



COMMISSARIO STRAORDINARIO
DELEGATO PER L'ATTUAZIONE DEGLI
INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL
DISSESTO IDROGEOLOGICO NELLA
REGIONE SARDEGNA



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
ASSESSORATO DEI LAVORI PUBBLICI

COMUNE DI SASSARI

PROVINCIA DI SASSARI

INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO SISTEMAZIONE IDRAULICA DELL'ALVEO RIO CALAMASCIU DALLA Z.I. PREDDA NIEDDA ALLA BORGATA DI CANIGA NEL COMUNE DI SASSARI

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

ELABORATO :

RELAZIONE IDROLOGICA - IDRAULICA

REVISIONI				ALLEGATO B	SCALA	
n°	MODIFICA	DATA	CTRL		CODICE	
01	consegna	Luglio 2023				
					NOTE	

R.T.I. tra:

Capogruppo:



Mandanti:



STUDIO SILVA srl

Dott. Geol. Angelo Vigo

Dott. Geol. Donatella Giannoni

Dott. Archeol. Emanuela Atzeni

Il Dirigente del Settore Infrastrutture
Dott. Ing. Fabio E. Spurio

Il R.U.P.:
Dott. Ing. Efisio Mureddu

Il Sindaco:
Prof. Gian Vittorio Campus



COMUNE DI SASSARI

**INTERVENTI MITIGAZIONE RISCHIO IDROGEOLOGICO –
SISTEMAZIONE IDRAULICA DELL'ALVEO RIO CALAMASCIU
DALLA Z.I. "PREDDA NIEDDA" ALLA BORGATA DI CANIGA
NEL COMUNE DI SASSARI**

CIG 8667197D37

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA

RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	B
<i>Prima emissione</i>	<i>LUGLIO 2023</i>

<i>Raggruppamento Temporaneo di Professionisti:</i>					
(Capogruppo)	(Mandante)				
	 STUDIO ASSOCIATO 4E-INGEGNERIA CAMBULA-CAMBULA PANI-PISANO Via P. Nenni 2/64 - SASSARI		DOTT. GEOL. ANGELO VIGO	DOTT. GEOL. DONATELLA GIANNONI	DOTT. ARCHEOL. EMANUELA ATZENI



INDICE

1.	PREMESSA: IL PROGETTO, GLI OBIETTIVI E I CONTENUTI DEL DOCUMENTO	1
2.	RIFERIMENTI NORMATIVI E VINCOLI PROGETTUALI.....	4
2.1.	PREMESSA.....	4
2.2.	QUADRO NORMATIVO NAZIONALE E COMUNITARIO.....	4
2.3.	PIANIFICAZIONE E VINCOLI DELL'AUTORITÀ DI BACINO: PAI, PSFF.....	5
2.3.1.	Generalità	5
2.3.2.	Relazione PAI, Linee guida e tempi di ritorno di riferimento per le valutazioni	6
2.3.3.	Planimetrie PAI delimitazione delle fasce nelle aree d'interesse	6
2.3.4.	Norme Tecniche di Attuazione del PAI: NTA	9
2.3.5.	Possibili modifiche al PAI derivanti dalla presente modellazione di dettaglio	24
2.4.	DIRETTIVA VERIFICHE ATTRAVERSAMENTI (ALL1 DIRETTIVA PONTI).....	24
2.5.	DIRETTIVA VERIFICHE CANALI TOMBATI (ALL2 CANALI TOMBATI)	25
3.	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	28
3.1.	GENERALITÀ	28
3.2.	CONFIGURAZIONE ATTUALE DEL RIO CALAMASCIU LUNGO IL SUO CORSO DALL'ORIGINE A CANIGA..	30
3.2.1.	La zona di monte e l'attraversamento di Predda Niedda (tratto d'interesse del Lotto I)	30
3.2.2.	La zona a valle di Predda Niedda, fino a Caniga (oggetto specifico della presente progettazione)	34
3.3.	PUC PIANO URBANISTICO COMUNALE	38
4.	CONFIGURAZIONE DI PROGETTO DI SISTEMAZIONE DEL RIO CALAMASCIU	40
4.1.	CRITERI PROGETTUALI E ALTERNATIVE CONSIDERATE	40
4.2.	CRITICITÀ E OBIETTIVI.....	40
4.3.	CONFIGURAZIONE DI PROGETTO.....	41
4.3.1.	Interventi lungo il Rio Calamasciu	42
4.3.2.	Interventi sulla rete di raccolta e smaltimento acque meteoriche	44
4.3.3.	Interventi di adeguamento della viabilità urbana a Caniga	45
4.3.4.	Interventi di stombamento e adeguamento del canale artificiale della Strada 12 della Z.I. Predda Niedda sud	47
5.	ANALISI IDROLOGICA	50
5.1.	GENERALITÀ	50
5.2.	DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA.....	50
6.	MODELLAZIONE IDRAULICA	58
6.1.	CRITERI DI MODELLAZIONE, PROGRAMMA E TIPOLOGIA DI MODELLO UTILIZZATO	58
6.2.	DTM 1x1 E MODIFICHE INSERITE	59
6.3.	MODELLAZIONE DELL'ASTA FLUVIALE: CARATTERISTICHE DEL MODELLO IMPLEMENTATO	61
6.4.	AGGLOMERATO INDUSTRIALE PREDDA NIEDDA.....	62



6.5.	SCENARI.....	63
6.6.	CONDIZIONI AL CONTORNO E PARAMETRI DI CALCOLO.....	64
6.6.1.	Generalità	64
6.6.2.	Scabrezza	64
6.6.3.	Livelli idrici al contorno	64
7.	ANALISI DEI RISULTATI	65
7.1.	GENERALITÀ	65
7.2.	AREE DI ALLAGAMENTO E PROFILI DI CORRENTE	65
7.3.	TABELLE DEI RISULTATI LUNGO IL RIO CALAMASCIU	67
8.	RIDEFINIZIONE DELLE MAPPE DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA DEL PAI	77
9.	CONCLUSIONI: AMMISSIBILITÀ E COMPATIBILITÀ CON IL PAI ERRORE. IL SEGNA LIBRO NON È DEFINITO.	
	ALLEGATO 1: RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI DELLA MODELLAZIONE 1D-2D	79

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – PAI-PGRA-PSFF Vigenti – Perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità e rischio idraulico mappate a seguito della Variante PAI approvata con Determinazione del Segretario dell’Autorità di Bacino n. 38 del 28/02/2022 – area del RIO CALAMASCIU.....	7
Figura 2 – PAI-PGRA-PSFF Vigenti – Perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità e rischio idraulico mappate a seguito della Variante PAI approvata con Determinazione del Segretario dell’Autorità di Bacino n. 38 del 28/02/2022 – area del RIO CALAMASCIU – dettaglio area di Caniga oggetto del presente intervento	8
Figura 3 – Inquadramento territoriale rio Calamasciu	28
Figura 4 – Interferenze tra il rio Calamasciu e le linee ferroviarie (il tratto tratteggiato rappresenta l’intervento di I lotto che risolve le problematiche dei punti 2 e 3, pur lasciando da migliorare (da parte di RFI-FS) la situazione dell’attraversamento n.3 che diverrebbe relativo al sistema di drenaggio delle acque meteoriche del comparto di Predda Niedda Sud.....	29
Figura 5 – Ortofoto aeree dell’aria industriale di Sassari.....	30
Figura 6 – Planimetria con tracciati rete di fognatura area industriale con localizzazione degli sfioratori di piena	31
Figura 7 – Tombatura del tratto iniziale del rio Calamasciu	31
Figura 8 – Stralcio della cartografia PAI della zona attraversata dal rio Calamasciu tra la Z.I. Predda Niedda Sud e la frazione di Caniga (aggiornamento con Variante PAI Comune di Sassari 2022 e progettazione primo intervento di mitigazione).....	32
Figura 9 – Manufatto di confluenza tra il rio Calamasciu (a destra) e i canali di raccolta delle acque meteoriche dell’area di Predda Niedda (settore oggetto del primo intervento).....	32
Figura 10 – Tratto tombinato attuale del rio Calamasciu in corrispondenza della zona industriale Predda Niedda (settore oggetto del primo intervento)	33
Figura 11 – Dettaglio del tratto aperto del rio Calamasciu, a valle del punto indicato con (C) nella Figura 10 e dell’attraversamento della linea ferroviaria (punto Attr_3 della Figura 4).....	34
Figura 12 – Tratto aperto del rio Calamasciu a valle di Predda Niedda, tratto a monte dell’attraversamento della strada vicinale Funtana di Colbu	35
Figura 13 – Tratto aperto del rio Calamasciu, tratto a monte dell’attraversamento del cavalcavia di Caniga.....	36
Figura 14 – Tratto aperto del rio Calamasciu, tratto a valle dell’attraversamento del cavalcavia di Caniga	36
Figura 15 – Tratto di valle del Calamasciu, parallelo alla linea ferroviaria.....	37
Figura 16 - Alveo in corrispondenza dell’abitato di Caniga e fognatura	38
Figura 17 – Stralcio della tavola 2.1.2.12 <i>carta pericolosità idraulica</i> del PUC (situazione di fatto superata dalla Variante del PAI approvata nel 2022)	39
Figura 18 – Planimetria di dettaglio interventi del presente stralcio.....	43
Figura 19 – Sezioni trasversali tipo.....	44
Figura 20 – Planimetria interventi per la raccolta delle acque meteoriche presso Caniga.....	45
Figura 21 – Planimetria interventi sistemazione e adeguamento viabilità di Circonvallazione di Caniga	47
Figura 22 – Carta delle sottozone e delle isoiete con indicazione dell’area di interesse.....	51
Figura 23 – Carta dei bacini idrografici utilizzati per il calcolo delle portate di piena	51
Figura 24 – Modello Digitale del Terreno (DTM 1x1) del bacino del rio Calamasciu	59
Figura 25 – Stralcio con vista 3D del DTM 1x1 utilizzato come base per la modellazione idraulica a scala di bacino e a scala di dettaglio dopo approfondimenti e puntualizzazioni	60

Figura 26 – Confronto tra DTM di base ed elaborazione inserita nel modello con poligoni di magliatura, per la migliore rappresentazione della reale geometria e la simulazione dei deflussi superficiali in ambito urbano.....	61
Figura 27 – Schema rete di drenaggio agglomerato industriale Predda Niedda	63
Figura 28 – Confronto delle aree con $V_p > 0.75$ per $T_r = 50$ anni (in colore BLU il valore $V_p > 0.75$, mentre l'area bianca più estesa rappresenta l'impronta complessiva degli allagamenti con altezza d'acqua > 10 cm), nella situazione ante operam (a sinistra) e post operam (a destra)	66
Figura 29 – Confronto delle aree con $V_p > 0.75$ per $T_r = 200$ anni (in colore BLU il valore $V_p > 0.75$, mentre l'area bianca più estesa rappresenta l'impronta complessiva degli allagamenti con altezza d'acqua > 10 cm), nella situazione ante operam (a sinistra) e post operam (a destra)	66
Figura 30 – Sintesi e confronto dei risultati - T_r 200 anni (Tiranti idrici massimi, rappresentaz. come da scala cromatica)	67
Figura 31 – Stralcio planimetria progetto con indicazione dei nomi delle sezioni lungo il profilo	69
Figura 32 – Carta delle aree con V_p e H_i^* per i tempi di ritorno indagati, nella situazione ANTE OPERAM qualora siano realizzati gli interventi del primo lotto. Il POST OPERAM sarà predisposto in funzione delle caratteristiche degli interventi effettivamente finanziati.....	78

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Punti di immissione delle portate di picco.....	52
Tabella 2 – Calcoli idrologici SUB.1	53
Tabella 3 – Calcoli idrologici SUB.2	54
Tabella 4 – Calcoli idrologici SUB.3	55
Tabella 5 – Calcoli idrologici SUB.4	56
Tabella 6 – Calcoli idrologici SUB.5	57
Tabella 7 – Tabella risultati profilo Calamasciu completo, da sezione iniziale a finale II lotto. Ante Operam, T 50 anni	68
Tabella 8 – Tabella risultati profilo Calamasciu completo, da sezione iniziale a finale II lotto. POST Operam, T 50 anni	70
Tabella 9 – Tabella risultati profilo Calamasciu completo, da sezione iniziale a finale II lotto. Ante Operam, T 100 anni	71
Tabella 10 – Tabella risultati profilo Calamasciu completo, da sezione iniziale a finale II lotto. POST Operam, T 100 anni	72
Tabella 11 – Tabella risultati profilo Calamasciu completo, da sezione iniziale a finale II lotto. Ante Operam, T 200 anni	73
Tabella 12 – Tabella risultati profilo Calamasciu completo, da sezione iniziale a finale II lotto. POST Operam, T 200 anni	74
Tabella 13 – Tabella risultati profilo Calamasciu completo, da sezione iniziale a finale II lotto. Ante Operam, T 500 anni	75
Tabella 14 – Tabella risultati profilo Calamasciu completo, da sezione iniziale a finale II lotto. POST Operam, T 500 anni	76



1. PREMESSA: IL PROGETTO, GLI OBIETTIVI E I CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Il presente documento costituisce la **relazione idrologico-idraulica** inclusa nel Progetto di fattibilità tecnico-economica relativo agli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico e di sistemazione idraulica dell'alveo rio Calamasciu dalla z.i. "Predda Niedda" alla Borgata di Caniga nel Comune di Sassari.

Il progetto in argomento riguarda il II lotto delle opere di sistemazione del rio Calamasciu, finalizzate alla riduzione del rischio idraulico delle aree del bacino del Calamasciu, a valle della zona industriale di Predda Niedda Sud ove sono già previsti gli interventi di I lotto, che si considerano già realizzati nelle considerazioni relative allo stato di fatto della presente progettazione.

Lo Studio di compatibilità idraulica è necessario in quanto gli interventi si svilupperanno in aree a pericolosità idraulica molto elevata in base allo Studio di dettaglio redatto ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI e approvato dall'Autorità di Bacino nel Dicembre 2012. Di conseguenza, per le aree in esame, vale la disciplina dell'art 27 delle N.A. che **ammette** la realizzazione delle opere di mitigazione ai sensi del **comma 1 lettera a)** che recita:

Art 27 - Disciplina delle aree a pericolosità idraulica molto elevata (Hi4)

Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 24, in materia di interventi strutturali e non strutturali di sistemazione idraulica e riqualificazione degli ambienti fluviali - individuati dal PAI, dal programma triennale di attuazione o dalle competenti autorità regionali in osservanza di quanto stabilito dal PAI - nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata sono consentiti esclusivamente:

a. le opere e gli interventi idraulici per migliorare la difesa dalle alluvioni e la sicurezza delle aree interessate da dissesto idraulico;

Il comma **6 lettera a)** del medesimo articolo, richiede per tali interventi la realizzazione del suddetto Studio nel rispetto delle indicazioni dell'allegato E alle N.A.

In particolare lo Studio è stato quindi redatto ai sensi dell'art. 24 delle Norme di Attuazione del PAI, secondo i criteri dell'allegato "E" e ha lo scopo di dimostrare la compatibilità degli interventi in progetto secondo i seguenti criteri:

- valutazione del progetto con riferimento alle finalità e agli effetti ambientali;
- analisi delle trasformazioni del territorio derivanti dalla realizzazione delle opere;
- analisi dell'assetto idraulico e del dissesto idraulico dell'area interessata dai lavori;
- verifica di coerenza del progetto con le previsioni e le norme del PAI;
- valutazione di eventuali incrementi di pericolo e rischio associati agli interventi in progetto.

Date le particolari e gravose condizioni di pericolosità e rischio idraulico in cui versa tutto il territorio attraversato dal rio Calamasciu e data la complessità delle analisi e soluzioni per la riduzione del rischio, la scelta degli interventi progettuali è stata definita a seguito di un'analisi completa per la definizione delle condizioni attuali di pericolosità idraulica di tutto il bacino del rio Calamasciu tra la Z.I. Predda Niedda e la località Caniga, definendo le soluzioni progettuali complessive che consentono di ridurre tale pericolosità e il conseguente rischio a valori compatibili con la fruizione del territorio, la minimizzazione del rischio idraulico ma anche di quello ambientale, connesso al rischio di contaminazione delle acque esondate.

Come previsto dalle Norme, il presente Studio di Compatibilità Idraulica si riferisce alla soluzione progettuale individuata nel II lotto esecutivo, compreso nel finanziamento disponibile, che riguarda il tratto del



Calamasciu compreso tra la zona già sistemata a valle del ponte della strada Funtana Li Colbu e la frazione Caniga, oltre l'area urbanizzata.

Considerando – come detto – già realizzate le opere di I lotto nella parte di monte, l'analisi effettuata sulle opere previste nella presente progettazione evidenzia che l'attuazione degli interventi previsti consente di risolvere in modo sostanziale la problematica del rischio idraulico nell'area in argomento, lasciando in sospeso soltanto i deficit di funzionalità idraulica in corrispondenza degli attraversamenti ferroviari di RFI, con particolare riferimento a quello posto in corrispondenza della stazione di Caniga. Si precisa che la soluzione progettuale ha tenuto conto della futura sistemazione e adeguamento di tale attraversamento e che gli interventi risultano – quindi – compatibili con le future opere ferroviarie.

Nella presente relazione sono descritte le analisi e modellazioni idrologiche e idrauliche condotte per la ricostruzione dello stato **ante operam** a seguito della realizzazione del I lotto (interventi lungo il Rio Calamasciu a ridosso della Z.I. Predda Niedda Sud sino all'attraversamento della S.V. Funtana di Lu Colbu), e di quello **post operam** (a seguito degli interventi di II lotto lungo il rio Calamasciu, a meno – come detto – dell'adeguamento degli attraversamenti ferroviari), verificando l'evoluzione delle caratteristiche delle aree di allagamento (estensione, tiranti idrici) e quella della definizione della pericolosità idraulica.

Nella definizione delle soluzioni di progetto si è focalizzata l'attenzione anche sulla zona edificata di Caniga, soggetta a frequenti e dannosi allagamenti originati dalle portate in arrivo dai versanti e dagli impluvi soprastanti, conseguenti agli eventi meteorici intensi. Per tale area sono state previste delle opere di raccolta e collettamento delle acque meteoriche e gli interventi per il loro recapito nel Calamasciu in due punti principali: l'impluvio sito a monte del cavalcavia, di cui si prevede il rifacimento dell'attraversamento e il recapito nel nuovo tratto di Calamasciu parallelo alla linea ferroviaria (tratto 5); la zona aperta naturale a valle della frazione Caniga, di cui si prevede anche la riqualificazione naturalistica e la valorizzazione ambientale.

Tutte le opere previste nel progetto, atte alla risoluzione delle problematiche attuali, sono descritte di seguito e nel dettaglio dei documenti del progetto, oltre che nelle tavole grafiche allegate al presente Studio di Compatibilità.

Nella presente relazione sono descritti i modelli utilizzati per la definizione delle condizioni attuali e di quelle attese a seguito della realizzazione degli interventi, con particolare riferimento agli effetti che tali opere hanno sulle condizioni idrodinamiche del territorio in esame in occasione degli eventi meteorici più intensi e, quindi, sulle condizioni di pericolosità e conseguente rischio idraulico delle aree suddette, **nel rispetto delle finalità del PAI e delle Direttive sui canali tombati e gli attraversamenti esistenti.**

Le analisi idrauliche dello stato attuale delle condizioni di progetto, del reticolo idrico di drenaggio naturale e artificiale caratterizzante il bacino del rio Calamasciu, sono state condotte con l'implementazione di un **modello di simulazione idraulica accoppiato bidimensionale e monodimensionale in moto permanente**, tale da rappresentare il comportamento idraulico delle linee di deflusso incise (parte con 1D) e delle aree adiacenti prevalentemente pianeggianti o scarsamente pendenti (parte 2D).

Sono state calcolate le portate di piena prodotte da 5 bacini idrografici delimitati nell'area in esame applicando la metodologia prevista dalle Linee Guida del PAI (metodo TCEV); tali portate sono state utilizzate nelle simulazioni idrodinamiche su modello bidimensionale (1D-2D) a parametri concentrati (Deflussi) per le due



condizioni ante e post intervento, ottenendo le relative aree di allagamento per i tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni con l'entità dei tiranti idrici ed effettuando il confronto per accertare le condizioni di compatibilità richiamate, con riferimento all'art. 23 comma 9 delle N.A. del PAI.



2. RIFERIMENTI NORMATIVI E VINCOLI PROGETTUALI

2.1. PREMESSA

Nel presente capitolo sono riportate le indicazioni normative e pianificatorie generali che riguardano la problematica del rischio idrogeologico, gli obiettivi di risoluzione delle problematiche e i vincoli tecnici da rispettare nella progettazione delle opere idrauliche.

2.2. QUADRO NORMATIVO NAZIONALE E COMUNITARIO

Si riporta di seguito un breve elenco – ancorché non esaustivo - delle principali normative vigenti a livello comunitario, nazionale e regionale in materia di rischio idraulico e idrogeologico.

- R.D. 523/1904 (Testo Unico sulle Opere Idrauliche)
- Legge 18 maggio 1989, n.183 e ss.mm.ii. “Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo”;
- Legge 3 agosto 1998, n.267 e ss.mm.ii. “Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 1998 n.180 recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella Regione Campania”;
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 29 settembre 1998 “Atto di indirizzo e coordinamento per l’individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all’art.1, commi 1 e 2 del D.L. 11 giugno 1998 n.180”;
- Legge 13 luglio 1999, n.226 “Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 13 maggio 1999, n.132, recante interventi urgenti in materia di protezione civile”;
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n.152 “Norme in materia ambientale” – parte III “Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall’inquinamento e di gestione delle risorse”;
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2007, relativa alla valutazione e alla gestione del rischio alluvioni;
- Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 e s.m.i. “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- Decreto Legislativo 23 febbraio 2010, n.49 “Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e gestione dei rischi di alluvioni”;
- D.P.R. Regione Sardegna n. 148/2012 (Decreto recepimento revisione PAI)
- D.P.R. Regione Sardegna n. 130/2013 (Decreto recepimento revisione PAI)
- Regione Sardegna, Deliberazione del Comitato Istituzionale n.1 del 03/10/2019 e successiva del 28/10/2019 (approvazione aggiornamento delle Norme di attuazione del PAI, il Piano stralcio di bacino per l’assetto idrogeologico)
- Regione Sardegna, Deliberazione del Comitato Istituzionale n.1 del 04/02/2020 (Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) del distretto idrografico della Sardegna. Approvazione delle Linee Guida per la modellazione idraulica dei fenomeni di allagamento nei bacini urbani residui ai sensi dell’art. 8 c. 5 bis



delle Norme di Attuazione del PAI

- Regione Sardegna, Deliberazione del comitato istituzionale n.1 del 16/6/2020 e successiva del 27/8/2020 (aggiornamento delle Norme di Attuazione e semplificazione delle procedure. Sostituzione allegato B alla deliberazione della Giunta regionale n. 34/1 del 7 luglio 2020).
- Regione Sardegna, Deliberazione del Comitato Istituzionale n.7 del 07/04/2021 (Attuazione della Direttiva 2007/60/CE e D. Lgs 49/2010 – Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) del distretto idrografico della Sardegna. II° ciclo di pianificazione – Misure non strutturali – Approvazione delle Linee Guida, ai sensi del comma 5 septies dell'art. 8 delle Norme di Attuazione del PAI, per l'analisi modellistica idraulica dei fenomeni di allagamento nei bacini riguardanti ambiti urbani e periurbani interessati da elementi del reticolo idrografico regionale)
- Regione Sardegna, Deliberazione del Comitato Istituzionale n.15 del 22/11/2022 che approva e adotta il nuovo testo coordinato e aggiornato delle nuove Norme di Attuazione del P.A.I.

