olbia, nei pressi dello svincolo per la

SS127. Il talweg del ponte canale presenta quota 21,00 m s.m.m, mentre la galleria scolmatrice, al di sotto, è posta a quota 12,50 m slm. L’opera di presa non prevede una vasca di raccolta dei sedimenti in quanto, poco a monte, il riu Pasana presenta un laghetto artificiale che già funge da trappola per i sedimenti. Da un punto di vista idraulico, l’opera presenta un funzionamento del tutto analogo all’opera di presa del Seligheddu. Una paratoia di dimensioni 2x2 m permette, in caso di piena, di garantire la corretta ripartizione delle portate, attivando i due sfioratori laterali, posti a quota 22,50 m s.m.m, che sfiorano la portata nello scolmatore.

Le quote assolute dell’opera di presa sono riportate nella seguente tabella.

Quota talweg [m s.m.m]	Quota stramazzo [m s.m.m]	Quota talweg scolmatore 1 [m s.m.m]	Quota piano campagna [m s.m.m]
21,00	22,50	12,50	24,20

La verifica è stata eseguita, inizialmente, con la portata di magra, al fine di verificare la non attivazione dello sfioro in condizioni ordinarie. Imponendo un’apertura della paratoia pari a +9,00 cm dal fondo canale, la portata che transita a valle della paratoia, annullando il franco sullo sfioro, risulta pari a 0,6 m³/s, superiore alla portata semipermanente del rio di 0,1 m³/s. L’opera garantisce quindi il regolare deflusso delle acque dolci in golfo. Considerando l’evento di piena, che presenta un picco pari a 20,6 m³/s e mantenendo inalterata la posizione della paratoia, la portata di picco si ripartisce tra soglia sfiorante e luce sotto battente nel seguente modo: 0,71 m³/s proseguono verso valle, i rimanenti 19,9 m³/s vengono deviati nello scolmatore. Il tirante che si genera a monte della paratoia è pari a 2,16 m che corrisponde ad una quota di 23,16 m slm.

Tale quota non genera esondazioni nei dintorni dell’opera di presa, essendo il piano campagna nei dintorni a quota 24,20 m s.m.m.

Nel caso la paratoia risultasse ostruita, in adiacenza ad essa, è stato previsto 1 stramazzo di sicurezza che permette di far defluire la portata verso valle, senza che questa venga

completamente convogliata all'interno dello scolmatore. Tale stramazzo è localizzato ad una quota appena superiore alla quota del massimo tirante che si genera in vasca, in occasione dell'evento di progetto, pari a 23,20 m s.m.m.

6.1.3 Opera di presa sul rio Paule Longa

Il rio Paule Longa a monte della tangenziale è formato da tre differenti rami che si uniscono in un unico ramo, più a valle, a monte della zona abitata di Bandinu.

L'opera di intercettazione, ad ovest della tangenziale, la si può suddividere in due zone:

1. Ramo nord: in prossimità del ramo nord del Paule Longa, nei pressi della ferrovia Sassari-Olbia, lo scolmatore presenta un tratto a cielo aperto che recapita, per tutta la durata dell'anno, le acque del rio. Questo ramo non confluisce quindi portata in città.
2. Ramo centrale e ramo sud: le opere di presa sugli altri 2 rami del rio Paule Longa sono state previste con un funzionamento analogo alle altre opere di presa, con l'unica differenza che queste, a valle dello sfioro laterale in sinistra idraulica, scaricano in un canale di gronda a cielo aperto che, seguendo la morfologia del territorio, indirizza le acque verso il ramo nord del rio.

Le portate di riferimento per il dimensionamento delle opere di presa, analoghe nella loro struttura data la portata in ingresso molto simile, risultano:

- Portata di picco in ingresso all'opera di presa: **8 m³/s**;
- Portata minima da garantire a valle dell'opera di presa: **0,1 m³/s**.

Il dimensionamento e la verifica delle due opere di presa sono situate sul ramo centrale e sul ramo sud del rio Paule Longa. Analogamente a quanto previsto precedentemente, si è dimensionata l'opera al fine di garantire la portata minima da far defluire a valle in regime ordinario (0,1 m³/s).

Considerando un'apertura della paratoia 1 x 1 m pari a 7 cm ed un'altezza dello sfioro di 1 m, la portata che transita a valle della paratoia annullando il franco sullo sfioro risulta pari

a 0,15 m³/s, maggiore della portata semipermanente del rio. In caso di piena, la portata in arrivo all'opera di presa risulta di circa 8 m³/s. Tale portata, mantenendo fissa la paratoia a +7,00 cm dal fondo dell'opera di presa e prevedendo uno sfioro di 8m, porta ad una portata a valle dell'opera di presa pari a 0,24 m³/s con un tirante a monte della paratoia di 1,65 m. Data la geometria dello sfioro, il battente al di sopra della soglia sfiorante risulta essere di 0,65 m.

6.2 Scolmatore 2

Lo scolmatore 2 prevede un'unica opera di presa sul rio Abba Fritta all'altezza della centrale ENEL di via Veronese, in località santa Lucia.

6.2.1 Opera di presa sul rio Abba Fritta

Le portate di riferimento per il dimensionamento dell'opera di presa risultano:

- Portata di picco in ingresso all'opera di presa: **41,1 m³/s**;
- Portata a valle dell'opera di presa: **1,1 m³/s**;

La portata da far transitare a valle dell'opera di presa risulta essere maggiore della portata semipermanente del Seligheddu. Tale caratteristica è dovuta al fatto di dover limitare le portate afferenti al bacino del Cabu Abbas, ricettore finale dello scolmatore 2, al fine di non dover prevedere risezionamenti in alveo. Il Cabu Abbas, infatti, risulta essere l'unico rio di Olbia sovradimensionato, in grado quindi di accogliere la portata proveniente dallo scolmatore senza che ciò comporti esondazioni.

L'opera di presa è caratterizzata da una vasca di carico con relativa savanella centrale. Lo sfioro laterale presenta una lunghezza di 22 m ed è posto ad una quota assoluta di 32.50 m slm. A valle dello sfioro è presente una vasca di dissipazione, con protezione in pietrame e blocchi di granito, posta a quota 31,30 m slm, da cui parte lo scolmatore 2.

Al fine di garantire i franchi idraulici, è stata prevista la realizzazione di un arginello in elevazione di 1 m rispetto al piano campagna, con relativa pista di servizio. Questo argine

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

è collegato alle sponde che circondano la zona umida prevista come intervento di riqualificazione dell'area; intervento che ben si sposa con un altro progetto di riqualificazione, già avviato dal Comune di Olbia, che prevede la realizzazione di un palazzetto per lo sport e relativo parco.

Le quote assolute dell'opera di presa sono riportate nella seguente tabella.

Quota vasca di carico [m s.m.m.]	Quota stramazzo [m s.m.m.]	Quota vasca di dissipazione [m s.m.m.]	Quota piano campagna [m s.m.m.]	Quota argine [m s.m.m.]
32,00	32,50	31,30	33,50	34,50

In uscita alla vasca di carico è presente 1 paratoia, di dimensioni 1 x 1 m, che verrà tarata con una luce di fondo pari 0,35 m. Tale luce permette, in condizioni di piena, di far defluire a valle della paratoia la portata di progetto di 1,1 m³/s. Il tirante che si genera a monte della paratoia risulta pari a 1,5 m, con una quota del pelo libero in vasca, ipotizzata costante, di 33,50 m slm. Tale quota genera al di sopra dello stramazzo un tirante pari a 1 m che, vista la lunghezza dello sfioro di 22 m, permette di far defluire nello scolmatore una portata di 40 m³/s.

In condizioni ordinarie, l'opera di presa non verrà interessata dal deflusso delle acque, in quanto queste saranno destinate ad alimentare la zona umida posta ad est dell'opera stessa. Il deflusso ordinario a valle sarà garantito dallo scarico della zona umida, previsto con una tubazione DN1000.

6.3 Scolmatore 3

Lo scolmatore 3 prevede un'unica opera di presa sul rio San Nicola, a valle dell'attraversamento esistente di via Faggio.

Le portate di riferimento per il dimensionamento dell'opera, considerando la portata idrologica in ingresso all'opera stessa, sono:

- Portata di picco in ingresso all'opera di presa: **73,9 m³/s;**

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

- Portata minima da garantire a valle dell'opera di presa (portata semipermanente): **0,6 m³/s**;
- Portata da far defluire a valle durante l'evento di piena di progetto **33,9 m³/s**.

La ripartizione della portata di piena è stata definita in modo da scaricare l'asta di valle del rio San Nicola nel suo tratto interno al centro urbano, lasciando, in occasione dell'evento di progetto TR200, al rio San Nicola una portata 33,9 m³/s ed inviando al il rio Seligheddu (quale ricettore finale dello scolmatore 3) i restanti 40 m³/s.

L'opera di presa è costituita da una vasca di carico con fondo a quota 27,50 m slm che, rispetto al talweg del rio San Nicola, è approfondita di 0,5 m. Questo permette di ottenere una vasca di raccolta dei sedimenti durante gli eventi di piena. Il principio di funzionamento dell'opera risulta essere il medesimo delle altre opere di presa. Le 3 paratoie, di dimensione 2 x 3,5 m, che presidiano la vasca di carico, saranno mantenute parzialmente aperte. In questo modo, si garantirà il deflusso ordinario a valle dell'opera di presa e, con l'arrivo dell'evento di piena, si avrà la ripartizione delle portate previste in progetto. Lo stramazzo, di lunghezza 35 m, è posto in destra idraulica con cresta a quota 29,70 m s.m.m.; a valle di questo è presente una vasca di dissipazione con fondo a quota 25,60 m s.m.m. dalla quale parte il canale a cielo aperto che si collega al rio Zozò (scolmatore 3).

Le quote assolute degli elementi principali dell'opera di presa sono riportate nella seguente tabella.

Quota talweg [m s.m.m.]	Quota vasca di carico in condizioni ordinarie [m s.m.m]	Quota fondo vasca di carico in condizioni di piena* [m s.m.m.]	Quota stramazzo [m s.m.m]	Quota vasca di dissipazione [m s.m.m]	Quota piano campagna [m s. m.m]
28,00	27,50	28,00	29,70	25,60	31,45

*per la presenza di sedimenti in vasca

Data la assunzione di suddividere la portata di piena con un rapporto di circa 1:0,8 tra

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

sfioratore (che alimenta lo scolmatore 3) e luce sotto battente (che invia una parte della portata verso l'alveo naturale del rio san Nicola), l'apertura delle paratoie da prevedersi maggiore di quella prevista nelle altre opere di presa. Tale apertura permette, durante la maggior parte dell'anno, di far transitare a valle la portata ordinaria ($0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ e oltre) senza che lo sfioro entri in funzione (essendo la quota dello sfioratore superiore alla quota del lembo inferiore delle paratoie).

