

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 1 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

PROGETTO:
VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA –
RETE ENERGETICA DI PORTOVESME

METANODOTTO:
“DERIVAZIONE PER PORTOSCUSO”
DN 400 (16”), DP 75 bar

Attraversamenti in subalveo del
RIU DE SU CANNONI

VALUTAZIONI IDROLOGICHE - IDRAULICHE E
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA



0	Emissione per enti	M.VITELLI	M.AGOSTINI	V. FORLIVESI G. GIOVANNINI	Novembre 2021
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato Autorizzato	Data

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 2 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

INDICE

1	GENERALITA'	4
1.1	Premessa	4
1.2	Scopo e descrizione dell'elaborato	4
1.3	Disegni di Attraversamento	5
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	6
3	ANALISI DI CARATTERIZZAZIONE DELL'AMBITO	9
3.1	Assetto idrografico e descrizione generale del bacino del corso d'acqua	9
3.2	Descrizione degli ambiti di attraversamento	11
4	VALUTAZIONI IDROLOGICHE	15
4.1	Generalità	15
4.2	Considerazioni specifiche preliminari	15
4.3	Sezioni di studio	15
4.4	Studio Comune Portoscuso – Sintesi sulle elaborazioni	17
4.5	Studio Comune Portoscuso – Risultati di interesse	20
4.6	Portate di riferimento	23
5	VALUTAZIONI IDRAULICHE	24
5.1	Premessa	24
5.2	Considerazioni specifiche	24
5.3	Studio Comune Portoscuso – Sintesi sulle elaborazioni	24
5.4	Assetto geometrico della modellazione idraulica	25
5.5	Risultati della simulazione idraulica	26
6	VALUTAZIONE EROSIONI DI FONDO ALVEO	34
6.1	Generalità	34
6.2	Criteri di calcolo	35
6.3	Stima dei massimi approfondimenti attesi	37
6.4	Considerazione sui risultati conseguiti	38

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 3 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

7	METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI	39
7.1	Premessa	39
7.2	Metodologia operativa: Scavi a cielo aperto	39
7.3	Geometria della condotta ed interventi di ripristino	41
8	VALUTAZIONI INERENTI ALLA COMPATIBILITA' IDRAULICA	43
8.1	Premessa	43
8.2	Interferenze con aree censite a pericolosità idraulica	46
8.3	Analisi delle condizioni di compatibilità idraulica	47
8.4	Considerazioni conclusive sulla compatibilità idraulica	49
9	CONCLUSIONI	51

ANNESSI:

- **Elaborati grafici di progetto (cfr. par.1.3)**

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 4 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

1 GENERALITA'

1.1 Premessa

ENURA, nell'ambito del progetto generale "Virtual Pipeline Sardegna - Rete Energetica di Portovesme", intende realizzare un metanodotto di allacciamento denominato "Derivazione per Portoscuso", DN 400 (16") - DP 75 bar, della lunghezza di circa 5,5km, che si sviluppa nella porzione sud-occidentale della Regione Sardegna e più esattamente nel territorio comunale di Portoscuso.

Il suddetto tracciato del metanodotto in progetto, che si sviluppa esternamente al Polo Industriale di Portovesme, interferisce con delle aree censite di pericolosità idraulica (ai sensi del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del Bacino Unico Regionale – Sardegna) per esondazioni di un piccolo corso d'acqua denominato "Riu de su Cannoni", intersecando l'alveo del fosso per n.2 volte.

Dette aree sono state inserite tra quelle censite a pericolosità idraulica nell'ambito di una variante del PAI, effettuata (ai sensi dell'art. 37 comma 3 delle Norme di Attuazione) a seguito della redazione a cura del Comune di Portoscuso (ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.d.A.) di uno Studio di compatibilità idraulica, geologica e geotecnica sviluppato nell'ambito dell'adeguamento del Piano Urbanistico Comunale (PUC) alla disciplina del Piano Paesaggistico Regionale (PPR) e del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Sardegna.

1.2 Scopo e descrizione dell'elaborato

Lo scopo del presente elaborato è dunque analizzare le condizioni di compatibilità idraulica del metanodotto in progetto negli ambiti specifici d'interferenza con le aree censite a pericolosità idraulica del corso d'acqua.

Si evidenzia sin da adesso (e verrà meglio specificato nel seguito) che le interferenze in esame consistono nell'attraversamento dell'alveo e delle pertinenze di un corso d'acqua da parte di una condotta in sotterraneo, con coperture di ricoprimento superiori a 1m. Pertanto, ai sensi dell'art.21, comma 2, lettera c delle N.d.A. del PAI, nello specifico non è richiesto lo studio di compatibilità idraulica.

Ciò nonostante, si è ritenuto comunque di sviluppare il presente elaborato con lo scopo di illustrare agli enti competenti gli studi effettuati al fine di individuare le caratteristiche di progettazione negli attraversamenti in subalveo del corso d'acqua, con particolare riferimento alla definizione della metodologia operativa, del profilo di posa della condotta e delle caratteristiche delle eventuali opere di ripristino e di presidio idraulico.

Le scelte sono state effettuate, in funzione di valutazioni di tipo geomorfologico, geologico, idrologico ed idraulico, con lo scopo di garantire la sicurezza del metanodotto per tutto il periodo di esercizio, nonché di assicurare la compatibilità dell'infrastruttura in considerazione dell'aspetto idraulico del corso d'acqua, subordinandola alla dinamica evolutiva dello stesso.

In tal senso le valutazioni specifiche di cui al presente elaborato sono state condotte in riferimento alle fasi di studio qui di seguito sinteticamente descritte:

- Inquadramento territoriale delle aree di attraversamento, in modo da consentire di individuare in maniera univoca i tratti del corso d'acqua interessati dall'interferenza con il metanodotto in progetto;

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 5 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

- Caratterizzazione idrografica del corso d'acqua e analisi di caratterizzazione degli ambiti di attraversamento;
- Valutazioni idrologiche al fine di stimare le portate al colmo di piena di progetto in corrispondenza delle sezioni di studio;
- Valutazioni idrauliche, volte ad individuare i parametri caratteristici del deflusso idraulico in corrispondenza degli ambiti di attraversamento ed i fenomeni associati alla dinamica fluviale locale, con particolare riferimento alla valutazione dei fenomeni erosivi di fondo alveo;
- Descrizione delle scelte progettuali inerenti alla metodologia costruttiva, alla geometria della condotta in subalveo ed alle eventuali opere di presidio idraulico previste in ciascun attraversamento in esame;
- Valutazioni inerenti alla compatibilità idraulica di ciascun sistema d'attraversamento, in riferimento ai criteri stabiliti nelle Norme di Attuazione del PAI per la regolamentazione degli interventi in ambiti censiti di pericolosità idraulica.

1.3 Disegni di Attraversamento

I progetti d'attraversamento del corso d'acqua, comprendenti le caratteristiche geometriche e strutturali della condotta, il profilo di posa della stessa, nonché le caratteristiche tipologiche e dimensionali delle eventuali opere di sistemazione, sono stati sviluppati nei seguenti elaborati grafici:

- DIS. AT-10E-00003
1° Attraversamento Riu de su Cannoni
- DIS. AT-18E-00004
2° Attraversamento Riu de su Cannoni

Pertanto, per gli approfondimenti di alcune tematiche affrontate nel presente documento, si rimanda alla visione degli elaborati grafici di progetto sopra citati.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 6 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il metanodotto in progetto "Derivazione per Portoscuso", DN 400 (16") si stacca dalla linea principale "Collegamento FRSU Portovesme", DN 650 (26"), in corrispondenza dell'impianto PID1 n.1, si sviluppa nell'intorno del Polo Industriale di Portovesme (in sostanziale parallelismo con la strada provinciale S.P.n.2), sino a giungere nel punto di destinazione localizzato in prossimità della banchina di Portovesme.

Detto metanodotto di derivazione (DN 400), lungo il proprio sviluppo, interseca per n.2 volte l'alveo del corso d'acqua denominato Riu de su Cannoni.

Al fine di fornire un inquadramento territoriale degli ambiti di attraversamento in esame, qui di seguito si riporta una corografia in scala 1:25.000 (estratta dalle tavolette IGM), dove il tracciato del metanodotto principale (DN650) è riportato tramite una linea in rosso, quello relativo al metanodotto di Derivazione in progetto (DN400) è indicato mediante una linea in arancione; mentre l'asta fluviale del corso d'acqua è indicato tramite una linea in blu.

Nella stessa figura gli ambiti di attraversamento dell'alveo del corso d'acqua da parte del metanodotto di Derivazione in progetto sono evidenziati mediante dei cerchi in rosso.

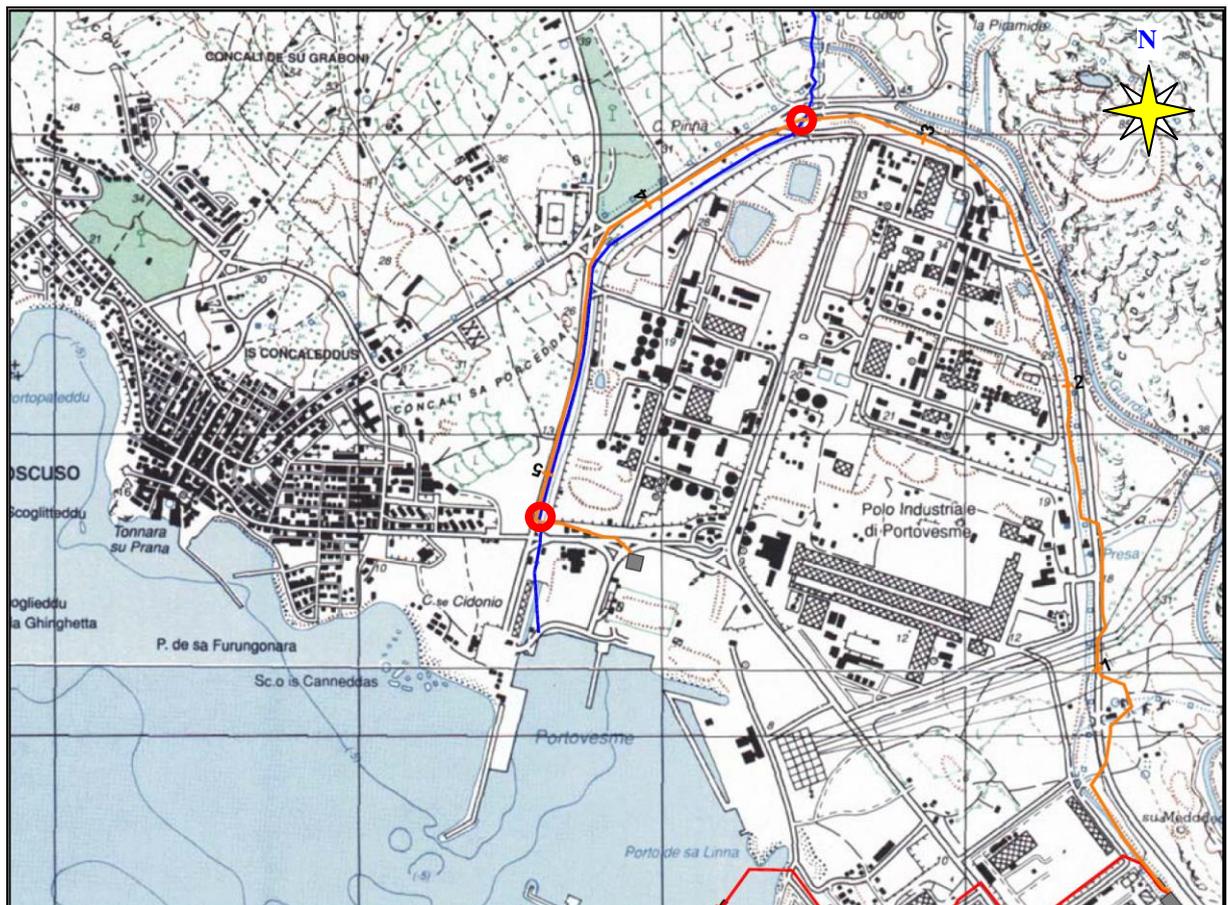


Fig.2.1/A: Corografia generale in scala 1:25.000 (dalle tavolette IGM)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 7 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

Dall'analisi della figura precedente si rileva che il 1° attraversamento ricade poco a valle della confluenza del Riu de su Cannoni nel canale di guardia (canale artificiale realizzato negli anni 80' a protezione idraulica del Polo Industriale di Portovesme e ricettore delle acque di deflusso del ramo di monte del Riu de su Cannoni).

Il 2° attraversamento ricade nel tratto terminale del corso d'acqua, ossia poco a monte della foce del Riu de su Cannoni in mare.

Le coordinate piane degli ambiti di attraversamento del corso d'acqua sono riportate nella tabella seguente:

Tab.2.1/A: Coordinate ambiti di attraversamento del corso d'acqua

Coordinate ambito 1° attraversamento del corso d'acqua		
Coord. Piane: WGS84 – Fuso 32 (EPSG 32632)	448378 m E	4340848 m N
Coordinate ambito 2° attraversamento del corso d'acqua		
Coord. Piane: WGS84 – Fuso 32 (EPSG 32632)	447518 m E	4339530 m N

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico di maggior dettaglio (CTR in scala 1:10.000), dal quale si può individuare il tracciato del metanodotto di Derivazione in progetto (riportato mediante una linea in colore arancione), l'asta del corso d'acqua in esame (indicato tramite una linea in blu) e le aree di attraversamento dell'alveo del Riu de su Cannoni (evidenziate mediante dei cerchi in colore rosso).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 8 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

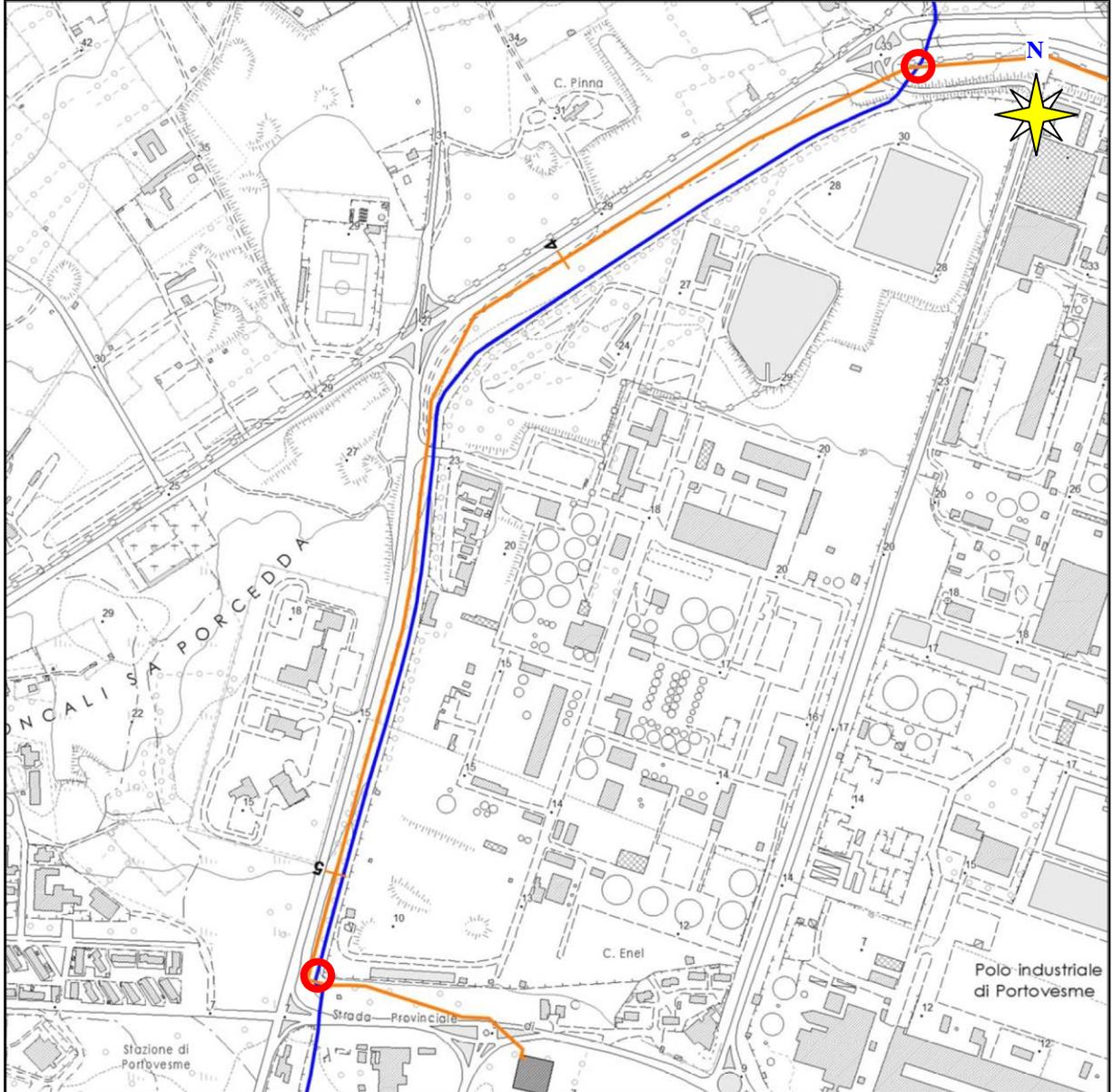


Fig.2.1/B: Stralcio planimetrico in scala 1:10.000 (C.T.R. Regionali)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 9 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

3 ANALISI DI CARATTERIZZAZIONE DELL'AMBITO

3.1 Assetto idrografico e descrizione generale del bacino del corso d'acqua

Il Riu de su Cannoni è un piccolo corso d'acqua che si sviluppa in direzione N-S nel territorio di Portoscuso (nel Sulcis), caratterizzato da un bacino complessivo (teorico) di 2.58 kmq.