2.3. PIANIFICAZIONE E VINCOLI DELL'AUTORITÀ DI BACINO: PAI, PSFF

2.3.1. Generalità

Come riportato sul geoportale della Regione Sardegna, il *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)*, redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, e approvato con decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10/07/2006, rappresenta un importantissimo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo ai fini della pianificazione e programmazione delle azioni e delle norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico individuato sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio regionale.

Le perimetrazioni individuate nell'ambito del P.A.I. delimitano le aree caratterizzate da elementi di pericolosità idrogeologica, dovute a instabilità di tipo geomorfologico o a problematiche di tipo idraulico, sulle quali si applicano le norme di salvaguardia contenute nelle Norme di Attuazione del Piano. Queste ultime si applicano anche alle aree a pericolosità idrogeologica le cui perimetrazioni derivano da studi di compatibilità geologica-geotecnica e idraulica, predisposti ai sensi dell'art.8 comma 2 delle suddette Norme di Attuazione, e rappresentate su strati informativi specifici.

Nel navigatore cartografico dedicato al PAI è pubblicato anche il *Piano Stralcio delle Fasce Fluviali*, redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 della legge 19 maggio 1989 n. 183, quale Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale relativo ai settori funzionali individuati dall'art. 17, comma 3 della L. 18 maggio 1989, n. 183. Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali.

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali costituisce un approfondimento ed una integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.



La Regione Sardegna, con Deliberazione del Comitato Istituzionale N. 15 del 22/11/2022, ha approvato l'aggiornamento delle Norme di attuazione del PAI, il Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico.

2.3.2. Relazione PAI, Linee guida e tempi di ritorno di riferimento per le valutazioni

Conformemente a quanto indicato nelle Linee Guida Regionali per le Attività di individuazione e di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia, le analisi idrauliche devono definire i livelli di rischio idraulico associate ai seguenti valori di pericolosità idraulica:

Hi = pericolosità (natural Hazard) ossia la probabilità di superamento della portata al colmo di piena; in accordo al DPCM 29/09/98 è ripartita in 4 livelli, pari a 0.02, 0.01, 0.005, 0.002, che corrispondono ai periodi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni.

Negli articoli 1.5 e segg. delle citate Linee Guida, vengono riportati i metodi di analisi e calcolo per l'individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico; vengono indicati alcuni metodi per la definizione delle portate al colmo per i tempi di ritorno di riferimento sopra indicati (Fase I);, viene richiesto di calcolare i livelli di esondazione per ciascun tronco critico con tecniche di moto permanente, corrispondentemente alle portate di piena con tempi di ritorno di 50, 100, 200, 500 anni (Fase II), pertanto le aree di allagamento vengono definire come le porzioni di territorio in cui si espande la corrente di piena, indipendentemente dal livello ivi raggiunto, se esterno all'alveo inciso.

Come – infatti – riportato nell'Art. 1.8: *in base ai profili così determinati verranno definite quindi come allagabili tutte le porzioni di territorio limitrofe al corso d'acqua le cui quote del piano di campagna risultino minori di quelle del pelo libero della corrente nelle sezioni considerate.*

Ai sensi della Normativa per ciascuna delle portate di piena sarà quindi possibile associare l'area esondabile in funzione del periodo di ritorno della portata di piena come17:

- *Area ad alta probabilità di inondazione se allagata con portata con tempo di ritorno minore o uguale a 50 anni;*
- *Area ad alta probabilità di inondazione se allagata con portata con tempo di ritorno minore o uguale a 100 anni;*
- *A moderata probabilità di inondazione se allagata con portata con tempo di ritorno minore o uguale a 200 anni;*
- *A bassa probabilità di inondazione se allagata con portata con tempo di ritorno minore o uguale a 500 anni.*

Si rileva, peraltro, che la metodologia suggerita tende a sovrastimare le aree inondabili perché non viene considerata la propagazione di un idrogramma di assegnata forma, ma bensì uno rettangolare il cui picco è il valore di portata ad assegnato tempo di ritorno. Il volume di allagamento così ottenuto è maggiore di quello effettivamente esondato. Per tale ragione, soprattutto per i tratti di pianura, è consigliabile verificare che le aree definite esondabili siano congruenti con i volumi dell'idrogramma di piena.

2.3.3. Planimetrie PAI delimitazione delle fasce nelle aree d'interesse

Nel seguito vengono riportate le planimetrie relative al territorio di Sassari redatte conformemente alle Norme e Linee Guida citate nell'ambito del PAI, disponibili sul WebGis della Regione Sardegna, che rappresentano le



aree a differente pericolosità idraulica (quelle, cioè, coinvolte da transito o permanenza di acque di deflusso fluviale) e le aree a differente rischio idraulico (quelle, cioè, che nell'ambito delle aree interessate da pericolosità non nulla, contengono elementi vulnerabili, quali abitazioni o infrastrutture) lungo il rio.

Figura 1 – PAI-PGRA-PSFF Vigenti – Perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità e rischio idraulico mappate a seguito della Variante PAI approvata con Determinazione del Segretario dell'Autorità di Bacino n. 38 del 28/02/2022 – area del RIO CALAMASCIU

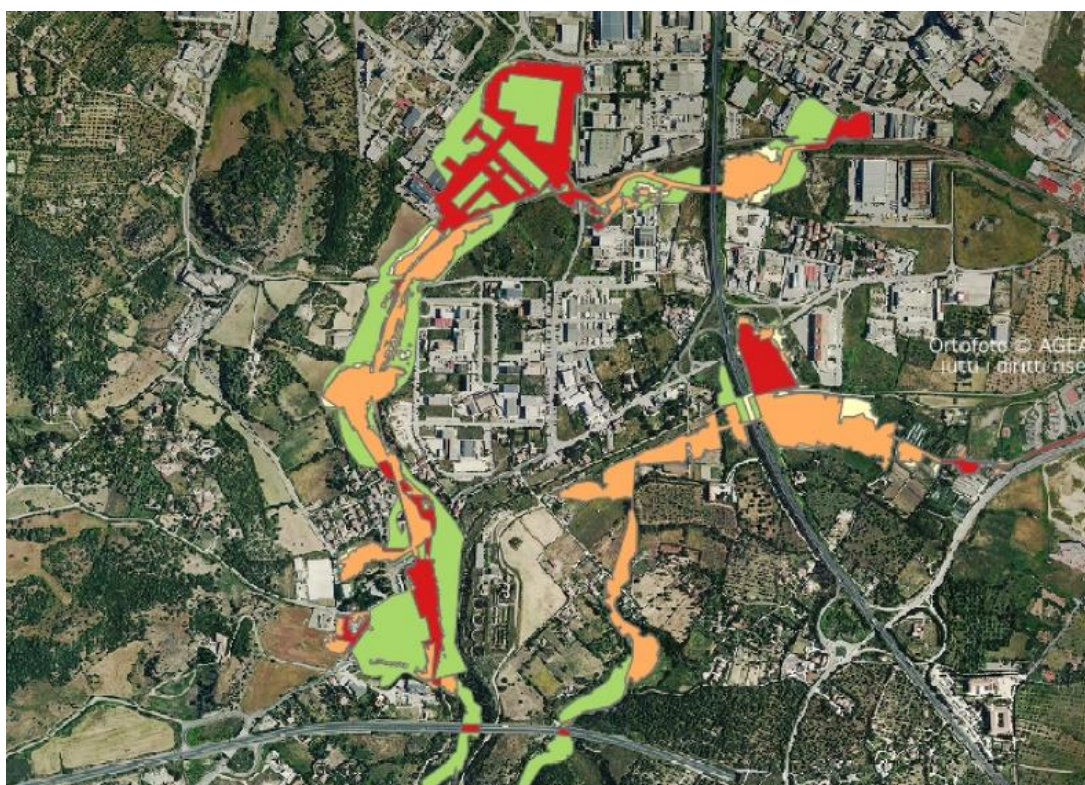
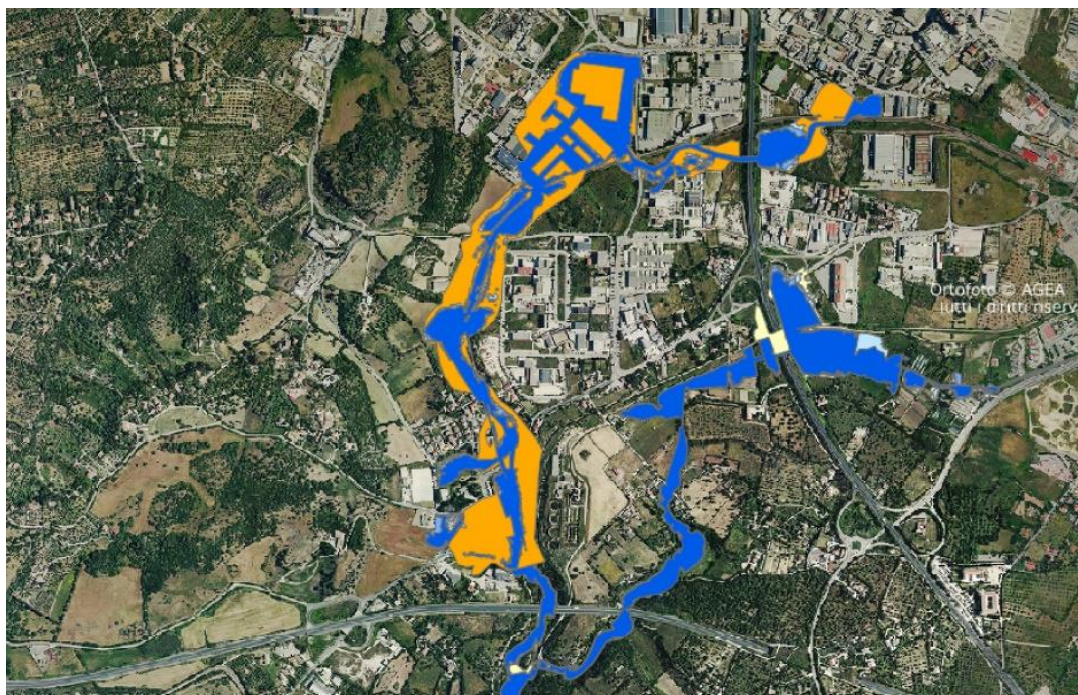
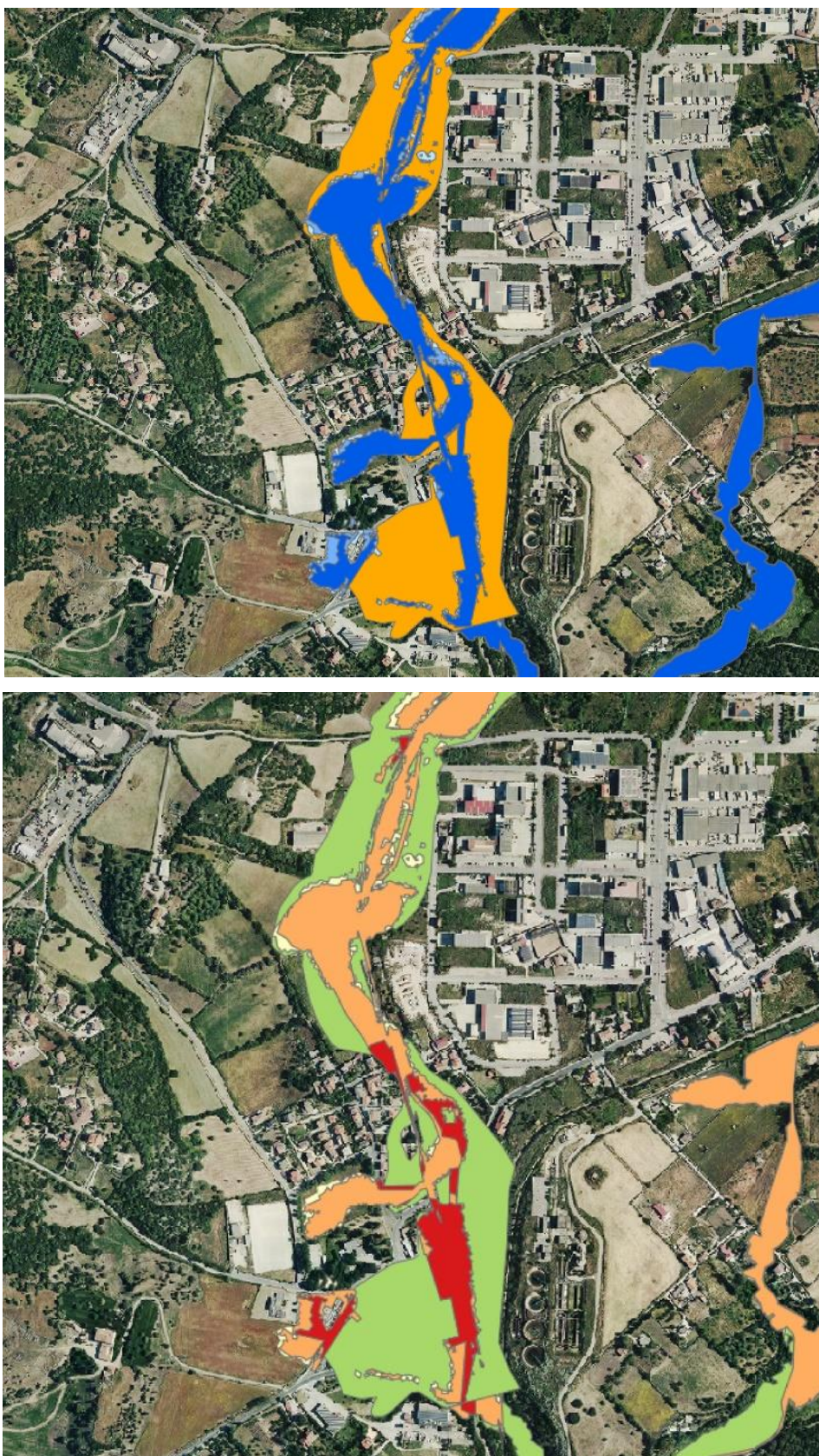




Figura 2 – PAI-PGRA-PSFF Vigenti – Perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità e rischio idraulico mappate a seguito della Variante PAI approvata con Determinazione del Segretario dell'Autorità di Bacino n. 38 del 28/02/2022 – area del RIO CALAMASCIU – dettaglio area di Caniga oggetto del presente intervento





Facendo riferimento alle immagini sopra riportate, è evidente che tutta l'area di pertinenza fluviale del rio Calamasciu risulta ad elevata pericolosità idraulica. In queste aree la presenza di elementi ad elevato grado di vulnerabilità, quali aree industriali e commerciali, abitazioni, infrastrutture ferroviarie, idrauliche e stradali, determina una condizione di rischio molto elevato in quasi tutta l'area suddetta.

Numerosi problemi si riscontrano presso la Frazione di Caniga, sia lungo il rio Calamasciu che nelle aree esterne a quelle fluviali del Calamasciu ma soggette ai fenomeni di ruscellamento e concentrazione della corrente lungo gli impluvi esistenti, come confermato anche dall'analisi idraulica estesa effettuata dagli scriventi per riordinare il quadro delle conoscenze e delle criticità nel settore in esame.

2.3.4. Norme Tecniche di Attuazione del PAI: NTA

L'attuazione del PAI viene esercitata attraverso le Norme di Attuazione (aggiornate, nel testo vigente, con Deliberazioni del Comitato Istituzionale n. 1 del 03/10/2019, n. 1 del 28/10/2019 e n. 1 del 16/06/2020) di cui si richiamano qui di seguito quelle più significative per gli aspetti d'interesse della progettazione in esame.

ARTICOLO 8 *Indirizzi per la pianificazione urbanistica e per l'uso di aree di costa*

2. *Indipendentemente dall'esistenza di aree perimetrate dal PAI e tenuto conto delle prescrizioni contenute nei piani urbanistici provinciali e nel piano paesaggistico regionale relativamente a difesa del suolo, assetto idrogeologico, riduzione della pericolosità e del rischio idrogeologico, i Comuni, con le procedure delle varianti al PAI, assumono e valutano le indicazioni di appositi studi comunali di assetto idrogeologico concernenti la pericolosità e il rischio idraulico, in riferimento ai soli elementi idrici appartenenti al reticolo idrografico regionale, e la pericolosità e il rischio da frana, riferiti a tutto il territorio comunale o a rilevanti parti di esso, anche in coordinamento con gli altri Comuni confinanti. Gli studi comunali di assetto idrogeologico considerano, inoltre, il fenomeno delle inondazioni costiere, definiscono gli interventi di mitigazione e contengono anche le valutazioni afferenti agli studi dei bacini urbani di cui al comma 5 bis seguente. Lo studio comunale di assetto idrogeologico è firmato congiuntamente, nel rispetto delle relative competenze professionali, da un ingegnere esperto nel settore idraulico e da un geologo, iscritti ai rispettivi albi professionali.*

2bis. *Gli studi comunali di assetto idrogeologico sono redatti, in ogni caso, in sede di adozione di nuovi strumenti urbanistici generali e di varianti generali agli strumenti urbanistici generali vigenti non ancora dotati di studio di assetto. Le conseguenti valutazioni, poste a corredo degli atti di piano e oggetto di adozione preliminare della variante al PAI di cui al successivo articolo 37, costituiscono presupposto per sottoporre lo strumento urbanistico e la variante generale alla verifica di coerenza di cui all'articolo 31, comma 5 della legge regionale 22.4.2002, n. 7 (legge finanziaria 2002 e successive modificazioni e integrazioni. Il presente comma trova applicazione anche nel caso di varianti automatiche agli strumenti urbanistici, espressamente previste dalla normativa di settore, regionale e statale, conseguenti all'approvazione di progetti (DPR 18.4.1994, n. 383, "Regolamento recante disciplina dei procedimenti di localizzazione delle opere di interesse statale".*

2ter. *Gli studi comunali di assetto idrogeologico sono redatti obbligatoriamente anche in sede di adozione di nuovi strumenti urbanistici di livello attuativo, specificando con maggior dettaglio le risultanze degli studi di cui al comma 2-bis, ad eccezione dei seguenti casi:*

a) piani particolareggiati dei centri di antica e prima formazione e piani attuativi che interessano parti di territorio classificate come zone A o B ai sensi del D.A. 22 dicembre 1983 n. 2266/U, qualora l'area non sia interessata da tratti tombati di elementi del reticolo idrografico naturale, o da elementi idrici significativi appartenenti al reticolo idrografico regionale¹⁶ e/o da fenomeni significativi di dissesto da frana. In tali casi, il Comune redige e approva una relazione asseverata di accompagnamento al piano che illustri, ai fini del PAI, il



contesto territoriale sotto l'aspetto dell'assetto idrogeologico e espliciti motivatamente la assenza di criticità sotto tale aspetto;

b) piani attuativi, ivi compresi i piani di cui alla lett. a), dei Comuni per i quali siano stati adottati dall'Autorità di Bacino gli studi comunali di assetto idrogeologico relativi all'intero territorio o, comunque, l'area interessata dal piano attuativo risulti studiata dai piani regionali in materia di assetto idrogeologico. In tali casi, il Comune redige e approva una relazione asseverata di accompagnamento al piano attuativo, che illustri, ai fini del PAI, il contesto territoriale sotto l'aspetto dell'assetto idrogeologico e asseveri motivatamente che non si rilevano modifiche al quadro conoscitivo e alle previsioni pianificatorie vigenti in tema di assetto idrogeologico.¹⁷ Nei casi di cui alle lett. a) e b) del presente comma, la relazione asseverata è firmata congiuntamente da un ingegnere esperto nel settore idraulico e da un geologo, iscritti ai rispettivi albi professionali. E' fatta salva, comunque, la facoltà del Comune competente di prescrivere la redazione dello studio di assetto idrogeologico in caso di nuove e motivate situazioni di potenziale rischio

5. In applicazione dell'articolo 26, comma 3 delle presenti norme, negli atti di adeguamento dei piani urbanistici comunali al PAI sono delimitate puntualmente almeno alla scala 1:2.000 le aree a significativa pericolosità idraulica o geomorfologica non direttamente perimetrate dal PAI.

5bis19. Ai fini della redazione degli studi di cui ai precedenti commi 2, 2bis e 2ter, per i bacini interessati da elementi del reticolo idrografico regionale individuato dal Comitato istituzionale con deliberazione n. 3 del 30.07.2015, i Comuni possono redigere appositi studi mediante analisi modellistica bidimensionale che motivatamente dimostri un significativo apporto conoscitivo più aderente alla situazione reale dei luoghi rispetto alla modellazione monodimensionale, anche attraverso una fase di calibratura del modello medesimo rispetto ad eventuali eventi meteopluviometrici avvenuti. Tali studi sono proposti e redatti dai Comuni in coerenza con specifiche linee guida approvate dal Comitato istituzionale dell'Autorità di bacino, in applicazione dei commi 5 ter, quater e quinquies.

5ter20. A seguito dell'analisi bidimensionale di cui al comma precedente, i Comuni, per le aree urbane e periurbane, possono perimetrare, per i tempi di ritorno pari a 50, 100, 200 e 500 anni, come aree di pericolosità idraulica quelle parti del territorio comunale nelle quali la vulnerabilità delle persone (V_p) assume valori superiori a 0,75. La vulnerabilità delle persone V_p , secondo le Linee Guida ISPRA, è espressa dalla relazione $V_p = h(v+0,5)+0,25$, con il tirante idrico (h) in metri e la velocità della corrente (v) in metri al secondo e assumendo $V_p=0$ nel caso in cui (h) è inferiore o uguale a 0,25 m.

Per tali aree di pericolosità idraulica si applicano le norme di cui ai successivi articoli 27, 28, 29 e 30 per i corrispondenti tempi di ritorno.