Considerando un'apertura delle 3 paratoie pari a 1,58 m (quota assoluta del lembo inferiore pari a 29,58 m s.m.m.), la portata che defluisce a valle in occasione dell'evento TR200 è pari a $33,9 \text{ m}^3/\text{s}$, quando in vasca si stabilisce un carico di 2,43 m (quota assoluta di 30,43 m s.m.m.). Tale carico genera un battente sopra lo sfioro di alimentazione dello scolmatore 3 di 0,73 m che, data la lunghezza dello sfioratore pari a 35 m, consente di esitare una portata di sfioro di $40 \text{ m}^3/\text{s}$.

7 SCOLMATORI

La soluzione progettuale prevede, tra le varie opere, la realizzazione di 2 canali scolmatori in galleria (scolmatore 1 e 2) che permettono di deviare la portata di piena, attualmente gravanti sulla città di Olbia, su bacini esterni al centro urbano e un canale scolmatore a cielo aperto (scolmatore 3).

In particolare, lo scolmatore 1 devia la portata di piena dei rii Seligheddu, Pasana e Paule Longa verso sud, nel fiume Padrongianus, che sfocia nell’area ovest del golfo di Olbia lontano dal centro abitato. Lo scolmatore 2, invece, devia le acque del rio Abba Fritta, verso est, nel rio Cabu Abbas, che interessa la zona industriale di Olbia.

Le verifiche idrauliche delle gallerie scolmatrici sono state eseguite tramite software HEC-RAS, programma di modellazione idraulica per fiumi naturali o canali artificiali sviluppato dallo U.S. Army Corps of Engineers, con simulazione a moto permanente e facendo riferimento alle portate di progetto individuate nello studio idrologico.

La procedura di HEC–RAS posta alla base del calcolo in condizioni di moto permanente considera la soluzione di un’equazione energetica unidimensionale, con le perdite di energia valutate in base a fenomeni di attrito, brusche variazioni di sezione e di direzione, singolarità geometriche o bruschi cambiamenti di pendenza del fondo alveo.

Nel caso in cui, pur essendo il moto costante, il profilo di acque superficiali sia rapidamente variabile (ad esempio salti idraulici, presenza di ponti, confluenze, ecc.) il modello applica il principio di conservazione della quantità di moto e, attraverso il bilancio delle spinte totali, è in grado di identificare e localizzare eventuali risalti idraulici.

7.1 Scolmatore Seligheddu-Padrongianus

Lo scolmatore 1 “Seligheddu – Padrongianus” è costituito da 3 sezioni tipologiche:

- una sezione in **galleria artificiale** da realizzare mediante tecnologia Cut&Cover (C&C) **di larghezza 9 m e altezza 7 m** per una lunghezza di sviluppo longitudinale $1.350 + 25 + 20 + 20 + 698 = 2.113$ m
- una sezione in **galleria naturale** (da realizzare con tecnologie tradizionali di scavo e

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

rivestimento, GN) **di medesime dimensioni**, per una lunghezza di sviluppo longitudinale $2.080 + 126 + 639 = 2.845$ m

- una **sezione a cielo aperto** (CA) in corrispondenza, in modo particolare, delle opere di presa sul riu Pasana e sul Rio Paule Longa, per una lunghezza di sviluppo longitudinale $117,50 + 207,50 + 90 = 415$ m

La lunghezza complessiva del canale scolmatore è pari a 5.373 m.

La pendenza longitudinale è pari allo 0,2%. Il dislivello del canale scolmatore dal suo incile presso l'opera di presa Seligheddu fino allo scarico nell'opera di scarico nel riu Padrongianus è pari a circa 10,7 m, a partire dalla quota di talweg al piede dello stramazzo di presa posta a +17,00 m s.m.m.

A valle del canale scolmatore propriamente inteso, avente in ogni suo tratto una sezione corrente 9 x 7 m, si sviluppa un tratto a cielo aperto, a sezione trapezia, facente parte integrante dell'opera di scarico, posta a valle della strada a 4 corsie, Sassari – Olbia, per una lunghezza di 563 m. Lo scolmatore scarica le sue acque nel rio Padrongianus che risulta essere, appunto, il ricettore finale.

La modellazione deve quindi tenere conto, oltre alle portate scolmate alle opere di presa ed alle caratteristiche geometriche e fisiche (es. scabrezza) della galleria, della condizione al contorno di valle data dal livello idraulico generato dal Padrongianus.

7.1.1 Verifiche idrauliche

Per la verifica idraulica dello scolmatore 1 “Seligheddu-Padrongianus” si sono individuati i dati di input che possono sintetizzarsi in:

- Portate di calcolo;
- Geometria della galleria;
- Scabrezze;
- Condizioni al contorno.

7.1.1.1 Portate di calcolo

Lo studio idrologico ha permesso di definire, oltre agli idrogrammi in ingresso alle opere di presa, l'idrogramma allo sbocco della galleria prima dello scarico nel Padrongianus. Tale idrogramma presenta un picco di piena pari a 307,8 m³/s. Tale picco, generato dalle portate scolmate dalle tre opere di presa presenti lungo il tracciato della galleria (Seligheddu, Pasana e Paule Longa), è stato utilizzato come portata di riferimento per la modellazione idraulica della galleria a moto permanente.

Tabella 7.1: Portate cumulate nello scolmatore 1 alle sezioni delle opere di presa.

	Riu Seligheddu	Riu Pasana	Riu Paule Longa	Scarico nel riu Padrongiaus
Portata [m ³ /s]	278,9	289	307,8	307,8

7.1.1.2 Geometria della galleria scolmatrice

Per delineare dimensioni dello scolmatore, si sono assunti i seguenti criteri:

- La quota di fondo allo scarico nel Padrongianus pari a 6,26 m s.m.m;
- La pendenza assegnata alla galleria pari allo 0,2%;
- Deflusso a pelo libero lungo lo sviluppo della galleria.

La geometria della galleria risulta essere rettangolare di dimensioni interne 9 x 7 m. Si riportano di seguito il tracciato planimetrico della galleria ed una sezione rappresentativa.



Figura 7.1 – Tracciato planimetrico dello scolmatore 1.

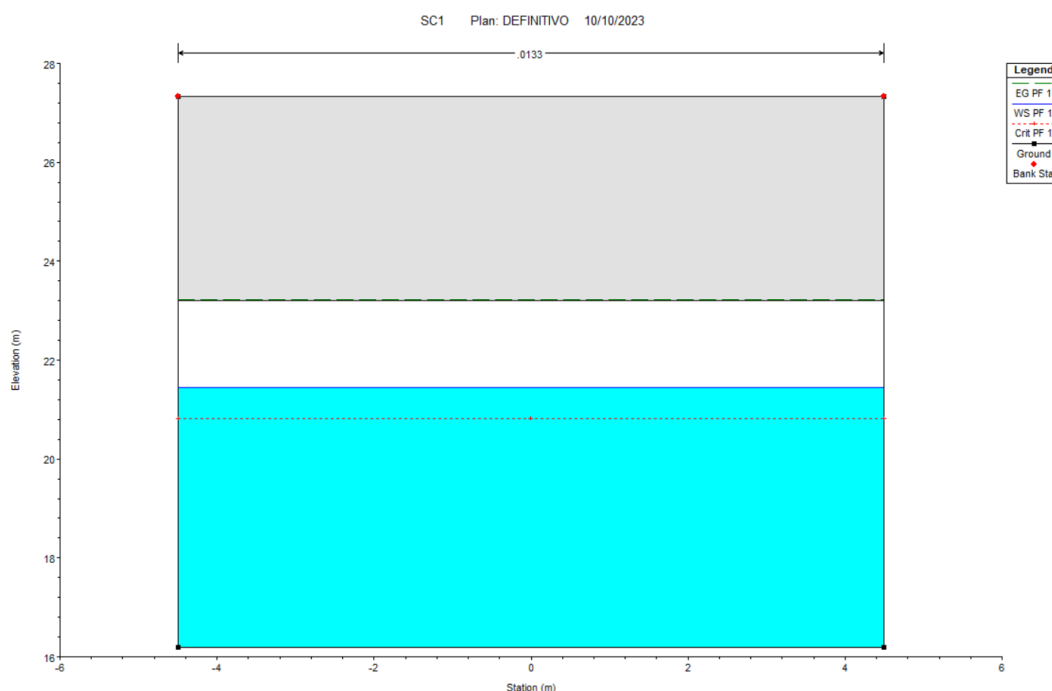


Figura 7.2 – Sezione rettangolare 9x7 m adottata per lo scolmatore 1.

7.1.1.3 Coefficienti di resistenza - Scabrezze

Le sezioni in galleria, sia cut&cover con rivestimento in cls che in galleria naturale in granito tagliato con il filo diamantato, presentano un coefficiente di resistenza pari a $k_s=70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Per l'opera di scarico nel rio Padrongianus con sponde in terra rinverdate, si è utilizzata una scabrezza pari a $k_s=40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

7.1.1.4 Condizioni al contorno

Il modello idraulico in moto permanente necessita della definizione delle condizioni al contorno per il tracciamento dei profili idraulici; in particolare, richiede:

- Condizione al contorno di valle;
- Condizione al contorno di monte.

Per la determinazione della condizione di valle, nel corso del presente progetto è stato

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

sviluppato un modello idraulico di dettaglio del Padrongianus, aggiornando il DTM con risoluzione 1 x 1 m fornito dal Comune di Olbia nel 2020, che non rilevava in modo accurato il fondo alveo, con le nuove sezioni da rilievo topografico del 2023 effettuato in occasione del presente progetto (Figura 7.3).