È tuttavia necessario evidenziare che negli anni 80' è stato realizzato, a monte del Polo Industriale di Portovesme, un canale artificiale (denominato Canale di guardia) a protezione idraulica del polo industriale, il quale intercetta le acque del ramo di monte del Riu de su Cannoni, oltre a quelle dei corsi d'acqua Riu Resputzus e Riu Perdaias.

Conseguentemente, allo stato attuale, per la valutazione della superficie del bacino afferente nel ramo di valle del Riu de su Cannoni è necessario sottrarre il bacino sotteso dalla sezione di confluenza del corso d'acqua nel Canale di guardia (pari a 0.92 kmq). Conseguentemente la superficie complessiva del bacino residuo sotteso dalla sezione terminale del ramo di valle del Riu de su Cannoni risulta di 1.66 kmq.

Nella figura seguente è riportato il bacino complessivo del corso d'acqua (in color magenta) e il bacino sotteso dalla confluenza nel Canale di guardia (in colore verde), su una base cartografica costituita dalle tavolette IGM.

Nella stessa figura sono indicati mediante dei cerchi in rosso gli ambiti di attraversamento tra il metanodotto di derivazione in progetto (linea in arancione) dell'asta fluviale del corso d'acqua (indicata tramite una linea blu).

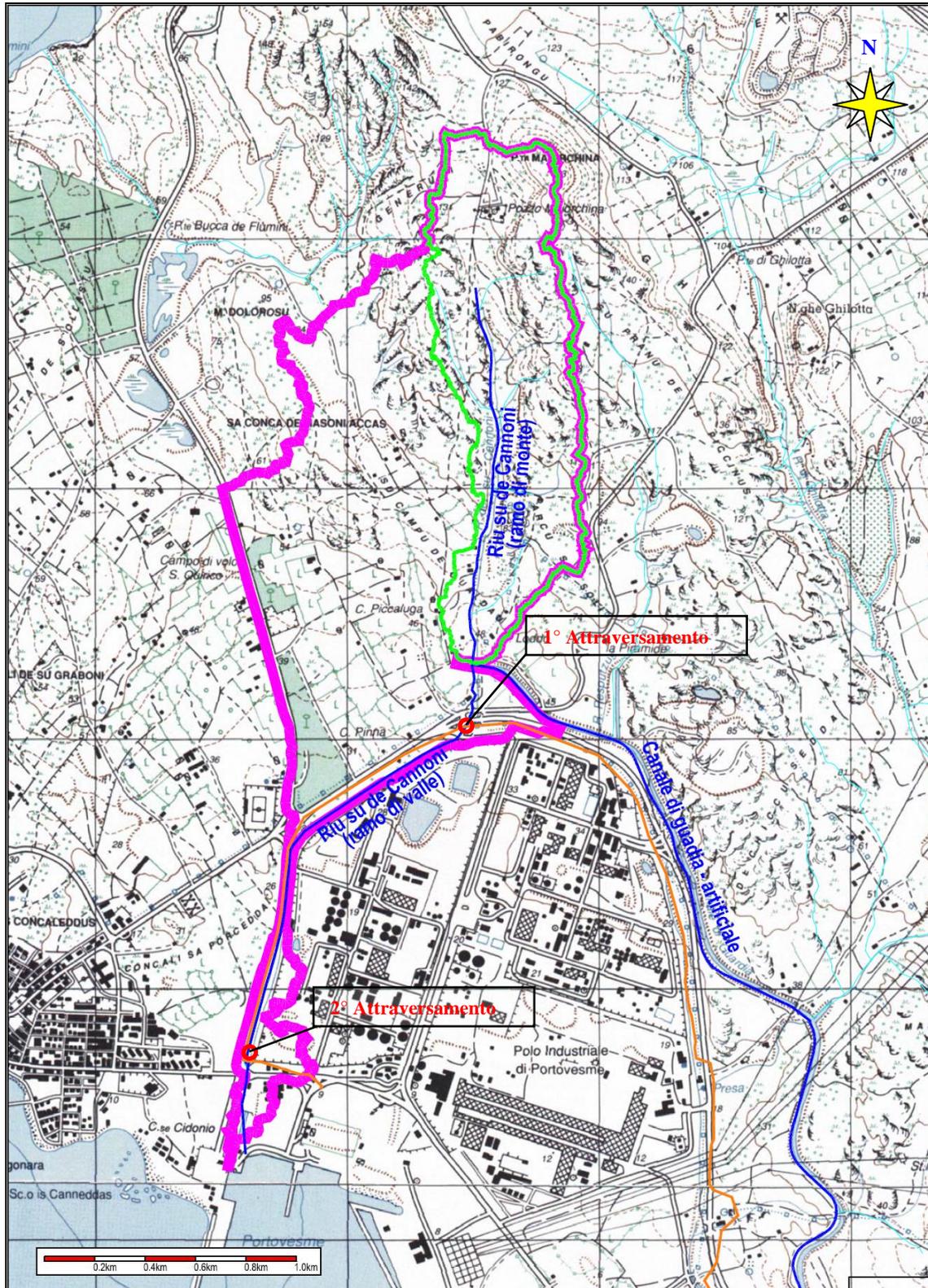


Fig.3.1/A: Bacino complessivo del corso d'acqua, con indicazione degli attraversamenti

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 11 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

Dall'esame della figura precedente si rileva entrambi gli attraversamenti ricadono nel ramo di valle del Riu de su Cannoni.

In particolare, il 1° attraversamento è localizzato poco a valle dell'immissione del corso d'acqua nel Canale di guardia, in un tratto in cui l'alveo del corso d'acqua risulta quasi completamente sgravato dalle proprie funzioni idrauliche originarie (che aveva prima della realizzazione del Canale di guardia).

Il 2° attraversamento invece ricade nel tratto terminale dello sviluppo dell'asta fluviale del fosso, non lontano dalla foce in mare (localizzato nei pressi della banchina di Portovesme).

3.2 Descrizione degli ambiti di attraversamento

3.2.1 Ambito del 1° attraversamento alveo del corso d'acqua

Il 1° attraversamento dell'alveo del corso d'acqua ricade in prossimità dello svincolo di collegamento tra le strade provinciali S.P.n.75bis e S.P. n.2, ossia poco a valle del tombino di attraversamento sotto la sede stradale della S.P.n.2 e poco a monte del tombino di attraversamento sotto la sede stradale della S.P.n.75bis.

Al fine di consentire una visione all'alto dell'ambito in esame, nella figura seguente è riportata una foto aerea (estratta da Google Earth) dell'ambito d'attraversamento in esame, dove il tracciato del metanodotto in progetto è riportato mediante una linea in arancione e l'area di attraversamento dell'alveo è indicata mediante un cerchio in colore blu.

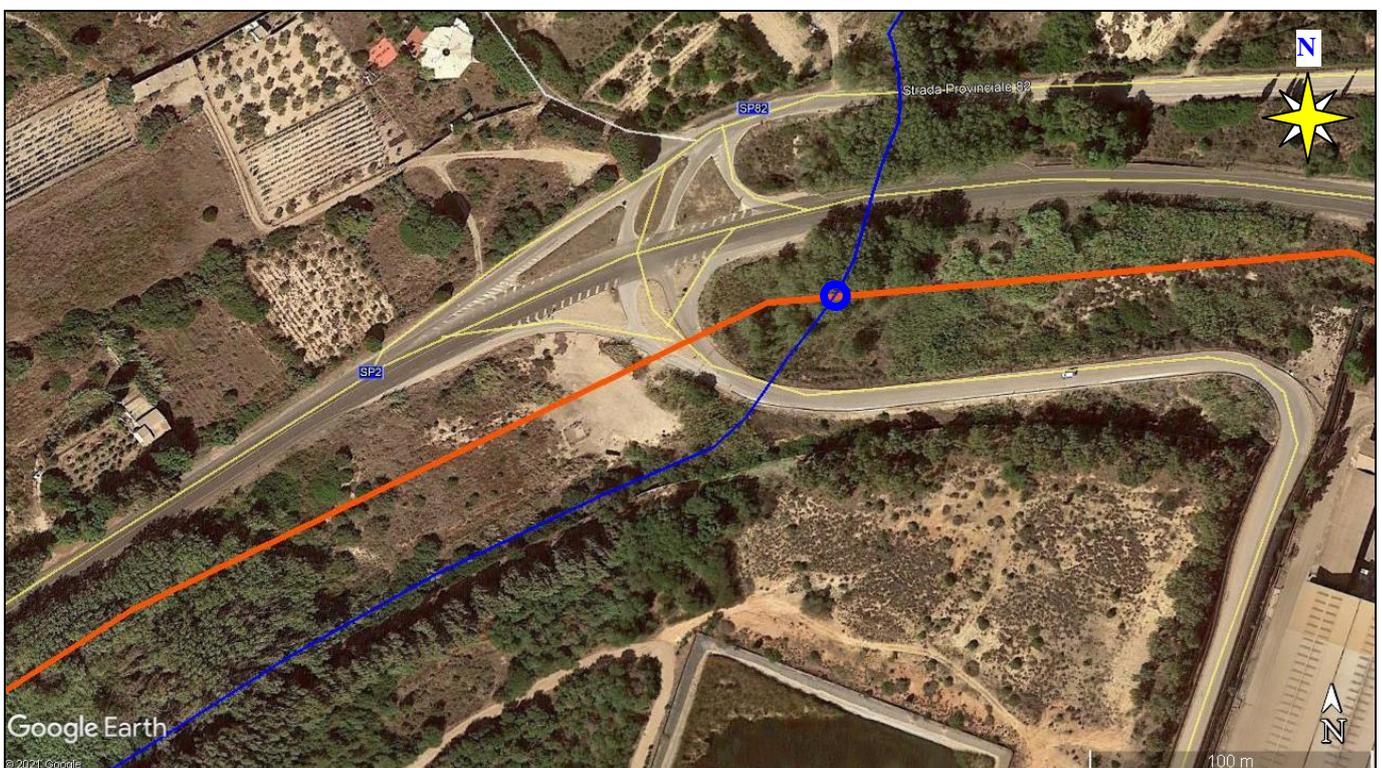


Fig.3.2/A: Foto aerea dell'ambito 1° attraversamento del fosso (estratta da Google Earth)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 12 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

In questo tratto di attraversamento, facendo seguito a quanto già evidenziato in precedenza, l'alveo del corso d'acqua risulta quasi completamente sgravato dalle proprie funzioni idrauliche originarie, in quanto le acque provenienti dal ramo di monte del corso d'acqua sono state convogliate nel Canale di guardia.

Pertanto, allo stato attuale si individua l'alveo "relitto" del corso d'acqua originario, costituito da un impluvio di profondità di circa 2m, con sponde molto svasate. L'alveo risulta in gran parte ostruito da una vegetazione arbustiva (in prevalenza canneti).

Nella figura seguente è riportata una foto relativa all'ambito del 1° attraversamento dell'alveo del corso d'acqua (foto scattata da valle). La linea indicata in arancione rappresenta la posizione del tracciato del metanodotto in progetto.



Fig.3.2/B: Foto ambito 1° attraversamento alveo del corso d'acqua

3.2.2 Ambito del 2° attraversamento alveo del corso d'acqua

Il 2° attraversamento dell'alveo del corso d'acqua ricade nel tratto terminale dello sviluppo dell'asta fluviale del fosso, non lontano dalla foce in mare (localizzato nei pressi della banchina di Portovesme).

Al fine di consentire una visione all'alto dell'ambito in esame, nella figura seguente è riportata una foto aerea (estratta da Google Earth) dell'ambito d'attraversamento in esame, dove il tracciato del metanodotto in progetto è riportato mediante una linea in arancione e l'area di attraversamento dell'alveo è indicata mediante un cerchio in colore blu.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 13 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060



Fig.3.2/C: Foto aerea dell'ambito 2° attraversamento del fosso (estratta da Google Earth)

Nell'intorno dell'attraversamento il corso d'acqua risulta canalizzato, con uno sviluppo longitudinale rettilineo a tratti. L'alveo regolare è caratterizzato da una larghezza al fondo di circa 2.5m; con sponde che si elevano poco più di 1m, con una pendenza di circa 30°. Sia nell'intorno al corso d'acqua, che in alveo si individua una folla vegetazione arbustiva (rovi e canne) che di fatto ostruisce significativamente la sezione di deflusso. In prossimità dell'area d'attraversamento non si rileva la presenza di segni di erosioni spondali e/o del fondo e pertanto la configurazione d'alveo appare assolutamente stabile.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 14 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

Nella figura seguente è riportata una foto relativa all'ambito del 2° attraversamento dell'alveo del corso d'acqua (foto scattata dalla sponda in destra idrografica). La linea indicata in arancione rappresenta la posizione del tracciato del metanodotto in progetto. La freccia blu indica la direzione del corso d'acqua.



Fig.3.2/D: Foto ambito 2° attraversamento alveo del corso d'acqua

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 15 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

4 VALUTAZIONI IDROLOGICHE

4.1 Generalità

Lo studio idrologico in generale assume la finalità di determinazione delle portate al colmo di piena e/o degli idrogrammi di piena di uno o più corsi d'acqua in prefissate sezioni di studio ed in funzione di associati tempi di ritorno.

I risultati di tale studio nello specifico costituiscono la base per le verifiche idrauliche, in relazione alle quali verranno analizzate le condizioni di deflusso del corso d'acqua ed individuati i valori di copertura della linea in progetto, per la sua posa in sicurezza.

La valutazione delle portate può essere eseguita con diverse metodologie di calcolo, in funzione della natura dei dati disponibili.

In generale, avendo a disposizione dati di portata registrati in continuo da una stazione idrometrica presente sul corso d'acqua, si esegue l'elaborazione statistica degli eventi estremi disponibili (metodo diretto).

In mancanza di detti dati, si verifica se sono disponibili dati di portata di altri corsi d'acqua, siti nelle circostanze del fiume oggetto di studio, con le medesime caratteristiche idrologiche. In detto caso si esegue l'elaborazione statistica di dati disponibili e successivamente si cerca di interpretare le portate del corso d'acqua in esame sulla base dei risultati ottenuti (metodo della similitudine idrologica).

In molti casi è possibile utilizzare i cosiddetti "metodi di regionalizzazione", attraverso i quali è possibile valutare le portate di piena in riferimento a parametri idrologici caratteristici del bacino in esame.

Infine, è possibile ricorrere al metodo indiretto (Afflussi- Deflussi), che permette la valutazione delle portate al colmo in funzione delle precipitazioni intense.

4.2 Considerazioni specifiche preliminari

Il Comune di Portoscuso ha sviluppato uno Studio di compatibilità idraulica sul reticolo idrografico insistente sul proprio territorio (ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.d.A. del PAI) con lo scopo di adeguare Piano Urbanistico Comunale (PUC) alla disciplina del Piano Paesaggistico Regionale (PPR) e del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Sardegna. I risultati dello studio (ai fini delle delimitazioni delle aree censite a pericolosità idraulica) sono stati recepiti nel PAI del bacino regionale, tramite una variante effettuata ai sensi dell'art. 37 comma 3 delle N.d.A.

Pertanto nel presente elaborato, per le valutazioni idrologiche negli ambiti specifici in esame, ci si riferisce esplicitamente allo "studio ufficiale" condotto dal Comune di Portoscuso, per il quale nel seguito si riporta una descrizione sintetica delle metodologie di elaborazione considerate e la selezione dei risultati di interesse per le finalità di cui alla presente elaborato.

4.3 Sezioni di studio

Si assumono come sezioni idrologiche di studio quelle di attraversamento del corso d'acqua da parte del metanodotto di derivazione in progetto.

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico, ricavato dalle tavolette IGM, con la delimitazione del bacino sotteso dalla sezione del 2° attraversamento (in color magenta), relativo al ramo di valle del corso d'acqua, e con indicazione dell'asta

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 16 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

principale del Riu (in blu). Nella stessa figura il tracciato del metanodotto di derivazione in progetto (DN400) è indicato mediante una linea in colore arancione.