5quater21. I Comuni, a seguito degli studi di cui al comma 5bis, per le aree urbane e periurbane identificano come aree critiche (H_i^*) quelle parti del territorio nelle quali V_p assume per tutti i tempi di ritorno un valore inferiore o uguale a 0,75 e ad esse applicano le norme d'uso stabilite dai piani urbanistici comunali generali ed attuativi, previa loro variante urbanistica di adeguamento per tener conto delle risultanze di tali studi. L'adeguamento dei piani urbanistici comunali generali ed attuativi è effettuato nel rispetto dei principi generali del PAI, con particolare riferimento agli articoli 16, 47 e 49 delle NA, con l'obiettivo di evitare la creazione di nuove situazioni di criticità, ridurre la vulnerabilità degli edifici esistenti, limitare l'impermeabilizzazione dei suoli e migliorare in modo significativo o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità dei sistemi di drenaggio urbano. Gli interventi, le opere e le attività sono realizzati previa loro specifica valutazione da parte dei Comuni, in sede di procedura di formazione dei titoli abilitativi, in relazione alle situazioni di criticità nelle aree (H_i^*) individuate.

5quinquies22. In fase di adeguamento dei piani urbanistici comunali generali ed attuativi, i Comuni introducono per le aree di cui al comma 5 quater norme relative al divieto di realizzazione di nuovi volumi interrati e seminterrati, alla realizzazione di interventi di adeguamento e di misure di protezione locale ed individuale nonché alla identificazione delle fattispecie in cui, in ragione del perseguimento dell'obiettivo di migliorare le condizioni specifiche di sicurezza delle unità immobiliari, l'intervento edilizio sulle stesse determina l'obbligo di procedere alla dismissione irreversibile dei locali interrati e seminterrati esistenti.

5sexies23. I Piani comunali di protezione civile sono conseguentemente modificati sulla base delle risultanze degli studi di cui ai commi 2, 2bis, 2ter e 5bis, 5 ter e 5 quater e delle previsioni di cui al comma 5 quinquies.



Le aree oggetto del presente studio e progettazione sono già perimetrate dal PAI poiché il rio Ciccheddu e il rio Sant'Alvara sono elementi idrici appartenente al reticolo idrografico regionale, come evidenziato nel precedente paragrafo 2.3.3 e nelle immagini di **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**÷**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Si anticipa qui che, come evidenziato nei capitoli **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, la modellazione idrologico-idraulica condotta permette di individuare nel dettaglio le zone ove la combinazione di altezza e velocità dell'acqua può assumere valori di vulnerabilità V_p maggiori del termine indicato nel comma 5ter sopra richiamato e consente anche di definire la durata nel tempo di tale vulnerabilità.

ARTICOLO 14 Sistemazione della rete idrografica

L'articolo 14 definisce cosa si intende per rete idrografica e quali sono gli interventi di sistemazione prevedibili e accettati, poiché conformi alle finalità del PAI. Si riportano alcuni commi e passi significativi.

1. Si definisce per rete idrografica l'insieme del reticolo effemerico e permanente attraverso cui defluiscono le acque a superficie libera.

3. La sistemazione della rete idrografica è finalizzata a:

- a. smaltire in sicurezza le portate di piena;*
- b. analizzare i profili idraulici della corrente di piena per valori della scabrezza caratteristici dell'alveo;*
- c. garantire la naturalità del corso d'acqua in condizioni di magra;*
- d. garantire l'equilibrio del trasporto solido con particolare riferimento alle zone di litorale;*
- e. creare ove possibile nuove aree di espansione naturale ed aree diverse ad inondabilità programmata, prevedendovi transitoriamente l'applicazione in salvaguardia delle norme per le aree di pericolosità idraulica molto elevata.*

4. La sistemazione delle rete idrografica è ottenuta normalmente attraverso:

- a. interventi strutturali dell'idraulica fluviale, quali sistemazioni delle sponde, opere trasversali, opere di laminazione, canali scolmatori;*
- b. controllo del deflusso sui versanti e della relativa erodibilità con tecniche di sistemazione idraulico-agraria e idraulico-forestale;*
- c. riqualificazione dei valori ambientali e paesaggistici nelle zone ripariali;*
- d. applicazione puntuale dei divieti di cui al comma seguente.*

5. [...]nessun provvedimento [...]può produrre effetti di:

- a. deterioramento delle condizioni di pericolosità idraulica e di rischio idraulico esistenti;*
- b. diminuzione di efficienza delle opere idrauliche;*
- c. impedimento al deflusso delle acque;*
- d. modifica significativa al profilo longitudinale dei corsi d'acqua;*
- e. deviazione della corrente verso rilevati e ostacoli;*
- f. alterazione significativa della naturalità degli alvei e della biodiversità degli ecosistemi fluviali;*
- g. restringimento o modifica dei profili delle sezioni d'alveo dei corsi d'acqua;*
- h. instabilità degli argini, anche attraverso abbassamenti dei piani di campagna;*
- i. pavimentazione o ricopertura di corsi d'acqua che alterino il regime di subalveo;*
- l. occupazione stabile dei piedi degli argini, dei relativi accessi e aree di transito.*



I criteri progettuali seguiti, gli interventi previsti dal presente studio lungo tutta l'area esaminata e gli interventi di progetto in argomento sono conformi alle richieste di cui al comma 4. e non producono alcuno degli effetti vietati nel comma 5.

ARTICOLO 15 Manutenzione della rete idrografica

L'articolo 15 definisce le finalità degli interventi di manutenzione della rete idrografica.

2. La manutenzione della rete idrografica è finalizzata a:

- a. garantire il regolare deflusso delle acque;
- b. assicurare l'efficienza e la sicurezza delle opere idrauliche;
- c. garantire l'efficienza e la sicurezza della rete idrografica;
- d. verificare periodicamente la stabilità delle opere di sistemazione dei corsi d'acqua;
e verificare che tutti i nuovi impianti, opere ed infrastrutture pubblici e di interesse pubblico consentiti nelle aree di pericolosità idraulica siano accompagnati dal piano di manutenzione [...]

3. Gli interventi di manutenzione della rete idrografica tengono conto di quanto disposto dal DPR 14.4.1993, "Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni recante criteri e modalità per la redazione dei programmi di manutenzione idraulica" e assicurano normalmente:

- a. il taglio della vegetazione che garantisca il mantenimento della capacità di smaltimento delle piene;
- b. il controllo del trasporto di materiali flottanti;
- c. il controllo del trasporto solido;
- d. il mantenimento della capacità di smaltimento delle sezioni fluviali in corrispondenza degli attraversamenti di infrastrutture;
- e. il monitoraggio sull'evoluzione delle condizioni di pericolosità e di rischio idraulico;
- f. il monitoraggio nelle aree di subsidenza..

ARTICOLO 16 Assetto dei sistemi di drenaggio artificiale

1. Entro due anni dall'approvazione del PAI la Regione Sardegna approva per l'intero bacino idrografico regionale disposizioni e norme tecniche per l'assetto dei sistemi di drenaggio artificiale in funzione delle esigenze di prevenzione verso l'insorgere di pericoli idrogeologici e di nuove situazioni di rischio idrogeologico.

2. L'assetto dei sistemi di cui al comma 1 è finalizzato a:

- a. raccogliere e smaltire il deflusso superficiale senza generare incrementi significativi del livello di pericolosità nei corpi idrici recettori;
- b. ottenere che i sistemi di drenaggio degli insediamenti, delle bonifiche e delle infrastrutture viarie possiedano una adeguata sicurezza intrinseca. Tali sistemi devono quindi essere rispettivamente dimensionati o adeguati – compatibilmente con i vincoli tecnici e fisici delle zone attraversate – in modo da smaltire le portate di progetto;
- c. realizzare reti di fognatura separate per i nuovi insediamenti;
- d. controllare la qualità delle acque di prima pioggia con particolare riferimento allo scarico in ambienti naturali protetti.

3. L'assetto dei sistemi di cui al comma 1 è diretto normalmente ad assicurare che:

- a. sia individuato il valore soglia della portata massima scaricabile in funzione della capacità ricettiva del corso d'acqua;
- b. il sistema di drenaggio artificiale sia compatibile con il deflusso dal reticolo naturale e dai versanti con il



relativo trasporto solido;

c. ai tratti urbani tombati o liberi dei corsi d'acqua, che negli ambiti urbani svolgono anche funzioni di drenaggio, si applichino le norme del PAI per i corsi d'acqua naturali e non si applichino norme e tecniche di gestione proprie dei sistemi di drenaggio artificiale.

L'articolo 16 si può considerare applicabile nell'ambito in esame, per le reti di drenaggio dell'abitato di Monti che convogliano i deflussi di versante verso il Ciccheddu e il Sant'Alvara.

ARTICOLO 21 Indirizzi per la progettazione, realizzazione e identificazione delle misure di manutenzione delle nuove infrastrutture

L'articolo riporta indicazioni e vincoli per la progettazione, realizzazione e manutenzione delle nuove infrastrutture interferenti con il reticolo idrografico e che possono influenzare il rischio idraulico delle aree ove esse sono previste o delle aree a monte e a valle.

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;

d1. Garantiscano un franco sul livello della portata di progetto, per velocità medie della corrente inferiori a 8 m/s, pari a quanto indicato dall'analisi modellistica sul franco idraulico approvata dal Comitato istituzionale dell'Autorità di Bacino, corrispondente al massimo tra:

1) $0,7v^{2/3}$, dove v indica la velocità media della corrente;

2) il valore minimo del franco idraulico come definito dalle Norme tecniche per le costruzioni (NTC) di cui all'art. 52 del D.P.R. n. 380/2001 e delle relative circolari applicative;

3) $0,87V_y + \alpha y'$, dove y è la profondità media della sezione contribuente al deflusso, y' è l'altezza della corrente areata e α un coefficiente che varia linearmente tra 0 e 1 quando la velocità varia tra 5 m/s e 15 m/s, con le limitazioni che il valore $0,87V_y$ sarà assunto al massimo pari a 1,5 ed y' viene assunto pari a 2 metri o alla profondità media y , se questa risulta minore di 2.

Il valore y della profondità media della sezione contribuente al deflusso è pari alla media pesata sulla base del contributo di ciascuna area di sezione liquida associata alla corrispondente larghezza della corrente sul pelo libero. Nelle sezioni idrauliche non confinate o nelle quali vi siano zone ove le velocità medie sono modeste, per



la valutazione dell'area bagnata attiva si considerano le sole parti aventi velocità della corrente superiori a 0,1 m/s.

d2. Per velocità medie della corrente superiori a 8 m/s il franco sarà almeno pari all'intera altezza cinetica $v^2/2g$. In linea di principio, nei progetti di sistemazione idraulica non si dovrebbero verificare situazioni con velocità media della corrente superiori a 8 m/s: tali elevate velocità costituiscono un elemento critico sia dal punto di vista strutturale che idraulico e occorre assumere idonei accorgimenti progettuali per contenere tali elevati valori di velocità della corrente;

e. prevedano eventuali rampe di accesso alle infrastrutture di attraversamento in modo da non ostacolare il naturale deflusso delle acque. Per le sole infrastrutture a rete, pubbliche o di interesse pubblico dichiarate strategiche con motivata deliberazione della Giunta Regionale, qualora per le opere accessorie e di collegamento al contesto esistente non sia possibile il rispetto del franco idraulico e non vi siano alternative tecniche ed economiche sostenibili, la realizzazione delle opere medesime può essere assentita, a condizione di assicurare ogni opportuno provvedimento atto a garantire l'esercizio dell'infrastruttura in condizioni di rischio residuo compatibile, con particolare riferimento alla tutela della pubblica incolumità;

f. adottino per i nuovi attraversamenti criteri che possibilmente evitino o comunque limitino il numero di pile in alveo;

g. configurino le spalle dei ponti in modo da non comportare restringimenti della sezione che pregiudichino la sicurezza del tronco d'alveo;

h. prevedano le pile dei nuovi attraversamenti in modo da offrire la minore resistenza idrodinamica;

i. garantiscano la protezione dall'erosione delle pile dei ponti preferibilmente evitando plateazioni della sezione di imposta;

l. minimizzino il rischio di instabilità gravitativa e di alterazione del naturale reticolo drenante indotto dai tagli dei versanti lungo i tracciati;

m. limitino le modificazioni della morfologia naturale dei pendii impegnati;

n. prevedano appropriati sistemi di drenaggio, da sottoporre ad adeguata manutenzione;

o. prevengano l'apporto di suolo nei corsi d'acqua in conseguenza dell'esposizione agli agenti meteorici della superficie interessata dall'opera.

Il **comma 2bis** riguarda le opere di difesa longitudinale e per gli interventi di adeguamento della sezione idraulica di tutti i corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico.

2bis. Per le opere di difesa longitudinale e per gli interventi di adeguamento della sezione idraulica 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. conservino le funzioni e il livello naturale dei corsi d'acqua;

b. non creino in aree pianeggianti impedimenti al naturale deflusso delle acque;

c1. Garantiscano un franco sul livello della portata di progetto, per velocità medie della corrente inferiori a 8 m/s, corrispondente al massimo tra:

1) $0,5v^2/2g$, dove v indica la velocità media della corrente;



2) un metro, per profondità media della corrente superiore a 1 m oppure pari alla profondità media, per profondità media della corrente inferiore o uguale a 1 m;

3) $0,87\sqrt{y+\alpha y'}$, dove y è la profondità media della sezione contribuente al deflusso, y' è l'altezza della corrente areata ed α un coefficiente che varia linearmente tra 0 e 1 quando la velocità varia tra 5 m/s e 15 m/s, con le limitazioni che il valore $0,87\sqrt{y}$ sarà assunto al massimo pari a 1,5 ed y' viene assunto pari a 2 metri o alla profondità media y , se questa risulta minore di 240.

Il valore y della profondità media della sezione contribuente al deflusso è pari alla media pesata sulla base del contributo di ciascuna area di sezione liquida associata alla corrispondente larghezza della corrente sul pelo libero. Nelle sezioni idrauliche non confinate o nelle quali vi siano zone ove le velocità medie sono modeste, per la valutazione dell'area bagnata attiva si considerano le sole parti aventi velocità della corrente superiori a 0,1 m/s.⁴¹

c2. Per velocità medie della corrente superiori a 8 m/s il franco sarà almeno pari all'intera altezza cinetica $v^2/2g$. In linea di principio, nei progetti di sistemazione idraulica non si dovrebbero verificare situazioni con velocità media della corrente superiori a 8 m/s: tali elevate velocità costituiscono un elemento critico sia dal punto di vista strutturale che idraulico e occorre assumere idonei accorgimenti progettuali per contenere tali elevati valori di velocità della corrente;

d. garantiscano la protezione dall'erosione delle nuove opere;

e. minimizzino il rischio di instabilità gravitativa e di alterazione del naturale reticolo drenante indotto dai tagli dei versanti lungo i tracciati;

f. limitino le modificazioni della morfologia naturale dei pendii impegnati;

g. prevedano appropriati sistemi di drenaggio dei bacini residui, da sottoporre ad adeguata manutenzione;

h. prevengano l'apporto di suolo nei corsi d'acqua in conseguenza dell'esposizione agli agenti meteorici della superficie interessata dall'opera.

Nel **comma 2ter** si specifica che:

In alternativa a quanto previsto dal precedente comma 2bis, il valore del franco idraulico può essere assunto pari a 1,00 m. nel caso di opere di difesa longitudinale, qualora la velocità media della corrente sia inferiore a 4 m/s, a condizione che il progettista, mediante specifica relazione asseverata corredata dalle certificazioni rilasciate da organismi accreditati sui materiali e/o sui sistemi tecnologici utilizzati, attesti motivatamente che sono in grado da assicurare, nel tempo, adeguati livelli prestazionali in termini di stabilità, di resistenza allo scalzamento e agli effetti negativi di tipo idrostatico e idrodinamico indotti dalla corrente e di non subire fenomeni di collasso anche parziale per effetto di sormonto.

Il **comma 2quater**, nella revisione 2022 recita:

A seguito del positivo collaudo delle opere di cui al comma 2bis, la riclassificazione delle aree in termini di pericolosità idraulica è consentita solo se l'intervento garantisce, con adeguato franco idraulico, la protezione per eventi caratterizzati da tempi di ritorno minimi di 200 anni. Possono essere considerate ammissibili le suddette opere di mitigazione che, pur dimensionate per tempi di ritorno inferiori ai 200 anni dimostrino un



significativo miglioramento della funzionalità idraulica rispetto alla situazione ante intervento, a parità di criteri utilizzati per tale verifica.

In tale ipotesi di dimensionamento per tempi di ritorno inferiori ai 200 anni, le opere di adeguamento della sezione idraulica, sia a sezione aperta sia chiusa (canali tombati), sono ammissibili previa specifica dichiarazione del Comune proponente che dimostri l'assenza di alternative progettuali economicamente e tecnicamente sostenibili, a condizione, che, nel caso di canali tombati, si preveda la demolizione totale della copertura del canale, per quanto possibile e compatibilmente con le condizioni del contesto, anche mediante sostituzione della stessa con griglie carrabili; in ogni caso non è consentito procedere con la modifica delle perimetrazioni e dei livelli di pericolosità idraulica e/o da frana previgenti all'intervento..

Il **comma 3** precisa importanti aspetti sulla redazione degli studi di compatibilità idraulica in alcune situazioni particolari:

Gli studi di compatibilità idraulica relativi agli attraversamenti dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico regionale sono redatti esclusivamente nel rispetto delle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni di cui all'art. 52 del D.P.R. n. 380/2001 e delle relative circolari applicative, da integrarsi in relazione al calcolo del franco idraulico con i valori minimi derivanti dall'applicazione del precedente comma 2. Nel rispetto della Circolare 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP., per la tipologia dei tombini non è richiesta la redazione dello studio di compatibilità idraulica di cui al successivo articolo 24 e, pertanto, non è necessario il parere dell'Autorità di Bacino.

Le opere in progetto sono state definite in modo da essere funzionali agli obiettivi di progetto e conformi alle norme qui citate.

ARTICOLO 23 Prescrizioni generali per gli interventi ammessi in aree di pericolosità idrogeologica

L'articolo riporta (come specificato nel **comma 1**) norme specifiche per prevenire, attraverso la regolamentazione degli interventi ammissibili, i pericoli idrogeologici e la formazione di nuove condizioni di rischio idrogeologico nel bacino idrografico unico della Regione Sardegna.

Nel **comma 2** viene esplicitato il limite dell'applicazione delle norme in argomento: Le disposizioni del presente Titolo III valgono solo nelle aree perimetrate dalla cartografia elencata nell'articolo 3 quali aree con pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e moderata (Hi1), nonché quali aree con pericolosità da frana molto elevata (Hg4), elevata (Hg3), media (Hg2) e moderata (Hg1), con le caratteristiche definite nella Relazione Generale, a prescindere dall'esistenza di aree a rischio perimetrate e di condizioni di rischio a carico di persone, beni ed attività vulnerabili.

Nel **comma 3** si specifica che Le disposizioni del presente Titolo III si applicano anche alle aree del bacino idrografico unico regionale diverse dalle aree di pericolosità idrogeologica ed espressamente indicate nell'articolo 26, richiamato nel seguito.

Nel **comma 6** viene esplicitato che "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 nell'ambito del procedimento di approvazione del progetto, tenuto conto dei principi di cui al comma 9.

Nel comma **6bis** si prescrive che:

Nell'ambito della realizzazione di interventi di mitigazione del rischio o di opere in alveo, il provvedimento di approvazione degli studi di compatibilità di cui agli articoli 24 e 25, l'atto autorizzativo ai sensi del Regio Decreto 25 luglio 1904, n. 523 (Testo unico sulle opere idrauliche) e il parere di coerenza sul finanziamento da parte dell'Ente finanziatore, sono rilasciati sul progetto di fattibilità tecnica ed economica, come definito dall'articolo 23, commi 5 e 6, del decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50, che dovrà contenere tutti gli elementi utili a consentirne il rilascio, o sul progetto definitivo, come definito dall'articolo 23, comma 7, del decreto legislativo n. 50 del 2016, ove disponibile. Nel caso di insiemi complessi di opere di mitigazione del rischio o di opere in alveo con differenti alternative progettuali, l'approvazione dei suddetti studi di compatibilità può essere preceduta da un parere preliminare con il quale il soggetto competente esprime la condivisione delle soluzioni individuate nel "Documento di fattibilità delle alternative progettuali", di cui all'articolo 23, comma 5, del decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50, ovvero nell'analisi delle alternative contenuta nel progetto di fattibilità tecnica ed economica".

Nel **comma 7** si prescrive che:

Nel caso di interventi per i quali non è richiesto lo studio di compatibilità idraulica o geologica e geotecnica, i proponenti garantiscono comunque che i progetti verifichino le variazioni della risposta idrologica, gli effetti sulla stabilità e l'equilibrio dei versanti e sulla permeabilità delle aree interessate alla realizzazione degli interventi, prevedendo eventuali misure compensative.

Il **comma 7bis** prescrive che:

In relazione alla progettazione di singoli interventi, non è richiesto alcuno studio di compatibilità idraulica qualora l'intervento interessi elementi idrici non significativi del reticolo idrografico 54 né ricada in area di pericolosità derivante da esondazione di altri elementi del reticolo idrografico, a condizione che i progetti siano corredati da una relazione asseverata redatta dai tecnici di cui al comma 3, lett. a), dell'articolo. 24, da inviare, ai sensi del comma 6 dell'articolo 30 ter, a fini ricognitivi, all'Autorità di Bacino.

Nel **comma 8** si chiarisce che *nelle aree di pericolosità idrogeologica sono consentiti esclusivamente gli interventi espressamente elencati negli articoli da 27 a 34 e nelle altre disposizioni delle presenti norme, nel rispetto delle condizioni ivi stabilite comprese quelle poste dallo studio di compatibilità idraulica o geologica e geotecnica, ove richiesto. Tutti gli interventi non espressamente elencati sono inammissibili. Divieti speciali sono stabiliti negli articoli: 8, comma 6; 9, comma 2; 14, comma 4; 20, comma 1; 27, comma 3, lettera f.; 27, comma 4; 28, comma 2; 31, comma 4; 32, comma 2; 33, comma 4. Gli altri divieti indicati nelle presenti norme sono normalmente ribaditi a scopo esemplificativo e rafforzativo.*

Nel **comma 9** vengono fornite precise indicazioni in merito alle caratteristiche di tutti gli interventi previsti nelle aree vincolate dal PAI: *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;

- b. migliorare in modo significativo o comunque non peggiorare le condizioni di equilibrio statico dei versanti e di stabilità dei suoli attraverso trasformazioni del territorio non compatibili;*
- 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;*
- f. favorire quando possibile la formazione di nuove aree esondabili e di nuove aree permeabili;*
- 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;*
- m. assumere adeguate misure di compensazione nei casi in cui sia inevitabile l'incremento sostenibile delle condizioni di rischio o di pericolo associate agli interventi consentiti;*
- 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.*

Le opere in progetto sono conformi alle norme qui citate.