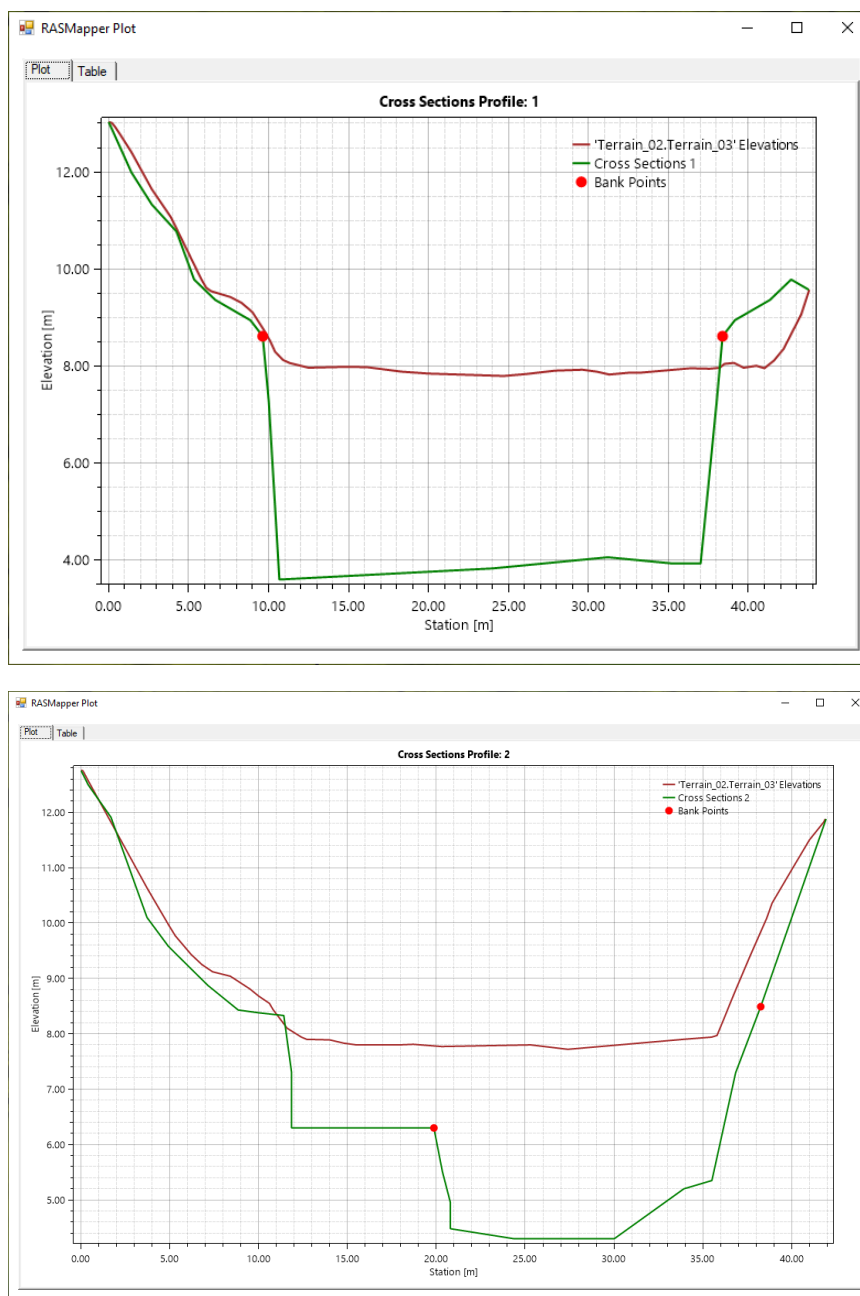
Vista l'importanza delle quote di valle alla sezione di scarico del canale scolmatore, è stato allestito un modello idraulico molto dettagliato.

A tale proposito il rilievo topo-batimetrico di dettaglio delle sezioni del riu Padrongianus ha evidenziato una quota di talweg più bassa di quanto indicato sommariamente nel DTM generale di tutto il territorio comunale.

Si può vedere da Figura 7.4 come le sezioni da rilievo topografico abbiano rilevato in particolare una quota di talweg di 2-3 metri inferiore rispetto al DTM 2020.



Figura 7.3 - Localizzazione delle sezioni topografiche rilevate nel 2023. In rosso indicato il tracciato dell'opera di scarico della galleria scolmatrice.



Raggruppamento temporaneo di progettisti:

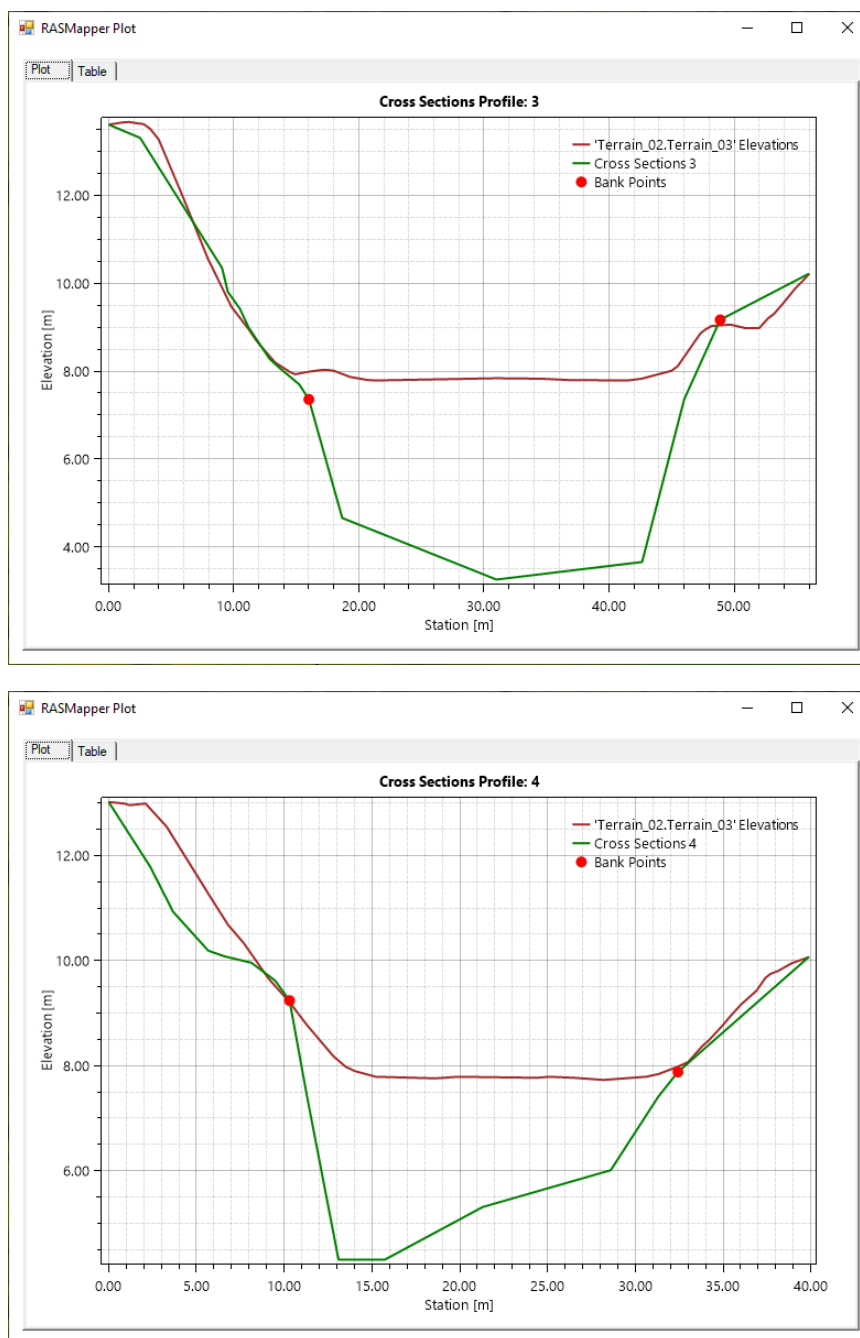


Figura 7.4 - Sezioni topografiche rilevato nel 2023 (verde) messe a confronto con sezioni da DTM 2020 del Comune di Olbia (marrone).

Il restante tratto di fiume, non sottoposto a rilievo topo-batimetrico, è stato definito utilizzando i dati altimetrici del fondo alveo riportati nel PSFF. Un estratto del rilievo così ottenuto si può vedere in Figura 7.5.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

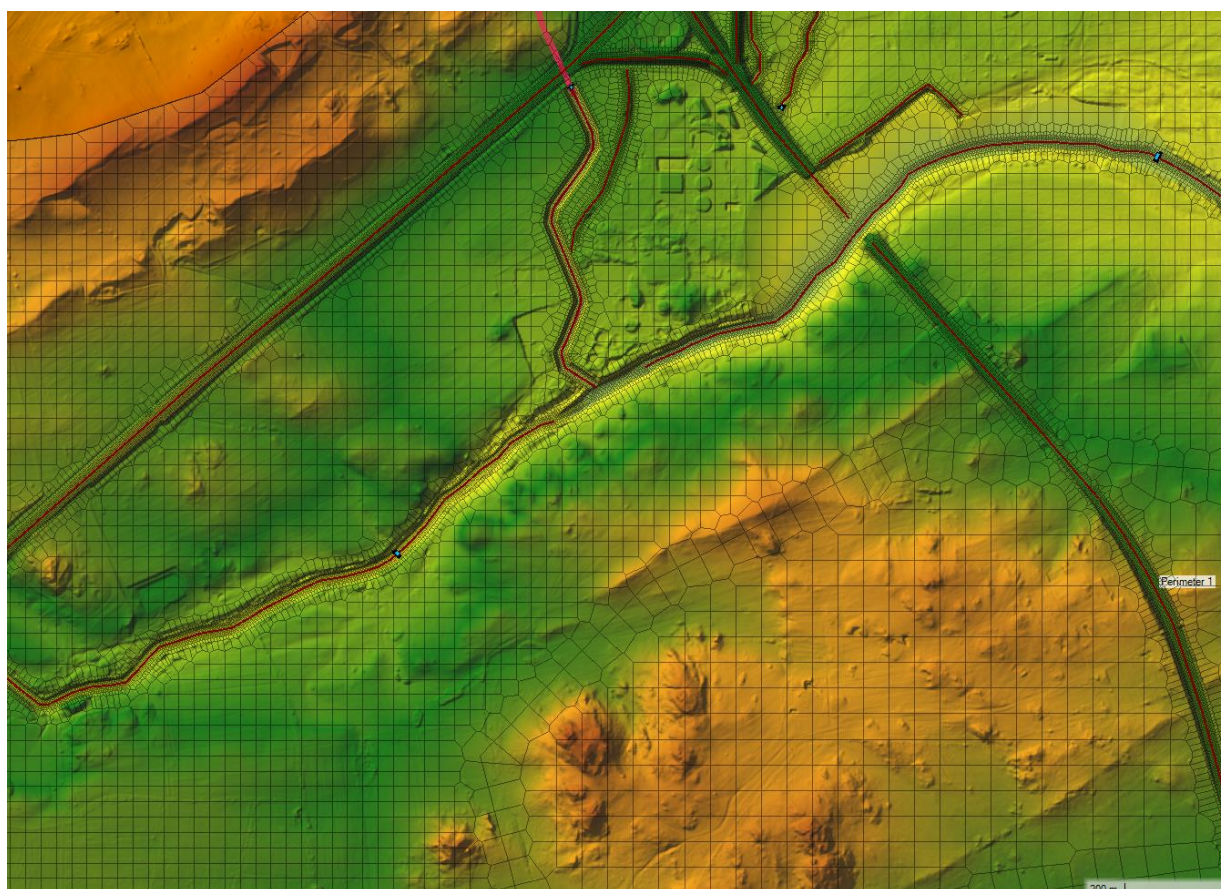


Figura 7.5 – Estratto nei pressi dell'opera di scarico del modello 2D di dettaglio sviluppato di HEC-RAS.