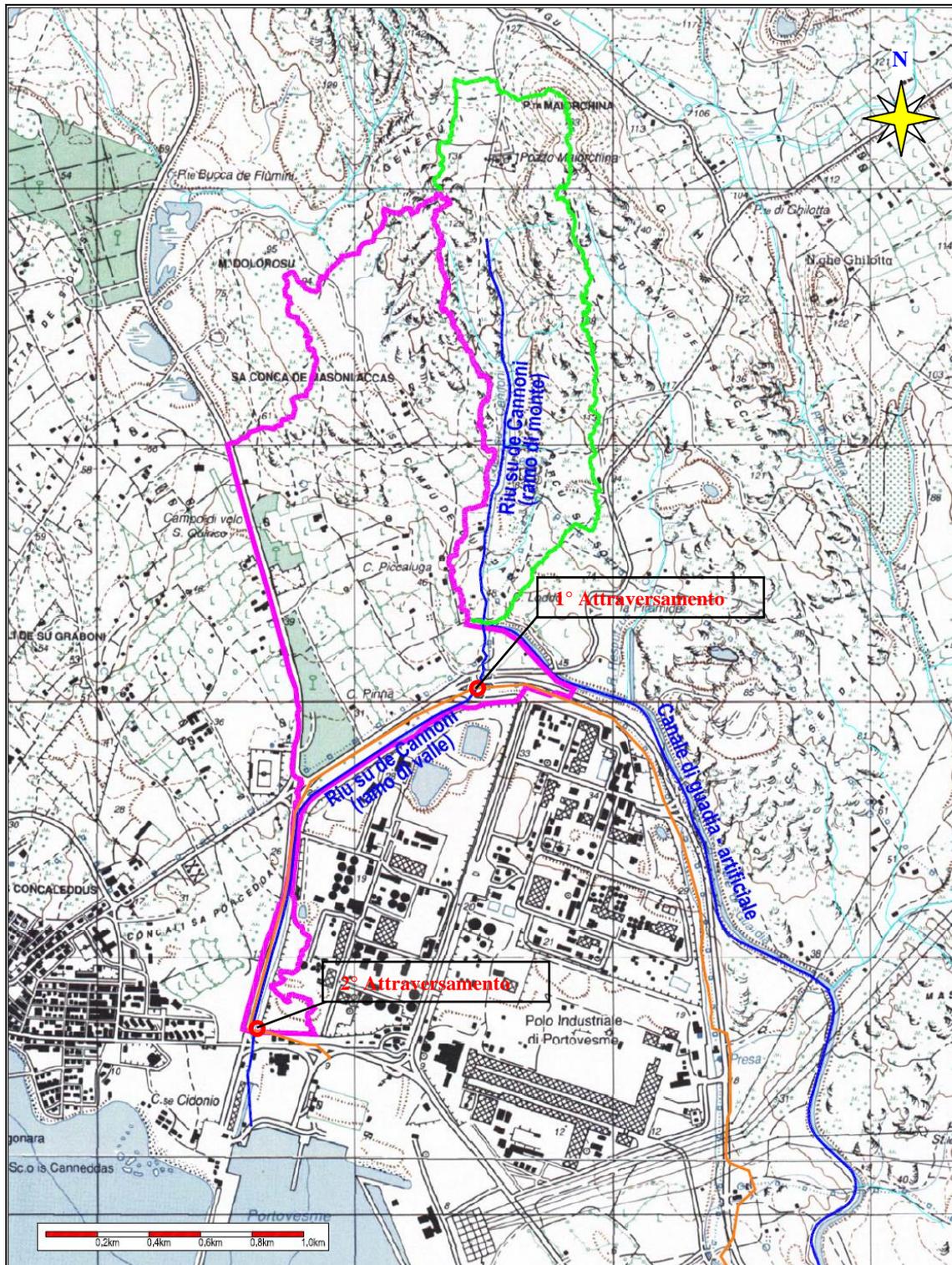


Fig.4.3/A: Bacino Imbrifero sotteso dalla sezione del 2° attraversamento

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 17 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

La superficie del bacino sotteso dalla sezione del 2° attraversamento del ramo di valle del corso d'acqua risulta di 1.62kmq.

Mentre per quanto riguarda il 1° attraversamento essendo localizzato poco a valle della confluenza del ramo di monte del Riu de su Cannoni nel Canale di guardia, il bacino idrografico sotteso presenta una superficie quasi nulla (circa 0.07kmq).

4.4 Studio Comune Portoscuso – Sintesi sulle elaborazioni

Qui di seguito si riporta una descrizione sintetica sulle metodologie delle elaborazioni idrologiche ed idrauliche utilizzate nello studio redatto dal Comune di Portoscuso. Per un'analisi di dettaglio si rimanda alla visione dell'elaborato "Studio di Compatibilità idraulica – Relazione tecnica illustrativa (Gennaio 2016)", disponibile all'interno del sito internet del Comune di Portoscuso.

4.4.1 Premessa

Lo studio di compatibilità idraulica sviluppato dal Comune di Portoscuso per l'adeguamento del PUC è stato redatto in ottemperanza all'art. 24 delle NTA del PAI e, predisposto secondo i criteri indicati nell'Allegato E delle norme stesse, contiene:

- L'analisi idrologica finalizzata alla definizione della piena di riferimento completa di caratterizzazione geopedologica del bacino sotteso dalla sezione di controllo; conformemente alle disposizioni impartite dalle "Linee Guida del PAI" il calcolo delle portate di piena è condotto per tempi di ritorno pari a T=50 anni, T=100 anni; T=200 anni e T=500 anni.
- L'analisi idraulica dell'asta fluviale e dell'area di allagamento compresa tra due sezioni caratterizzate da condizioni al contorno definibili.

Lo studio è stato sviluppato in considerazione delle fasi qui di seguito citate

4.4.2 Analisi dell'assetto idrografico

Inizialmente si è provveduto ad analizzare l'assetto idrografico insistente sul territorio comunale. In particolare l'idrografia superficiale del territorio in esame, così come documentato anche nel CeDoc (Centro di Documentazione dei Bacini Idrografici) della Sardegna, è costituita dai seguenti corsi d'acqua superficiali:

- il Rio Flumentepido, corso d'acqua del I ordine che drena l'omonimo bacino;
- il Canale di Guardia, corso d'acqua del II ordine;
- il Canale Cogotti, corso d'acqua del II ordine;
- il Riu de su Cannoni, corso d'acqua del III ordine;
- il Riu Resputzus, corso d'acqua del III ordine;
- il Riu Perdaias, corso d'acqua del III ordine;
- il Riu Murtas, corso d'acqua del III ordine.

Per l'individuazione del reticolo idrografico oggetto di analisi, si rimanda alla visione della Tav.PAI/Idro01, allegato allo studio condotto dal Comune di Portoscuso.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 18 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

4.4.3 Bacini di riferimento e parametri di calcolo

Per ciascuno dei corsi d'acqua elencati nel sottoparagrafo precedente si è provveduto ad individuare 1 o più sottobacini. In particolare i sottobacini sono stati individuati per i corsi d'acqua maggiormente significativi in corrispondenza di sezioni ritenute idrologicamente rappresentative.

Per l'individuazione dei sottobacini considerati nello studio, si rimanda alla visione della Tav.PAI/Idro02 "Carta dei bacini idrografici", allegato allo studio condotto dal Comune di Portoscuso.

Quindi per ciascun bacino e/o sottobacino si è provveduto ad individuare i parametri di calcolo necessari per poi procedere con le valutazioni idrologiche.

Parametri morfometrici

La valutazione dei parametri morfometrici è stata effettuata sulla base della cartografia tecnica regionale (CTR) in scala 1:10000 e del Modello Digitale Terrestre (DTM) con passo di campionamento di un metro.

I parametri analizzati sono stati i seguenti:

- superficie del bacino S (espressa in Km²);
- altitudine minima H₀ (espressa in m slm);
- altitudine media del bacino H_m (espressa in m slm e calcolata);
- pendenza media dei versanti del bacino drenante i_b;
- lunghezza dell'asta principale L (espressa in Km);
- pendenza media dell'asta principale i_m;

Capacità di deflusso dei suoli

La valutazione della capacità di deflusso dei suoli è stata condotta, in accordo con la metodologia prevista dalle linee guida del PAI, attraverso la valutazione dell'indice Curve Number (CN).

Questo indice è un numero adimensionale, compreso tra 0 (assenza di deflusso superficiale) e 100 (assenza di perdite per infiltrazione), funzione della natura del suolo, del tipo di copertura vegetale e delle condizioni di umidità iniziali.

I suoli sono stati indagati sulla base del relativo strato informativo presente nel DB regionale (*geologiaAreali2008*), anche l'uso del suolo è stato indagato sulla base del relativo strato informativo presente nella stessa banca dati (*usoSuolo2008*).

Tempo di corrivazione

Il valore del tempo di corrivazione T_c è stato calcolato con le formulazioni del Soil Conservation Service, Ventura, Giandotti, Viparelli, Pasini e VAPI sottoelencate:

- Soil Conservation Service:

$$T_c = 1.67 * \frac{100 * L^{0.8} [(1000/CN) - 9]^{0.7}}{1900 * i_b^{0.5}} \text{ [minuti]}$$

L è la lunghezza dell'asta principale espressa in piedi.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 19 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

- Formula di Ventura:

$$T_c = 0.1272 \left(\frac{A}{i_m} \right)^{\frac{1}{2}} \text{ [ore]}$$

- Formula di Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{(H_m - H_0)}} \text{ [ore]}$$

- Formula di Viparelli

$$T_c = \frac{L}{3.6V} \text{ [ore]}$$

dove è V la velocità media di scorrimento ed è stata assunta, a seconda del caso, pari a 1 m/s, 1.3 m/s, 1.5 m/s.

- Formula di Pasini

$$T_c = \frac{0.108(AL)^{\frac{1}{3}}}{\sqrt{i_m}} \text{ [ore]}$$

- Formula VAPI

$$T_c = 0.212A^{0.231} \left(\frac{H_m}{i_m} \right)^{0.289} \text{ [ore]}$$

dove:

A = area del bacino [Kmq];

L = lunghezza dell'asta principale del bacino [Km];

H_m = quota media del bacino [mslm];

H₀ = quota della sezione di chiusura del bacino [mslm];

i_m = pendenza media dell'asta principale del bacino;

i_b = pendenza media percentuale del bacino;

CN = Curve Number.

4.4.4 Valutazione delle portate massime di piena

Per la valutazione delle portate massima di piena, facendo riferimento alle metodologie riportate nel Rapporto Regionale Sardegna "Valutazione delle Piene in Sardegna", è stato utilizzato il metodo razionale con curva di possibilità pluviometrica TCEV.

Per ragioni di sintesi, non si riporta la descrizione del metodo. A tal proposito per eventuali approfondimenti si rimanda alla visione del par.4.3 dell'elaborato: "Studio di Compatibilità idraulica – Relazione tecnica illustrativa (Gennaio 2016)", disponibile all'interno del sito internet del Comune di Portoscuso.

Quindi per ciascuna sezione idrologica di riferimento (di chiusura dei sottobacini in esame) sono state valutate le portate al colmo di piena relative ai tempi di ritorno di 50, 100, 200, e 500 anni, conformemente a quanto previsto nel PAI. I risultati delle elaborazioni idrologiche sono riportati nel capitolo 5 dell'elaborato sopra citato.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 20 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

4.4.5 Verifiche idrauliche

Le verifiche idrauliche sono state condotte per ciascun tronco d'alveo del reticolo idrografico ricadente nel territorio di Portoscuso riferendosi alla condizione di moto permanente, utilizzando il programma di calcolo HEC – RAS v. 4.0 realizzato dall'Hydrologic Engineering Center del U.S. Army Corps of Engineers.

Per l'individuazione delle sezioni idrauliche considerate nella modellazione, si rimanda alla visione della Tav.PAI/Idro03 "Carta della pericolosità", allegato allo studio condotto dal Comune di Portoscuso. Nella stessa tavola sono inoltre riportate le delimitazioni delle aree di esondazione (per i vari tempi di ritorno), sulla base delle quali sono state perimetrate le aree di pericolosità idraulica.

Invece i risultati di output del programma di calcolo delle verifiche idrauliche sono riportati nei seguenti elaborati allegati allo studio:

- Allegato A.1 – TABELLE DEI RISULTATI
- Allegato A.2 – SEZIONI IDRAULICHE
- Allegato A.3 – PROFILI IDRAULICI DI MOTO PERMANENTE

4.5 **Studio Comune Portoscuso – Risultati di interesse**

Facendo seguito a quanto riportato nel paragrafo precedente e relativamente al Riu de su Cannoni sono stati individuati n.2 bacini (di cui uno suddiviso in 3 sottobacini) citati nella tabella seguente.

Tab.4.5/A: Riu de su Cannoni – elenco bacini analizzati nello Studio del Comune di Portoscuso

Corso d'acqua	Bac. N.	Sub N.	Descrizione del bacino	Sup. Bac. (kmq)
Riu de su Cannoni - Ramo di monte	1		Bacino del Riu de Su Cannoni a monte della confluenza col Canale di Guardia	0,92
Bacino C4 (vecchio corso del Riu de Su Cannoni a valle della confluenza col Canale di Guardia)	21	1	Bacino sotteso dal ramo di valle del Riu de Su Cannoni alla sezione distante 2138.208m dalla foce	0,08
		2	Bacino sotteso dal ramo di valle del Riu de Su Cannoni alla sezione distante 1511.907m dalla foce	0,13
		3	Bacino totale con sezione di chiusura alla foce del ramo di valle del Riu de Su Cannoni	1,66

Nel caso in esame, in considerazione della localizzazione degli ambiti di attraversamento del corso d'acqua (che ricadono nel ramo di valle) il bacino idrologicamente rappresentativo per le valutazioni specifiche è il n.21 di cui alla Tab.4.5/A.

A tal proposito nella figura seguente si riporta uno stralcio estrapolato Tav.PAI/Idro02 "Carta dei bacini idrografici" con la delimitazione dei bacini n.1 (in verde) e n.21 (in magenta) relativi allo studio condotto dal Comune di Portoscuso.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 21 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

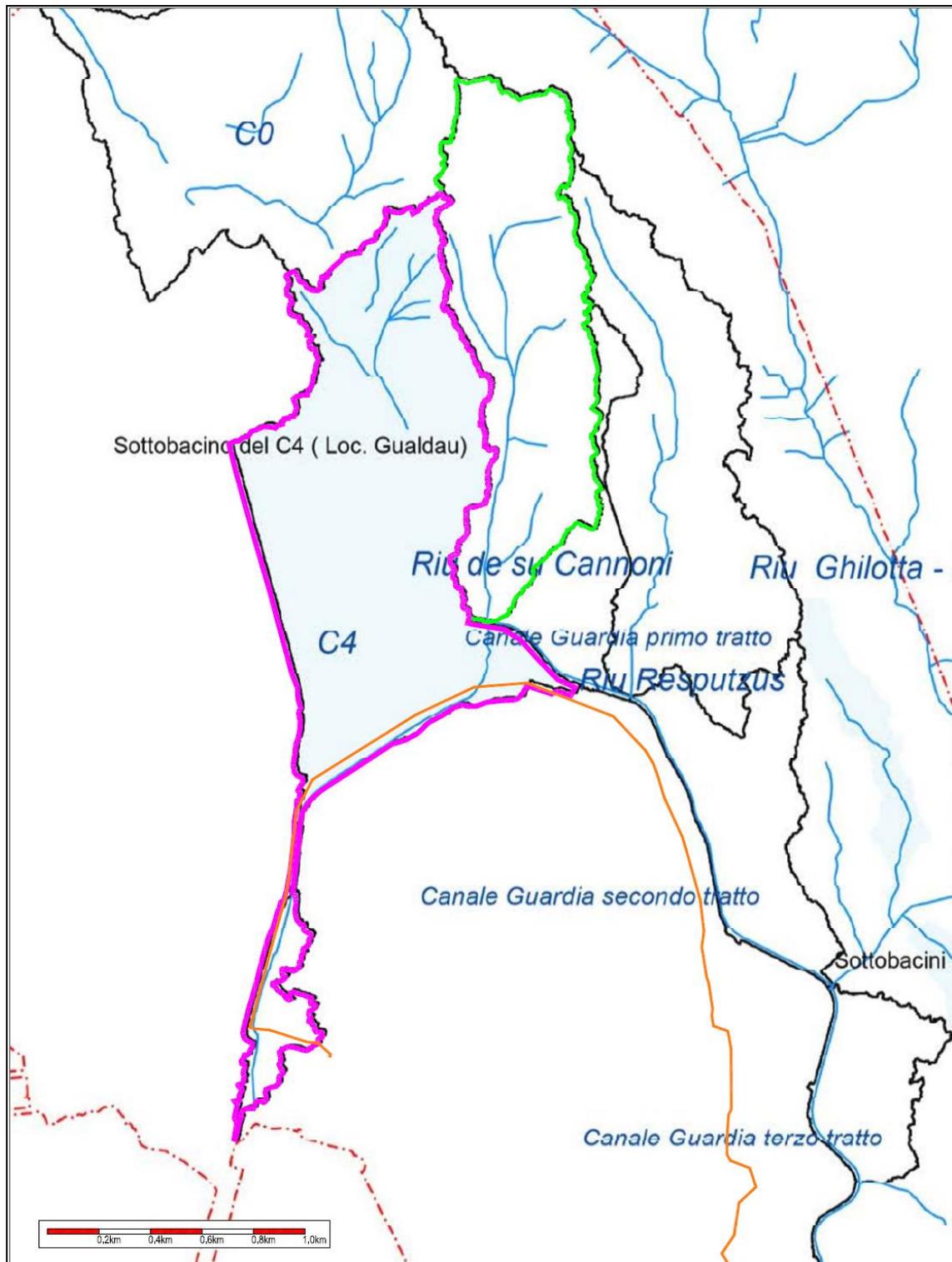


Fig.4.5/A: Stralcio Tav.PAI/Iidro02, con delimitazione bacini n.1, n.21

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 22 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

Dall'analisi di confronto del bacino n.21 (in magenta nella Fig.4.5/A) e il bacino sotteso dalla sezione sottesa dal 2° attraversamento del metanodotto di derivazione (in magenta nella Fig.4.3/A), si rileva che i bacini risultano sostanzialmente coincidenti.

Pertanto le valutazioni idrologiche effettuate per il bacino n.21 di cui allo studio del Comune di Portoscuso risultano rappresentative anche le per le valutazioni delle portate riferite alla sezione del 2° attraversamento del metanodotto in progetto.

Nell'ambito dello studio condotto dal Comune di Portoscuso le valutazioni idrologiche riferite al bacino n.21 sono state sviluppate in considerazione del metodo razionale con basato sulla distribuzione TCEV e con tempo di corrivazione valutato con la formula di Viparelli assumendo come valore della velocità caratteristica delle correnti di piena 1,5 m/s e, stimando una pioggia indice giornaliera pari a 45 m.

I risultati delle elaborazioni sono riportati nella tabella seguente.

Tab.4.5/B: Bacino n.21 - Portate di piena (c.f.r: tab.5.18.3 Studio Com. Portoscuso)

Formula	Q ₅₀ [m ³ /s]	Q ₁₀₀ [m ³ /s]	Q ₂₀₀ [m ³ /s]	Q ₅₀₀ [m ³ /s]
RAZIONALE (basato sulla distribuzione TCEV) (T _c VIPARELLI e ψ)	14,58	17,30	20,05	23,75

Invece per le individuazioni delle portate rappresentative per il 1° attraversamento occorre riferirsi ai risultati dello studio condotto dal Comune di Portoscuso relativo sottobacino 21-1 citato nella Tab.4.5/A.