ARTICOLO 24 Studi di compatibilità idraulica

1. In applicazione dell'articolo 23, comma 6, lettera b., nei casi in cui è espressamente richiesto dalle presenti norme i progetti proposti per l'approvazione nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata, elevata e media sono accompagnati da uno studio di compatibilità idraulica predisposto secondo i criteri indicati nei seguenti commi.

Si rimanda all'apposito atto del presente progetto relativo allo studio di compatibilità idraulica.

ARTICOLO 26 Aree pericolose non perimetrate nella cartografia di piano

1. Possiedono significativa pericolosità idraulica le seguenti tipologie di aree idrografiche appartenenti al bacino idrografico unico della Regione Sardegna:

- a. reticolo minore gravante sui centri edificati;*

[...]

3. Per le tipologie di aree indicate nei commi 1 e 2 le prescrizioni applicabili valgono all'interno di porzioni di territorio delimitate dalla pianificazione comunale di adeguamento al PAI, ai sensi dell'articolo 8, comma 5. Il programma triennale di attuazione stabilisce per tutte le aree indicate nei commi 1 e 2 interventi di sistemazione e manutenzione della rete idrografica, dei versanti e di regimazione del deflusso idrico superficiale.



4. Alle aree elencate nei precedenti commi 1 e 2, dopo la delimitazione da parte della pianificazione comunale di adeguamento al PAI, si applicano le prescrizioni individuate dalla stessa pianificazione comunale di adeguamento al PAI tra quelle per le aree di pericolosità idrogeologica molto elevata, elevata e media.

ARTICOLO 27 Disciplina delle aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4)

In particolare il **comma 1** recita:

1. Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 24, in materia di interventi strutturali e non strutturali di sistemazione idraulica e riqualificazione degli ambienti fluviali - individuati dal PAI, dal programma triennale di attuazione o dalle competenti autorità regionali in osservanza di quanto stabilito dal PAI - nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata sono consentiti esclusivamente:

- a. le opere e gli interventi idraulici per migliorare la difesa dalle alluvioni e la sicurezza delle aree interessate da dissesto idraulico;
- b. gli interventi per mantenere e recuperare le condizioni di equilibrio dinamico degli alvei dei corsi d'acqua;
- c. le attività di manutenzione idraulica compatibile, compresi i tagli di piante esclusivamente per garantire il regolare deflusso delle acque e gli interventi eseguiti ai sensi del decreto del Presidente della Repubblica 14.4.1993 e della legislazione di settore della Regione Sardegna;
- d. le opere di sistemazione e riqualificazione ambientale e fluviale dirette alla riduzione dei pericoli e dei danni potenziali da esondazione, rivolti a favorire la ricostituzione degli equilibri naturali, della vegetazione autoctona, delle cenosi di vegetazione riparia;
- e. le opere urgenti degli organi di protezione civile o delle autorità idrauliche regionali competenti per la tutela di persone e beni in situazioni di rischio idraulico eccezionali;

[...]

Ai sensi del **comma 6**, lo studio di compatibilità idraulica di cui all'art.24: a. è richiesto per tutti gli interventi consentiti dal comma 1, fatta eccezione per quelli di cui alla lettera e).

Ai sensi del **comma 7**, per gli interventi di cui al comma 1 lettera c), l'Autorità competente all'approvazione degli studi di compatibilità ai sensi della L.R. 33/2014, potrà richiedere, a suo insindacabile giudizio, lo studio di compatibilità idraulica o parte di esso, in relazione alla peculiarità dell'intervento.

Le opere in progetto sono tutte comprese in quelle citate al comma 1, consentite anche nelle aree ad elevata pericolosità idraulica ma per le quali è richiesto lo studio di compatibilità idraulica.

ARTICOLO 28 Disciplina delle aree di pericolosità idraulica elevata (Hi3)

L'articolo riporta un elenco delle attività e interventi consentiti nelle aree di pericolosità idraulica elevata.

Le opere in progetto sono conformi alle norme qui citate.

ARTICOLO 29 Disciplina delle aree di pericolosità idraulica media (Hi2)

L'articolo riporta un elenco delle attività e interventi consentiti nelle aree di pericolosità idraulica media.

Le opere in progetto sono conformi alle norme qui citate.



ARTICOLO 30 Disciplina delle aree di pericolosità idraulica moderata (Hi1)

1. Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 24, nelle aree di pericolosità idraulica moderata compete agli strumenti urbanistici, ai regolamenti edilizi ed ai piani di settore vigenti disciplinare l'uso del territorio e delle risorse naturali, ed in particolare le opere sul patrimonio edilizio esistente, i mutamenti di destinazione, le nuove costruzioni, la realizzazione di nuovi impianti, opere ed infrastrutture a rete e puntuali pubbliche o di interesse pubblico, i nuovi insediamenti produttivi commerciali e di servizi, le ristrutturazioni urbanistiche e tutti gli altri interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia, salvo in ogni caso l'impiego di tipologie e tecniche costruttive capaci di ridurre la pericolosità ed i rischi.

2. Per i corsi d'acqua o per i tratti degli stessi studiati mediante analisi idrologico-idraulica, nelle aree individuate mediante analisi di tipo geomorfologico che si estendono oltre le fasce di pericolosità moderata individuata col criterio idrologico idraulico si applica la disciplina di cui al comma 1.

ARTICOLO 35 Strumenti di attuazione del PAI

L'articolo individua ed elenca gli strumenti di attuazione del PAI e i programmi triennali d'intervento

ARTICOLO 36 Schede degli interventi di piano. Priorità degli interventi nelle aree a rischio

1. Le schede degli interventi nei sottobacini oggetto PAI individuano le seguenti categorie di interventi di tipo strutturale definiti attraverso una fase progettuale schematica sviluppata assumendo tipologie di opere e manufatti compatibili e rivolgendo particolare attenzione all'uso, ove possibile, di tecniche a basso impatto ambientale:

- a. interventi di adeguamento e/o nuova realizzazione di opere di difesa spondale;
- b. interventi di adeguamento e/o nuova realizzazione di rilevati arginali;
- c. interventi di ripristino della stabilità del fondo;
- d. interventi di ricalibratura e/o potenziamento della capacità di portata della sezione d'alveo;
- e. interventi di protezione dei versanti da fenomeni di ruscellamento diffuso e dilavamento;
- f. interventi di protezione da crollo di blocchi e massi;
- g. opere di sostegno;
- h. opere di drenaggio;
- i. interventi di ricostituzione della copertura vegetale;
- l. bacini o casse di laminazione.

2. Gli interventi elencati nel comma 1 sono diretti alla riduzione diffusa o localizzata della pericolosità intrinseca delle aree perimetrate dal PAI ovvero alla riduzione o all'eliminazione della vulnerabilità specifica degli elementi a rischio.

ARTICOLO 37 Varianti ed aggiornamenti del PAI

1. Il PAI possiede efficacia a tempo indeterminato. E' comunque sottoposto a variante generale di revisione ogni cinque anni.

2. Nei casi in cui sia necessario procedere alla modifica dei perimetri o delle classi di pericolosità di singole aree di pericolosità idrogeologica del PAI, sono adottate e successivamente approvate singole varianti al PAI secondo quanto disposto dall'articolo 31 della legge regionale 19/2006 e dall'articolo 68 comma 3 del d.lgs. 152/2006. La conferenza programmatica si conclude, ordinariamente, entro 30 giorni dalla pubblicazione sul BURAS della deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino di adozione preliminare della variante.

3. Sono tra gli altri motivi di eventuali varianti del PAI:

- a. diminuzioni o aumenti significativi delle condizioni di rischio derivanti dalla realizzazione di interventi



debitamente collaudati o muniti di certificato di regolare esecuzione ovvero da fatti che producono incrementi di danno potenziale;

b. studi a scala di maggior dettaglio eseguiti da enti territoriali ed enti locali e studi comunali di assetto idrogeologico eseguiti da enti locali di cui all'articolo 8;

c. nuovi eventi idrogeologici o emergenze ambientali;

[...]

ARTICOLO 38 Norme generali in materia di coordinamento tra PAI e PGRA

1. Il Piano di gestione del rischio di alluvioni, di seguito PGRA, è redatto ai sensi della direttiva 2007/60/CE e del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (di seguito denominato D.lgs. 49/2010) ed è finalizzato alla gestione del rischio di alluvioni nel territorio della regione Sardegna.

2. In conformità all'articolo 9 del D.lgs. 49/2010, le disposizioni del presente titolo disciplinano il coordinamento tra il PAI e i contenuti e le misure del PGRA, al fine di assicurare nell'intero territorio della Regione Sardegna la riduzione delle conseguenze negative per la salute umana, per il territorio, per i beni, per l'ambiente, per il patrimonio culturale e per le attività economiche e sociali derivanti dalle alluvioni.

ARTICOLO 39 Ambito territoriale di applicazione

L'ambito di applicazione è l'intero territorio della Sardegna.

ARTICOLO 40 Mappe del PAI/PGRA: Mappe della pericolosità da alluvione, Mappe del danno potenziale, Mappe del rischio di alluvioni, Mappe delle aree di pericolosità da inondazione costiera. Coordinamento dei contenuti delle mappe del PGRA con il quadro conoscitivo derivante dal PAI, ai sensi dell'articolo 9 del D.lgs. 49/2010

1. Le mappe del PGRA, costituite da Mappe della pericolosità da alluvione, Mappe del danno potenziale e Mappe del rischio di alluvioni e dalle Mappe delle aree di pericolosità da inondazione costiera, redatte nel rispetto della direttiva 2007/60/CE, del D.Lgs. 49/2010 e degli indirizzi operativi predisposti dai Ministeri competenti, costituiscono integrazione al PAI, integrano il quadro di riferimento per l'attuazione delle finalità e contenuti del PAI, ai sensi del precedente articolo 1 e vengono nel seguito denominate come mappe PAI/PGRA.

2. Le mappe della pericolosità idraulica identificano le tre classi seguenti:

- P3, ovvero aree a pericolosità elevata, con elevata probabilità di accadimento, corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno minore o uguale a 50 anni
- P2, ovvero aree a pericolosità media, con media probabilità di accadimento, corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 50 anni e minore o uguale a 200 anni;
- P1, ovvero aree a pericolosità bassa, con bassa probabilità di accadimento, corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 200 anni e minore o uguale a 500 anni.

3. Le mappe del rischio di alluvione rappresentano i livelli di rischio derivati dall'incrocio delle tre classi di pericolosità con le classi omogenee di danno potenziale, secondo la seguente matrice:

Classi di Danno Potenziale	Classi di Pericolosità Idraulica		
	P3	P2	P1
D4	R4	R3	R2
D3	R4	R3	R1
D2	R3	R2	R1
D1	R1	R1	R1

4. Le classi omogenee di danno potenziale sono rappresentate da D4 (danno potenziale molto elevato), D3



(danno potenziale elevato), D2 (danno potenziale medio) e D1 (danno potenziale moderato o nullo).

5. Le classi di rischio da alluvione che sono state definite sono R4 (rischio molto elevato); R3 (rischio elevato); R2 (rischio medio) e R1 (rischio moderato o nullo).

Nel Geoportale della Sardegna non risultano esplicitate le aree relative allo stato attuale PGRA nelle aree d'interesse. Pertanto, in base a quanto esposto negli articoli sopra citati, al momento ci si riferisce alle mappe PAI già riportate e alle nuove simulazioni condotte per il presente progetto.

ARTICOLO 41 Norme per le aree di pericolosità PAI/PGRA

1. Nelle aree P3 si applicano le norme tecniche di attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) relative alle aree di pericolosità idraulica Hi4, con particolare riferimento all'articolo 27.

2. Nelle aree P2 si applicano le norme tecniche di attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) relative alle aree di pericolosità idraulica Hi3 e Hi2, con particolare riferimento agli articoli 28 e 29, in considerazione del tempo di ritorno associato alla singola area, desumibile dagli elaborati del PAI, del Piano stralcio delle fasce fluviali (PSFF) e degli studi di compatibilità idraulica redatti dai Comuni ai sensi del precedente articolo 8 e già approvati dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino.

3. Nelle aree P1 si applicano le norme tecniche di attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) relative alle aree di pericolosità idraulica Hi1, con particolare riferimento all'articolo 30, fatto salvo quanto specificato all'articolo 30 bis delle medesime norme.

[...]

6. In attuazione del precedente articolo 23, comma 14, nelle aree caratterizzate da differenti livelli di pericolosità derivanti da distinti strumenti di pianificazione dell'assetto idrogeologico, nel rispetto del principio di precauzione, si applicano le norme più restrittive nelle sole zone di sovrapposizione.

7. Le aree della pericolosità da alluvione e del rischio di alluvioni del PAI/PGRA sono conseguentemente modificate a seguito della conclusione delle procedure di variante al PAI ai sensi del precedente articolo 37 nonché a seguito della conclusione della procedura di approvazione del PSFF ai sensi della L.R. 19/2006.

[...]

ARTICOLO 43 Contratti di fiume

1. Il contratto di fiume, nell'ottica del raggiungimento degli obiettivi della direttiva 2000/60/CE e della direttiva 2007/60/CE, concorre alle finalità del PAI e del PGRA, quale strumento volontario di programmazione strategica e negoziata che contribuisce allo sviluppo locale delle aree interessate mediante la considerazione degli aspetti socio economici, sociali ed educativi, attraverso azioni di tutela, corretta gestione delle risorse idriche e valorizzazione dei territori e dei paesaggi fluviali, unitamente alla salvaguardia dal rischio idrogeologico

I contratti di Fiume, nelle Regioni ove sono già da tempo sviluppati, sono un interessante ed efficace strumento di programmazione, realizzazione, monitoraggio e controllo del territorio, oltre che una modalità di positivo coinvolgimento di tutti i portatori d'interesse istituzionali, pubblici, privati, associazioni ed Enti.

Non risulta esistere un contratto di fiume che riguardi il rio Ciccheddu e il rio Sant'Alvara, tuttavia potrebbe essere occasione di applicazione dei principi e degli scopi normati e di primo approccio verso questa tematica, da applicare poi a scala più ampia.

ARTICOLO 47 Invarianza Idraulica

I principi di invarianza idraulica vengono applicati alle nuove costruzioni.



Il comma 5. del presente articolo indica che *La Regione approva normative specifiche con l'obiettivo di incentivare il perseguimento del principio della invarianza idraulica anche per i contesti edificati esistenti.*

I principi e vincoli d'invarianza idraulica devono trovare applicazione nei PUC e nei regolamenti edilizi e sono finalizzati ad un nuovo approccio alla gestione delle acque meteoriche di competenza di ciascuna proprietà, oltre che stimolo per la verifica della gestione idraulica del territorio urbano, soggetto alle acque meteoriche proprie oltre che alle acque provenienti dai bacini esterni, anche per eventi con tempi di ritorno significativamente inferiori a quelli finora considerati dalle Norme di competenza prettamente fluviale.

ARTICOLO 48 Corridoi ecologici

Nell'Art. 48 sono indicati gli obiettivi di rinaturalizzazione e recupero dei corridoi ecologici esistenti e di realizzazione, ove possibile, di nuovi corridoi, finalizzati al recupero della naturalità. al miglioramento ecosistemico e ad un migliore controllo del rischio idraulico.

1. I corridoi ecologici sono finalizzati sia alla mitigazione del rischio idraulico, attraverso il mantenimento o il miglioramento della capacità idraulica dell'alveo di piena e la tutela delle aree di espansione e di laminazione naturale, sia alla tutela e al recupero degli ecosistemi, della biodiversità, attraverso il ripristino delle caratteristiche naturali e ambientali dei corpi idrici e dei paesaggi fluviali.

2. Per le finalità del comma 1, la progettazione e la realizzazione dei corridoi ecologici deve essere indirizzata a:

- a) criteri di ripristino morfologico (quali il ripristino della piana inondabile mediante rimodellazione morfologica dell'area fluviale, la riattivazione della dinamica laterale mediante interventi sulle difese spondali con eventuale allargamento dell'alveo);*
- b) criteri di riduzione dell'artificialità (quali la risagomatura e la rinaturalizzazione, la rimozione o modifica strutturale di briglie e soglie, la rimozione di coperture dei corsi d'acqua).*

Le opere in progetto consentono di attuare meglio possibile anche questi obiettivi, valorizzando e promuovendo la realizzazione e il mantenimento di corridoi ecologici fluviali e valorizzando le aree di pertinenza fluviale esistenti.

Allegato E - Criteri per la predisposizione degli studi di compatibilità idraulica di cui all'articolo 24 delle norme di attuazione del PAI

Nei casi in cui è espressamente richiesto dalle norme di attuazione del PAI, i progetti preliminari degli interventi da realizzarsi nelle aree di pericolosità idraulica sono corredati da uno studio di compatibilità idraulica in cui si dimostri la coerenza con le finalità indicate nell'articolo 23, comma 6, e nell'articolo 24 delle norme di attuazione del PAI e si dimostri in particolare che l'intervento sottoposto all'approvazione è stato progettato rispettando il vincolo di non aumentare il livello di pericolosità e di rischio esistente – fatto salvo quello eventuale intrinsecamente connesso all'intervento ammissibile - e di non precludere la possibilità di eliminare o ridurre le condizioni di pericolosità e rischio.

La compatibilità idraulica dell'intervento proposto: a) è verificata in funzione degli effetti dell'intervento sui livelli di pericolosità rilevati dal PAI; b) è valutata in base agli effetti sull'ambiente tenendo conto dell'evoluzione della rete idrografica complessiva e del trasferimento della pericolosità a monte e a valle.

Lo studio di compatibilità idraulica deve contenere e illustrare:

- l'analisi idrologica finalizzata alla definizione della piena di riferimento completa di caratterizzazione geopedologica del bacino sotteso dalla sezione di controllo. La stima della piena di riferimento va condotta per i tempi di ritorno relativi al livello di pericolosità dell'area interessata dall'intervento e per i tempi di*



ritorno superiori tra quelli indicati dalla relazione del PAI;

- l'analisi idraulica dell'asta fluviale e dell'area di allagamento compresa tra due sezioni caratterizzate da condizioni al contorno definibili;
- l'analisi dei processi erosivi in alveo e nelle aree di allagamento;
- l'analisi dei processi erosivi e delle sollecitazioni nei manufatti.

Qualora le valutazioni idrologiche e idrauliche siano già desumibili da altri atti di pianificazione, ad esse può essere fatto riferimento, previa opportuna verifica alla scala dell'intervento, per la rappresentazione della situazione ex ante.

2.3.5. Possibili modifiche al PAI derivanti dalla presente modellazione di dettaglio

Si anticipa che, nell'ambito delle valutazioni idrologico-idrauliche e delle analisi a scala di bacino e di dettaglio lungo il rio Calamasciu, nella presente progettazione sono state effettuate modellazioni specifiche a scala vasta lungo tutto il bacino del rio Calamasciu, per determinare con maggiore dettaglio le condizioni di pericolosità attuali e quelle cui è possibile arrivare con interventi di progetto complessivi e nei vari lotti in cui questi si possono realizzare. Tale modellazione permette, da un lato, di definire con maggiore dettaglio le fasce e i livelli idrici attesi per i tempi di ritorno di riferimento nelle aree già individuate come ad alta pericolosità, definendo i diversi elementi di pericolosità, dall'altro le nuove valutazioni e modellazione consentono di individuare e delimitare anche aree finora non considerate ma caratterizzate da gradi di pericolosità cui occorre prestare attenzione e in cui occorrerà regolare le attività e/o definire gli interventi strutturali e non strutturali atti a contenere il rischio delle stesse (sia in termini di interventi di riduzione della pericolosità che in termini di riduzione o controllo del danno e, quindi, complessivamente, del rischio).

2.4. DIRETTIVA VERIFICHE ATTRAVERSAMENTI (ALL1 DIRETTIVA PONTI)

Conformemente all'Art. 22 delle NTA del Pai, è stata approvata la *Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza delle infrastrutture esistenti di attraversamento viario o ferroviario del reticolo idrografico della Sardegna nonché delle altre opere interferenti*.

Nelle Premesse, la Direttiva chiarisce quanto segue.

La presente direttiva è redatta in attuazione delle previsioni dell'articolo 22 delle N.A. del P.A.I. ed ha la finalità di definire i contenuti e le modalità operative per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza delle opere esistenti di attraversamento, viario o ferroviario, del reticolo idrografico nonché delle altre opere interferenti con il medesimo reticolo.

La presente Direttiva pone in capo ai proprietari, gestori o concessionari una serie di adempimenti finalizzati a verificare che le opere non determinino condizioni di rischio idraulico e a redigere i progetti degli interventi di manutenzione o di adeguamento nonché a definire le misure non strutturali atte alla mitigazione del rischio presente.

Nella Direttiva sono riportati gli obiettivi, le modalità di analisi e verifica, le azioni da porre in essere nei casi di non soddisfacimento dei requisiti di sicurezza idraulica, gli interventi di manutenzione e/o adeguamento, le misure per la riduzione del rischio idraulico determinato dagli attraversamenti.

Le analisi idrauliche di cui al presente progetto, potranno essere utilizzate come base conoscitiva per le verifiche



degli attraversamenti richieste dalla citata Norma.

Le valutazioni di progetto hanno considerato anche il possibile intervento di rifacimento dell'attraversamento ferroviario posto poco a monte della stazione di Caniga.

2.5. DIRETTIVA VERIFICHE CANALI TOMBATI (ALL2 CANALI TOMBATI)

Conformemente all'Art. 22 delle NTA del Pai, è stata approvata la *Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza dei canali tombati esistenti*.

Essa ha la *finalità di definire i contenuti e le modalità operative per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza dei canali esistenti a sezione chiusa, denominati canali tombati*.

Nelle **Premesse** chiarisce che la presente *Direttiva richiama il divieto di realizzare tombature e coperture di corsi d'acqua previsto dall'articolo 115 del DLgs 152/2206 e dall'articolo 8 comma 9 lett. c) delle N.A. del P.A.I. e pone in capo ai proprietari, gestori o concessionari una serie di adempimenti finalizzati a verificare periodicamente che i canali tombati esistenti non determinino condizioni di rischio idraulico e a redigere i progetti degli interventi di manutenzione o di adeguamento nonché a definire le misure non strutturali atte alla mitigazione del rischio presente*.

3. Definizione

Si definisce canale tombato qualunque opera derivante dalla copertura di un corso d'acqua facente parte del reticolo idrografico regionale e che non sia identificabile come rete urbana di smaltimento delle acque bianche e meteoriche o come altra opera idraulica specialistica (quali canali fugatori di opere di scarico, tratti sifonati e altre opere simili).