Tramite simulazione in HEC-RAS 2d (utilizzando il modello già allestito per la redazione della Variante Generale al PAI 2022-2023 ma dettagliato nelle quote topografiche secondo quanto prima descritto) è stato possibile ricavare i livelli nell'intorno dello sbocco dell'opera di scarico della galleria nel Padrongianus così da ottenere le condizioni al contorno di valle dello scolmatore. Le condizioni al contorno di monte del modello idraulico sono le portate generate dal modello idrologico HEC-HMS descritto in Relazione Idrologica al capitolo 2.3. Come più estesamente descritto nella relazione idrologica, sono stati valutati 3 scenari di scarico, in ragione della possibile distribuzione spazio-temporale dell'evento meteorico di progetto.

Tali scenari (1, 2 e 3) assumono una durata (e quindi una intensità di pioggia) pari alla durata critica del bacino del riu Seligheddu ma con diversi coefficienti di ragguaglio per

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

tenere conto della diversa estensione dei bacini. Tali diverse assunzioni producono 3 differenti idrogrammi per ciascuno dei 2 corsi d'acqua.

Lo scenario 2 è quello che massimizza la portata nel canale scolmatore, ovvero nel bacino del riu Seligheddu (cfr. Relazione idrologica).

Con riferimento allo scenario di progetto (cfr. capitolo 4.4 della Relazione Idrologica, scenario 2):

- il colmo della portata TR200 del Padrongianus a monte della sezione dello scarico è pari a 1.565 m³/s
- Il picco dell'idrogramma della galleria scolmatrice allo sbocco in Padrongianus, pari a 307,8 m³/s, si genera dopo 115 minuti
- Il colmo di portata del riu Padrongianus a valle della sezione di scarico è pari a 1.816 m³/s.

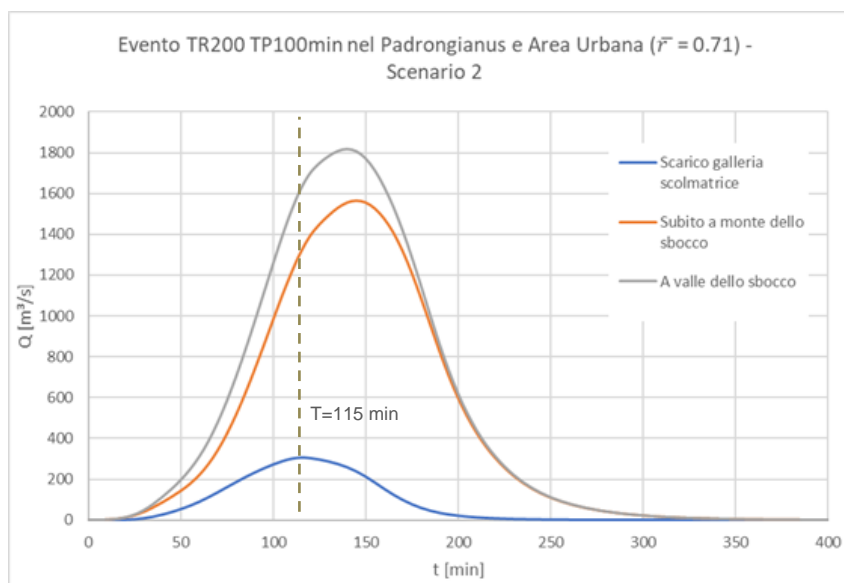


Figura 7.6 – Scenario di progetto. Portate della galleria scolmatrice e del Padrongianus a monte e a valle dello scarico.

Per $t=115$ min, il livello nel Padrongianus a monte dell'opera di scarico risulta pari a 13,18 m s.m.m. mentre a valle dello scarico è pari a 12,92 m s.l.m. Allo sbocco del canale di scarico, invece, il livello è stato assunto pari a 13,00 m s.m.m. Tale livello costituisce la condizione al contorno di valle del modello 1D di verifica della galleria scolmatrice (cfr. par

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

7.1.1.5).

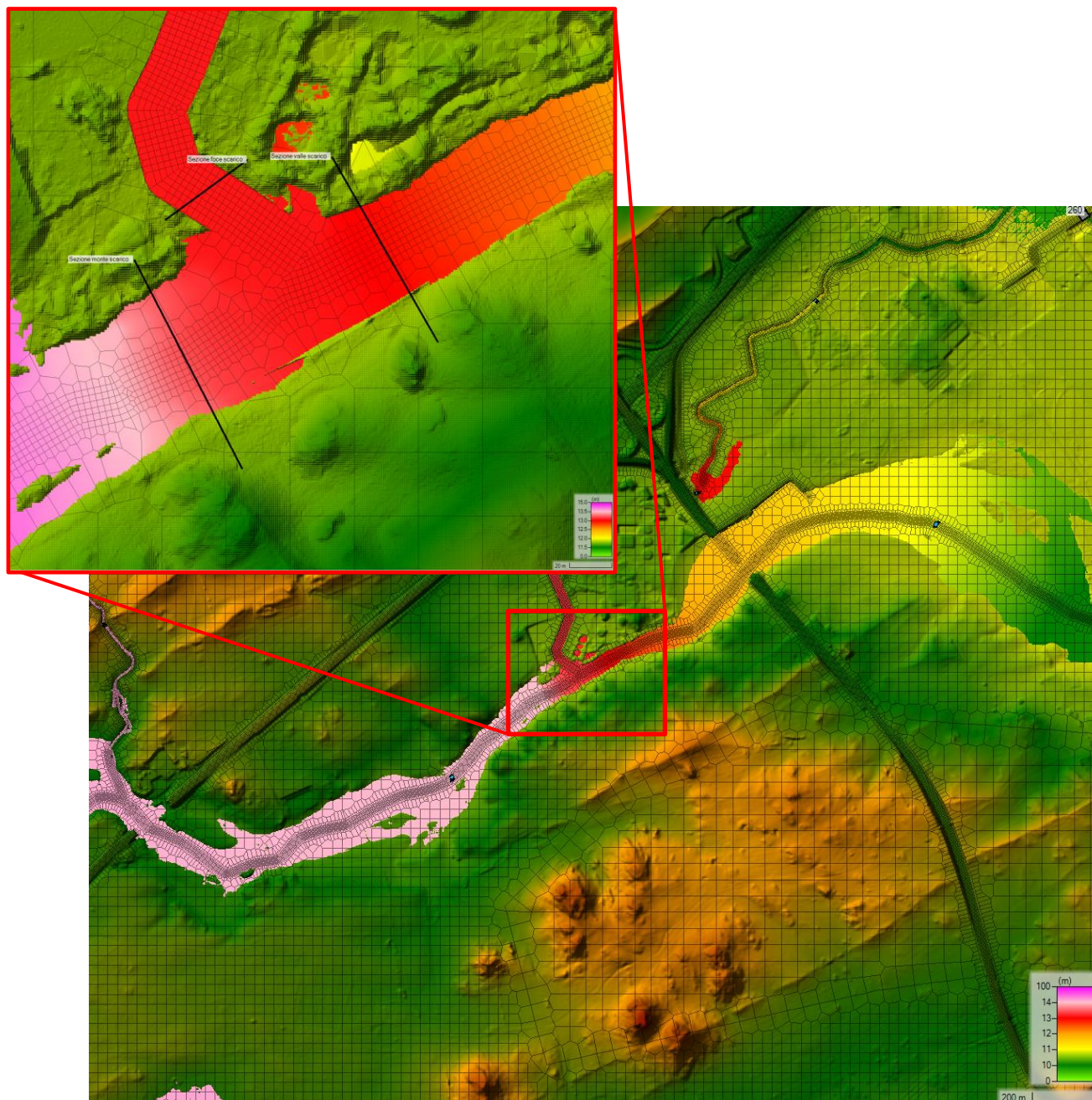


Figura 7.7 - Livelli nel Padrongianus nelle 3 sezioni di riferimento. Scenario 2-TR200-Tp100min-t=115 min.

In Tabella 7.II sono riassunti i livelli che si instaurano su varie sezioni del Padrongianus dopo 115 minuti dall'inizio dell'evento; ovvero quando lo scolmatore 1 scarica il suo picco di piena. L'ubicazione delle sezioni è indicata in Figura 7.8.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Tabella 7.II – Tabella riassuntiva dei livelli nelle varie sezioni in corrispondenza del picco dell'idrogramma dalla galleria scolmatrice $t=115$ minuti.