Nell'ambito dello studio condotto dal Comune di Portoscuso la valutazione delle portate nei sottobacini è stata eseguita in funzione lineare delle superfici dei bacini (ossia le portate dei sottobacini sono state valutate moltiplicando i valori di piena riferiti al bacino n.21 per il rapporto tra la superficie del sottobacino e la superficie totale del bacino n.21). I risultati del calcolo riferiti al sottobacino 21-1 sono riportati nella tabella seguente.

Tab.4.5/C: Sottobacino n.21-1/ Portate di piena (c.f.r: par.6.4.1 Studio Com. Portoscuso)

Portate di piena [mc/s]	T=50 anni	T=200 anni	T=100 anni	T=500 anni
Contributo del sottobacino (0,08 Km ²) sotteso dalla Sezz. 2379.042 ÷ 2138.208	0,69	0,82	0,95	1,13

Essendo l'ambito di attraversamento ricadente poco a monte della sezione di chiusura del sottobacino 21-1, le valutazioni idrologiche effettuate per il sottobacino stesso di cui allo studio del Comune di Portoscuso risultano rappresentative anche le per le valutazioni delle portate riferite alla sezione del 1° attraversamento del metanodotto in progetto.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 23 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

4.6 Portate di riferimento

4.6.1 1° attraversamento - Portate di riferimento

Si considerano come portate di riferimento, ai fini delle valutazioni di cui il presente elaborato (riferite alla sezione del 1° attraversamento del metanodotto), le portate di piena associate ai tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni riferite al sottobacino n.21-1 dello Studio condotto dal Comune di Portoscuso (si veda la Tab.4.5/C).

Qui di seguito si riporta un prospetto riepilogativo delle portate.

Tab.4.6/A: 1° attraversamento/ Portate di riferimento - tabella riepilogativa

		TR	Sup. Bacino	Qprogetto	qmax
			(kmq)	(mc/s)	(mc/s*kmq)
Sezione Idrologica					
Riu de su Cannoni	Sez. di studio (1° Attrav Met. DN400)	50	0.07	0.69	9.86
Riu de su Cannoni	Sez. di studio (1° Attrav Met. DN400)	100	0.07	0.82	11.71
Riu de su Cannoni	Sez. di studio (1° Attrav Met. DN400)	200	0.07	0.95	13.57
Riu de su Cannoni	Sez. di studio (1° Attrav Met. DN400)	500	0.07	1.13	16.14

4.6.2 2° attraversamento - Portate di riferimento

Si considerano come portate di riferimento, ai fini delle valutazioni di cui il presente elaborato (riferite alla sezione del 2° attraversamento del metanodotto), le portate di piena associate ai tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni riferite al bacino n.21 dello Studio condotto dal Comune di Portoscuso (si veda la Tab.4.5/B).

Qui di seguito si riporta un prospetto riepilogativo delle portate.

Tab.4.6/B: 2° attraversamento/ Portate di riferimento - tabella riepilogativa

		TR	Sup. Bacino	Qprogetto	qmax
			(kmq)	(mc/s)	(mc/s*kmq)
Sezione Idrologica					
Riu de su Cannoni	Sez. di studio (2° Attrav Met. DN400)	50	1.62	14.58	9.00
Riu de su Cannoni	Sez. di studio (2° Attrav Met. DN400)	100	1.62	17.30	10.68
Riu de su Cannoni	Sez. di studio (2° Attrav Met. DN400)	200	1.62	20.05	12.37
Riu de su Cannoni	Sez. di studio (2° Attrav Met. DN400)	500	1.62	23.75	14.66

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 24 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

5 VALUTAZIONI IDRAULICHE

5.1 Premessa

Lo studio idraulico è finalizzato alla valutazione dei parametri idraulici che caratterizzano il deflusso (velocità media della corrente, battente d'acqua, numero di Froude, carico totale e cinetico, ecc.) in considerazione di una generica portata o idrogramma di piena in uno o più ambiti di studio del corso d'acqua.

In generale le finalità ultime degli studi idraulici sono rappresentate dalla valutazione dei battenti idraulici in un tronco d'alveo e dall'individuazione delle eventuali fasce di esondazione e dei relativi tiranti idraulici, in concomitanza di prestabiliti eventi di piena.

Relativamente agli attraversamenti in subalveo da parte di metanodotti, le verifiche idrauliche sono invece finalizzate principalmente all'individuazione dei parametri idraulici di deflusso necessari per la valutazione delle erosioni in alveo nell'ambito d'attraversamento. Ciò con lo scopo di determinare i valori di copertura in alveo della condotta che assicurino gli adeguati margini di sicurezza nei confronti dei processi erosivi del letto fluviale, relativamente a tutta la vita utile dell'opera.

5.2 Considerazioni specifiche

Il Comune di Portoscuso ha sviluppato uno Studio di compatibilità idraulica sul reticolo idrografico insistente sul proprio territorio (ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.d.A. del PAI) con lo scopo di adeguare Piano Urbanistico Comunale (PUC) alla disciplina del Piano Paesaggistico Regionale (PPR) e del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Sardegna. I risultati dello studio (ai fini delle delimitazioni delle aree censite a pericolosità idraulica) sono stati recepiti nel PAI del bacino regionale, tramite una variante effettuata ai sensi dell'art. 37 comma 3 delle N.d.A.

Gli ambiti di attraversamento del metanodotto in progetto ricadono all'interno dei tratti fluviali analizzati dello studio sopramenzionato, onde per cui per le valutazioni idrauliche relative agli ambiti specifici in esame, si è deciso di riferirsi esplicitamente ai risultati dello "studio ufficiale" prodotto dal Comune di Portoscuso.

È opportuno evidenziare che gli studi risultano pertinenti sia configurazione idraulica del corso d'acqua antecedente ai lavori, che a quella di fine lavori. Ciò in quanto, con i lavori di costruzione del metanodotto, non verranno apportate al corso d'acqua alterazioni morfologiche e/o dello stato dei luoghi tali da modificarne le condizioni di deflusso della corrente.

5.3 Studio Comune Portoscuso – Sintesi sulle elaborazioni

Per la descrizione delle metodologie delle elaborazioni idrologiche ed idrauliche utilizzate nello studio redatto dal Comune di Portoscuso si rimanda a quanto riportato nel par.4.4 del presente elaborato.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 25 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

5.4 Assetto geometrico della modellazione idraulica

Per la modellazione del tronco d'alveo in esame nel presente elaborato, nell'ambito della modellazione idraulica condotto nello studio condotto del comune di Portoscuso, sono state considerate una serie di sezioni trasversali le cui ubicazioni sono riportate nella figura seguente (estrapolata dalla Tav.PAI/Idro03 "Carta della pericolosità idraulica"). Nello stralcio planimetrico è stata inserita anche la dislocazione del metanodotto in progetto (tramite una linea in arancione).

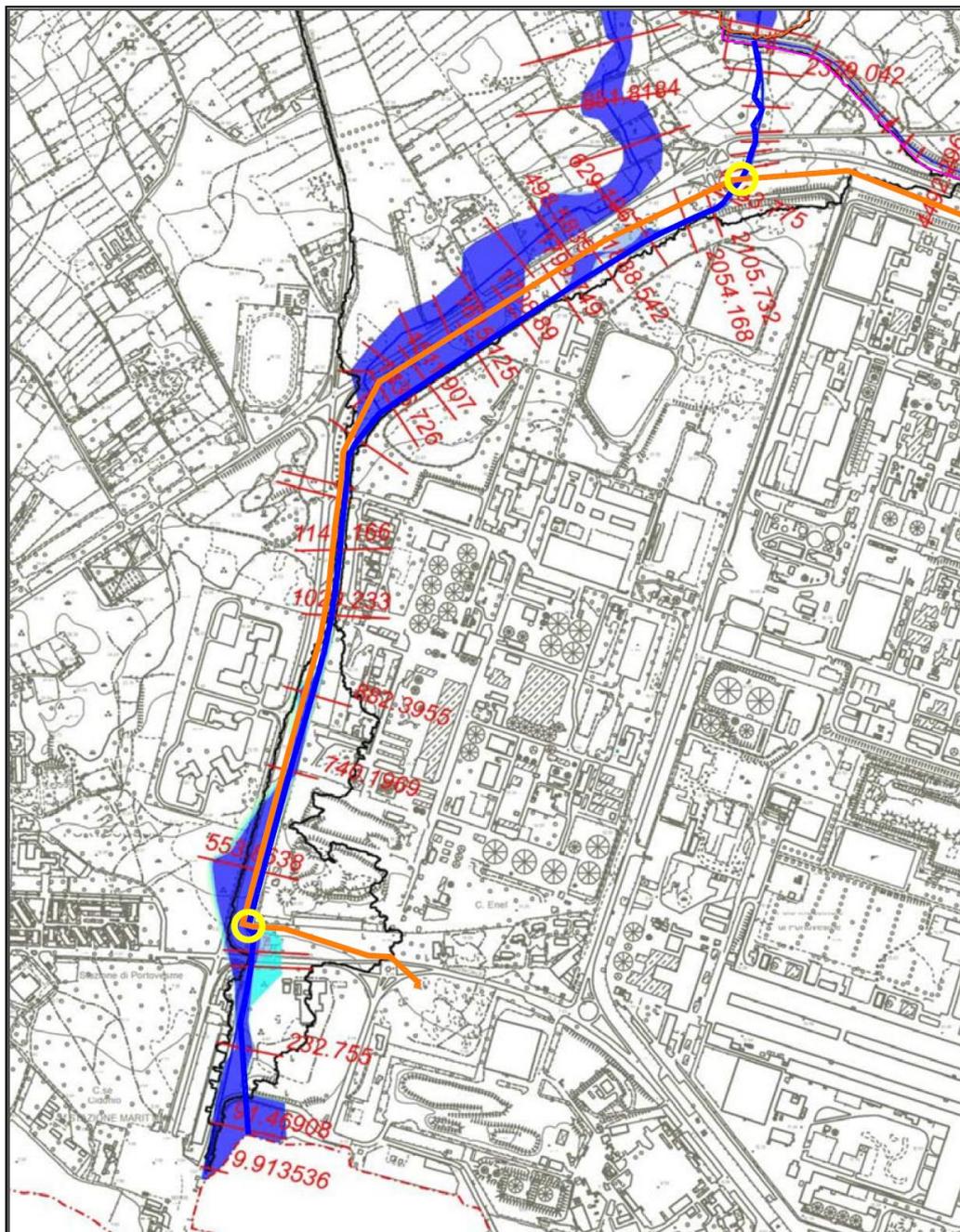


Fig.5.4/A: Modellazione geometrica dell'alveo nel tronco fluviale in esame

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 26 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

Dall'analisi della figura precedente si rileva che l'ambito relativo al 1° attraversamento del corso d'acqua da parte del metanodotto in progetto (indicato tramite un cerchio in giallo) ricade nel tratto tra i tombini delle strade provinciali S.P. n.2 e S.P.n.75bis, nei pressi della River Station: RS2153.775.

Dalla stessa figura si rileva che l'ambito relativo al 2° attraversamento del corso d'acqua da parte del metanodotto in progetto (indicato tramite un cerchio in giallo) ricade tra le River Station: RS553.8638 e RS405.2876.

5.5 Risultati della simulazione idraulica

I risultati della simulazione idraulica, intesi come delimitazione delle aree inondabili per le diverse piene analizzate, sono stati riportati direttamente nella Fig.5.4/A. Le stesse delimitazioni sono state recepite nel PAI-Sardegna, ai sensi sono state ai sensi dell'art.37 comma 3 delle Norme di Attuazione.

Qui di seguito, invece, si riportano le tabelle riepilogative delle simulazioni idrauliche (output tabellare del programma di calcolo) e le figure di output relative a dei tronchi d'alveo significativi a cavallo di ciascuna delle sezioni di attraversamento.

5.5.1 Risultati simulazione idraulica – ambito 1° attraversamento

Per la rappresentazione del 1° attraversamento vengono prese in esame le sezioni ricadenti nel tratto fluviale che si sviluppa dalla RS2220 (tombino della S.P.n.2) alla RS2138.208 (sezione ubicata poco a valle del tombino della S.P.n.75bis), le quali risultano quelle idonee per rappresentare l'ambito fluviale in esame nel presente elaborato.

In particolare, nella tabella seguente sono riportate, per ciascuna sezione e per ciascuna portata considerata, la quota minima del fondo alveo, la quota del pelo libero, la velocità di deflusso in alveo e la superficie della sezione idrica di deflusso e l'ampiezza dell'area inondabile.

Tab.5.5/A: Parametri di deflusso caratteristici nelle sezioni rappresentative dell'ambito 1° attraversamento

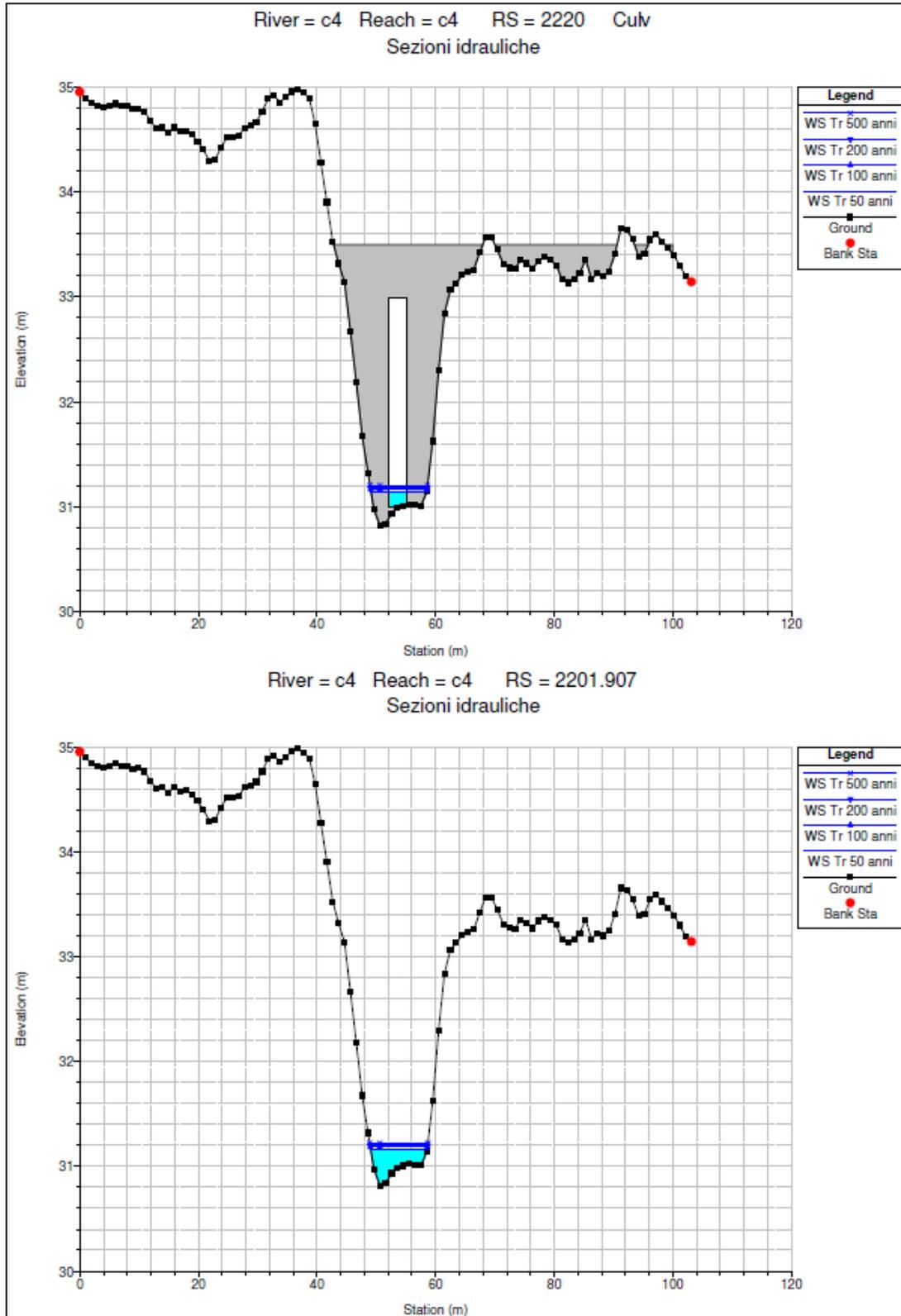
River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
c4	c4	2220		Culvert									
c4	c4	2201.907	Tr 50 anni	0.69	30.82	31.16		31.17	0.003044	0.38	1.82	9.51	0.28
c4	c4	2201.907	Tr 100 anni	0.82	30.82	31.19		31.19	0.003032	0.40	2.03	9.62	0.28
c4	c4	2201.907	Tr 200 anni	0.95	30.82	31.20		31.21	0.003168	0.43	2.19	9.71	0.29
c4	c4	2201.907	Tr 500 anni	1.13	30.82	31.22		31.23	0.003439	0.47	2.39	9.80	0.31
c4	c4	2153.775	Tr 50 anni	0.69	30.49	30.72	30.72	30.80	0.043635	1.19	0.58	4.02	1.00
c4	c4	2153.775	Tr 100 anni	0.82	30.49	30.74	30.74	30.82	0.043521	1.26	0.65	4.16	1.01
c4	c4	2153.775	Tr 200 anni	0.95	30.49	30.77	30.76	30.85	0.034697	1.22	0.78	4.33	0.92
c4	c4	2153.775	Tr 500 anni	1.13	30.49	30.82	30.78	30.89	0.022963	1.13	1.00	4.62	0.77
c4	c4	2140		Culvert									
c4	c4	2138.208	Tr 50 anni	0.69	30.35	30.66	30.66	30.75	0.043652	1.35	0.51	2.89	1.02
c4	c4	2138.208	Tr 100 anni	0.82	30.35	30.70	30.70	30.78	0.043337	1.23	0.67	4.35	1.00
c4	c4	2138.208	Tr 200 anni	0.95	30.35	30.72	30.72	30.80	0.045954	1.25	0.76	5.05	1.03
c4	c4	2138.208	Tr 500 anni	1.13	30.35	30.74	30.74	30.83	0.044438	1.30	0.87	5.24	1.02