4. Indirizzi operativi per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza dei canali tombati esistenti

In attuazione delle previsioni dell'articolo 115 del D.Lgs. 152/2206 e dell'articolo 8, comma 9 lettera c) delle N.A. del P.A.I., sul reticolo idrografico del distretto regionale della Sardegna non è consentito realizzare nuove tombature o coperture di corsi d'acqua. Non è, altresì, consentito realizzare il prolungamento di quelle esistenti; nei casi diretti ad ovviare a documentate situazioni di pericolo e a garantire la tutela della pubblica incolumità, possono essere realizzati interventi di ampliamento della sezione, unitamente ad altre azioni tra quelle indicate al successivo punto 9) "Misure strutturali", per i quali deve essere dimostrata la mancanza di alternative progettuali tecnicamente ed economicamente sostenibili ed, in ogni caso, la riduzione del rischio.

Si stabilisce che, anche a seguito di tali interventi di ampliamento, non si possa procedere con la deperimetrazione delle aree di pericolosità se non nel caso di riapertura totale del canale.

In attuazione dell'articolo 22 delle N.A. del P.A.I., gli Enti proprietari, gestori o concessionari dei canali tombati esistenti predispongono, entro 6 mesi dalla data di approvazione da parte del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Sardegna della presente direttiva, una verifica di sicurezza degli stessi, identificando in particolare il tempo di ritorno critico della singola opera, inteso come quello minimo a partire dal quale la portata conseguente transita con franco pari al 50% di quello definito dalle norme vigenti.

La verifica di sicurezza è inviata alla DG dell'Agenzia Regionale del Distretto Idrografico (ADIS), alla DG Assessorato Regionale dei Lavori Pubblici, alla DG della Protezione Civile e al Comune.

Gli enti proprietari, gestori o concessionari, anche in relazione ai risultati della verifica suddetta, individuano e progettano gli interventi manutentivi, strutturali correttivi e di adeguamento necessari nonché le misure non strutturali atte alla mitigazione del rischio presente.



Nella effettuazione delle verifiche di sicurezza e nella definizione degli interventi manutentivi e di adeguamento va data priorità ai canali tombati che interessano i centri abitati e a quelli che determinano altre situazioni di rischio elevato o molto elevato anche in ambito extraurbano.

Nell'Art. 6 vengono riportati i **criteri per le verifiche di sicurezza dei canali tombati esistenti**. Essi fanno riferimento ad una piena con tempo di ritorno non inferiore a $T=200$ anni e ai metodi di calcolo e analisi di cui alle norme PAI.

6.3 Franco minimo

Il minimo franco tra la quota idrometrica relativa alla piena di progetto e la quota di intradosso del canale è quello prescritto dall'articolo 21 delle N.A. del P.A.I..

Nel caso in cui il franco minimo non sia rispettato, nella verifica di sicurezza, ai fini della perimetrazione delle aree di pericolosità, la modellazione idraulica può motivatamente essere eseguita:

- *per sezioni molto ampie ispezionabili, modellando lo scorrimento al di fuori del canale della quota della portata non convogliabile con i franchi prescritti per i vari tempi di ritorno;*
- *per gli altri casi, considerando l'ipotesi di canale completamente ostruito, modellando lo scorrimento al di fuori del canale dell'intera portata per i vari tempi di ritorno.*

6.4 Valutazione degli effetti idraulici indotti

La verifica di sicurezza deve valutare gli effetti della copertura del canale sulle modalità di deflusso in piena del corso d'acqua; in particolare, occorre valutare gli eventuali profili idrici di rigurgito eventualmente indotti dall'insieme delle opere in relazione all'assetto complessivo presente, eventuali condizioni di rischio idraulico per il territorio circostante, anche derivanti da azioni di erosione puntuale o generalizzata delle strutture del canale e soprattutto dal verificarsi dell'entrata in pressione per effetto di occlusioni totali o per eccessiva portata.

9. Misure strutturali

Gli interventi sull'opera concernono le modifiche delle strutture che possono essere realizzate per ridurre gli aspetti per i quali l'opera non è adeguata rispetto ai criteri di funzionalità idraulica.

Le principali tipologie degli interventi possibili sono costituite da:

- *riapertura totale del canale;*
- *realizzazione di canali scolmatori aventi la finalità di ridurre la portata transitante nel canale tombato;*
- *realizzazione di aperture parziali della soletta superiore e inserimento nello sviluppo complessivo del canale di griglie che consentano la fuoriuscita dell'acqua e l'eventuale rientro nel canale;*
- *realizzazione di vasche di laminazione a monte dell'imbocco del canale, in modo da ridurre la portata in corrispondenza degli eventi di piena e da limitare il trasporto solido all'interno del canale*
- *realizzazione di briglie selettive in modo da ridurre la dimensione dei corpi solidi trasportati all'interno del canale*
- *rimozione e riduzione di elementi di ostacolo al flusso esistenti all'interno del canale, quali curve repentine, attraversamenti di reti pubbliche, strutture di fondazione;*
- *miglioramento delle opere di imbocco e sbocco;*
- *eventuale delocalizzazione di edifici e strutture che interferiscono con le strutture del canale;*
- *apertura di varchi nella soletta per consentire l'inserimento di attrezzature per le operazioni di verifica e manutenzione;*
- *ampliamento della sezione esistente esclusivamente in zona edificata e nel caso di dichiarata mancanza di*



alternative progettuali tecnicamente ed economicamente sostenibili, allo scopo di ovviare a documentate situazioni di pericolo e a garantire la tutela della pubblica incolumità.

Le modalità con cui sono state effettuate le analisi e le verifiche idrologico-idrauliche della presente progettazione lungo tutto il tracciato del rio Calamasciu consentono di estrarre tutti gli elementi utili anche alle valutazioni richieste dalla presente Direttiva.

Gli interventi di realizzazione dei nuovi tratti o di modifica di alveo di rio Calamasciu sono conformi alle misure previste dalla Direttiva e costituiscono certamente la soluzione più efficace e meno onerosa per la risoluzione dell'insufficienza idraulica del rio Calamasciu lungo l'attuale zona ad elevata pericolosità e rischio idraulico, sia lungo il tracciato stesso, sia in corrispondenza delle aree abitate della contrada Caniga.



3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

3.1. GENERALITÀ

Il rio Calamasciu, ricadente all'interno del Sub_Bacino del Coghinas Mannu Temo, nasce all'interno dell'abitato di Sassari, sviluppandosi per circa 5,5 km fino a confluire nel Rio Mascari. Lungo il suo tracciato attraversa la zona industriale di Predda Niedda, con vari tratti tombati, e la borgata di Caniga. L'area è percorsa dalla linea ferroviaria Sassari-Chilivani, che si snoda lungo la valle, più limitatamente da quella Sassari-Alghero, di cui si evidenziano in Figura 4 le interferenze, ed è interessata dalla S.S. 127 bis all'altezza di Caniga.

Figura 3 – Inquadramento territoriale rio Calamasciu

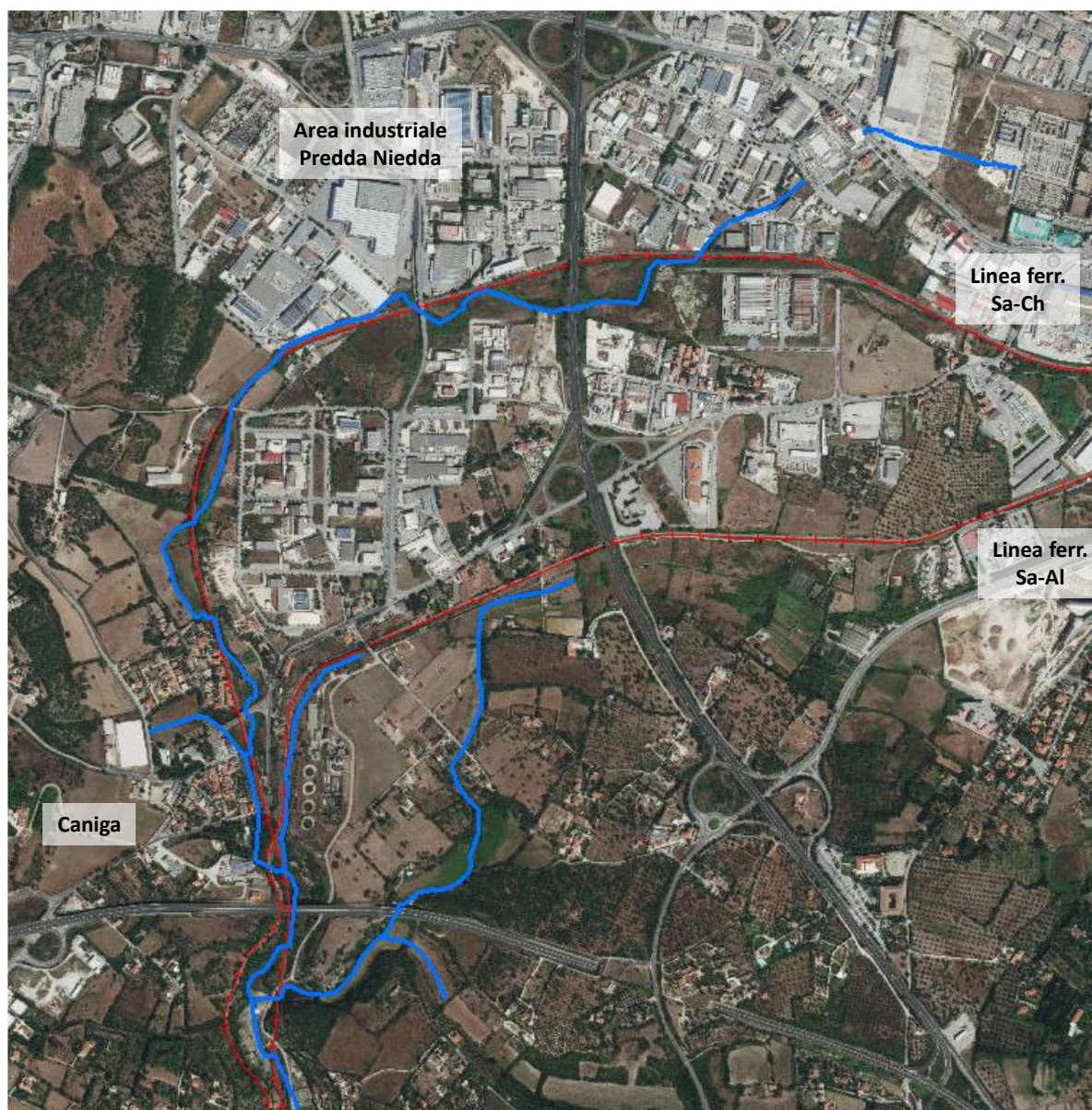
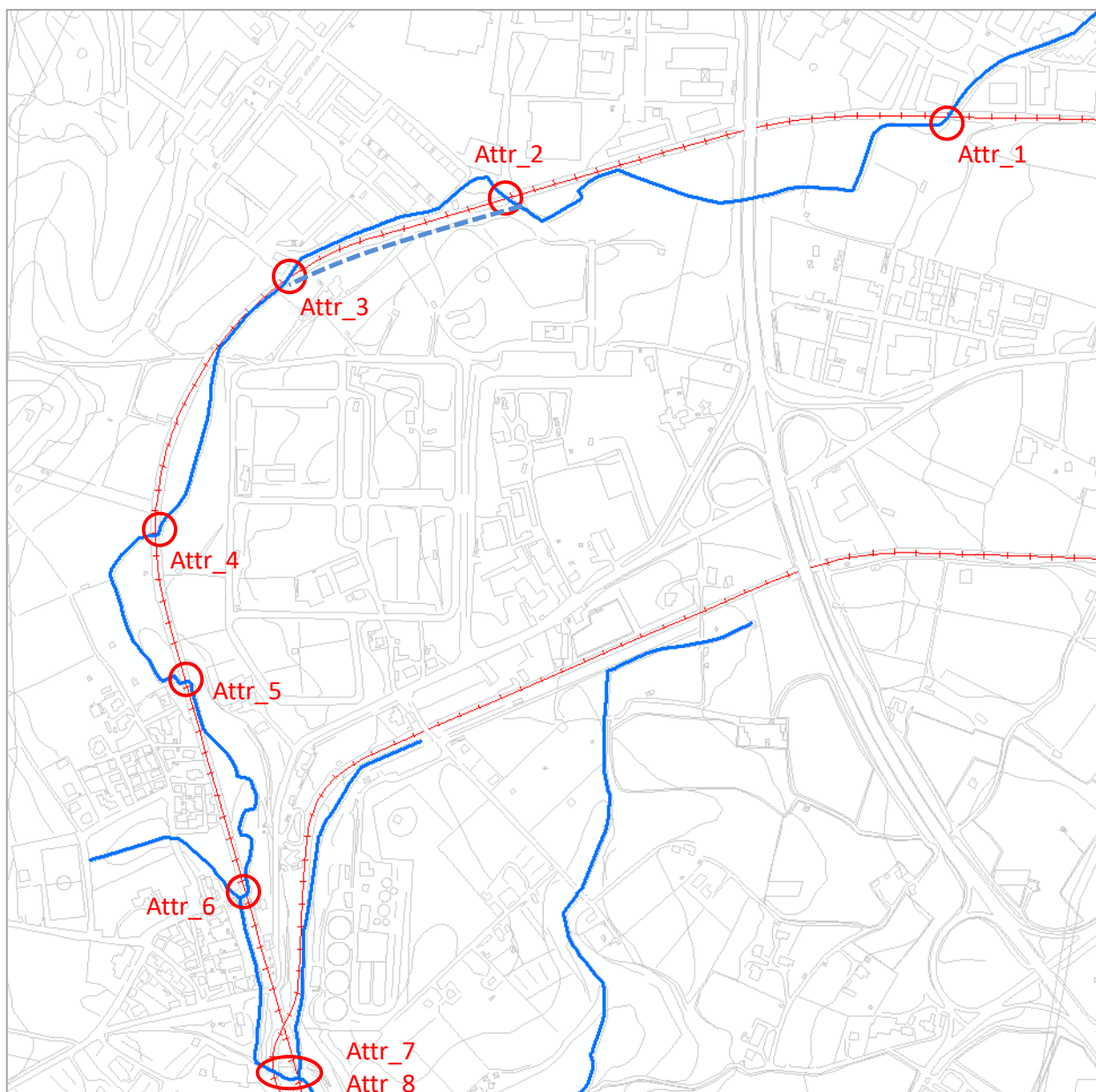




Figura 4 – Interferenze tra il rio Calamasciu e le linee ferroviarie (il tratto tratteggiato rappresenta l'intervento di I lotto che risolve le problematiche dei punti 2 e 3, pur lasciando da migliorare (da parte di RFI-FS) la situazione dell'attraversamento n.3 che diverrebbe relativo al sistema di drenaggio delle acque meteoriche del comparto di Predda Niedda Sud



Dal Geoportale di Regione Sardegna è stato possibile ottenere il Modello Digitale del Terreno (DTM) Lidar con risoluzione della maglia 1x1 m per il bacino in esame, da cui, tramite elaborazione con software Gis, è stato possibile ricavare informazioni sulla topografia e sull'acclività del terreno, fondamentali per la successiva fase di modellazione idrologico-idraulica descritta nel seguito. Il DTM è descritto in dettaglio nel paragrafo 6.2. Tali informazioni sono state integrate e confrontate con quelle derivanti dai sopralluoghi e rilievi specifici condotti in campo.



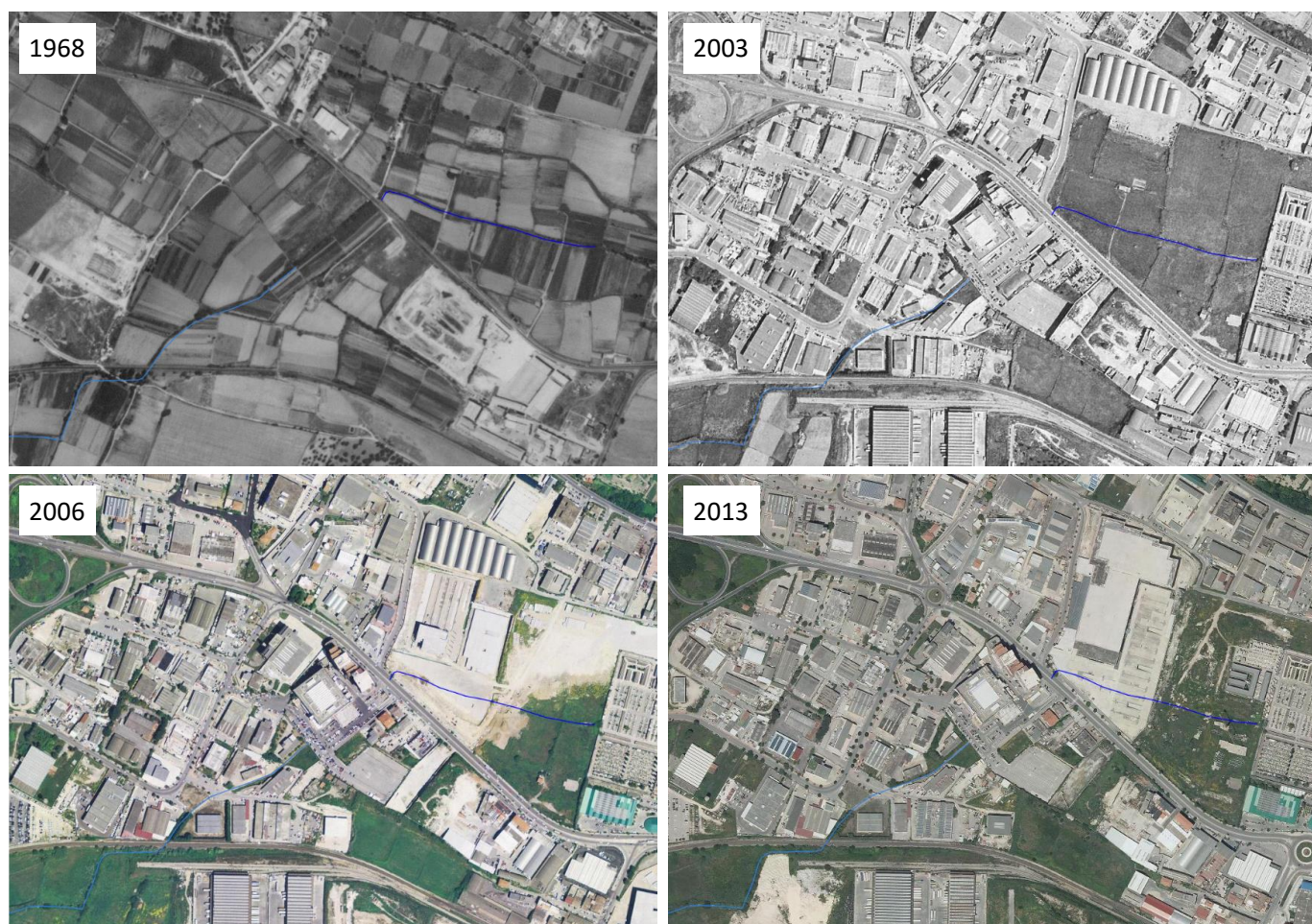
3.2. CONFIGURAZIONE ATTUALE DEL RIO CALAMASCIU LUNGO IL SUO CORSO DALL'ORIGINE A CANIGA

3.2.1. La zona di monte e l'attraversamento di Predda Niedda (tratto d'interesse del Lotto I)

Il rio Calamasciu ha origine in piena area urbana di Sassari, in direzione Nord-Est rispetto al territorio oggetto d'intervento, nella zona posta a lato del cimitero comunale.

Il **tratto iniziale** dell'alveo non risulta ad oggi individuabile a causa della forte urbanizzazione susseguitasi nel corso degli anni, come visibile dalle immagini di Figura 5.

Figura 5 – Ortofoto aeree dell'aria industriale di Sassari

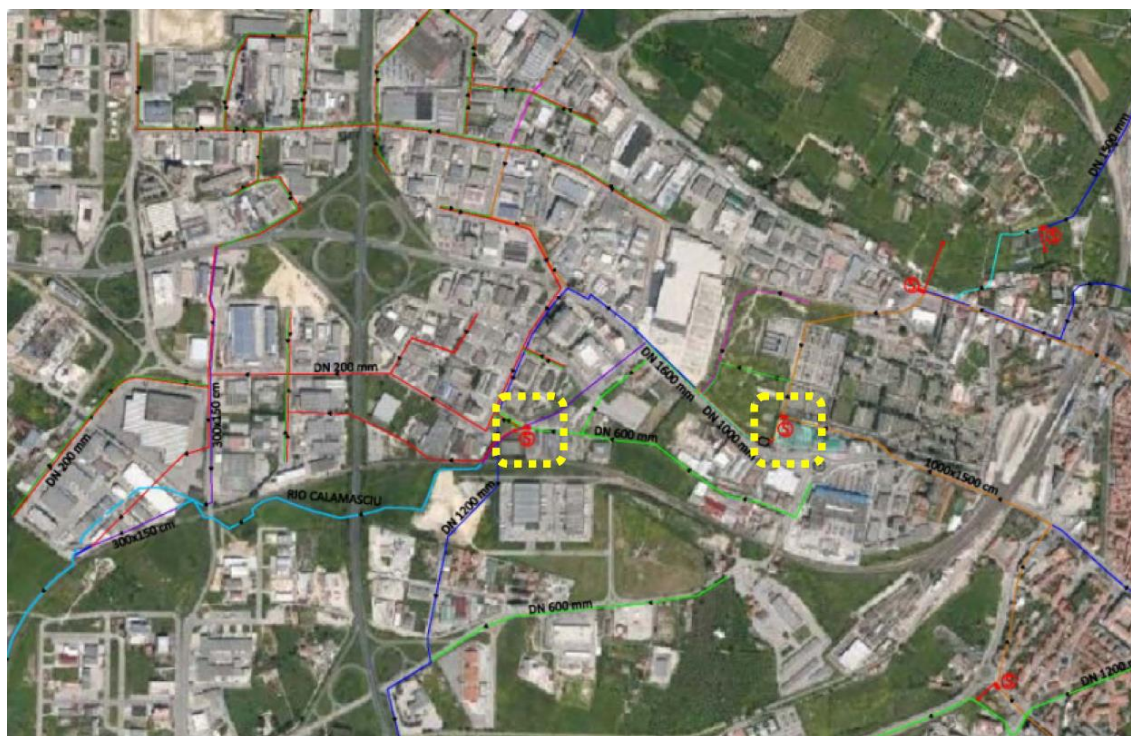


Il compluvio naturale del rio Calamasciu è stato tombato in tutto il tratto della zona industriale, divenendo il ricettore del sistema di drenaggio proprio delle acque meteoriche delle aree impermeabili e delle fognature miste di una parte della Città in corrispondenza degli scaricatori di piena.