Sezione	h [m s.l.m.]
A monte dello scarico in Padrongianus	13.18
A valle dello scarico in Padrongianus	12.92
Alla foce dell'opera di scarico	13.00
Sezione_v_1	11.42
Sezione_v_2	10.98
Sezione_v_3	10.40

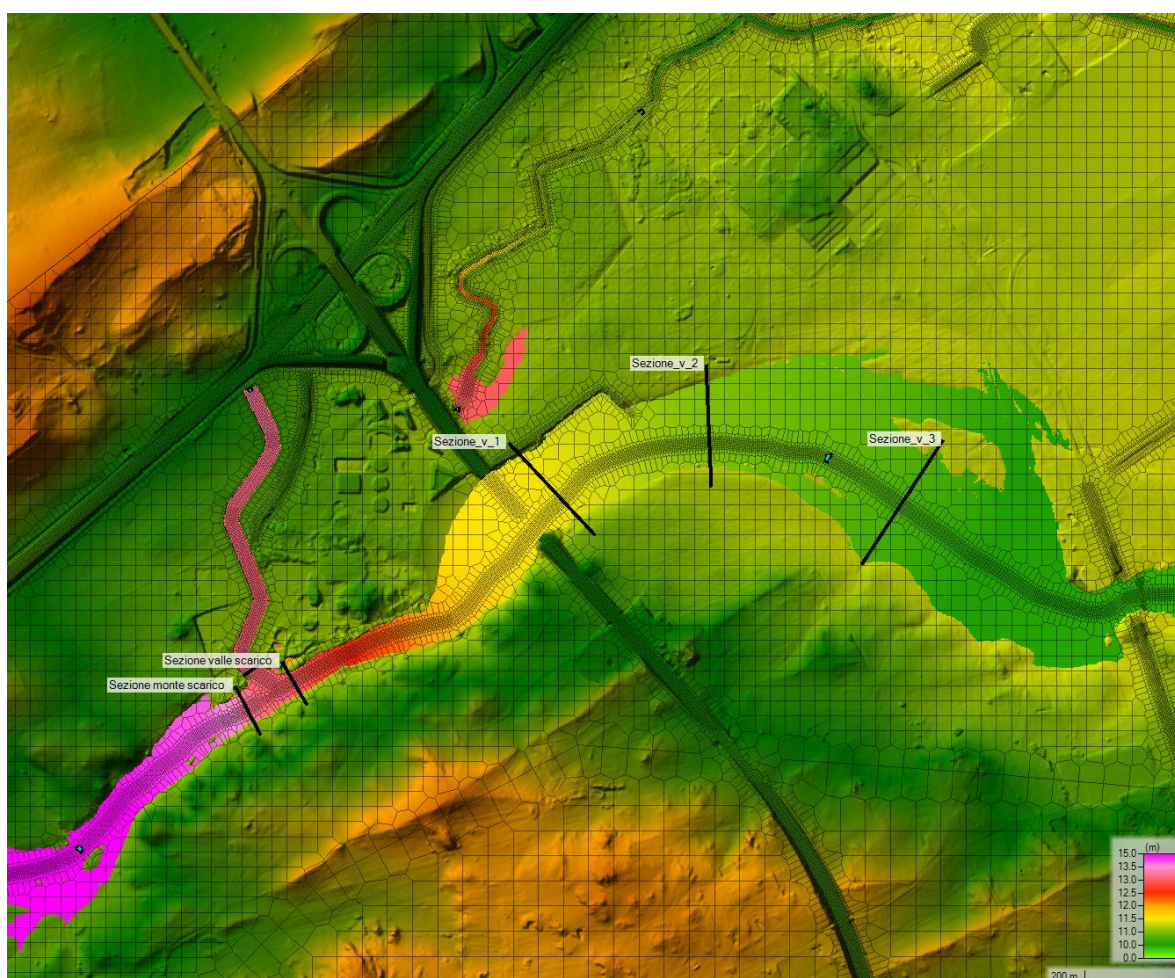


Figura 7.8 – Inquadramento delle sezioni di interesse.

Per quanto riguarda, invece, il livello massimo TR200 del Padrongianus a valle della sezione di scarico della galleria, il calcolo fornisce il valore di 13,67 m s.m.m. (scenario 2). Per inciso, il calcolo per lo scenario 3, in cui la portata alla sezione di valle del Padrongianus è circa 40 m³/s più elevata, conduce ad un livello di 8 cm superiore, pari cioè a 13,75 m s.m.m (vedi Figura 7.9). I campi di moto e le aree allagate sono le stesse nei due scenari.

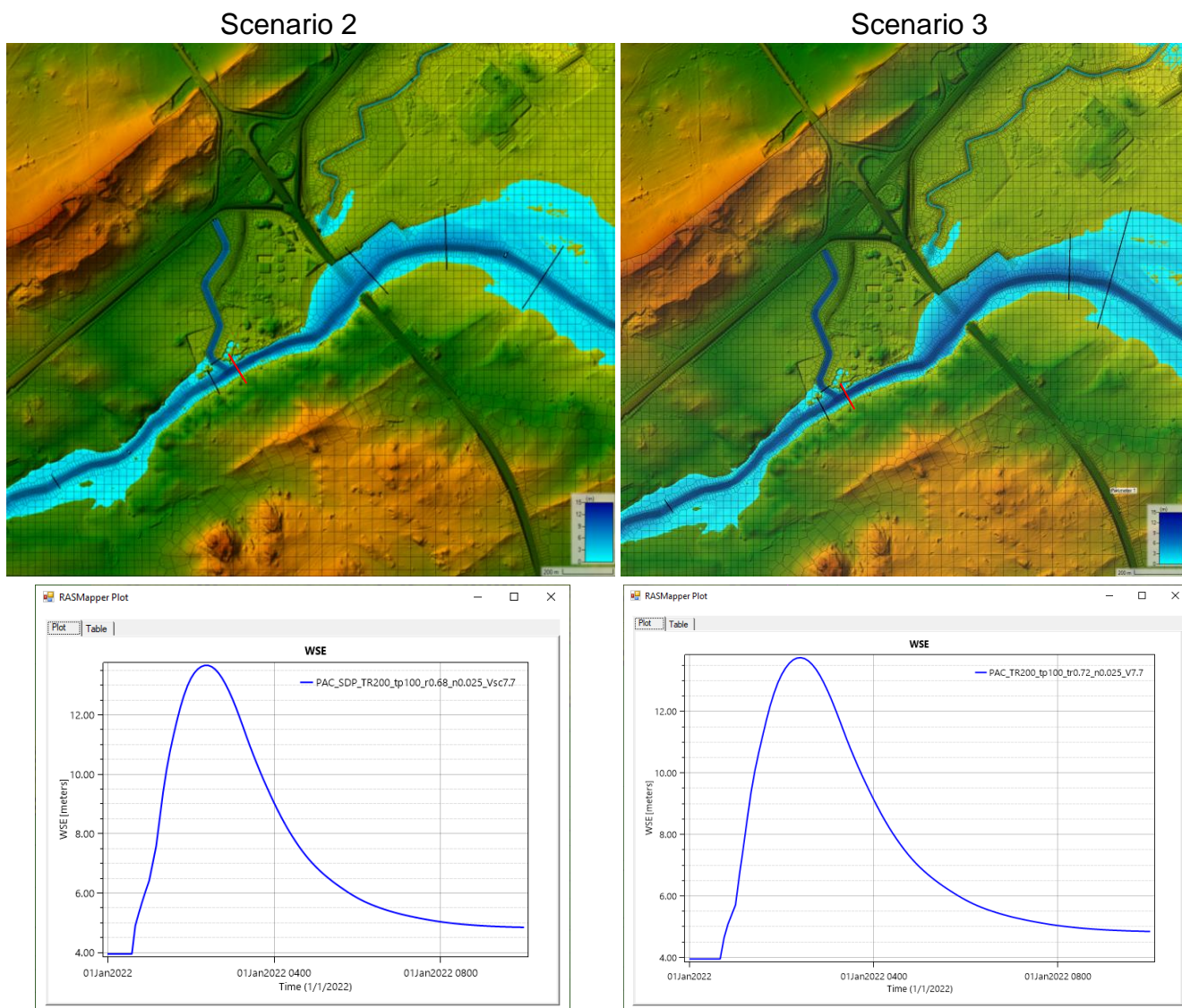


Figura 7.9 – Confronto delle mappe di inviluppo dei massimi tiranti e dei livelli nella sezione subito a valle dello sbocco in Padrongianus.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Per la condizione di monte si è assunta la condizione di tirante critico sullo stramazzo di presa.

7.1.1.5 Profilo a moto permanente

Con l'utilizzo del modello HEC-RAS è stato implementato il profilo a moto permanente che s'instaura nello scolmatore 1.

Si riporta di seguito il risultato della simulazione.

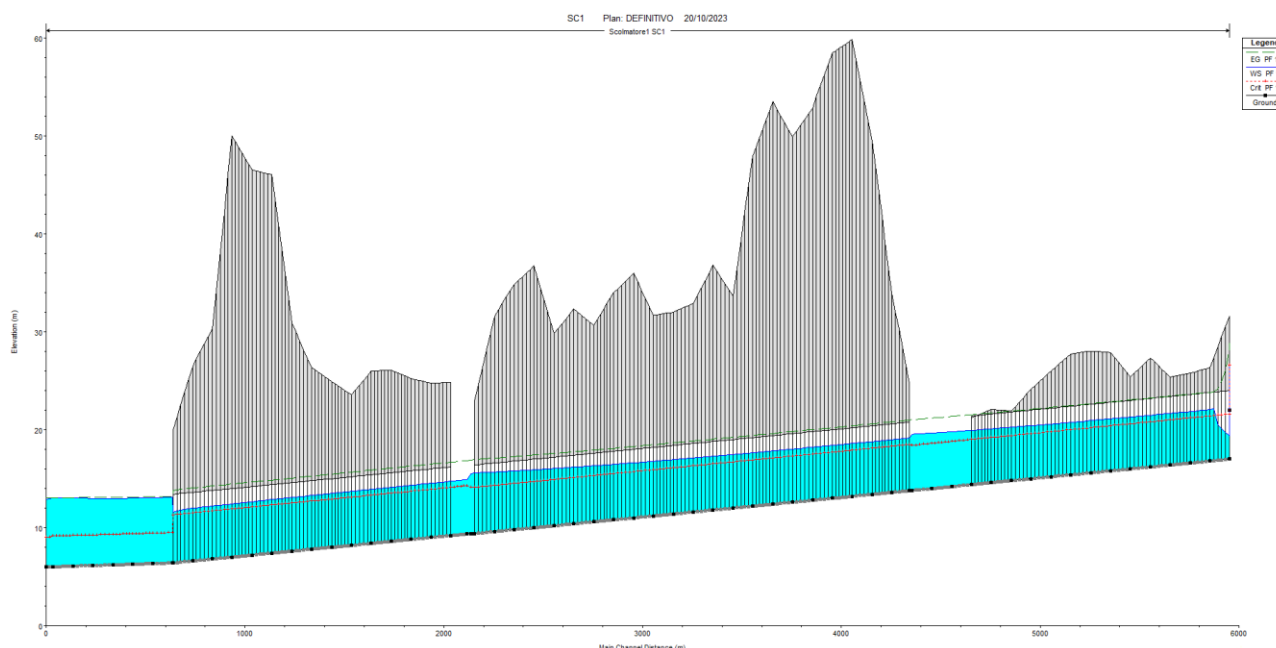


Figura 7.10 – Profilo a moto permanente. I tratti a cielo aperto, da monte verso valle, individuano la localizzazione delle opere di presa Pasana e Paule Longa.

Il profilo idrometrico è contenuto all'interno della sezione della galleria, a pelo libero, con franco di 1 m in ogni sezione.