Nella figura seguente si riportano le schermate di output relative alle varie sezioni idrauliche del tronco d'alveo rappresentativo per l'ambito di attraversamento in esame.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 27 di 51	Rev. 0

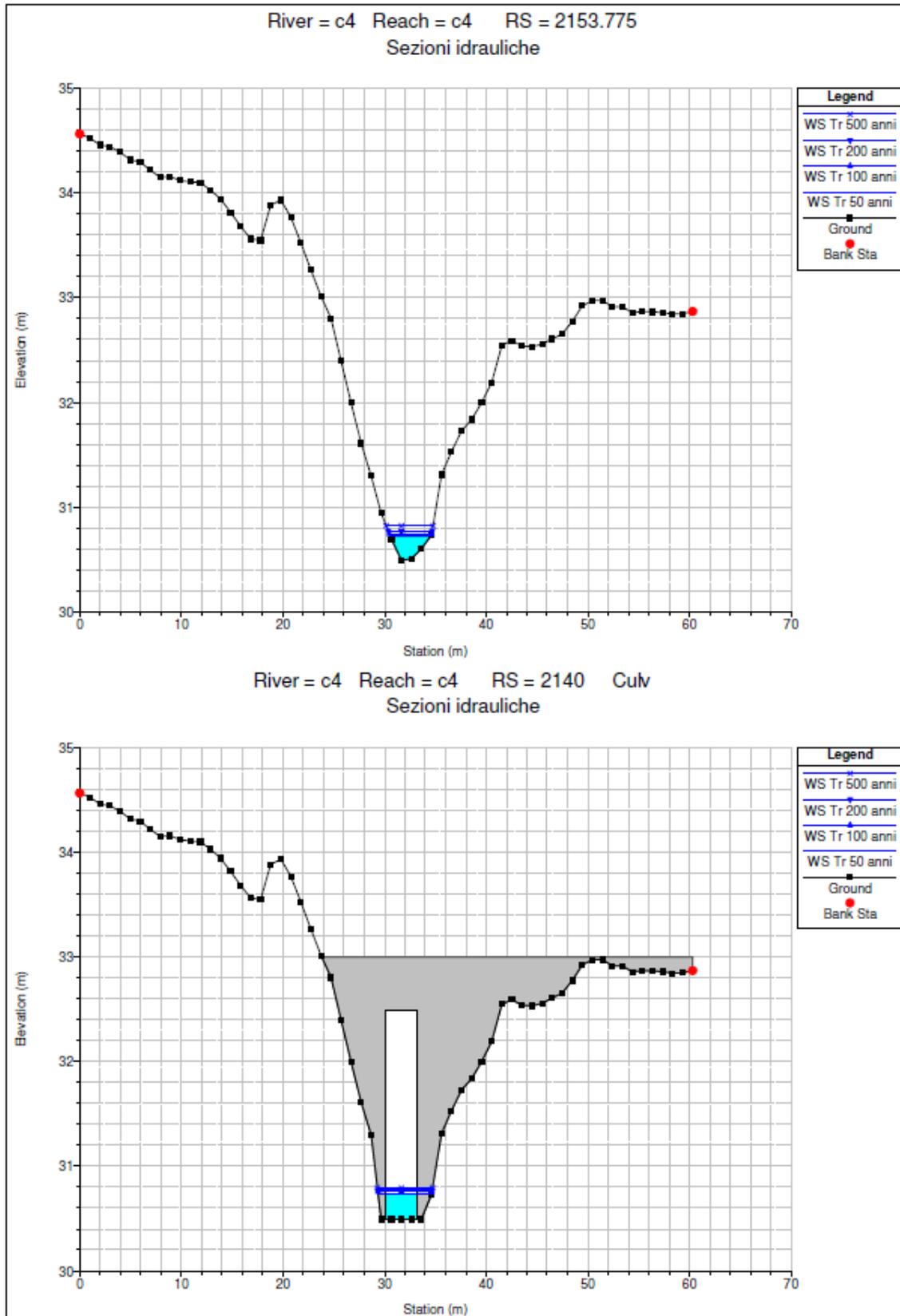
Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

Fig.5.5/A: Schermate di Output del programma – Cross Section 1° tratto



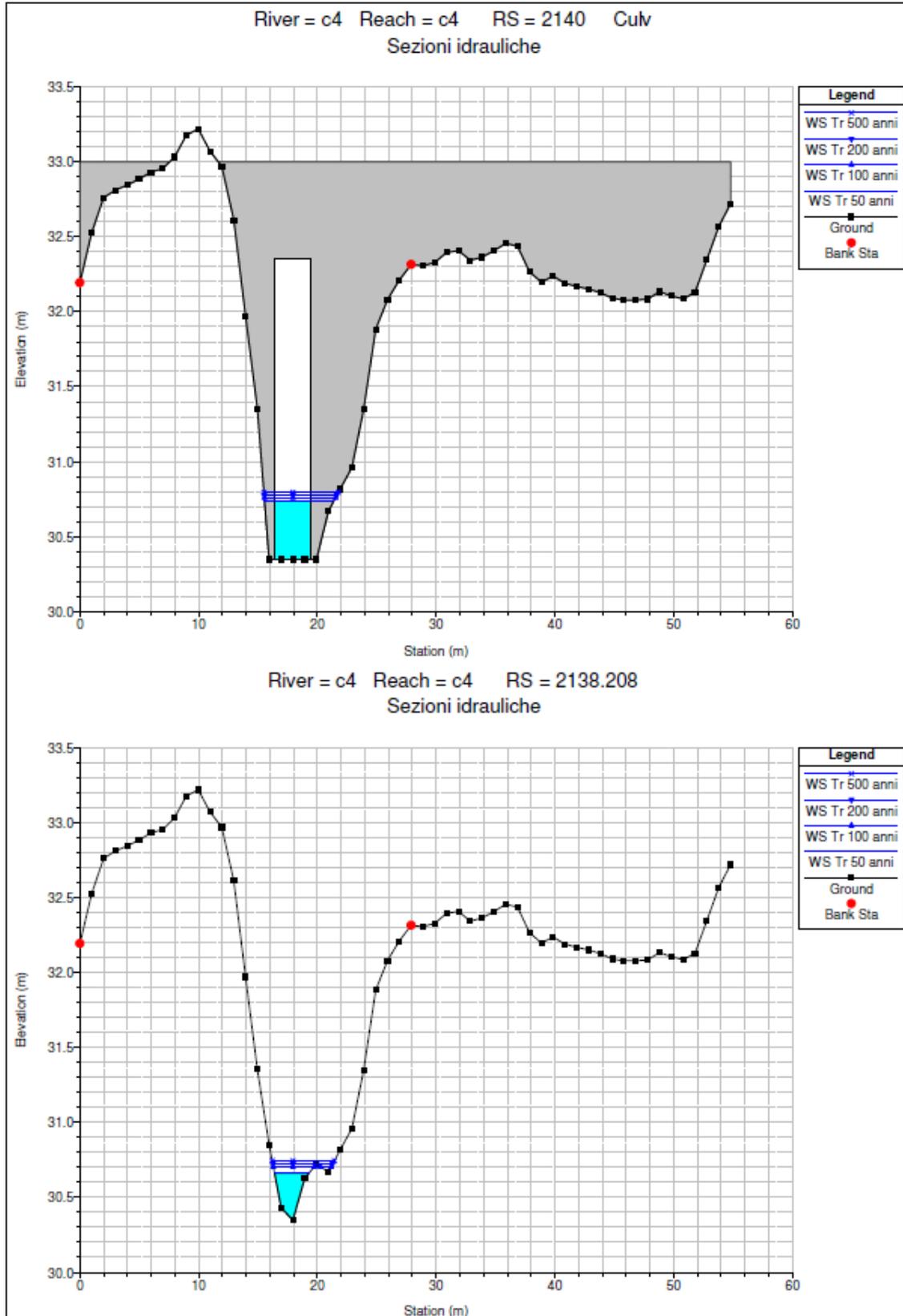
	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 28 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 29 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 30 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

5.5.2 Risultati simulazione idraulica – ambito 2° attraversamento

Per la rappresentazione del 2° attraversamento vengono prese in esame le sezioni ricadenti nel tratto fluviale che si sviluppa dalla RS882.3955 alla RS380 (tombino della S.P.n.2), le quali risultano quelle idonee per rappresentare l'ambito fluviale in esame nel presente elaborato.

In particolare in tabella sono riportate, per ciascuna sezione e per ciascuna portata considerata, la quota minima del fondo alveo, la quota del pelo libero, la velocità di deflusso in alveo e la superficie della sezione idrica di deflusso e l'ampiezza dell'area inondabile.

Tab.5.5/B: Parametri di deflusso caratteristici nelle sezioni rappresentative dell'ambito 2° attraversamento

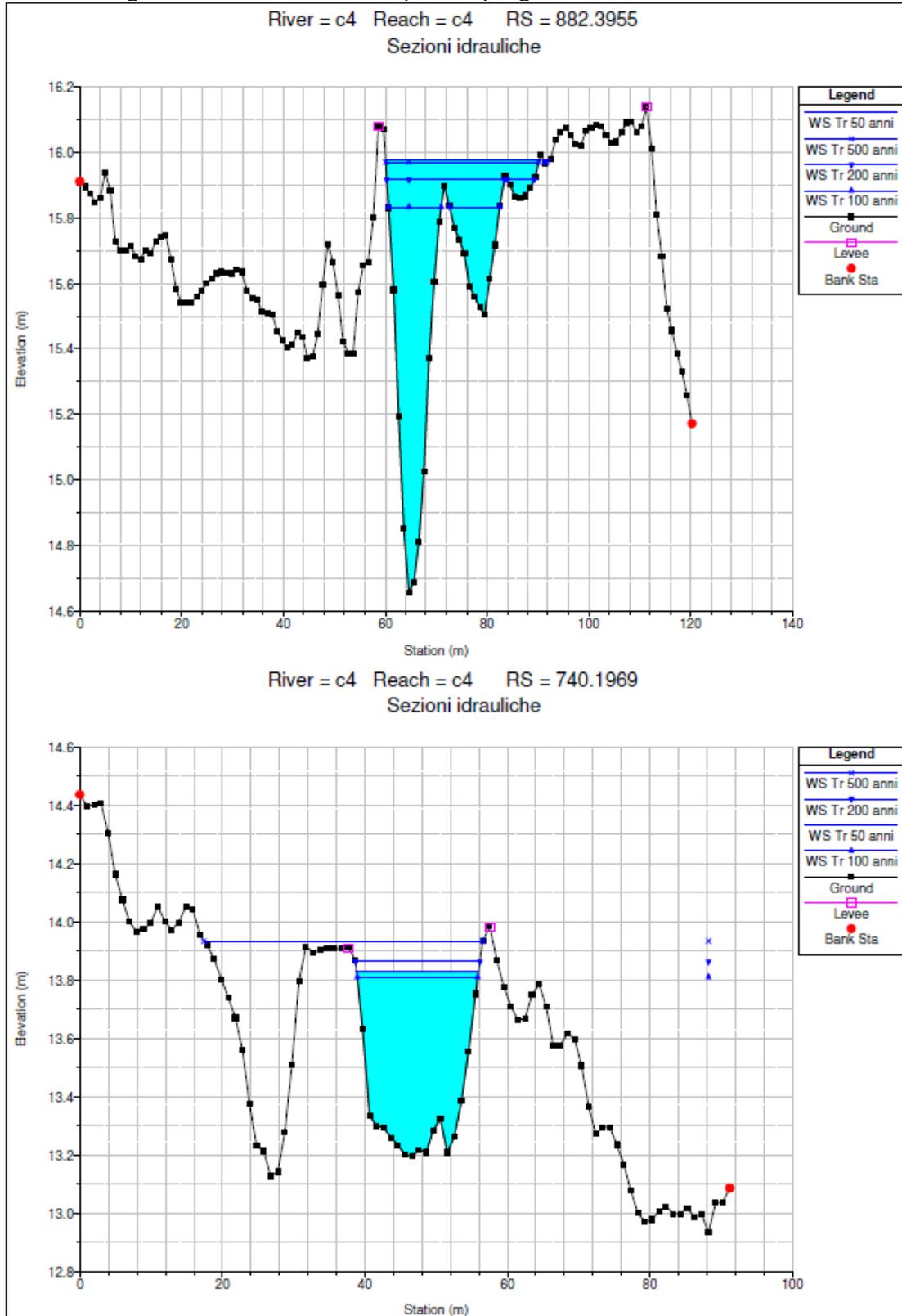
River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
c4	c4	882.3955	Tr 50 anni	14.58	14.66	15.98	15.77	16.05	0.011606	1.19	12.26	31.41	0.61
c4	c4	882.3955	Tr 100 anni	17.30	14.66	15.83	15.83	16.05	0.031084	2.04	8.49	20.21	1.00
c4	c4	882.3955	Tr 200 anni	20.05	14.66	15.92	15.92	16.10	0.032221	1.91	10.49	28.32	1.00
c4	c4	882.3955	Tr 500 anni	23.75	14.66	15.97	15.97	16.17	0.031286	1.97	12.07	30.54	1.00
c4	c4	740.1969	Tr 50 anni	14.58	12.93	13.83	13.75	13.98	0.018553	1.75	8.34	17.11	0.80
c4	c4	740.1969	Tr 100 anni	17.30	12.93	13.81	13.81	14.05	0.029348	2.16	8.02	16.93	1.00
c4	c4	740.1969	Tr 200 anni	20.05	12.93	13.86	13.86	14.12	0.028545	2.24	8.94	17.45	1.00
c4	c4	740.1969	Tr 500 anni	23.75	12.93	13.93	13.91	14.04	0.016217	1.47	16.19	39.11	0.73
c4	c4	553.8638	Tr 50 anni	14.58	8.32	8.84	8.79	8.95	0.042621	1.94	9.77	28.99	1.06
c4	c4	553.8638	Tr 100 anni	17.30	8.32	8.83	8.83	9.00	0.062460	2.33	9.64	28.88	1.28
c4	c4	553.8638	Tr 200 anni	20.05	8.32	8.87	8.87	9.05	0.061159	2.40	10.74	29.71	1.28
c4	c4	553.8638	Tr 500 anni	23.75	8.32	8.94	8.94	9.11	0.050468	2.33	13.01	37.81	1.18
c4	c4	405.2876	Tr 50 anni	14.58	5.02	6.96	6.35	6.99	0.006230	0.69	21.18	78.03	0.42
c4	c4	405.2876	Tr 100 anni	17.30	5.02	7.03	6.47	7.05	0.004659	0.66	26.31	83.32	0.37
c4	c4	405.2876	Tr 200 anni	20.05	5.02	7.09	6.73	7.11	0.003627	0.64	31.41	86.04	0.34
c4	c4	405.2876	Tr 500 anni	23.75	5.02	7.14	6.81	7.16	0.003317	0.66	36.13	88.46	0.33
c4	c4	380											

Nella figura seguente si riportano le schermate di output relative alle varie sezioni idrauliche del tronco d'alveo rappresentativo per l'ambito di attraversamento in esame.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fig. 31 di 51	Rev. 0

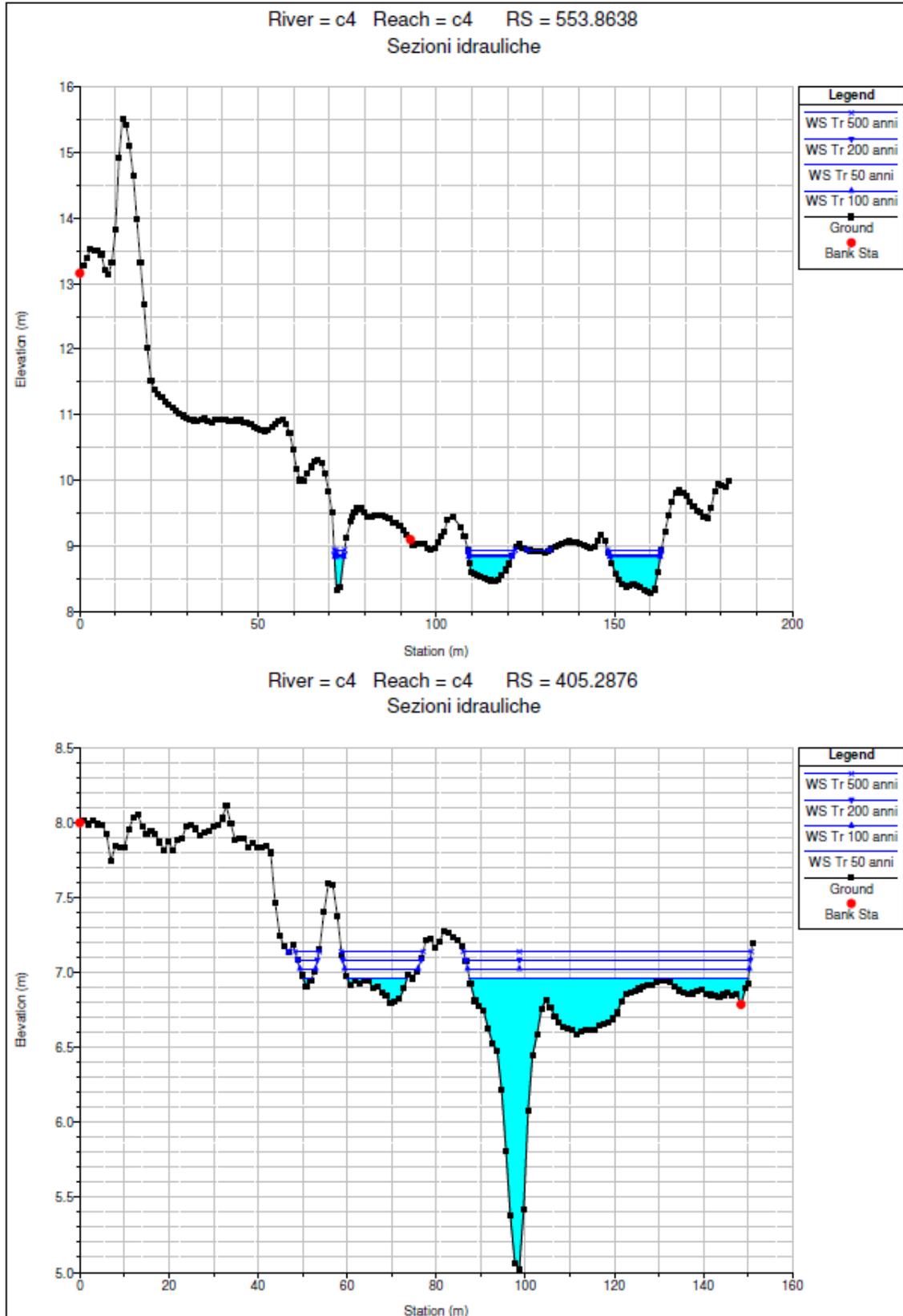
Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