In particolare dalla planimetria di Figura 6, dove è riportato lo schema del sistema fognario della zona industriale, si rileva la presenza di due manufatti sfioratori delle fognature miste urbane, che durante gli eventi meteorici scaricano le acque di troppo pieno nel rio Calamasciu.



Figura 6 – Planimetria con tracciati rete di fognatura area industriale con localizzazione degli sfioratori di piena



Nel tratto a monte della Strada 25 il tracciato del tratto tombato non è visibile se non per un breve tratto, mentre, data la posizione superficiale della soletta rispetto al p. di c., risulta evidente a valle della Strada 25.

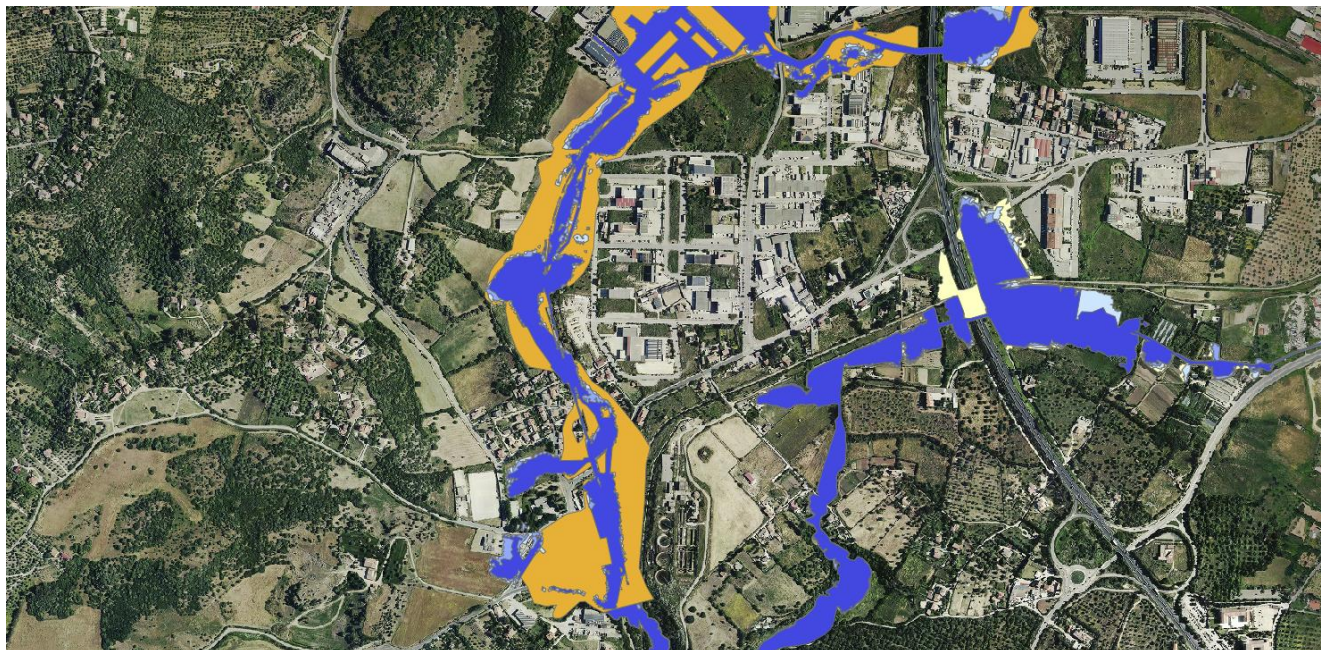
Figura 7 – Tombatura del tratto iniziale del rio Calamasciu





A valle di questo primo tratto tombato, dopo aver attraversato la linea ferroviaria Sassari-Chilivani, l'alveo si distende su un compendio agricolo/naturale sub-pianeggiante, attraversato dalla Strada di Circonvallazione "Variante di Mascari" e dalla via Predda Niedda n.10, presentando una sezione ad U di bassa profondità, non soggetta da incisioni significative. L'area fluviale risulta una zona di esondazione naturale anche in casi di eventi meteorici non troppo intensi, come anche indicato nella cartografia PAI e richiamato nella Figura 8.

Figura 8 – Stralcio della cartografia PAI della zona attraversata dal rio Calamasciu tra la Z.I. Predda Niedda Sud e la frazione di Caniga (aggiornamento con Variante PAI Comune di Sassari 2022 e progettazione primo intervento di mitigazione)



In corrispondenza della zona industriale Predda Niedda Sud il rio sottopassa nuovamente la linea ferroviaria e confluisce su un pozzetto di raccolta in cls presso cui convergono i canali che raccolgono tutte le acque di drenaggio della zona di "Predda Niedda".

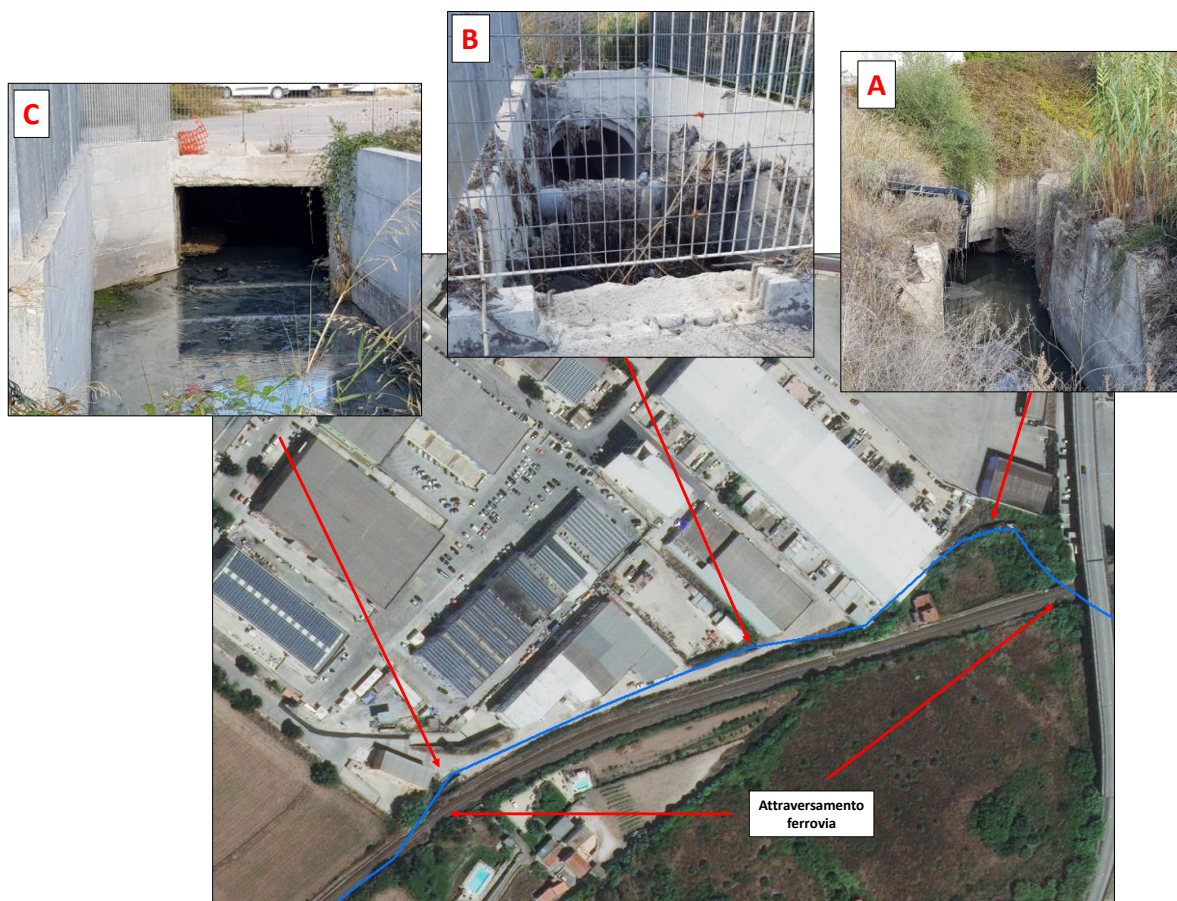
Figura 9 – Manufatto di confluenza tra il rio Calamasciu (a destra) e i canali di raccolta delle acque meteoriche dell'area di Predda Niedda (settore oggetto del primo intervento)





A valle di detta confluenza, dopo breve un tratto a cielo aperto parallelo alla ferrovia (rif. Figura 10 immagine (A)) il canale prosegue tombinato in uno scatolare di dimensioni interne pari a 3,0x1,5 m per circa 100 m, torna a cielo aperto in corrispondenza di un breve manufatto particolare (B) in cui si evidenzia un attraversamento fognario e la riduzione di sezione del rio Calamasciu, che prosegue nuovamente tombato con una condotta di diametro pari a DN 1200 mm fino al nuovo tratto aperto a monte dell'attraversamento ferroviario (C).

Figura 10 – Tratto tombinato attuale del rio Calamasciu in corrispondenza della zona industriale Predda Niedda (settore oggetto del primo intervento)



Dall'immagine sopra, risulta evidente la condizione idraulicamente insostenibile in cui si trova il rio Calamasciu nella zona industriale di Predda Niedda Sud, per le ridotte dimensioni in cui è costretto l'alveo e per la presenza di attraversamenti di infrastrutture che ne condizionano ulteriormente in modo negativo la capacità idraulica. La presenza dei residui di flottante depositati mostra la quota di rigurgito e funzionamento in pressione cui frequentemente è soggetto il tratto fluviale.

Tale problematico tratto è stato oggetto della progettazione di un primo intervento in corso di attuazione da parte del Comune di Sassari e di cui è stato approvato lo studio di compatibilità idraulica; l'intervento prevede la costruzione di un nuovo alveo che intercetta il rio Calamasciu a monte dell'attraversamento ferroviario n.2 (vedi Figura 4) e trasferisce le portate di piena verso valle rimanendo sempre a Sud della linea ferroviaria, fino all'altezza dell'attuale attraversamento n.3 che rimarrà a servizio della rete di drenaggio delle acque meteoriche della zona industriale. L'intervento prosegue a valle con la ricalibratura e adeguamento della sezione rispetto alle portate di piena di riferimento.



Nella seguente Figura 11 sono riportate due immagini del tratto a cielo aperto nella parte di valle di Predda Niedda Sud, dopo la tombatura nel collettore DN1200 sopra richiamato e prima dell'attraversamento ferroviario (visibile nella foto). Dalle immagini si evidenziano le ridotte dimensioni dell'attraversamento ferroviario, ulteriormente limitate dalla presenza della tubazione fognaria (probabilmente la stessa che attraversa il Calamasciu nel punto del manufatto (B) di cui alla Figura 10), e la presenza di materiale depositato in corrispondenza degli ostacoli.

Figura 11 – Dettaglio del tratto aperto del rio Calamasciu, a valle del punto indicato con (C) nella Figura 10 e dell'attraversamento della linea ferroviaria (punto Attr_3 della Figura 4)



3.2.2. La zona a valle di Predda Niedda, fino a Caniga (oggetto specifico della presente progettazione)

A valle dell'agglomerato industriale di Predda Niedda e dell'attraversamento ferroviario suddetto, l'alveo del rio Calamasciu prosegue con sezione a U incrociando più volte nel suo percorso la linea ferroviaria Sassari-Chilivani e varie sedi viarie, fino all'abitato di Caniga. Tali attraversamenti risultano tutti insufficienti rispetto alle piene calcolate con la portate di riferimento. Tutto il tratto successivo alle previsioni del primo intervento in corso di attuazione, è soggetto ai nuovi interventi previsti nella presente progettazione, con azioni e necessità differenti per ogni tratta considerata e nel rispetto e mantenimento delle opere idrauliche recentemente realizzate e che mostrano una significativa efficacia anche per tempi di ritorno inferiori a quelli di riferimento. Tale criterio è finalizzato all'ottimizzazione delle risorse disponibili e al rispetto e valorizzazione delle aree di pertinenza fluviale, dove le eventuali esondazioni non determinano danni a beni da tutelare a carico della collettività. Si fa riferimento, in questo caso, ad alcuni tratti del tracciato dove sono state eseguite sistemazioni fluviali con risagomatura dell'alveo e protezione spondale con gabbionate in pietrame, in particolare ciò è stato fatto nei tratti a cielo aperto:

- un tratto compreso tra la via Funtana Li Colbu e l'attraversamento ferroviario (Figura 12);
- un tratto compreso tra il successivo attraversamento ferroviario e l'attraversamento del cavalcavia (Figura 13);



- un tratto compreso tra il cavalcavia e l'ultimo attraversamento ferroviario di Caniga (Figura 16)

Figura 12 – Tratto aperto del rio Calamasciu a valle di Predda Niedda, tratto a monte dell'attraversamento della strada vicinale Funtana di Colbu

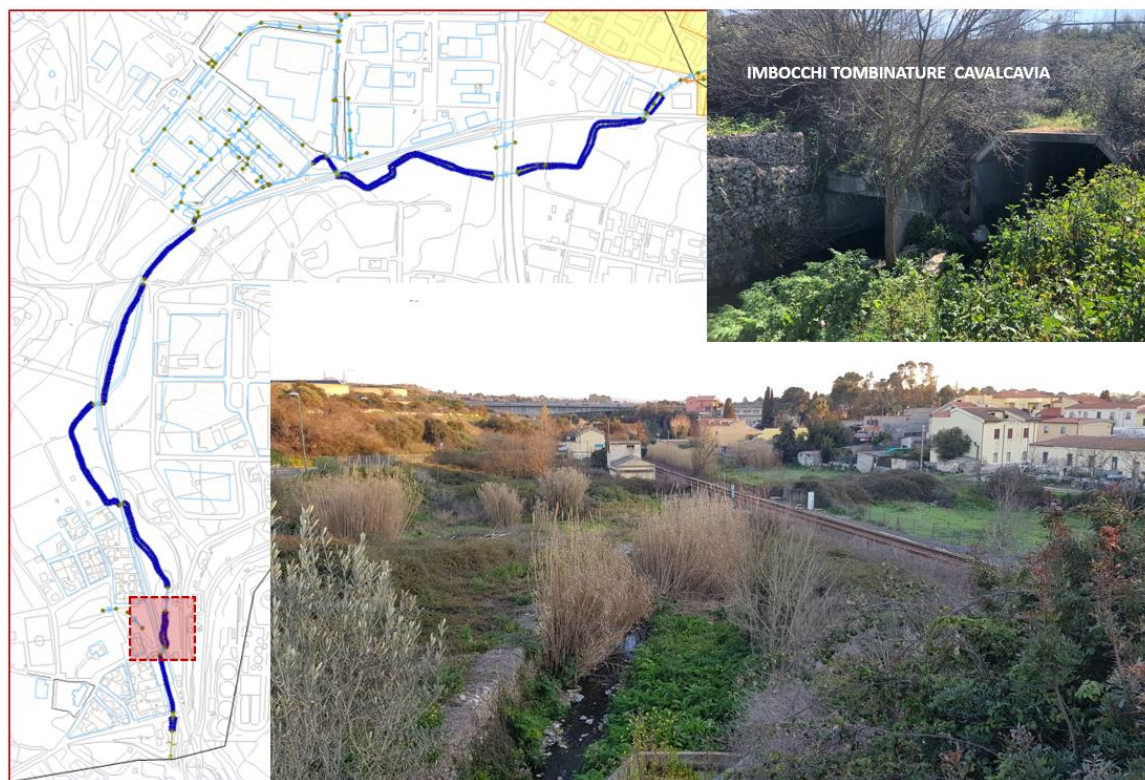




Figura 13 – Tratto aperto del rio Calamasciu, tratto a monte dell'attraversamento del cavalcavia di Caniga



Figura 14 – Tratto aperto del rio Calamasciu, tratto a valle dell'attraversamento del cavalcavia di Caniga



In corrispondenza della borgata di Caniga, il rio Calamasciu sottopassa il rilevato del cavalcavia stradale con due



scatolari, che si rivelano sufficienti al passaggio delle portate di piena di riferimento.

Sullo stesso rilevato, in destra idraulica oltre la ferrovia, esiste un tubolare di cemento del DN 600 che raccoglie le acque della zona sportiva della frazione di Caniga, convergendo quindi su un piccolo scatolare sulla via Peppino Mereu. Sia lo scatolare che il tubolare sono insufficienti a contenere le portate per cui la zona adiacente alla via Dino Col è soggetta ad esondazione.

Nel tratto a valle degli scatolari di attraversamento del cavalcavia, il rio Calamasciu risulta inalveato in una sezione rettangolare a cielo aperto, parallela alla linea ferroviaria, in alcuni tratti parzialmente demolita e, comunque, con sezioni idrauliche del tutto inadeguate alle portate di riferimento del corso d'acqua. Si evidenzia anche che (come ben visibile nella Figura 17 e nella Figura 18) lungo la sponda destra del Calamasciu, in corrispondenza degli edifici, è presente una vecchia linea fognaria di mandata della stazione di sollevamento, in cemento amianto. Tale zona si trova in area a elevato rischio idraulico. Inoltre nella parte più a valle è presente un ponte ad arco sulla strada in corrispondenza del passaggio a livello. Tale infrastruttura risulta ampiamente insufficiente per il transito della piena.

Figura 15 – Tratto di valle del Calamasciu, parallelo alla linea ferroviaria



Si prevede, quindi, nel rispetto dei vincoli costituiti dalla linea ferroviaria e dall'edificato, il rifacimento completo con sezione e pendenza adeguata. **L'intervento comprende anche la rimozione definitiva del ponte esistente**



e la sistemazione e riqualificazione del tratto naturale a valle.

Figura 16 - Alveo in corrispondenza dell'abitato di Caniga e fognatura



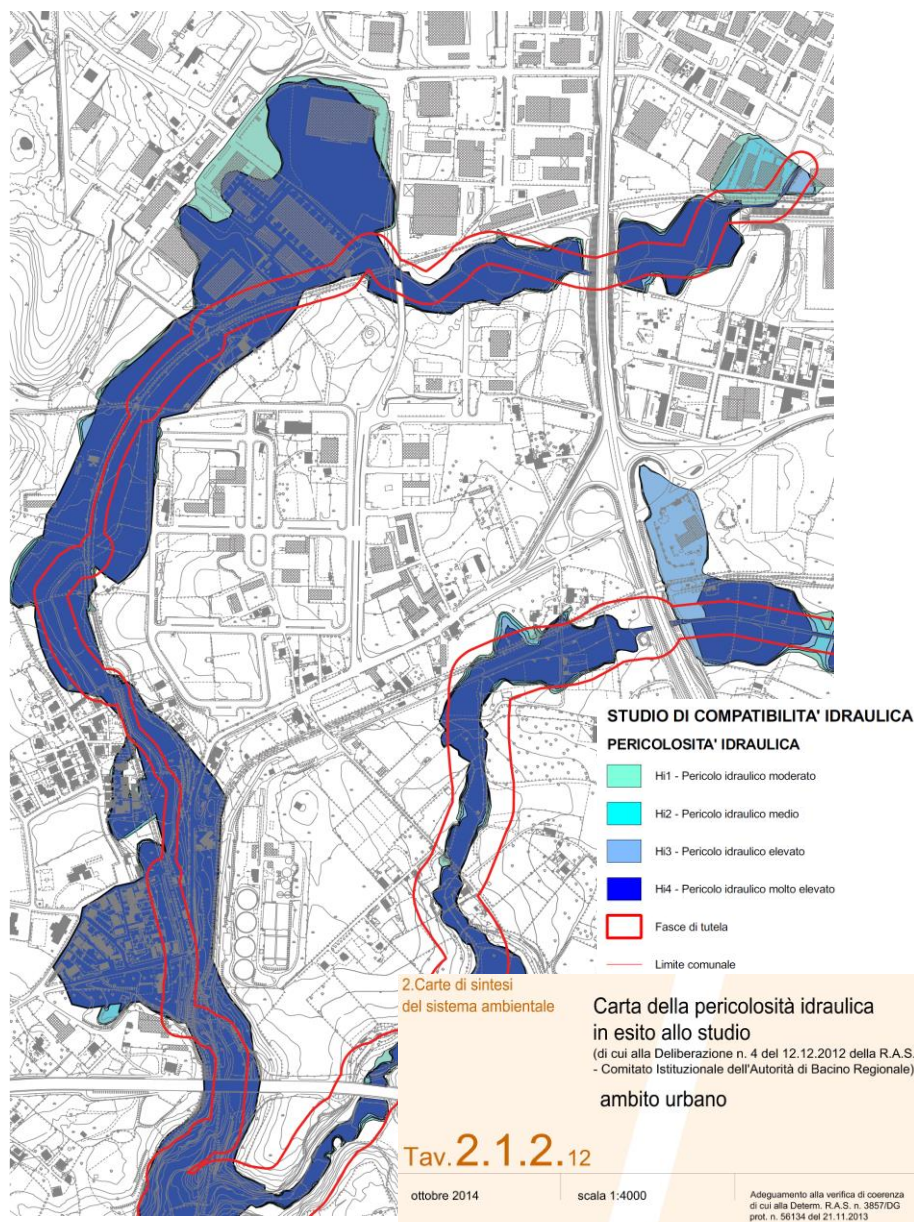
Dopo aver sottopassato la sede stradale della SS 127 bis, l'alveo prosegue parallelo alla strada vicinale Funtana Veglina approfondendosi rispetto ai terreni circostanti. Seguono poi due ponti ferroviari ma molto alti rispetto al piano del ferro. Il tratto di rio Calamasciu di interesse termina in corrispondenza del primo dei due ponti suddetti che non condiziona il deflusso a monte.

3.3. PUC PIANO URBANISTICO COMUNALE

Nel presente paragrafo vengono richiamati i vincoli territoriali evidenziati nelle tavole del PUC e derivanti dalle norme PAI richiamate nel capitolo 0 cui si rimanda. I vincoli lungo il rio Calamasciu esplicitati nel PUC sono espressi nella Tavola 2.1.2.12 relativa alle attuali condizioni di pericolosità idraulica; tuttavia tali perimetri sono da considerare superati dalla nuova Variante del PAI approvata dall'Autorità di Bacino regionale nel 2022.