Si ricordi che il canale scolmatore NON è un corso d'acqua né un elemento del reticolo idrografico per il quale perciò non valgono le norme delle NTA del PAI circa i franchi.

Allo sbocco nell'area di scarico presso il riu Padrongianus, la corrente in uscita dalla galleria scolmatrice, subisce un brusco allargamento di sezione con perdita di borda ed il passaggio in corrente critica con formazione, appena all'uscita della galleria, di un ampio

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

risalto idraulico.

Inoltre, il profilo presenta anche nel suo tratto di monte un risalto idraulico contenuto all'interno della vasca di dissipazione posta a valle dell'opera di presa del Seligheddu.

A valle di questo, si instaura una corrente lenta ($Fr < 1$) che, in prossimità delle opere di presa Pasana e Paule longa vede un aumento del tirante (e del tirante critico) dovuto alle immissioni di portata date dalle opere di presa.

Allo sbocco dello scolmatore, l'allargamento di sezione dato dall'opera di scarico nel Padrongianus permette il passaggio della corrente attraverso lo stato critico (sezione di controllo) per poi attestarsi alla quota della condizione al contorno data dal livello del riu Padrongianus.

7.2 Scolmatore 2 Abba Fritta-Cabu Abbas

Lo scolmatore 2 “Abba Fritta – Cabu Abbas” è costituito da 3 sezioni tipologiche:

- Una sezione in **galleria artificiale** di larghezza 6 m e altezza 4 m per una lunghezza di sviluppo longitudinale $270 + 60 + 30 = 360$ m;
- Una sezione in **galleria naturale** di medesime dimensioni, per una lunghezza di sviluppo longitudinale **1.000 m**;
- Una sezione a **cielo aperto** di sviluppo longitudinale $330 + 440 = 770$ m.

La lunghezza complessiva del canale scolmatore è pari a 2.130 m.

La pendenza longitudinale è pari allo 0,3%.

I tratti previsti con realizzazione mediante tecnologia cut&cover presentano la sezione tipologica riportata di seguito. Si tratta di una sezione con misure interne 6 x 4 m, realizzata in calcestruzzo armato, previo scavo e successivo ricoprimento. Frequentemente la sezione viene realizzata su un substrato roccioso integro di granito che ha capacità di autosostegno.

Lo scolmatore scarica le sue acque nel rio Cabu Abbas che risulta essere, appunto, il ricettore finale.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

La modellazione deve quindi tenere conto, oltre alla portata scolmata all’opera di presa ed alle caratteristiche geometriche e fisiche (es. scabrezza) della galleria, della condizione al contorno di valle data dal livello idraulico generato dal Cabu Abbas.

7.2.1 Verifiche idrauliche

Per la verifica idraulica dello scolmatore 2 “Abba Fritta-Cabu Abbas” si sono individuati i dati di input che possono sintetizzarsi in:

- Portate di calcolo;
- Geometria della galleria;
- Scabrezze;
- Condizioni al contorno.

7.2.1.1 Portate di calcolo

Lo studio idrologico ha permesso di definire l’idrogramma in ingresso all’opera di presa dell’Abba Fritta e, sulla base della scomposizione delle portate all’opera stessa, l’idrogramma allo sbocco della galleria prima dello scarico nel Cabu Abbas. Tale idrogramma presenta un picco di piena pari a 40 m³/s utilizzato come portata di riferimento per la modellazione idraulica della galleria a moto permanente.

Tabella 7.III - Portata di picco nello scolmatore 2 Abba Fritta-Cabu Abbas.

	Abba Fritta	Scarico
Portata [m ³ /s]	40	40

7.2.1.2 Geometria della galleria

Per delineare le dimensioni dello scolmatore, si sono assunti i seguenti criteri:

- La quota di fondo allo scarico nel riu Cabu Abbas pari a 23,79 m s.m.m.;
- La pendenza assegnata alla galleria pari allo 0,3%;

- Deflusso a pelo libero lungo lo sviluppo della galleria.

La geometria della galleria risulta essere rettangolare di dimensioni interne 6 x 4 m. La sezione, data la portata in ingresso e la pendenza, potrebbe essere ridotta ma, per motivi costruttivi di movimentazione dei mezzi all'interno della galleria naturale, non è stato possibile prevederne la riduzione. Si riportano di seguito il tracciato planimetrico della galleria ed una sezione rappresentativa.

Un'altra tipologia di sezione dello scolmatore 2 è quella a cielo aperto per la quale è prevista una sezione trapezia con sponde 3:2, inerbite, applicata ai tratti iniziale e finale dello scolmatore.



Figura 7.11 – Tracciato planimetrico dello scolmatore 2

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

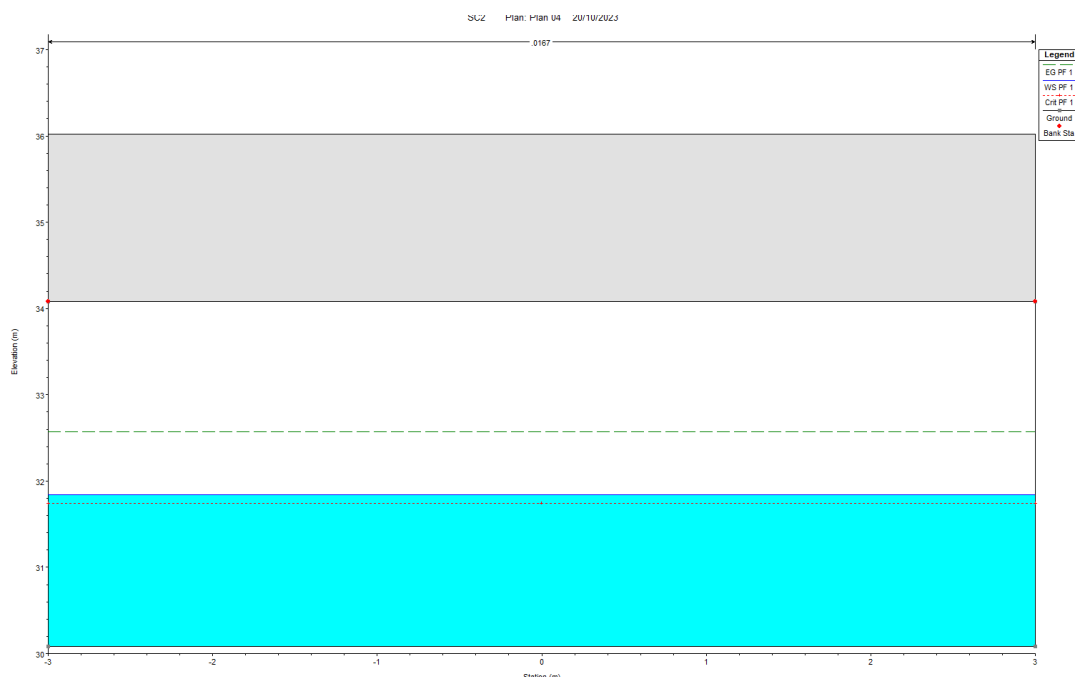


Figura 7.12 – Sezione rettangolare 6 x 4 m adottata per lo scolmatore 2

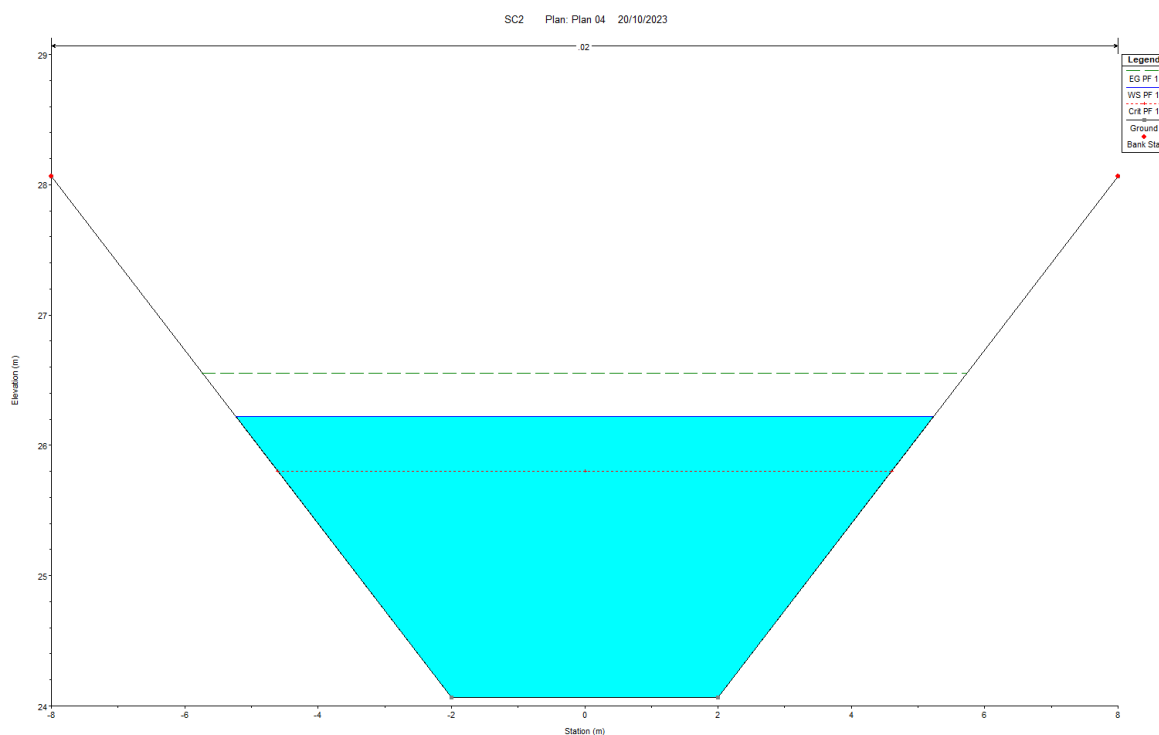


Figura 7.13 – Sezione trapezia a cielo aperto adottata per lo scolmatore 2

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

7.2.1.3 Coefficienti di resistenza - Scabrezze

Le sezioni in galleria, sia cut&cover con rivestimento in cls che in galleria naturale in granito tagliato con il filo diamantato, presentano un coefficiente di resistenza pari a $k_s=70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Per i canali a cielo aperto si è assegnata una scabrezza di $k_s=40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

7.2.1.4 Condizioni al contorno

Il modello idraulico in moto permanente necessita della definizione delle condizioni al contorno per il tracciamento dei profili idraulici; in particolare, richiede:

- Condizione al contorno di valle;
- Condizione al contorno di monte.