Fig.5.5/B: Schermate di Output del programma – Cross Section 2° tratto



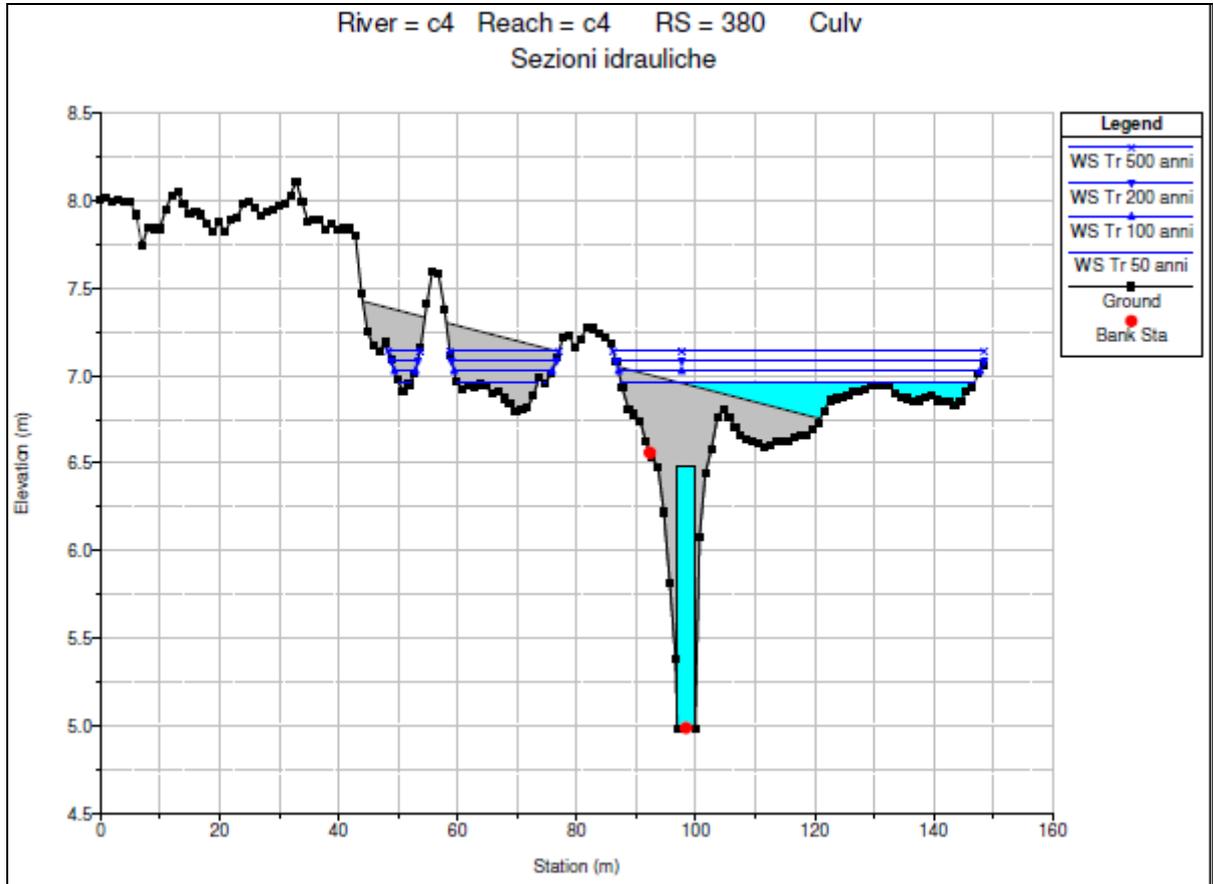
	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 32 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 33 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 34 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

6 VALUTAZIONE EROSIONI DI FONDO ALVEO

6.1 Generalità

Nel corso degli eventi di piena, il fondo degli alvei subisce modifiche morfologiche, in molti casi anche di notevole entità, innescate da cause che possono essere definite “intrinseche” (dovute cioè a fenomeni naturali quali confluenze, curve, ostacoli naturali ecc.) o “indotte” (legate ad alterazioni di origine antropica diretta o indiretta, quali opere in alveo, escavazioni, ecc.). La valutazione di tali fenomeni riveste notevole importanza ai fini del dimensionamento degli interventi in alveo.

Allo stato attuale delle conoscenze tecniche, la valutazione dell'entità degli approfondimenti, dei fenomeni di escavazione e di trasporto localizzato, nella maggioranza dei casi, dipende da un puntuale riscontro sul campo, atto a valutare lo stato generale dell'alveo. La stima del valore atteso per tali fenomeni rimane, nella maggioranza dei casi, un'attività dipendente in massima parte dall'esperienza e dalla sensibilità del progettista, il quale deve avvalersi in misura preponderante degli esiti di appositi sopralluoghi per valutare lo stato generale dell'alveo. Le analisi di natura sperimentale disponibili, pur fornendo utili indicazioni circa l'entità dei fenomeni, risultano spesso legate alle particolari condizioni al contorno poste a base delle indagini, ed ai modelli rappresentativi utilizzati.

Il lavoro di ricerca ha prodotto negli ultimi cinquanta anni una serie di risultati, che forniscono utili indicazioni circa l'entità dei fenomeni di escavazione e trasporto localizzato solo in alcuni casi tipici. Va sottolineato che tali risultati sono in generale caratterizzati dai seguenti limiti principali:

- la quasi totalità dei dati utilizzati per la definizione delle metodologie di valutazione delle escavazioni proviene da prove effettuate in laboratorio, su modelli in scala ridotta e su terreni di fondo alveo a granulometria maggiormente omogenea di quanto effettivamente riscontrabile in natura;
- ogni formula determinata per via sperimentale è strettamente legata a casi particolari di escavazione in alveo e risulta difficilmente estrapolabile a casi dissimili da quelli direttamente analizzati in campo o in laboratorio;
- non si dispone di analisi effettuate su ripristini di scavo e su rivestimenti eseguiti in opera, che si differenzino dalle condizioni teoriche di depositi aventi una granulometria ordinaria;
- le sperimentazioni sono in massima parte riferite a condizioni che prevedono una portata di base sostanzialmente costante e non tengono conto di fenomeni di estrema variabilità che caratterizzano gli eventi di piena in alvei a regime torrentizio;
- gli studi sono condotti essenzialmente per alvei di pianura di grandi dimensioni.

Le considerazioni sopra riportate devono condurre pertanto ad un atteggiamento di estrema cautela nell'uso delle relazioni utilizzate per il calcolo degli approfondimenti, avendo cura di utilizzare ciascuna di esse per casi simili a quelli per cui sono state ricavate ed associando comunque alle valutazioni condotte su scala locale (buche, approfondimenti localizzati) considerazioni ed analisi sulla dinamica d'alveo generale nella zona di interesse (presenza o meno di trasporto solido, variazioni storiche della planimetria d'alveo, granulometria dei sedimenti ed indagine geotecnica sui litotipi presenti nei primi metri del fondo, ecc.).

Nel seguito si descrivono quindi le espressioni generali che si ritengono utilizzabili nel caso in oggetto, per la valutazione dei fenomeni erosivi in alveo, al fine di quantificare il

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 35 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

valore che un eventuale approfondimento potrebbe raggiungere rispetto alla quota media iniziale del fondo, interessando quindi la quota di collocazione della condotta.

6.2 Criteri di calcolo

Approfondimenti localizzati

Per quanto attiene alla formazione locale di buche ed approfondimenti, le posizioni e le caratteristiche di queste erosioni sono talvolta abbastanza prevedibili, come ad esempio nel punto di gorgo dei meandri o in corrispondenza di manufatti, ed a volte del tutto imprevedibili, specialmente in alvei a fondo mobile, cioè costituiti da un materiale di fondo essenzialmente granulare.

Infatti, in tali alvei, anche in assenza di manufatti, sul fondo possono crearsi buche di notevole profondità; le condizioni necessarie per lo sviluppo del fenomeno sembrano individuarsi nella formazione di correnti particolarmente veloci sul fondo e nella presenza di irregolarità geometriche dell'alveo, che innescano il fenomeno stesso.

Fra i modelli più noti atti a determinare il valore dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota iniziale del fondo alveo durante la manifestazione di piene (Schoklitsh, Eggemberger, Adami, ecc.), la formula di Schoklitsh¹ è quella che presenta minori difficoltà nella determinazione dei parametri caratteristici ed è quella maggiormente impiegata (con risultati soddisfacenti) per gli attraversamenti in subalveo di corsi d'acqua da parte delle condotte (soprattutto nel campo dei metanodotti).

In ragione di quanto detto, per la valutazione degli approfondimenti localizzati in alveo rispetto alla quota iniziale del fondo si ricorre alla citata formula di Schoklitsh:

$$S = 0.378 \cdot H^{1/2} \cdot q^{0.35} + 2.15 \cdot a$$

dove

- **S** è la profondità massima degli approfondimenti rispetto alla quota del fondo, nella sezione d'alveo considerata;
- **H** = $h_0 + v^2/2g$ rappresenta il carico totale relativo alla sezione immediatamente a monte della buca;
- **h₀** = il livello medio del battente idrico in alveo;
- **q** = Q_{Max}/L è la portata specifica media in alveo, per unità di larghezza L;
- **a** è dato dal dislivello delle quote d'alveo a monte e a valle della buca;

Il valore di **a** viene assunto in funzione delle caratteristiche geometriche del corso d'acqua, sulla base della pendenza locale del fondo alveo in corrispondenza della massima incisione, moltiplicata per una lunghezza (in asse alveo) pari all'altezza idrica di piena considerata.

Arature di fondo

Per quanto attiene al fenomeno di scavo temporaneo durante le piene o "aratura di fondo", esso raggiunge valori modesti, se inteso come generale abbassamento del fondo alveo, mentre può assumere valori consistenti, localmente, se inteso come migrazione trasversale o longitudinale dei materiali incoerenti.

Nel primo caso si tratta della formazione di canali effimeri di fondo alveo sotto l'azione di vene particolarmente veloci.

¹ Schoklitsh A., "Stauraum verlandung und kolkbewehr", Springer ed., Vienna, 1935.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 36 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

Nel secondo caso, tali approfondimenti possono derivare, durante il deflusso di massima piena, dalla formazione di dune disposte trasversalmente alla corrente fluida, che comportano un temporaneo abbassamento della quota d'alveo, in corrispondenza del cavo tra le dune stesse.

Allo stato attuale non potendosi fare che semplici ipotesi sul fenomeno, non è possibile proporre algoritmi per calcolare la profondità degli scavi. Le proprietà geometriche del fondo alveo, in relazione all'entità delle tensioni tangenziali indotte dalla corrente, sono state studiate² da Yalin (1964), Nordin (1965) ed Altri, che hanno proposto di assegnare a tali escavazioni un valore cautelativo pari ad una percentuale dell'altezza idrometrica di piena ivi determinata. In particolare, nel caso di regime di corrente lenta, venne concluso che, per granulometrie comprese nel campo delle sabbie, la profondità del fenomeno risulta comunque inferiore a 1/6 o al massimo 1/3 dell'altezza idrica. Una generalizzazione prudenziale, proposta in Italia³, sulla base di osservazioni dirette nei corsi d'acqua della pianura padana, estende il limite massimo dei fenomeni di escavazione per aratura, indipendentemente dalla natura del fondo e dal regime di corrente, ad un valore cautelativo pari al 50% dell'altezza idrometrica di piena.

Per quanto riguarda il fenomeno di scavo temporaneo durante le piene, come detto, non disponendo allo stato di algoritmi opportunamente tarati, atti a determinare la potenziale entità del fenomeno in relazione alle specificità del sito in studio, ci si basa sulle considerazioni empiriche proposte in letteratura tecnica, secondo le quali un valore del tutto cautelativo della profondità di tali potenziali escavazioni del fondo (**Z**) è stimabile, in corrispondenza di una assegnata sezione, al massimo in ragione del 50% del battente idrometrico di piena (**h_o**), ovvero

$$Z = 0,5 \cdot h_o$$

Considerazioni sui metodi di calcolo impiegati

In Italia, negli ultimi 50÷60 anni circa, per la progettazione di attraversamenti in subalveo dei metanodotti, l'applicazione dei metodi sopracitati (che si completano con la valutazione dell'erosione massima in alveo, in considerazione del valore maggiore tra gli approfondimenti localizzati e le arature di fondo individuati nel tronco fluviale in esame) risultano quelli maggiormente impiegati, anche in considerazione di una vastissima casistica di situazioni litologiche e morfologiche nei contesti fluviali d'intervento.

Sulla base delle esperienze acquisite, ossia sulla base dei riscontri conseguiti nel tempo, i risultati sono assolutamente positivi. Infatti, dall'analisi storica, problematiche di erosioni in alveo che hanno determinato la scopertura di condotte si sono verificate solo in rarissimi casi correlabili a situazioni estremamente particolari e non considerate adeguatamente in fase di progetto, ossia per il crollo di briglie localizzate poco a valle degli attraversamenti, oppure per effetto di azioni antropiche in alveo (ad esempio per estrazioni incontrollate di ingenti quantitativi di inerti).

In definitiva, sulla base dei riscontri delle esperienze acquisite, si può ritenere che l'impiego dei metodi sopracitati, unitamente all'applicazione di adeguati coefficienti di sicurezza (valutati anche in funzione delle condizioni peculiari rilevati nel contesto d'intervento), consentono di garantire all'infrastruttura lineare in progetto condizioni di sicurezza adeguate nei confronti dei processi erosivi di fondo alveo.

² Si veda la sintesi di questi lavori in Graf W.H., "Hydraulics of sediment transport"; McGraw-Hill, U.S.A.; 1971.

³ Zanovello A., Sulle variazioni di fondo degli alvei durante le piene; L'Energia elettrica, XXXIV, n. 8; 1959.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 37 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

6.3 Stima dei massimi approfondimenti attesi

6.3.1 Ambito 1° attraversamento

Ai fini delle valutazioni delle erosioni, conformemente a quanto previsto in normativa, sono state prese in considerazione i parametri idraulici caratteristici nelle sezioni rappresentative dell'ambito fluviale d'attraversamento in esame (riportate nella Tab.5.5/A) in considerazione dell'evento di piena duecentennale (TR=200 anni), nonché i parametri fisici relativi alle sezioni stesse.

I valori delle erosioni (approfondimenti localizzati ed arature di fondo), valutati in riferimento agli algoritmi descritti nei paragrafi precedenti, sono riportati nelle ultime due colonne della tabella seguente.

Tab.6.3/A: Ambito 1° attraversamento - Erosioni nel fondo alveo

Sezione Fluviale	Portata (mc/s)	Velocità media deflusso (m/s)	Battente idraulico (m)	Larghezza alveo attivo (m)	Carico Tot. Idraulico (m)	Approfondimenti localizzati (m)	Arature di fondo (m)
2252.398	0.95	1.15	0.41	3.11	0.48	0.39	0.21
2233.115	0.95	1.50	0.38	2.84	0.49	0.40	0.19
2201.907	0.95	0.43	0.38	9.71	0.39	0.32	0.19
2153.775	0.95	1.22	0.28	4.33	0.36	0.35	0.14
2138.208	0.95	1.25	0.37	5.05	0.45	0.36	0.18

6.3.2 Ambito 2° attraversamento

Ai fini delle valutazioni delle erosioni, conformemente a quanto previsto in normativa, sono state prese in considerazione i parametri idraulici caratteristici nelle sezioni rappresentative dell'ambito fluviale d'attraversamento in esame (riportate nella Tab.5.5/B) in considerazione dell'evento di piena duecentennale (TR=200 anni), nonché i parametri fisici relativi alle sezioni stesse.

I valori delle erosioni (approfondimenti localizzati ed arature di fondo), valutati in riferimento agli algoritmi descritti nei paragrafi precedenti, sono riportati nelle ultime due colonne della tabella seguente.

Tab.6.3/B: Ambito 2° attraversamento - Erosioni nel fondo alveo

Sezione Fluviale	Portata (mc/s)	Velocità media deflusso (m/s)	Battente idraulico (m)	Larghezza alveo attivo (m)	Carico Tot. Idraulico (m)	Approfondimenti localizzati (m)	Arature di fondo (m)
882.3955	20.05	1.91	1.26	10.49	1.45	0.79	0.63
740.1969	20.05	2.24	0.93	17.45	1.19	0.65	0.47
553.8638	20.05	2.40	0.55	29.71	0.84	0.52	0.27
405.2876	13.27	0.64	2.07	86.04	2.09	0.50	1.04

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 38 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

6.4 Considerazione sui risultati conseguiti

Dall'esame dei risultati conseguiti si rileva che la corrente idraulica, in corrispondenza dell'ambito di 1° attraversamento della condotta in progetto ed in concomitanza dell'evento di piena considerato, risulta potenzialmente in grado di sviluppare dei fenomeni massimi erosivi di fondo alveo (scalzamenti) dell'ordine dei **0,4 m**.