Figura 17 – Stralcio della tavola 2.1.2.12 carta pericolosità idraulica del PUC (situazione di fatto superata dalla Variante del PAI approvata nel 2022)





4. CONFIGURAZIONE DI PROGETTO DI SISTEMAZIONE DEL RIO CALAMASCIU

4.1. CRITERI PROGETTUALI E ALTERNATIVE CONSIDERATE

Occorre innanzitutto premettere che gli interventi previsti nella presente progettazione prendono le mosse dalle valutazioni a carattere generale condotte per la verifica dei possibili interventi di riduzione del rischio idraulico di tutto il bacino del Calamasciu, da Predda Niedda fino alla zona naturale a valle di Caniga. Rispetto agli interventi complessivi, il primo intervento in fase di progettazione definitiva è finanziato per € 1.900.000,00 e riguarda la risoluzione della problematica del rischio idraulico di Predda Niedda Sud sino all'attraversamento della S.V. Funtana di Lu Colbu; il presente intervento è immaginato in continuità e del tutto integrato con il primo; si sviluppa a partire dall'estremo di valle dell'intervento concluso dal Comune di Sassari negli anni 2008-2010, ovvero a circa .. m dalla S.V. Funtana di Lu Colbu e si sviluppa sino all'alveo naturale situato a valle dell'attraversamento stradale della S.S. 127 bis.

Le attuali condizioni morfologiche della parte urbanizzata del bacino del rio Calamasciu, sviluppatosi anche sulla piana alluvionale del rio, le esigenze di mantenere i collegamenti stradali e ferroviari, le aree commerciali e i sottoservizi presenti, sono tali da non permettere di realizzare interventi in corrispondenza del tracciato attuale del rio Calamasciu mediante un corso d'acqua di dimensioni sufficienti a gestire tutto l'apporto meteorico del bacino di monte urbanizzato e quello naturale della parte mediana e terminale del tratto di interesse. Non risulta possibile, inoltre, la deviazione delle acque che arrivano dalla parte urbanizzata di monte del bacino del Calamasciu in altro bacino, al fine di ottenere almeno una parziale riduzione degli apporti meteorici a valori corrispondenti con la ridotta capacità idraulica dei tratti di valle e, soprattutto, degli attraversamenti ferroviari.

4.2. CRITICITÀ E OBIETTIVI

La finalità globale dell'intervento è quella di mitigare il rischio idraulico a carico dell'area commerciale di Predda Niedda, lungo la linea ferroviaria Cagliari – Sassari e nella frazione di Caniga, dovuto alle piene del Rio Calamasciu, nel tratto compreso tra il sovrappasso stradale, che collega la Z.I. di Predda Niedda alla strada statale S.S. 127 bis, e la frazione di Caniga, mediante il potenziamento della capacità idraulica del corso d'acqua, l'eliminazione o adeguamento degli attraversamenti stradali e ferroviari interferenti e la conseguente mitigazione della pericolosità attraverso la riduzione dell'entità di allagamento sia in termini di livelli che di volumi esondati, oltre che con la riduzione dei tempi di permanenza degli allagamenti, data da una migliore capacità di deflusso complessivo.

La presente fase progettuale si pone in continuità con quanto ipotizzato in sede di analisi generale della problematica generata dal Rio Calamasciu tra la Z.I. di Predda Niedda e la frazione di Caniga e analizzata nell'ambito del primo intervento in corso di attuazione presso il Comune di Sassari. Tale quadro generale è stato condiviso con gli Enti preposti a rilasciare i pareri di competenza quali Genio Civile, Agenzia del Distretto Idrografico e con Reti Ferroviarie Italiane SpA, per quanto attiene al tracciato della linea Cagliari Sassari, in più punti interferente con il corso d'acqua.

La criticità è rappresentata dai seguenti fattori:

- **eccessiva tortuosità del tracciato del corso d'acqua** in relazione alla presenza della linea ferroviaria e dell'edificato di Caniga, con numerosi punti critici sede di incremento dei tiranti idrici: attraversamenti



di dimensioni modeste, presenza di curve brusche, restringimenti, fitta vegetazione, tratti adiacenti a edifici;

- insufficienza delle **luci di passaggio degli attraversamenti ferroviari** esistenti sul Calamasciu, anche per eventi di piena con tempi di ritorno ordinari, e dai conseguenti allagamenti che interessano la zona;
- insufficienza della **sezione idraulica** disponibile lungo l'asta fluviale, solo in parte stabile e sistemata con protezioni spondali (gabbioni);
- insufficienza delle dimensioni della **luce di passaggio nell'attraversamento della S.S. 127 bis**;
- mancanza di un'adeguata rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche nella porzione di edificato di Caniga che per tale motivo scarica disordinatamente e con pericolosi passaggi tra le case in un piccolo alveo affluente in destra del Calamasciu.

Sono previsti anche interventi di potenziamento della rete di drenaggio delle acque meteoriche di Caniga, recapitanti nel Calamasciu e azioni complementari sulla viabilità di Circonvallazione di Caniga complementari all'eliminazione dell'attraversamento sul rio da parte della S.S. 127 bis a ridosso della Linea ferroviaria Sassari-Cagliari.

4.3. CONFIGURAZIONE DI PROGETTO

La presente fase progettuale si riferisce al **secondo stralcio esecutivo**, con il quale si prevede di realizzare la modifica di una parte del secondo tratto del Rio Calamasciu per uno sviluppo di 720 m circa sino al tratto a valle dell'attraversamento della S.S. 127 bis; il segmento oggetto di intervento ha inizio dall'attraversamento 4 della linea ferroviaria (con riferimento alla Figura 4), che sarà definitivamente chiuso, e procedendo in direzione sud, verso il quinto attraversamento, in corrispondenza del quale sarà realizzato un manufatto di immissione dell'attuale tratto naturale che riattraversa la linea ferroviaria in corrispondenza dell'attraversamento n 5 (con riferimento alla Figura 4). Tale tratto naturale del Calamasciu posto a Ovest della linea ferroviaria sarà oggetto di interventi di manutenzione fluviale per il drenaggio del bacino naturale afferente alla valle su quel lato. A valle della confluenza è prevista una ricalibratura per raccordarsi all'attuale tratto già oggetto di sistemazione negli anni 2006÷2008 compreso tra l'attraversamento 5 e i due manufatti di attraversamento del cavalcavia.

L'intervento prevede, inoltre, la sistemazione con pulizia del tratto a valle del cavalcavia, fino all'attuale attraversamento 6 (sempre con riferimento alla Figura 4) di cui sarà necessario il rifacimento ad opera del proprietario dell'infrastruttura (RFI/FS), le cui caratteristiche tecniche e finanziarie comunque sono incluse nel presente progetto.

In corrispondenza dell'abitato di Caniga, a valle del cavalcavia, è previsto il completo rifacimento dell'attuale tratto rettilineo del Calamasciu, con un sezione regolare rettangolare, di maggiore profondità rispetto all'attuale, a partire – a monte – da una sezione e da una quota di fondo già idonea alla futura realizzazione del nuovo attraversamento ferroviario, ultimo ostacolo – di fatto – alla messa in sicurezza del Calamasciu con riferimento alle portate duecentennali.

Inoltre, si ipotizza di realizzare la rete di raccolta delle acque meteoriche nella porzione sud-ovest dell'edificato, razionalizzando e regolando il trasferimento verso il reticolo idrografico secondario afferente al Rio Calamasciu. L'attuazione del quadro di interventi descritto, impone una rivisitazione della viabilità di accesso a Caniga,



incentrata sull'esigenza primaria di rimuovere l'attraversamento insufficiente della S.S. 127 bis e al contempo eliminare il passaggio a livello ferroviario. Di conseguenza, ritenuto indispensabile mantenere e, se possibile, migliorare il percorso di "circonvallazione" della frazione, si prevede di realizzare una nuova strada di connessione tra il tratto a sud-ovest della S.S. 127bis e il tratto a nord-ovest esistente a monte dell'abitato, con sbocco in corrispondenza del cavalcavia ferroviario. La soluzione permetterà di mantenere un percorso "esterno" all'edificato, regolato da 3 intersezioni a rotatoria e con tracciato moderno e rispettoso delle preesistenze, eliminando lo scomodo passaggio a livello ferroviario e la criticità idraulica rappresentata dal vecchio e modesto manufatto di attraversamento esistente.

La riduzione di pericolosità e rischio lungo tutto il rio Calamasciu e nell'area urbana di Caniga, è raggiunta con la riduzione dell'entità di allagamento – a parità di tempo di ritorno di confronto con la situazione attuale ante operam – sia in termini di livelli che di volumi esondati, oltre che con la riduzione dei tempi di permanenza degli allagamenti, mediante una migliore capacità di deflusso complessivo. La riduzione della frequenza, dell'entità e della durata delle esondazioni implica anche un miglioramento qualitativo delle acque, con riduzione del rischio di contaminazione delle stesse a causa del loro defluire incontrollato in ambiti urbani e industriali nei casi di allagamento.

4.3.1. Interventi lungo il Rio Calamasciu

Il primo tratto è compreso tra la sezione 10 e la sezione 25 e ha sviluppo pari a circa 240 m; si tratta di realizzare un canale a sezione rettangolare in continuità con il corso naturale del Calamasciu proveniente da Nord e con giacitura tale da mantenere la linea ferroviaria oltre la sponda destra; in tal modo sarà possibile eliminare il passaggio del fiume sotto la linea ferroviaria evitando le conseguenze derivanti dall'insufficienza della luce di passaggio. Le dimensioni della sezione sono pari a 4.00x3.00 m e il tracciato procede quindi parallelamente alla linea ferroviaria da cui comunque è separato da un muro di sostegno esistente e da una fascia di rispetto di alcuni metri. Consenirà il transito della portata di piena con Tr 200 anni e nel rispetto dei franchi idraulici calcolati ai sensi dell'art. 21 delle N.A. del PAI

Il tratto compreso tra le sezioni 25 e 43 di sviluppo pari a circa 190 m, non prevede interventi sostanziali sulla sezione idraulica ma soltanto azioni di pulizia e rimozione della vegetazione dall'alveo, riprofilatura delle sponde in terra e creazione dell'alveo di magra; nel segmento suddetto il Rio Calamasciu presenta i caratteri di naturalità e la sezione dell'alveo è ben delimitata da gabbionate di pietrame e in parte scogliera di massi ciclopici realizzate in altri interventi del Comune di Sassari; la sezione mediamente di forma trapezoidale, ha larghezza alla base variabile tra 4.00 e 5.00 m e altezza di 3.00 m, mentre in sommità si raggiungono anche 7.00 m. In caso di piena con i tempi di ritorno del PAI le aree di allagamento si espandono anche oltre l'alveo inciso nei settori limitrofi interessando marginalmente il rilevato ferroviario e le scarpate stradali, in particolare in prossimità dell'attraversamento del Calamasciu sotto la linea ferroviaria, dove attualmente è presente un manufatto di dimensioni esigue e non idoneo per portate di piena con i tempi di ritorno del PAI.

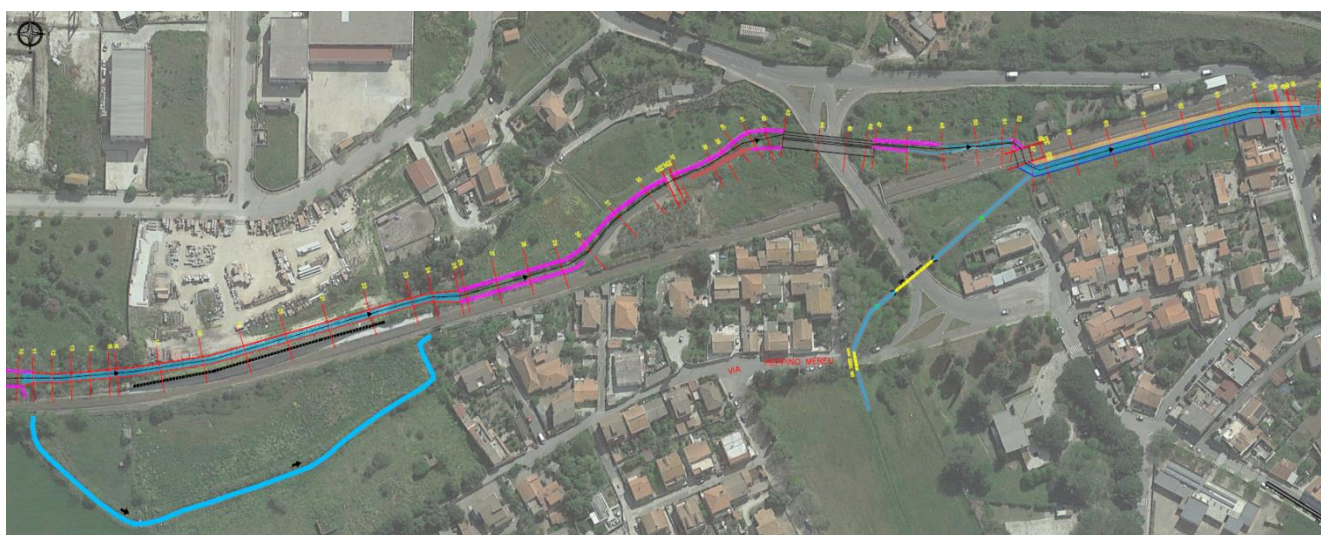
L'attraversamento ferroviario presente tra le sezioni 53 e 56 ha dimensioni esigue e non è minimamente adatto al transito delle portate di piena con Tr di 50 anni, che ovviamente superano la ferrovia e invadono i binari; la sezione necessaria calcolata per consentire il passaggio della portata con Tr 200 anni e il rispetto del Franco



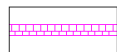
idraulico previsto da NTC 2018 e N.A. del PAI deve avere dimensioni nette di 8.00x3.20 m. Il progetto include tale manufatto che verosimilmente sarà realizzato direttamente da RFI, anche a seguito dell'approvazione di un unico Studio di Compatibilità Idraulica riferito alla mitigazione del rischio idraulico nell'intero del Calamasciu tratto in esame.

L'ultimo tratto compreso tra le sezioni 56 e 69 ha sviluppo di 144 m e sarà costituito da una nuova sezione a cielo aperto di forma rettangolare realizzata in calcestruzzo e di dimensioni nette 5.00x3.00 m; il tratto dovrà essere necessariamente costituito da una sezione artificiale in grado di integrarsi nel contesto ampiamente edificato ed infrastrutturato, tra gli edifici della periferia sud-est di Caniga e la linea ferroviaria. Consentirà il transito della portata di piena con Tr 200 anni e nel rispetto dei franchi idraulici calcolati ai sensi dell'art. 21 delle N.A. del PAI. Si provvederà a rimuovere definitivamente l'attraversamento stradale della S.S. 127 bis, eliminando nel contempo il Passaggio a Livello della linea ferroviaria di RFI e la criticità idraulica determinata dal manufatto di attraversamento inadeguato. La circolazione veicolare potrà proseguire percorrendo una nuova strada di circonvallazione che unirà il cavalcaferrovia con la S.S. 127 bis, seguendo un percorso marginale all'edificato nel settore nord-ovest, come meglio descritto di seguito.

Figura 18 – Planimetria di dettaglio interventi del presente stralcio



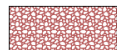
OPERE ESISTENTI



GABBIONATE IN PIETrame

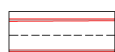


MURO DI SOSTEGNO IN C.A.

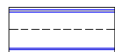


PROTEZIONE DELLE SPONDE CON SCOLIERA IN PIETrame

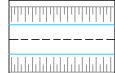
OPERE IN PROGETTO



CANALE A CIELO APERTO A SEZIONE RETTANGOLARE IN C.A.
dim. nette 4,00x3,00 m



CANALE A CIELO APERTO A SEZIONE RETTANGOLARE IN C.A.
dim. nette 5,00x3,00 m



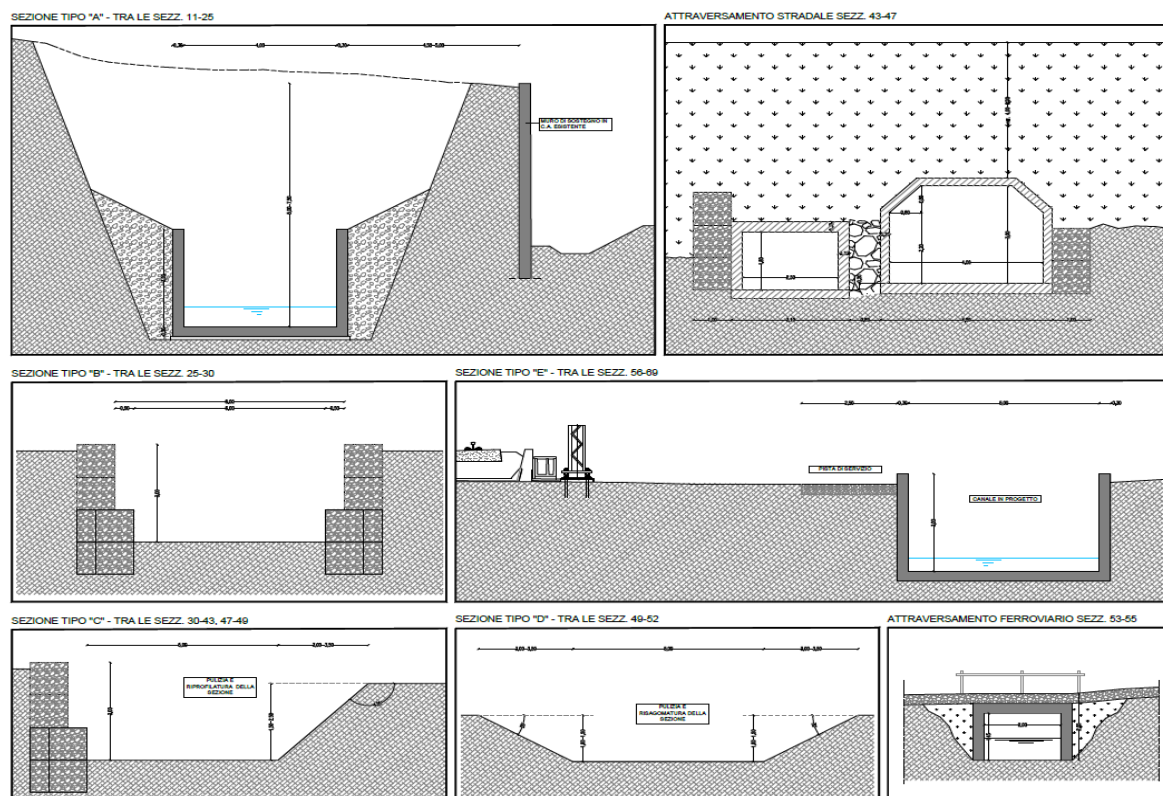
PULIZIA E RISAGOMATURA DEL FONDO E DELLE SPONDE

n. —

SEZIONI RIFERIMENTO PROFILO



Figura 19 – Sezioni trasversali tipo



4.3.2. Interventi sulla rete di raccolta e smaltimento acque meteoriche

L'intervento principale previsto lungo l'alveo del Rio Calamasciu, sarà completato ed integrato da importanti azioni finalizzate alla raccolta e smaltimento controllati delle acque meteoriche nel bacino urbano tributario in sinistra del Rio attraverso una linea di deflusso a cielo aperto presente a valle della S.S. 127 bis ed in parte tombata.

Si prevede di realizzare un canale a cielo aperto in calcestruzzo a sezione rettangolare di dimensioni 1.00x1.25 m lungo il perimetro dell'area delle Scuole elementari, che trasferisce le portate raccolte della viabilità limitrofa al campo sportivo e la canalizza verso la S.S. 127 bis; la linea di deflusso riceve anche il contributo della Via Piras e la sezione diventerà di dimensioni 1.50x1.50 m; quindi a valle dell'attraversamento della S.S. 127 bis dove confluisce il contributo della via Padre Luca canalizzato in una tubazione di diametro 500 mm, il canale principale si incrementa di sezione divenendo pari a 1.50x2.00 m sino a raggiungere l'alveo del rio Calamasciu completamente a cielo aperto e quindi beneficiando degli interventi di stombamento dei tratti chiusi.



Figura 20 – Planimetria interventi per la raccolta delle acque meteoriche presso Caniga



OPERE ESISTENTI



CANALE NATURALE



CANALE ARTIFICIALE A CIELO APERTO



CANALE ARTIFICIALE A CIELO CHIUSO

OPERE IN PROGETTO



REALIZZAZIONE ATTRAVERSAMENTO STRADALE CON TUBAZIONE IN CEMENTO DN 1000 mm DA REALIZZARSI CON TECNICA SPINGITUBO



TUBAZIONE IN PVC DE 500 mm SN4 SDR41 CONFORME UNI EN 1401, CON SISTEMA DI GIUNZIONE A BICCHIERE E GUARNIZIONE ELASTICA



POZZETTO DI ISPEZIONE dim. nette 140x140x150h cm



CADITOIA 50x50x100 h cm

4.3.3. Interventi di adeguamento della viabilità urbana a Caniga

L'eliminazione dell'interferenza tra la S.S. 127 bis e il Rio Calamasciu in prossimità del passaggio a livello ferroviario, comporta la necessità di realizzare una nuova viabilità che unisca la stessa S.S. 127 bis a valle dell'edificato di Caniga con il cavalcaferrovia a monte dello stesso edificato.