Per la condizione di valle, dal modello idraulico del Rio Cabu Abbas descritto nella relazione relativa alla modellazione 1D, si è determinato il tirante alla sezione di scarico dello scolmatore quando lo stesso scarica la portata di picco ($40 \text{ m}^3/\text{s}$). Tale tirante, come raffigurato nella seguente figura, risulta essere pari a 24 m slm (lo scarico del picco di piena dallo scolmatore avviene, all'incirca, quando si ha il massimo tirante nel rio Cabu Abbas).

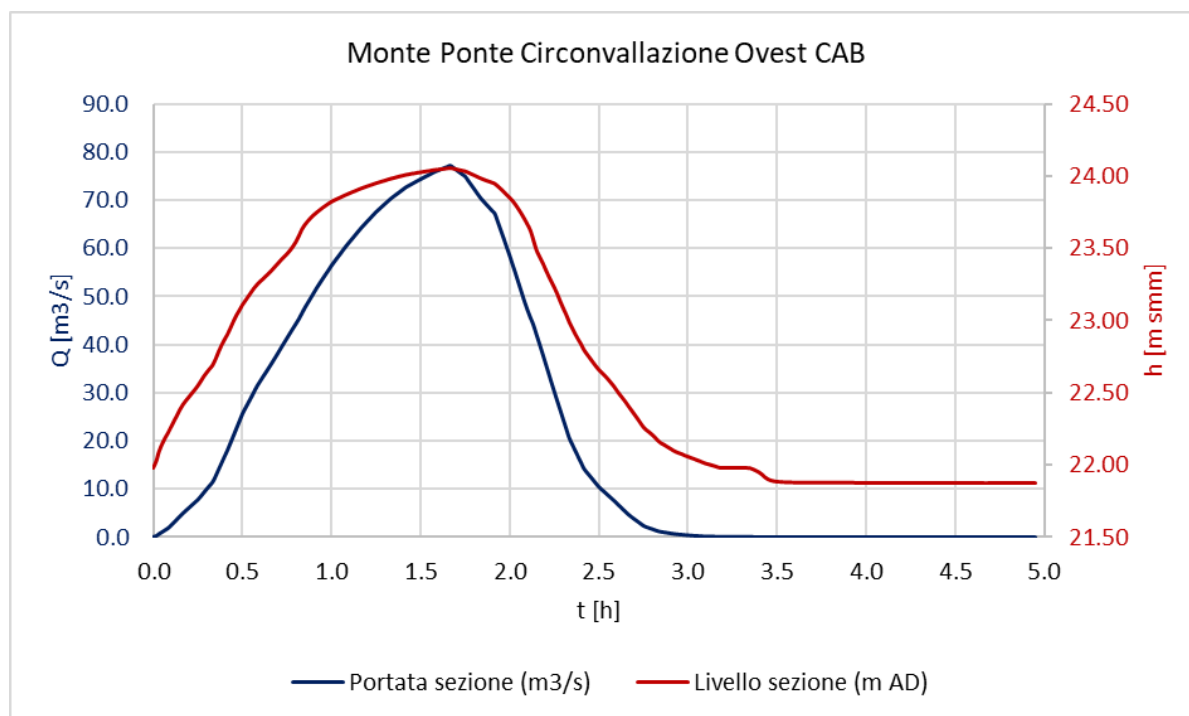


Figura 7.14 – Portata e tirante nel rio Cabu Abbas nella sezione di scarico dello scolmatore 2

Per la condizione di monte, invece, si è assunta la condizione di corrente critica, dal momento che l'opera di presa presenta una soglia per permettere lo sfioro della portata da derivare, che è assunta come sezione di controllo.

7.2.1.5 Profilo a moto permanente

Con l'utilizzo del modello HEC-RAS è stato implementato il profilo a moto permanente che s'instaura nello scolmatore.

Si riporta di seguito il risultato della simulazione.

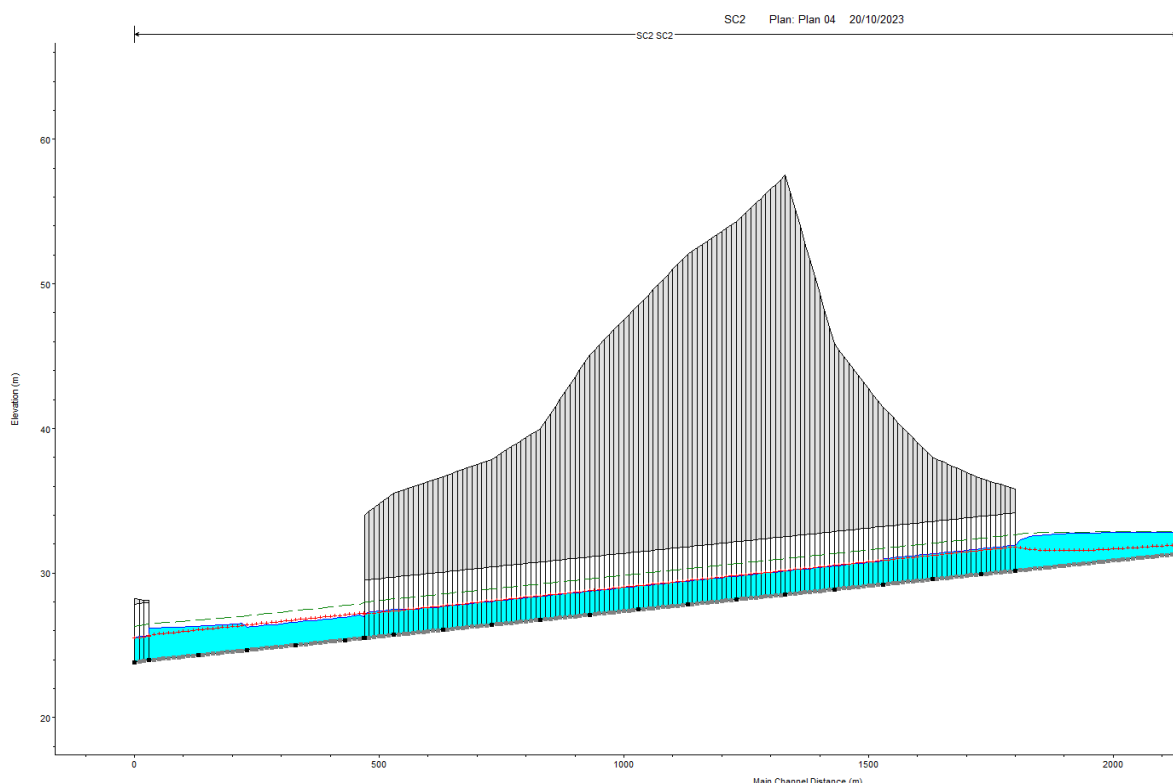


Figura 7.15 – Profilo a moto permanente. Il tratto centrale, in galleria, risulta essere composto da un tratto in cut&cover (iniziale e finale) ed un tratto in galleria naturale (centrale) sotto la zona Sa Minda Noa.

Il profilo idrometrico è contenuto all'interno della sezione della galleria, a pelo libero, con franco di 1 m in ogni sezione. La galleria contiene in modo abbondante i livelli e potrebbe essere anche di sezione inferiore ma, per motivi costruttivi, è apparso conveniente adottare una sezione che consentisse l'agevole movimentazione dei mezzi d'opera in fase di costruzione.

Nel tratto iniziale, si ha un profilo rigurgitato (che, però, non rigurgita l'opera di presa) dato dalla variazione regolare della sezione. Infatti, lo sfioro dell'opera di presa risulta pari a 22 m. Tale larghezza caratterizza la sezione appena a valle dello sfioro che, gradualmente, proseguendo lungo l'asse dello scolmatore, tende alla larghezza della sezione di progetto pari a 6 m. In galleria, si instaura una corrente lenta, prossima alla critica, sino alla sezione finale dove, al fine di garantire l'attraversamento di via Birmania, è previsto uno scatolare di dimensioni 6 x 4 m. Tale restringimento comporta un aumento del tirante a monte che, comunque, rispetta i franchi.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

8 OPERE DI ATTRAVERSAMENTO

Per i tratti di intervento si riporta la lista dei ponti specificando se sono adeguati, da demolire e ricostruire, da demolire e non ricostruire o di nuova realizzazione. Il criterio utilizzato per la classificazione è indicato paragrafo 4.7.

8.1 Attraversamenti mantenuti nello stato attuale

Si riporta di seguito una tabella delle opere di attraversamento per le quali l'intradosso esistente è compatibile con il massimo livello di piena duecentennale, nello scenario di progetto.

Con SDF si indica lo Stato di Fatto, con SDP si indica invece lo Stato di Progetto.

Tabella 8.1 – Confronto i livelli di piena TR200 e le quote di intradosso delle opere di attraversamento.

RIO	NOME PONTE	INTRADOSSO ESISTENTE [m smm]	MAX LIVELLO IDRICO [m smm]	FONDO SDP [m smm]	SEZIONE TIPO SDP
SEL	3 VENEZIE	4,39	3,01	SDF	rettangolare b=16 m
SEL	VITTORIO VENETO	12,37	9,23	SDF	SDF
SEL	SATURNO	15,26	14,16	SDF	SDF
SEL	STRADA PANORAMICA OLBIA	>>15,67	15,67	SDF	SDF
SEL	VIA STICADDU	20,2	18,03	SDF	SDF
SEL	VIA SELIGHEDDU	20,92	19,33	SDF	SDF
SNI	VIA MONTE SAN MICHELI/FERRINI	4,48	4,46	SDF	SDF
SNI	VIA PETTA	9,1	7,34	SDF	SDF
ZOZ	VIA D'ANNUNZIO	1,2	1,01	-2 (-0,94 m rispetto SDF)	mista scarpa in dx b=17 m
ZOZ	VIA SAVONA	1,4	1,15	-2 (-0,83 m rispetto SDF)	sezione trapezia scarpe 3:2 b= 5,5m