Dall'esame dei risultati conseguiti si rileva che la corrente idraulica, in corrispondenza dell'ambito di 2° attraversamento della condotta in progetto ed in concomitanza dell'evento di piena considerato, risulta potenzialmente in grado di sviluppare dei fenomeni massimi erosivi di fondo alveo (scalzamenti) dell'ordine di **1,0 m**.

Conseguentemente, in considerazione dei risultati dei conseguiti, risulta necessario prevedere, per ciascun attraversamento analizzato, il posizionamento della condotta in corrispondenza dell'alveo del corso d'acqua con una copertura minima superiore ai valori massimi precedentemente stimati.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 39 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

7 METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI

7.1 Premessa

La definizione del progetto degli attraversamenti in esame è stata effettuata in riferimento a valutazioni di tipo geomorfologico, geotecnico ed idraulico, condotte negli ambiti specifici d'intervento.

In particolare, in considerazione delle caratteristiche dei corsi d'acqua e dei risultati delle valutazioni conseguite, sono state definite le scelte progettuali inerenti ai punti qui di seguito elencati:

- la metodologia costruttiva per la realizzazione dell'opera;
- la geometria di posa "in subalveo", con particolare riferimento alla profondità di posa;
- le caratteristiche dimensionali e tipologiche delle opere di difesa idraulica.

7.2 Metodologia operativa: Scavi a cielo aperto

La scelta del sistema di posa in subalveo della condotta, particolarmente nel caso di corsi d'acqua di significativa importanza, deve essere effettuata in modo da garantire la massima sicurezza dal punto di vista idraulico e geotecnico, sia nella fase operativa che a lungo termine, tanto per la condotta in progetto quanto per la configurazione d'alveo del corso d'acqua (fondo, sponde ed eventuali manufatti esistenti).

Nei casi specifici, l'insieme delle caratteristiche morfologiche, geologiche, geometriche ed idrauliche dell'ambito d'interferenza ha condotto all'individuazione del sistema di posa in subalveo della pipeline mediante la metodologia degli "scavi a cielo aperto".

Infatti, in attraversamenti come quelli in esame, che non necessitano dell'applicazione di differenti metodologie (per presenza di infrastrutture prossime alle sponde quali argini, strade, ferrovie e sottoservizi significativi), la posa di una condotta mediante scavi e successivi rinterri è il sistema più frequentemente utilizzato. Ciò in considerazione della sua versatilità costruttiva, della semplicità nell'organizzazione delle fasi di lavoro e della possibilità di adattare la geometria della condotta a quella della sezione di attraversamento. Inoltre, ostacoli incontrati nelle fasi di scavo, o variazioni di progetto in corso d'opera, generalmente non sono tali da inficiarne la fattibilità o la corretta esecuzione.

La metodologia esecutiva consiste sostanzialmente nelle seguenti fasi:

- nello scavo di una trincea lungo il profilo d'attraversamento fino al raggiungimento delle quote di posa;
- nel successivo alloggiamento della colonna di condotta (precedentemente preassemblata fuori dall'ambito fluviale) nel fondo-scavo;
- infine nel rinterro degli scavi, con il medesimo materiale di scavo (precedentemente accantonato), per il ripristino morfologico dell'area, ivi comprese la realizzazione e/o ripristino di eventuali opere di protezione idraulica.

In relazione alle specifiche caratteristiche idrauliche del corso d'acqua, al periodo climatico di esecuzione, ai volumi di deflusso attesi nel corso delle operazioni esecutive ed alla durata delle stesse, la sequenza operativa dei lavori può essere articolata con uno dei seguenti modi:

- lavori in continuità con quelli di linea; tale procedura riguarda l'attraversamento di corsi d'acqua "poco importanti" (in relazione all'aspetto idraulico, alla morfologia dei

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 40 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

terreni e a rischi di tipo operativo) o caratterizzati da periodi di “secca” o di magra, anche se di breve durata; in tali condizioni i lavori di scavo, posa e rinterro della condotta vengono effettuati in continuità con quelli lungo la linea; in genere si tratta di torrenti, o canali, caratterizzati da modesti valori di portata, che pertanto non necessitano di una specifica struttura atta a consentirne il minimo deflusso, che può essere garantito mediante dispositivi ordinari;

- lavori per “fasi chiuse”; tale procedura prevede che si completi ogni fase prima dell’inizio della successiva; eseguendo in progressione scavo, posa della condotta e rinterri; questa sequenza viene adottata ogni qualvolta è necessario garantire lo smaltimento di un’eventuale portata non trascurabile, che dovesse manifestarsi durante la costruzione.

Preliminarmente alla fase di scavo verranno in generale realizzati dei by-pass, costituiti tomboni e/o da argini, ture ecc., per consentire il normale deflusso delle acque.

Per i corsi d’acqua ampi e/o con deflusso significativo di acqua, i lavori verranno eseguiti per tratti successivi. In questo caso anche gli interventi temporanei di deviazione del flusso verranno adattati nel corso dei lavori, con lo scopo di operare sempre nelle condizioni favorevoli.

Al termine dei lavori tutte le eventuali opere di deviazione e di regimentazione temporanea del deflusso idraulico verranno rimosse e verrà integralmente ripristinata la configurazione dell’alveo preesistente.

Si precisa inoltre che durante le fasi operative i mezzi ed il personale presenti in alveo saranno quelli strettamente necessari per l’esecuzione dei lavori, con deposito dei materiali e delle attrezzature fuori dall’ambito fluviale. Ciò con lo scopo di agevolare il rapido allontanamento dei mezzi e del personale dall’ambito fluviale in caso di manifestazione di un evento di piena significativo. In ogni caso le procedure di sicurezza connesse a sistemi di preallertamento e alle disposizioni operative in caso di manifestazione di eventi di piena verranno stabilite nel PSC.

I tempi operativi saranno quelli strettamente necessari per lo svolgimento dei lavori, individuando il periodo d’intervento in considerazione delle peculiarità idrologiche stagionali del corso d’acqua.

Si pone in evidenza, infine, che al completamento dei lavori necessari per dare l’opera finita, si ristabilirà l’originale conformazione plano-altimetrica delle aree interessate, senza alcuna modificazione della configurazione d’alveo del corso d’acqua. In tal modo, l’intervento in progetto non apporterà alterazioni alle condizioni morfologiche ed idrauliche esistenti del corso d’acqua. Considerata inoltre la natura dei lavori, non si prevede alcuna variazione delle condizioni di scabrezza dei terreni e pertanto non si darà luogo ad alcuna alterazione della capacità di laminazione naturale dell’alveo e della portata naturalmente rilasciata a valle: l’opera risulta influente sulle condizioni di smaltimento delle portate del corso d’acqua.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 41 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

7.3 Geometria della condotta ed interventi di ripristino

7.3.1 1° attraversamento alveo del corso d'acqua

Copertura di progetto

Relativamente al profilo di posa della condotta in progetto in subalveo in corrispondenza dell'attraversamento in esame, in considerazione dei risultati conseguiti negli studi precedentemente riportati e delle condizioni peculiari rilevate nel contesto d'intervento, è stato previsto di posizionare la condotta in progetto con una copertura minima in alveo di 2,5m (riferita alla generatrice superiore del tubo, nei confronti della quota minima dell'alveo).

Detta configurazione di posa della condotta, assicura la sicurezza dell'infrastruttura lineare per tutto il periodo d'esercizio nei confronti dei potenziali processi erosivi.

Opere di ripristino

Nel caso specifico, poiché l'alveo del corso d'acqua presenta delle dimensioni estremamente modeste e sponde molto svasate, e poiché l'alveo risulta quasi completamente sgravato dalle proprie funzioni idrauliche, al termine dei lavori si prevede di eseguire esclusivamente il ripristino morfologico della configurazione d'alveo, senza dunque l'ausilio di alcuna opera di presidio idraulico.

I lavori di ripristino si completano con la ripresa, stendimento e riprofilatura dello strato superficiale di terreno accantonato, per il ripristino morfologico e vegetazionale dell'intera area. Gli interventi vegetazionali consistono in generale nell'inerbimento dell'area e l'eventuale messa a dimora di vegetazione arbustiva ed arborea costituite da essenze autoctone.

Si precisa tuttavia che, per un esame di dettaglio del profilo geometrico della condotta in subalveo, si rimanda alla visione del disegno di attraversamento.

7.3.2 2° attraversamento alveo del corso d'acqua

Copertura di progetto

Relativamente al profilo di posa della condotta in progetto in subalveo in corrispondenza dell'attraversamento in esame, in considerazione dei risultati conseguiti negli studi precedentemente riportati e delle condizioni peculiari del sito è stato previsto di posizionare la condotta in progetto con una copertura minima in alveo di 2,5m (riferita alla generatrice superiore del tubo, nei confronti della quota minima dell'alveo).

Detta configurazione di posa della condotta, unitamente alle tipologie di opere di presidio d'alveo previste, assicurano la sicurezza dell'infrastruttura lineare per tutto il periodo d'esercizio nei confronti dei potenziali processi erosivi.

Opere di ripristino

Le opere di difesa idraulica previste nell'ambito sono:

- Rivestimento d'alveo (sponde e fondo) in massi naturali, da realizzare per tutta la fascia interessata dai lavori;

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 42 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

Detti interventi assicureranno dunque il ripristino della configurazione morfologica d'alveo preesistente ed un'efficace funzione di stabilizzazione locale dell'alveo stesso (presidio idraulico nei confronti dei potenziali fenomeni erosivi in concomitanza ad eventi di piena). Le opere presentano caratteristiche tipologiche ottimali al fine di inserirsi nel contesto naturale esistente.

I lavori di ripristino si completano con la ripresa, stendimento e riprofilatura dello strato superficiale di terreno accantonato, per il ripristino morfologico e vegetazionale dell'intera area. Gli interventi vegetazionali consistono in generale nell'inerbimento dell'area e l'eventuale messa a dimora di vegetazione arbustiva ed arborea costituite da essenze autoctone.

Si precisa tuttavia che, per un esame di dettaglio della configurazione tipologica e dimensionale delle opere in progetto e del profilo geometrico della condotta in subalveo, si rimanda alla visione del disegno di attraversamento.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 43 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

8 VALUTAZIONI INERENTI ALLA COMPATIBILITA' IDRAULICA

8.1 Premessa

8.1.1 Normativa di riferimento

Per la progettazione dell'opera e per le analisi di compatibilità si è fatto riferimento agli strumenti normativi e documenti tecnici qui di seguito elencati:

Criteri generali di progettazione del metanodotto

DM 17 aprile 2008 del Ministero dello Sviluppo Economico - Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e degli impianti di trasporto di gas naturale con densità non superiore a 0,8.

Pianificazione territoriale di settore

Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del Bacino Unico Regionale - Sardegna, redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge 180/1998, approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10.07.2006. Norme di attuazione testo coordinato "Giugno 2020";

Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA), redatto in recepimento della direttiva 2007/60/CE e del relativo D.Lgs. 23/02/2010 n. 49, predisposto, revisionato e aggiornato dall'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, approvato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 del 15/03/2016;

Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) - adottato in via definitiva dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, con Delibera n.1 del 20.06.2013;

Pianificazione territoriale di competenza comunale

Comune di Portoscuso - "Studio di compatibilità idraulica e geologica-geotecnica relativo al procedimento di adozione del nuovo Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.) di Portoscuso ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione (N.A.) del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologica (P.A.I.)" approvato con Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale della Sardegna n. 5 del 17 maggio 2016;

8.1.2 Norme di Attuazione PAI-PGRA (testo coordinato) – Sintesi dei contenuti

Nell'art.1 (Finalità e contenuti del PAI), comma 3 delle N.d.A. sono elencate le finalità del PAI nelle aree di pericolosità idraulica e di pericolosità da frana.

L'art.2, comma 2, lettera c. cita: il PAI disciplina le aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e moderata (Hi1) perimetrate nei territori dei Comuni indicati nell'Allegato A.

Nell'ambito dell'art.8, comma 2, vengono disciplinate le modalità di esecuzione degli studi a livello comunale per l'adeguamento dei piani urbanistici comunali relativamente a difesa del suolo, assetto idrogeologico, riduzione della pericolosità e del rischio idrogeologico. Detti studi vengono successivamente recepite nel PAI, con le procedure delle varianti (ai sensi dell'art.37 delle N.d.A.).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 44 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

Nell'articolo 21 vengono stabiliti gli: Indirizzi per la progettazione, realizzazione e identificazione delle misure di manutenzione delle nuove infrastrutture.

In particolare, nel comma 2 si cita: Per le opere di attraversamento trasversale di tutti i corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico, le disposizioni e norme tecniche tendono a stabilire principi generali e prescrizioni affinché le attività di progettazione, realizzazione e identificazione delle misure di manutenzione delle nuove infrastrutture a rete o puntuali di cui al precedente comma:

- a. conservino le funzioni e il livello naturale dei corsi d'acqua;
- b. non creino in aree pianeggianti impedimenti al naturale deflusso delle acque;
- c. prevedano l'attraversamento degli alvei naturali ed artificiali e delle aree di pertinenza da parte di condotte in sotterraneo a profondità compatibile con la dinamica fluviale, con la condizione che tra fondo alveo e estradosso della condotta ci sia almeno un metro di ricoprimento. Per tali attraversamenti in sub-alveo non è richiesto lo studio di compatibilità idraulica di cui all'articolo 24 delle presenti norme e il soggetto attuatore è tenuto a sottoscrivere un atto con il quale si impegna a rimuovere a proprie spese le condotte qualora sia necessario per la realizzazione di opere di mitigazione del rischio idraulico;

L'art.23, comma 6 cita: Gli interventi, le opere e le attività ammissibili nelle aree di pericolosità idrogeologica molto elevata, elevata e media sono effettivamente realizzabili soltanto:

- a. se conformi agli strumenti urbanistici vigenti e forniti di tutti i provvedimenti di assenso richiesti dalla legge;
- b. subordinatamente alla presentazione, alla valutazione positiva e all'approvazione dello studio di compatibilità idraulica o geologica e geotecnica di cui agli articoli 24 e 25, nei casi in cui lo studio è espressamente richiesto dai rispettivi articoli prima del provvedimento di approvazione del progetto, tenuto conto dei principi di cui al comma 9.

Il comma 9 dell'art.23 riporta: Allo scopo di impedire l'aggravarsi delle situazioni di pericolosità e di rischio esistenti nelle aree di pericolosità idrogeologica tutti i nuovi interventi previsti dal PAI e consentiti dalle presenti norme devono essere tali da:

- a. migliorare in modo significativo o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità del regime idraulico del reticolo principale e secondario, non aumentando il rischio di inondazione a valle;
- c. non compromettere la riduzione o l'eliminazione delle cause di pericolosità o di danno potenziale né la sistemazione idrogeologica a regime;
- d. non aumentare il pericolo idraulico con nuovi ostacoli al normale deflusso delle acque o con riduzioni significative delle capacità di invasamento delle aree interessate;
- e. limitare l'impermeabilizzazione dei suoli e creare idonee reti di regimazione e drenaggio;
- g. salvaguardare la naturalità e la biodiversità dei corsi d'acqua e dei versanti;
- h. non interferire con gli interventi previsti dagli strumenti di programmazione e pianificazione di protezione civile;
- i. adottare per quanto possibile le tecniche dell'ingegneria naturalistica e quelle a basso impatto ambientale;
- l. non incrementare le condizioni di rischio specifico idraulico o da frana degli elementi vulnerabili interessati ad eccezione dell'eventuale incremento sostenibile connesso all'intervento espressamente assentito;

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 45 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

- n. garantire condizioni di sicurezza durante l'apertura del cantiere, assicurando che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un significativo aumento del livello di rischio o del grado di esposizione al rischio esistente;
- o. garantire coerenza con i piani di protezione civile.

Nell'art.24 vengono stabiliti i criteri per la redazione degli studi di compatibilità idraulica. In particolare, il comma 5 cita: Lo studio di compatibilità idraulica è predisposto secondo i criteri indicati nell'Allegato E alle presenti norme.

Nell'art.27 si riporta la "Disciplina delle aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4)". In particolare, nel comma 3 lettera g. si cita:

In materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico, comprese le opere provvisorie temporanee funzionali agli interventi, nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata sono consentiti esclusivamente:

- g le nuove infrastrutture a rete o puntuali previste dagli strumenti di pianificazione territoriale e dichiarate essenziali e non altrimenti localizzabili; nel caso di condotte e di cavidotti, non è richiesto lo studio di compatibilità idraulica di cui all'articolo 24 delle presenti norme qualora sia rispettata la condizione che tra piano di campagna e estradosso ci sia almeno un metro di ricoprimento, che eventuali opere connesse emergano dal piano di campagna per una altezza massima di 50 cm, che per le situazioni di parallelismo non ricadano in alveo e area golenale e che il soggetto attuatore provveda a sottoscrivere un atto con il quale si impegna a rimuovere a proprie spese tali elementi qualora sia necessario per la realizzazione di opere di mitigazione del rischio idraulico;

Negli articoli 28, 29 e 30 vengono disciplinate rispettivamente: le aree di pericolosità idraulica elevata (Hi3), le aree di pericolosità idraulica media (Hi2), aree di pericolosità idraulica moderata (Hi1). Ovviamente, man mano che si scende con il livello di pericolosità, la disciplina prescrittiva diviene meno restrittiva.

Infine, nel titolo V vengono riportate le Norme in materia di coordinamento tra Il PAI e il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 46 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

8.2 Interferenze con aree censite a pericolosità idraulica

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico in scala 1:10.000, dal quale si possono individuare gli ambiti d'interferenza tra il metanodotto di derivazione in progetto (riportato mediante una linea in arancione) con l'alveo del fosso (indicati con dei cerchi in rosso) e più in generale con le aree inondabili del corso d'acqua stesso (riportate mediante campiture semi-trasparenti di varia colorazione).

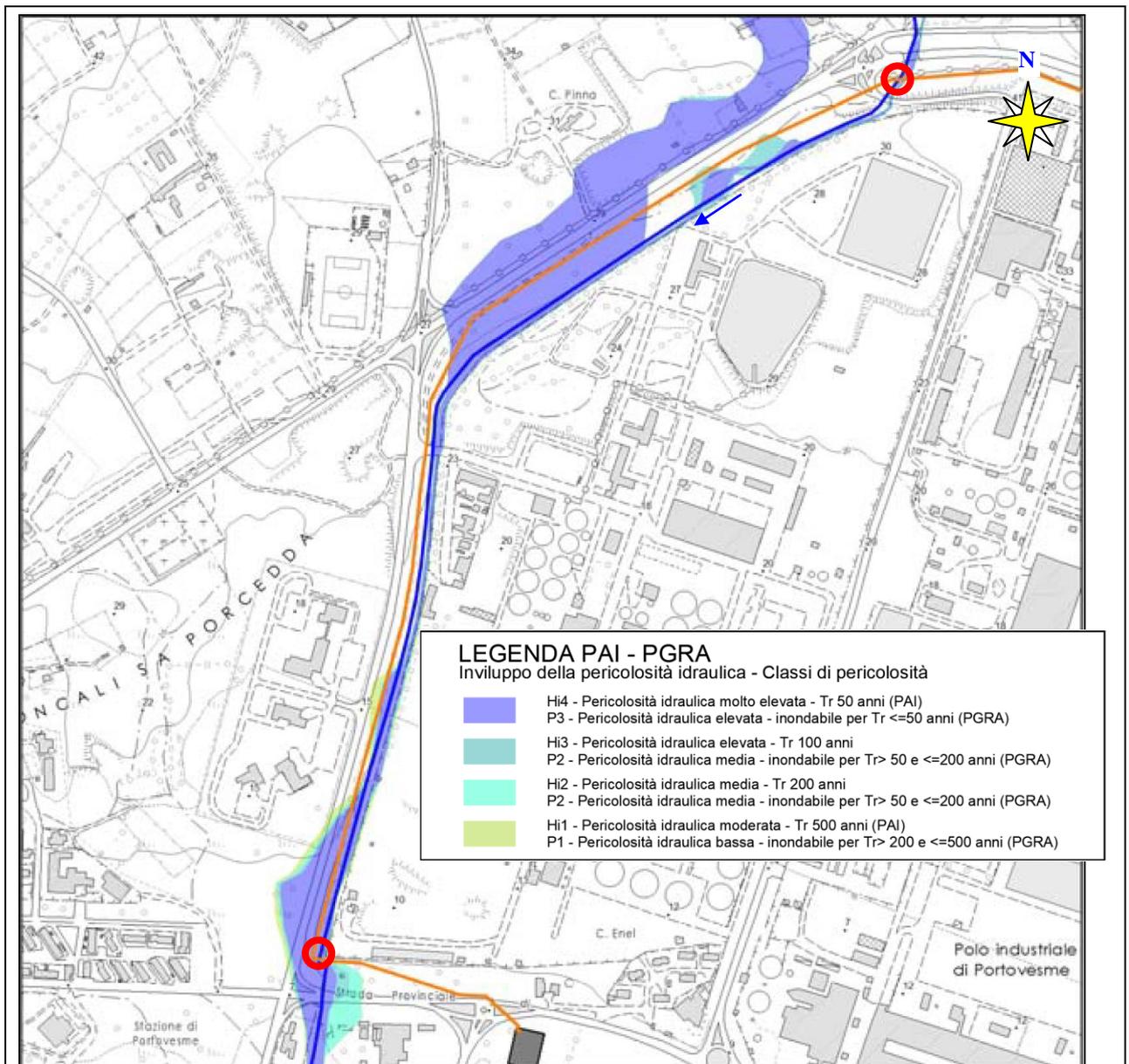


Fig.8.2/A: Interferenze tra metanodotto in progetto con le aree inondabili del corso d'acqua

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 47 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

Dall'analisi della figura precedente si rileva che il metanodotto di derivazione in progetto in prossimità di entrambi gli attraversamenti dell'alveo interferisce con delle aree censite ai sensi del PAI a pericolosità idraulica elevata (Hi4).

Fuori dagli ambiti di attraversamento dell'alveo del corso d'acqua (dove la condotta verrà comunque posizionata mediante la tradizionale tecnica degli "scavi a cielo aperto"), il tracciato del metanodotto intercetta (a tratti) delle porzioni di territorio potenzialmente inondabili, censite con vari livelli di pericolosità idraulica.

8.3 Analisi delle condizioni di compatibilità idraulica

8.3.1 Considerazioni di carattere generale

Il metanodotto in progetto rappresenta un'infrastruttura lineare di interesse pubblico. In tal senso, in riferimento alle Norme di Attuazione del PAI, risulta tra le tipologie di opere per le quali è consentito l'interferenza con aree censite di pericolosità idraulica.

Peraltro, si pone in evidenza che le interferenze in esame consistono nell'attraversamento dell'alveo e delle pertinenze di un corso d'acqua da parte di una condotta in sotterraneo, con coperture di ricoprimento superiori a 1m. Pertanto, ai sensi dell'art.21, comma 2, lettera c e dell'art.27, lettera g delle N.d.A. del PAI, nello specifico non è richiesto lo studio di compatibilità idraulica.

Ciò nonostante, si è ritenuto comunque di sviluppare il presente elaborato con lo scopo di illustrare agli enti competenti gli studi effettuati al fine di individuare le caratteristiche di progettazione negli attraversamenti in subalveo del corso d'acqua, con particolare riferimento alla definizione della metodologia operativa, del profilo di posa della condotta e delle caratteristiche delle eventuali opere di ripristino e di presidio idraulico.

Il progetto in esame consiste nella realizzazione di un metanodotto, dunque di un'opera completamente interrata che, essendo costituito da tubazioni in acciaio saldate rivestite in polietilene, non presenta alcun problema operativo e di sicurezza in caso di innalzamento della falda e/o allagamento dell'area.

Le uniche strutture visibili risulteranno essere le paline ed i cartelli indicatori e pertanto, anche in occasione delle piene eccezionali del corso d'acqua, non si introdurranno interferenze idrauliche significative per la laminazione delle piene e/o riduzione della capacità di invaso.

La costruzione della infrastruttura lineare, inoltre, non determina alcuna forma di trasformazione del territorio. Non sono previsti cambiamenti di destinazioni d'uso del suolo, né azioni di esproprio; ma unicamente una servitù di una stretta fascia a cavallo dell'asse della tubazione, lasciando dunque inalterate le possibilità di sfruttamento agricolo dei fondi.

Pertanto, in ragione di quanto esposto, si ritiene che la costruzione dell'opera non determini alcun mutamento significativo sulle condizioni idrologiche ed idrauliche nell'ambito fluviale interessato dall'attraversamento.

Infine, in considerazione della tipologia di opera (tubazione interrata) non si prevede alcun incremento del carico insediativo nell'area di intervento.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 48 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

8.3.2 Considerazioni specifiche inerenti agli ambiti di attraversamento dell'alveo

Entrando in maggior dettaglio in merito agli aspetti connessi alle specifiche interferenze idrauliche in corrispondenza di ciascun attraversamento dell'alveo del corso d'acqua, dove la posa della condotta è prevista mediante "scavi a cielo aperto", si evidenzia quanto segue:

- L'attraversamento fluviale avviene in "subalveo" e prevede una profondità di posa della condotta di sufficiente garanzia nei confronti d'eventuali fenomeni di erosione di fondo (anche localizzati e/o temporanei) che si possono produrre anche in concomitanza di piene eccezionali, cosicché è da escludere qualsiasi interferenza tra tubazione e flusso della corrente;
- La configurazione morfologica dell'alveo, sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico, verrà mantenuta praticamente invariata nei confronti della situazione preesistente. Le opere complementari (presidio d'alveo in massi naturali in corrispondenza del 2° attraversamento) sono infatti unicamente finalizzate al ripristino della configurazione originaria dell'alveo, oltre che al presidio idraulico dell'infrastruttura nei confronti di potenziali fenomeni erosivi in ambito locale da parte della corrente;
- La configurazione geometrica della condotta nell'ambito di intervento (quote in subalveo e profili di risalita) è stata stabilita anche in considerazione delle potenziali dinamiche fluviali del corso d'acqua e sono tali da non precludere la possibilità di effettuare interventi futuri in alveo, finalizzati ad attenuare o eliminare le condizioni di rischio idraulico (es: risagomature dell'alveo, realizzazione di eventuali opere di regimazione idraulica, ecc.).

In ragione delle scelte progettuali e del sistema d'attraversamento, si possono dunque esprimere le seguenti considerazioni inerenti alle interferenze con la dinamica fluviale del corso d'acqua:

1. *Modifiche indotte sul profilo involuppo di piena*
Non generando alterazioni dell'assetto morfologico (tubazione completamente interrata, con ripristino definitivo dei terreni allo stato preesistente), non sarà determinato dalla costruzione della condotta nessun effetto di variazione dei livelli idrici e quindi del profilo d'involuppo di piena.
2. *Riduzione della capacità di laminazione e/o di invaso dell'alveo*
La condotta in progetto, essendo completamente interrata, non crea alcun ostacolo al corretto deflusso delle acque e/o all'azione di laminazione delle piene, né contrazioni areali delle fasce d'esonazione e pertanto non sottrae capacità d'invaso.
3. *Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico ed altimetrico dell'alveo*
L'opera in progetto non induce alcuna modifica all'assetto morfologico dell'alveo inciso, sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico, essendo questa localizzata in subalveo ad una profondità superiore ad ogni prevedibile fenomeno d'approfondimento, e garantendo con la realizzazione d'opere di ripristino le preesistenti caratteristiche idrauliche della sezione di deflusso.
4. *Interazioni in considerazione delle potenziali dinamiche fluviali del corso d'acqua*
Gli interventi previsti non costituiscono elementi d'interferenza con il regime idraulico naturale del corso d'acqua (quali restringimenti e/o modifiche dell'assetto longitudinale), in quanto le opere sono finalizzate al ripristino della configurazione originaria dell'alveo ed al presidio idraulico nei confronti di potenziali fenomeni erosivi.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 49 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

Le caratteristiche tipologiche delle opere previste si inseriscono perfettamente nel contesto naturale esistente.

5. *Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale*
 Essendo l'opera del tutto interrata non saranno indotti effetti particolarmente impattanti con il contesto naturale della regione fluviale che possano pregiudicare in maniera "irreversibile" l'attuale assetto paesaggistico. Condizioni d'impatto sono limitate alle sole fasi di costruzione e per questo destinate a scomparire nel tempo, con la ricostituzione delle componenti naturalistiche ed ambientali.

8.3.3 Considerazioni specifiche inerenti ai tratti di percorrenza di linea delle aree inondabili

Infine relativamente ai tratti del tracciato ricadenti esternamente dagli ambiti di attraversamento dell'alveo del corso d'acqua, ma comunque collocati all'interno di aree censite di pericolosità idraulica (dove il metanodotto verrà posizionato mediante scavi a cielo aperto) si evidenzia quanto segue.

Queste interferenze riguardano delle porzioni di territorio che rappresentano delle aree di laminazione del corso d'acqua in occasione di piene eccezionali ed in quanto tali, risultano degli ambiti di assoluta sicurezza per la condotta nei confronti dei processi di dinamica fluviale.

A tal proposito si mette in evidenza che il metanodotto in progetto risulta un'opera completamente interrata ed essendo costituito da tubazioni in acciaio saldate rivestite in polietilene, non presenta alcun problema operativo e di sicurezza in caso di innalzamento della falda e/o di allagamento dell'area.

L'intervento prevede il completo interrimento della tubazione (alla profondità di almeno 1,5 m nei confronti del piano campagna, salvo eventuali tratti a copertura ulteriormente maggiorata) e l'integrale ripristino morfologico e vegetazionale delle aree interessate dai lavori.

In detti ambiti non sono previste modifiche circa lo stato dei luoghi, trasformazioni del territorio e/o cambiamenti di destinazione d'uso dei fondi. Le uniche strutture visibili risulteranno essere le paline ed i cartelli indicatori ed eventuali sfiati in corrispondenza degli attraversamenti stradali e pertanto non si introdurranno interferenze idrauliche significative per la laminazione delle piene del corso d'acqua e/o riduzione della capacità di invaso, né tantomeno alterazioni all'eventuale deflusso in occasione delle piene eccezionali.

8.4 **Considerazioni conclusive sulla compatibilità idraulica**

Alla luce di quanto evidenziato si ritiene che, in riferimento alle specificità dell'opera (infrastruttura interrata) e alle scelte progettuali effettuate in ciascun ambito in esame (metodologie costruttive e configurazione geometrica della condotta), l'intervento in progetto:

- non introduca alcun elemento di ostacolo al libero deflusso e dunque non determini alcuna alterazione del regime attuale di deflusso delle acque;
- non determini l'inserimento di elementi di riduzione della capacità di laminazione e di invaso in corrispondenza delle aree potenzialmente inondabili dalle piene del corso d'acqua;
- non comporti l'alterazione delle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale;

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 50 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

- non implichi alcuna forma di trasformazione dello stato dei luoghi del territorio e non sono previsti cambiamenti di destinazioni d'uso del suolo;
- non determini alcun incremento dei livelli di pericolosità;
- non determini alcun aggravio delle condizioni di rischio nell'area (non è previsto l'incremento del carico insediativo), né tantomeno provochi degli aggravamenti delle condizioni di rischio per le aree esterne a quella d'intervento;
- non introduca elementi di impedimento per l'eventuale realizzazione di interventi di attenuazione e/o eliminazione delle condizioni di rischio nell'ambito fluviale in esame.

In conclusione, si ritiene che l'opera in progetto sia stata progettata in ciascun ambito in esame in maniera congruente con i requisiti, le disposizioni e le finalità stabilite nelle Norme di Attuazione del PAI e pertanto **COMPATIBILE** con il contesto idraulico dell'ambito d'intervento.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	UNITA'
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CIV-E-00012	
	PROGETTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME	Fg. 51 di 51	Rev. 0

Rif. TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0060

9 CONCLUSIONI

ENURA, nell'ambito del progetto generale "Virtual Pipeline Sardegna - Rete Energetica di Portovesme", intende realizzare un metanodotto di allacciamento denominato "Derivazione per Portoscuso", DN 400 (16") - DP 75bar, della lunghezza di circa 5,5km, che si sviluppa nella porzione sud-occidentale della Regione Sardegna e più esattamente nel territorio comunale di Portoscuso.

Il tracciato di progetto del suddetto metanodotto di Derivazione, nell'ambito del proprio sviluppo, interseca per n.2 volte l'alveo di un piccolo corso d'acqua denominato "Riu de su Cannoni".

Con lo scopo di individuare le soluzioni tecnico-operative più idonee per gli attraversamenti in esame (metodologia costruttiva, profilo di posa in subalveo della condotta, eventuali opere di ripristino) sono state eseguite specifiche valutazioni di tipo geomorfologico, idrologico ed idraulico.

Alla luce dei risultati conseguiti, per i superamenti in subalveo del corso d'acqua, è stata prevista l'adozione di un sistema di attraversamento mediante "scavi a cielo aperto", con posizionamento della condotta in progetto con coperture di sicurezza adeguatamente cautelative nei confronti dei potenziali processi erosivi.

In aggiunta, in corrispondenza dell'attraversamento di valle (2° attraversamento), sono state previste delle opere di protezione idraulica dell'alveo (rivestimento d'alveo in massi naturali), con lo scopo di ripristinare la configurazione d'alveo esistente prima dell'inizio dei lavori. Gli interventi di progetto assicurano dunque il ripristino della configurazione d'alveo preesistente e garantiscono inoltre le adeguate condizioni di sicurezza della condotta, per tutto il periodo di esercizio.

Le opere previste non costituiscono elementi di interferenza con il regime idraulico naturale del corso d'acqua e non determinano delle variazioni significative all'assetto plano-altimetrico preesistente del corso d'acqua (quali restringimenti e/o modifiche dell'assetto longitudinale). Le stesse opere sono state scelte con caratteristiche tipologiche ottimali al fine di inserirsi nel contesto naturale esistente.

Dalle analisi delle interferenze tra la linea in progetto con le aree perimetrate nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del Bacino Unico Regionale – Sardegna, è emerso che, in corrispondenza degli ambiti di attraversamento del corso d'acqua e anche nel tratto di percorrenza della regione fluviale localizzato tra i due attraversamenti (nel lato in destra idrografica), il tracciato del metanodotto interferisce con delle aree censite di pericolosità idraulica, ai sensi del PAI.

In tal senso, nel presente studio di compatibilità, è stato evidenziato che l'intervento in progetto non introduce alterazioni al deflusso della corrente e/o riduzione della capacità di invaso e di laminazione del corso d'acqua e più in generale non determina alcuna modifica significativa allo stato dei luoghi della regione fluviale e non implica trasformazioni del territorio e/o cambiamenti circa l'uso del suolo.

Pertanto si ritiene che le specificità dell'opera (infrastruttura interrata) e le scelte progettuali inerenti agli specifici attraversamenti e percorrenze della regione fluviale del corso d'acqua possano essere ritenute COMPATIBILI con le disposizioni contenute nelle Norme di Attuazione del PAI.