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

RIO	NOME PONTE	INTRADOSSO ESISTENTE [m smm]	MAX LIVELLO IDRICO [m smm]	FONDO SDP [m smm]	SEZIONE TIPO SDP
ZOZ	PASSERELLA PASSEGGIATA SOS	1,66	1,34	-2 (-1,12 m rispetto SDF)	sezione trapezia scarpe 3:2 b= 5,5m
ZOZ	PASSERELLA PASSEGGIATA SOS	2	1,54	SDF	SDF
ZOZ	VIA F. NOCE CROCE BIANCA	1,8	1,68	SDF	SDF
ZOZ DIV	VIA PETTA-GALVANI	1,9	1,75	SDF	SDF
GAD	VIA BARCELLONA	11,67	9,36	7,37 (-1,29 m rispetto SDF)	SDF
CAB	CIRCONVALLAZIONE OVEST	31	23,91	SDF	SDF
CAB	VIA ANGOLA/GABON	21,79	20,21	SDF	SDF
CAB	VIA ISRAELE	19,26	17,39	SDF	SDF
CAB	VIA COREA	12,7	9,64	6,52 (- 0,55 m rispetto SDF)	sezione composta
CAB	VIALE ITALIA SP82	6,64	5,02	SDF	SDF

8.2 Nuovi attraversamenti

Per i ponti di nuova realizzazione, dunque, sono state seguite le indicazioni dell'art. 21 delle NTA PAI per le opere di attraversamento trasversale. Tra queste quelle relative al franco calcolato, per velocità medie della corrente inferiori a 8 m/s, come massimo tra:

- 7) $0,7v^2/2g$, dove v indica la velocità media della corrente;
- 8) il valore minimo del franco idraulico come definito dalle Norme tecniche per le costruzioni (NTC) di cui all'art. 52 del D.P.R. n. 380/2001 e delle relative circolari applicative;
- 9) $0,87\sqrt{y+\alpha y'}$ dove y è la profondità media della sezione contribuente al deflusso, y' è l'altezza della corrente areata e α un coefficiente che varia linearmente tra 0 e 1 quando la velocità varia tra 5 m/s e 15 m/s, con le limitazioni che il valore $0,87\sqrt{y}$ sarà assunto al massimo pari a 1,5 e y' viene assunto pari a 2 metri o alla

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

profondità media y , se questa risulta minore di 2.

Il valore minimo del franco definito dalle NTC 2018 è pari a 1.5 m; di fatto, considerando le velocità e le profondità medie nei nostri tratti di studio, il criterio 2) risulta essere il massimo tra i tre criteri. In particolare, il criterio 1) sarebbe più vincolante per velocità medie $v > 6.5$ m/s; il criterio 3) sarebbe più vincolante per velocità medie $v > 5$ m/s e profondità medie $y > 3$ m. Tali condizioni non si verificano in prossimità dei ponti di nuova realizzazione, pertanto, il valore del franco è stato assunto maggiore o uguale a 1.5 m secondo il criterio 2).

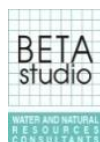
Per i tratti di intervento si riporta la lista dei ponti di nuova costruzione specificando se sono da demolire e ricostruire, da demolire e non ricostruire o di nuova realizzazione.

Rio/opera	Via	Portata [m³/s]	Tipologia di attività			Compatibilità idraulica			
			Demolizione	Ricostruzione	Nuova costruzione	Quota fondo	Quota max tirante	Quota intradosso	Franco
						[m s.m.m.]	[m s.m.m.]	[m s.m.m.]	[m]
Ua Niedda	via Raica	61,87	X	X		49,41	51,31	52,91	1,60
	via Monte a Telti	61,53		X		46,40	48,51	50,11	1,60
	SS 127	70,96	X	X		36,03	37,65	39,25	1,60
	via Padrumannu	76,97	X	X		32,16	34,65	36,25	1,60
	via Li Caprioni	76,97	X	X		31,77	33,61	35,21	1,60
	Strada laterale SS127	85,19	X	X		29,78	31,02	32,62	1,60
	via del Nuraghe (2)	149,04	X	X		27,53	29,60	31,20	1,60
	via del Nuraghe (1)	85,19	X	X		27,53	29,60	31,20	1,60
Seligheddu	via Roma	176,99	X	X		-2,00	1,00	3,73	2,73
Gadduresu	via S. Elena	37,23		X		12,31	13,91	15,68	1,77
	via S. Chiara	37,92		X		11,10	13,25	15,60	2,35
	via S. Michele	37,92	X	X		10,93	12,89	15,04	2,15

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Rio/opera	Via	Portata [m³/s]	Tipologia di attività			Compatibilità idraulica			
			Demolizione	Ricostruzione	Nuova costruzione	Quota fondo	Quota max tirante	Quota intradosso	Franco
						[m s.m.m.]	[m s.m.m.]	[m s.m.m.]	[m]
	via S. Monica	37,92	X	X		10,70	12,32	15,20	2,88
	via S. Siro	82,9		X		6,93	9,30	10,93	1,63
	via Archimede	84,4	X	X		6,00	8,50	10,10	1,60
Deviatore SNI-ZOZ	via San Michele	41,57	X	X		21,35	22,74	24,85	2,11
	Attraversamento tangenziale	41,57	X	X		16,81	18,54	20,31	1,77
	via San Guido	43,93	X	X		12,01	13,70	15,51	1,81
Zozò valle	via Galvani	33,01	X			-	-	-	-
Abba Fritta	via Nervi	46,38	X	X		10,19	11,76	13,34	1,58
San Nicola	via Spensatello	-	X			-	-	-	-
	Passerella Fausto Noce	114,27	X	X		-2,00	1,37	2,97	1,60
	via D'Annunzio	114,96	X	X		-2,00	1,06	2,60	1,54
Deviatore ZOZ-GAD	via Barcellona	44,26			X	8,17	9,66	11,67	2,01
Deviatore GAD-SEL	via Newton	89,89			X	5,61	8,16	9,66	1,50
	SS127	89,62			X	4,65	7,04	8,65	1,61
Deviatore PLT-SEL	FFSS	13,38	X	X		3,22	4,35	6,22	1,87
Cabu Abbas	via Libia	106,73	X	X		2,01	5,29	6,89	1,60
	via Indonesia	117,02	X	X		0,11	3,86	5,46	1,60

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

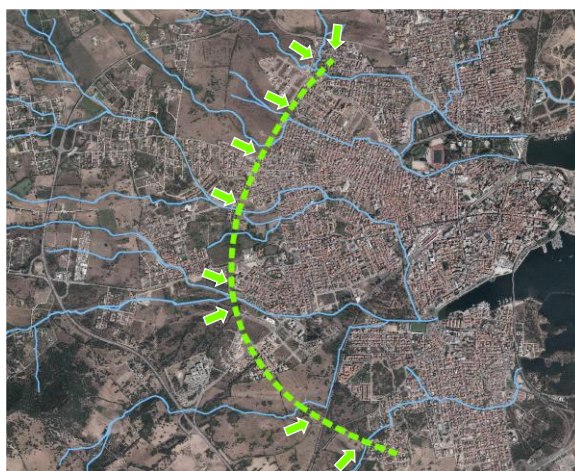


9 CONCLUSIONI

L'insieme degli interventi descritti nei capitoli/paragrafi precedenti produce importanti benefici sia a livello di area urbana sia a livello di singola asta fluviale. Lo scenario di riferimento è quello $Tr=200$ anni.

Per effetto degli scolmatori e deviatori di progetto, si ha infatti:

- a) la riduzione delle **portate cumulate in ingresso alla città** che passano **da circa 569 m³/s a circa 242 m³/s** rispettivamente nello stato di fatto e di progetto. Questo fattore esprime la misura delle opere di ricalibratura "residue" nell'area urbana per convogliare nelle singole aste le massime portate attese. La pericolosità idraulica di un'area urbana nel suo complesso dipende dalla sicurezza idraulica di tutte le aste fluviali che la attraversano (esondazioni, salti di bacino, etc...); basti considerare che anche le **portate cumulate alle foci** dei macrobacini in città (Tilibbas, San Nicola, Zozò, Gadduresu, Seligheddu e Paule Longa) si riducono di circa il 50% passando **da 630,6 m³/s a circa 337,8 m³/s**.



TR200 Tp100 min	SDF	SDP
	Q [m ³ /s]	Q [m ³ /s]
San Nicola in ingresso alla città	170	111
Zozò in ingresso alla città	6	5
Gadduresu in ingresso alla città	48	6
Seligheddu in ingresso alla città	314	107
Paule Longa in ingresso alla città	31	14
Portata totale in ingresso alla città	569	242

Figura 9.1 – **Portate in ingresso** alla città (alla sezione di gronda indicata in verde in figura). SDF e SDP indicano rispettivamente lo stato di fatto e di progetto.

- b) la riduzione generalizzata delle portate massime di ciascuna asta fluviale. Non c'è infatti corso d'acqua in città che non veda drasticamente ridotta la portata massima. Il valore medio della riduzione è dell'ordine del 60%. Solo il rio San Nicola non vede riduzioni, per la necessità di sobbarcarsi parte della portata che

oggi viene immessa nel diversivo san Nicola – Zozò che però va a sovraccaricare il tratto di foce del canale Zozò, oltre la sua capacità di portata;

Tabella 9.1 – Confronto allo stato di fatto e di progetto della portata di picco in sezioni significative dell'Area Urbana di intervento (portate del modello 1D).

TR200 Tp100 min	SDF	SDP	Variazione
	Q [m³/s]	Q [m³/s]	%
Foce del rio Paule Longa	30,5	12	circa –62%
Sbocco del rio Tannaule nel Seligheddu	~22	~2*	circa – 90%
Sbocco del rio Pasana nel Seligheddu	~24	~6	circa – 73%
Foce del rio Seligheddu a mare	395	163,1	circa – 60%
Sbocco del rio Gadduresu nel Seligheddu	~53	~14	circa – 73%
Foce del canale Zozò	81,9	39,9	circa –50%
Foce del rio San Nicola	116,9	117	-
Sbocco del rio Abba Fritta nel San Nicola	~69	~48	circa – 30%

* Il tratto finale del rio Tannaule si immette nel Deviatore Paule Longa-Tannaule-Seligheddu, tranne un ultimo tratto che funge da ramo di scolo per il quartiere vallivo oltre la ferrovia (cfr. § 2.1).

In rosso in tabella sono riportati i dati dei valori di portata al picco, alle foci. Gli altri valori, in altre sezioni significative, si vanno a sommare, nelle confluenze dei nodi considerati, agli idrogrammi dei ricettori, talora non sommando in modo algebrico i picchi di portata ma secondo una somma idrologica, che tiene conto degli sfasamenti dei picchi.

- c) La riduzione generalizzata dei livelli idrici massimi nelle aste fluviali con il risultato di assicurare alle arginature/sponde un adeguato franco idraulico e di mantenere l'attuale sistema di scarico delle acque meteoriche dai quartieri ai corsi d'acqua.

In conclusione, **gli interventi di progetto assicurano la sicurezza idraulica TR200 a tutta l'area urbana di Olbia.**