L'intervento prevede la realizzazione del prolungamento della strada di circonvallazione che attualmente converge nella via Padre Luca presso la Biblioteca comunale, per uno sviluppo di circa 390 m e il cui tracciato

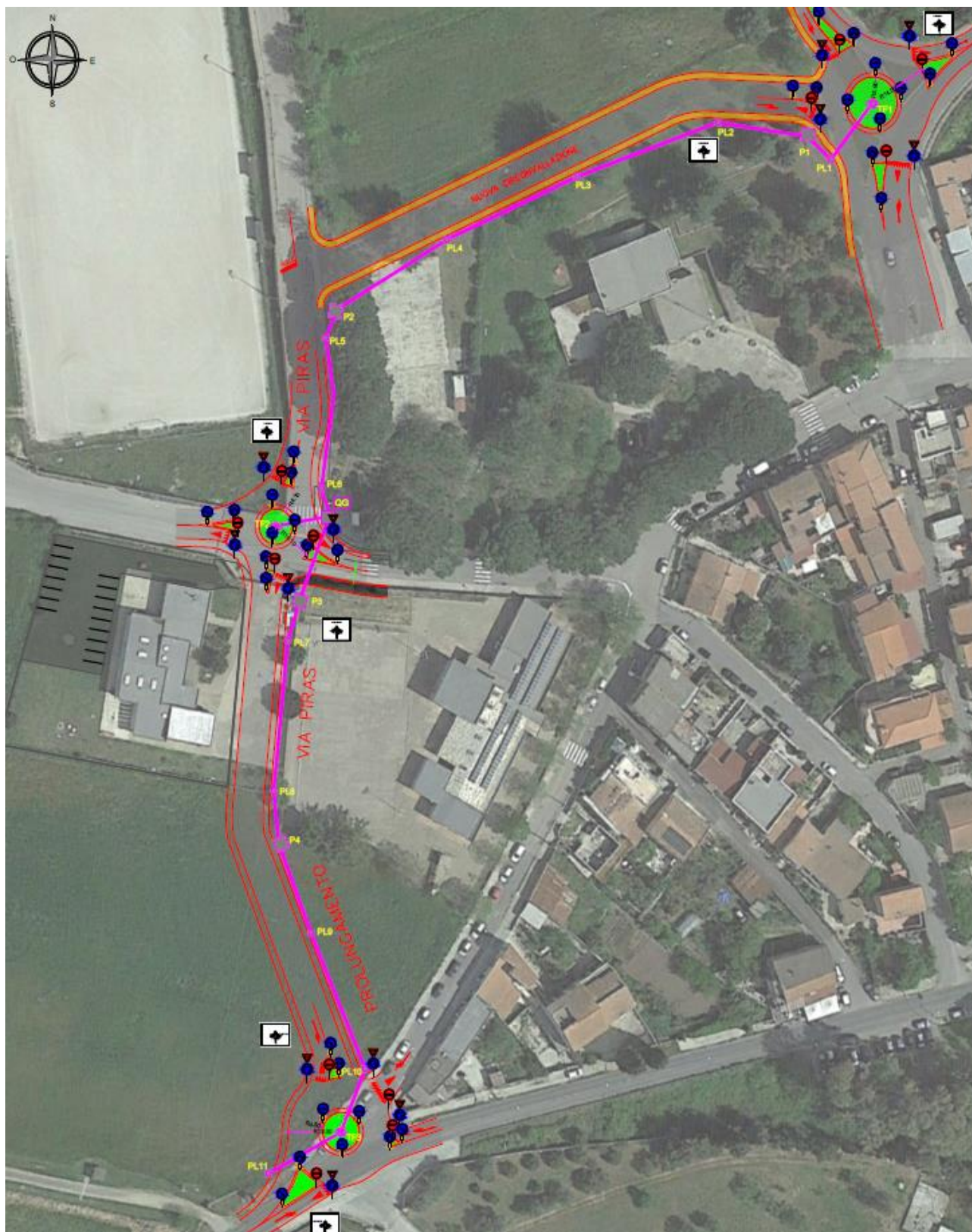


esistente bypassa solo in parte l'abitato della frazione di Caniga, ricollegandosi alla strada statale S.S. 127 bis percorrendo proprio la via Padre Luca. Il tracciato include la realizzazione di n. 3 rotatorie in corrispondenza di altrettante intersezioni a raso; **la prima rotatoria**, regolerà l'intersezione viaria tra la strada esistente e la via P. Mereu, nei pressi della Biblioteca Comunale di Caniga, il cui giardino dovrà in parte essere espropriato. Sia la stessa rotatoria che il tracciato della nuova viabilità ingombreranno l'angolo Nord - Est del suddetto terreno di pertinenza, per proseguire parallelamente al confine del lotto privato adiacente, fino ad incrociare la via L. Piras, lungo la quale il tracciato procede intersecando la strada vicinale Sant'Anatolia; quest'ultima intersezione sarà sede della **seconda rotatoria** in progetto, per la cui realizzazione sarà necessario espropriare l'angolo Sud - Est del terreno di pertinenza del Campo Comunale di Caniga. Tale scelta risulta obbligata, vista la presenza della cabina di trasformazione dell'Enel, posta ad Est e delle scuole, materna e primaria, a Sud.

A valle della seconda rotatoria, il tratto finale della nuova strada di circonvallazione si svilupperà dapprima lungo il cortile di pertinenza della scuola materna e successivamente all'interno di terreno privato oggetto di espropriazione, fino a ricongiungersi, mediante la realizzazione della **terza rotatoria**, alla strada statale S.S. 127 bis, denominata anche via Caniga. Si specifica a tale proposito che la soluzione progettuale prevede il recupero della funzionalità del piazzale antistante la scuola materna mediante la sistemazione del cortile posteriore ed il conseguente spostamento degli ingressi pedonale e veicolare che rimarranno lungo la strada vicinale Sant'Anatolia, ma saranno localizzati in posizione tale da consentire l'accesso in totale sicurezza.



Figura 21 – Planimetria interventi sistemazione e adeguamento viabilità di Circonvallazione di Caniga



4.3.4. Interventi di stombamento e adeguamento del canale artificiale della Strada 12 della Z.I. Predda



Niedda sud

La realizzazione del primo intervento per iniziativa del Comune di Sassari, lungo il tratto del Calamasciu limitrofo alla Z.I. Predda Niedda sud, permetterà di evitare l'ingresso delle portate nel settore edificato della ZIR, dove è ancora presente e purtroppo operativo un tratto tombato del corso d'acqua, con sezione irrisoria prevalentemente costituita da un tubolare di diametro 1200 mm e in minima parte da un canale scatolare in c.a. di dimensioni 2.10x2.50 m. con l'attuazione del primo intervento descritto, il suddetto canale potrà limitarsi a raccogliere e recapitare le portate di acque meteoriche del bacino impermeabile di Predda Niedda e a consegnarle al Calamasciu in corrispondenza dell'intersezione con la ferrovia all'estremo di valle. Tuttavia, per assurgere compiutamente e in sicurezza a tale funzione, sarà necessario effettuare lo stombamento della sezione chiusa e la sostituzione della tubazione esistente con una sezione in c.a. di dimensioni 3.00x2.50 m.

Le lavorazioni sono descritte in sintesi di seguito:

- Esecuzione di operazioni di pulizia dal materiale vegetale presente in alveo e successiva triturazione dello stesso e smaltimento in loco.
- Scavi a larga sezione e a sezione obbligata, per la risagomatura dell'alveo e per la realizzazione della fondazione dei muri e delle opere di protezione sponale.
- Rinterro dei cavi aperti per la realizzazione di opere in c.a. e muri.
- Ricostruzione del profilo sponale con l'apporto di materiale idoneo per le arginature e per i rilevati.
- Opere in c.a. per la realizzazione delle pareti e del fondo dei nuovi tratti di canale.
- Realizzazione della protezione sponale con funzione antiersiva mediante scogliera rinverdata di massi ciclopici.
- Rinverdimento della scogliera con talee di specie autoctone disposte nella parte alta della sponda al di fuori dell'area bagnata dalle portate di magra e morbida.
- Demolizione di pavimentazioni stradali in conglomerato bituminoso e/o calcestruzzo.
- Demolizione di marciapiedi.
- Demolizione e rimozione di tratti interrati di canale tombato costituito da sezioni rettangolari in calcestruzzo armato o da tubazioni in cemento.
- Realizzazione di copertura carrabile con strutture in acciaio costituite da travi del tipo IPE o HE e grigliato elettrosaldato pressofuso.
- Realizzazione di scavi di sbancamento per l'apertura di piste e strade;
- Realizzazione di rilevato stradale con tout-venant di cava.
- Realizzazione di struttura stradale di sottofondo con tout-venant bitumato.
- Realizzazione di pavimentazione stradale con conglomerato bituminoso tipo binder e tappeto per usura.
- Realizzazione di fresatura di pavimentazione stradale in conglomerato bituminoso.
- Realizzazione di pavimentazione in marciapiedi con autobloccanti o pietrini di cemento.
- Realizzazione di segnaletica stradale orizzontale e verticale.
- Sistema di raccolta delle acque meteoriche costituito da caditoie stradali con griglie in ghisa sferoidale e tubazioni di PVC di vari diametri e tubazioni in cemento rotocompresso di diametro 1000 mm.
- Realizzazione di impianto di illuminazione pubblica costituito da linee con cavi FG16R16 entro cavidotti



corrugati flessibili, torri faro per rotatorie e pali singoli per viabilità con apparecchi illuminanti a LED.

- Realizzazione di recinzioni mediante parte in muratura con fondazioni in c.a. e parte con grigliato di acciaio elettrofuso.
- Trasporto e conferimento a discarica autorizzata dei materiali ritenuti non utilizzabili nel presente cantiere.



5. ANALISI IDROLOGICA

5.1. GENERALITÀ

Nel presente capitolo è descritta l'analisi idrologica che è stata condotta sul bacino in esame per definire la sollecitazione idrologica da applicare al modello idraulico implementato per la simulazione delle dinamiche di deflusso nel bacino stesso.

Per la definizione dei parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica, in conformità con le linee guida del PAI, si è fatto riferimento allo studio di Deidda e Piga sulle curve di possibilità climatica, ottenute dall'analisi dei massimi annui delle piogge brevi e intense interpretati con la distribuzione TCEV (Two Component Extreme Value). Si rimanda alle linee Guida del PAI per l'illustrazione delle formulazioni relative a tale metodologia.

Le portate calcolate sono state utilizzate nel modello di analisi idrodinamica del deflusso 1D-2D, così come descritto di seguito.

5.2. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

L'intensità di precipitazione $i(t, T)$, che determina la massima portata di piena (intensità critica) è stata valutata in funzione della curva di possibilità pluviometrica che esprime la legge di variazione dei massimi annuali di pioggia in funzione della durata della precipitazione t , per un assegnato tempo di ritorno T .

Tale curva ha come espressione matematica:

$$h = i \cdot t = a \cdot t^n$$

Per la derivazione delle curve di possibilità pluviometrica è stato adottato il modello probabilistico TCEV, che ben interpreta le caratteristiche di frequenza delle serie storiche per la Sardegna.

La procedura richiede di individuare:

- le sottozone omogenee, per tutti i bacini in esame risultano essere la SZO 2;
- la pioggia indice giornaliera per l'area in esame risulta essere $\mu_g \geq 55$ mm;

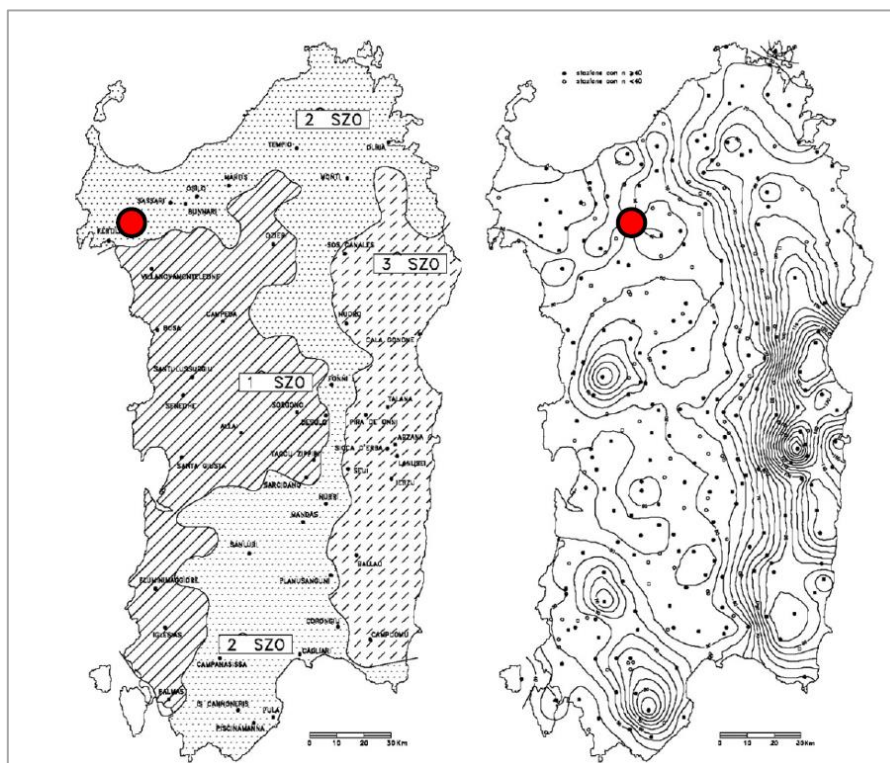
L'altezza di pioggia h di durata t con assegnato tempo di ritorno T in anni si ottiene dalla formula:

$$h(t) = (a_1 \cdot a_2) \cdot t^{n_1+n_2}$$

dove i coefficienti a_1 , a_2 , n_1 e n_2 si determinano con le relazioni differenti, indicate nella metodologia ufficiale del P.A.I. della Regione Sardegna, con differenti parametri dipendenti dalla sottozona in cui ricade il particolare bacino analizzato (SZO 2).



Figura 22 – Carta delle sottozone e delle isoiete con indicazione dell'area di interesse



I bacini idrografici considerati sono stati definiti sulla base del DTM dettagliato e individuando le sezioni di chiusura in posizioni opportune rispetto alle criticità e ai fenomeni riscontrati. La figura seguente ne illustra la traccia su base aerofotogrammetrica, mentre la tabella riferisce sui punti di immissione delle portate.

Figura 23 – Carta dei bacini idrografici utilizzati per il calcolo delle portate di piena

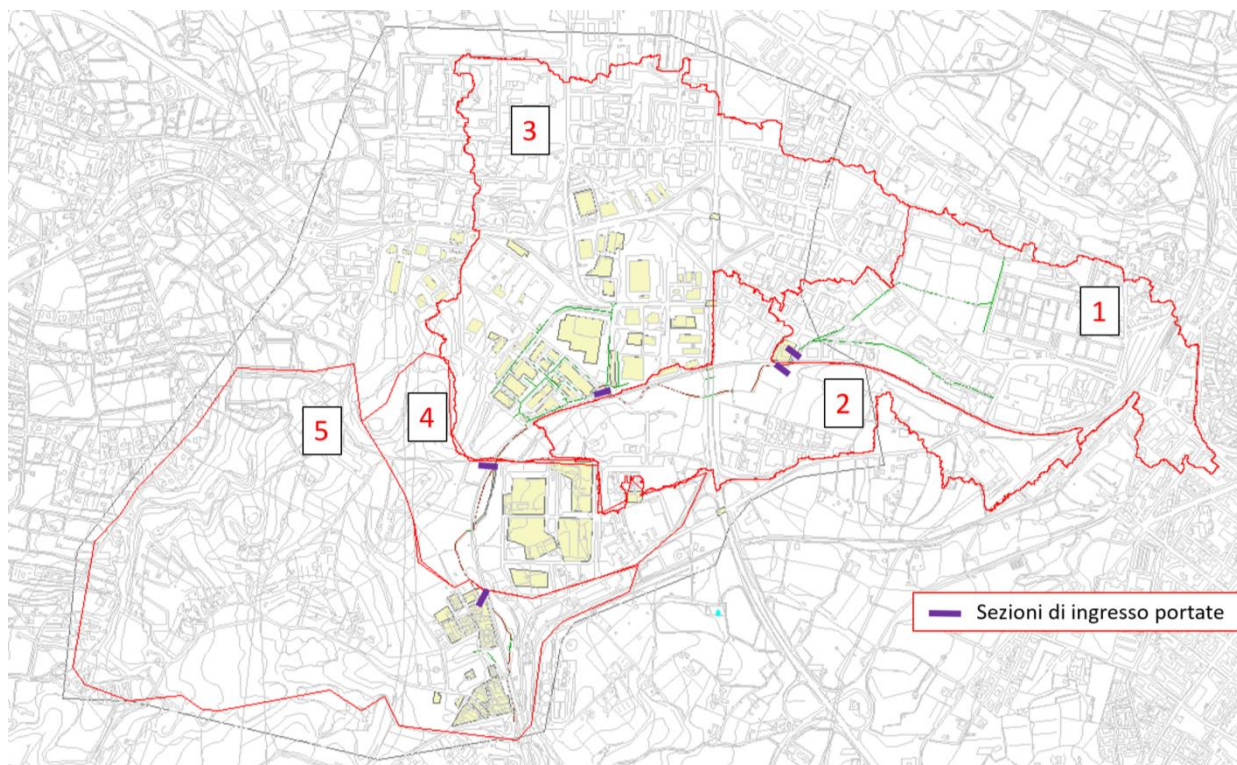




Tabella 1 – Punti di immissione delle portate di picco

SUB-BACINO	DESCRIZIONE MACRO-AREA	PUNTO DI IMMISSIONE PORTATA DI PICCO	NOTE
1	Settore Est - Edificato di Sassari e Predda Niedda	Sezione di chiusura del bacino - A monte dell'attraversamento ferroviario 1	Il contributo del Sub.1 è inserito a monte dell'attrav.to ferroviario 1 in modo da considerare la situazione più gravosa a carico del nodo e del settore di Predda Niedda attiguo.
2	Settore Sud - Area ineditata di Predda Niedda Sud	All'inizio del tratto di asta naturale del Calamasciu	Il contributo del Sub. 2 è inserito all'inizio del tratto di corso d'acqua in modo da considerare la situazione più gravosa, sebbene il picco si avrà all'estremo di valle
3	Settore Nord - Area edificata di Predda Niedda	A valle dell'attraversamento ferroviario 2 e della confluenza dei canali di raccolta delle acque meteoriche di P. Niedda nel tratto tombato del Calamasciu	Il punto di immissione scelto consente di sollecitare il tratto tombato del Calamasciu lungo la Strada 12 con il contributo proveniente dai bacini di monte (1 e 2) e dal Sub. 3 tramite la rete dei canali acque meteoriche di P. Niedda, coerentemente con il fenomeno reale.
4	Settore Sud-Ovest - Area parzialmente edificata di P. Niedda e terreni naturali incolti	All'inizio del tratto di asta naturale del Calamasciu a valle della S.V. Funtana di Lu Colbu.	Il contributo del Sub. 4 è inserito all'inizio del tratto di corso d'acqua a cielo aperto a partire dalla S.V. Funtana di Lu Colbu, in modo da considerare la situazione più gravosa, sebbene il picco si avrà all'estremo di valle
5	Settore Sud-Ovest - Area quasi completamente ineditata ad eccezione della Frazione di Caniga	All'inizio del tratto di asta naturale del Calamasciu in corrispondenza dell'attraversamento ferroviario 4	Il contributo del Sub. 5 è inserito all'inizio del tratto di corso d'acqua a cielo aperto a partire dall'attraversamento ferroviario 4 a monte di Caniga, in modo da considerare la situazione più gravosa, sebbene il picco si avrà all'estremo di valle

Si riportano nelle successive tabelle i calcoli idrologici completi per i **5 Sub-Bacini considerati**.



Tabella 2 – Calcoli idrologici SUB.1

Rio Calamasciu - SUB 1	TR (anni)		50	100	200	500
Lunghezza asta	L	m	2020	2020	2020	2020
Curve Number	CN	-	97,00	97,00	97,00	97,00
Pend.za media bac.	i _{bac}	-	0,1004	0,1004	0,1004	0,1004
Area bacino	A	kmq	0,8075	0,8075	0,8075	0,8075
Altitudine massima	Hmax	m slm	195,198	195,198	195,198	195,198
Altitudine media	Hmed	m slm	163,165	163,165	163,165	163,165
Altitudine minima	Hmin	m slm	140,69	140,69	140,69	140,69
Pend.za media asta	iret	m/m	0,0264	0,0264	0,0264	0,0264
	SCS	(ore)	0,381	0,381	0,381	0,381
	GIANDOTTI	(ore)	1,747	1,747	1,747	1,747
	PASINI	(ore)	0,783	0,783	0,783	0,783
	VAPI	(ore)	2,516	2,516	2,516	2,516
	VENTURA	(ore)	0,703	0,703	0,703	0,703
	PEZZOLI	(ore)	0,684	0,684	0,684	0,684
	KIRPICH	(ore)	0,276	0,552	0,552	0,552
	VIPARELLI	(ore)	0,561	0,561	0,561	0,561
	tc adott.	SCS				
		(ore)	0,381	0,381	0,381	0,381
Tempi di ritorno	T	(anni)	50	100	200	500
Dati pluviometrici	Pgiorn.	(mm)	50	50	50	50
	Sottozona		2	2	2	2
Altezza di pioggia	n1	-	0,31570972	0,31570972	0,31570972	0,3157097
	a1	-	20,6914142	20,6914142	20,6914142	20,691414
	n2 (ADOTTATO)	-	0,12392456	0,157628	0,18490601	0,2111044
	a2 (ADOTTATO)	-	2,27959585	2,60522	2,93084415	3,3612959
	n (ADOTTATO)	-	0,43963428	0,47333772	0,50061573	0,5268141
	a (ADOTTATO)	-	47,1680621	53,9056862	60,6433102	69,549965
	h (ADOTTATO)	(mm)	30,867	34,148	37,419	41,844
	Coeff.Ragg (ADOTTATO)	-	0,948	0,948	0,948	0,948
	h r (ADOTTATO)	(mm)	29,261	32,371	35,471	39,666
	S	(mm)	7,856	7,856	7,856	7,856
	la	(mm)	1,571	1,571	1,571	1,571
	Pnetta (ADOTTATO)	(mm)	21,570	24,540	27,522	31,582
	Coef.defl. (ADOTTATO)	-	0,699	0,719	0,736	0,755
PORTATE DI PIENA	Qpicco (SCS)	(mc/s)	12,693	14,441	16,195	18,584
	Qpicco (GIANDOTTI)	(mc/s)	5,880	6,854	7,829	9,120
	Qpicco (PASINI)	(mc/s)	9,326	10,841	12,361	14,387
	Qpicco (VAPI)	(mc/s)	4,659	5,417	6,174	7,175
	Qpicco (VENTURA)	(mc/s)	9,785	11,339	12,897	14,978
	Qpicco (PEZZOLI)	(mc/s)	9,901	11,465	13,032	15,127
	Qpicco (KIRPICH)	(mc/s)	14,417	12,504	14,144	16,349
	Qpicco (VIPARELLI)	(mc/s)	10,795	12,427	14,061	16,258
	Qpicco (ADOTTATO)	(mc/s)	12,693	14,441	16,195	18,584



Tabella 3 – Calcoli idrologici SUB.2

Rio Calamasciu - SUB 2	TR (anni)		50	100	200	500
Lunghezza asta	L	m	3095	3095	3095	3095
Curve Number	CN	-	97,18	97,18	97,18	97,18
Pend.za media bac.	i _{bac}	-	0,1020	0,1020	0,1020	0,1020
Area bacino	A	kmq	1,442	1,442	1,442	1,442
Altitudine massima	Hmax	m slm	195,198	195,198	195,198	195,198
Altitudine media	Hmed	m slm	157,013	157,013	157,013	157,013
Altitudine minima	Hmin	m slm	126,92	126,92	126,92	126,92
Pend.za media asta	iret	m/m	0,0220	0,0220	0,0220	0,0220
	SCS	(ore)	0,527	0,527	0,527	0,527
	GIANDOTTI	(ore)	2,152	2,152	2,152	2,152
	PASINI	(ore)	1,198	1,198	1,198	1,198
	VAPI	(ore)	2,997	2,997	2,997	2,997
	VENTURA	(ore)	1,028	1,028	1,028	1,028
	PEZZOLI	(ore)	1,147	1,147	1,147	1,147
	KIRPICH	(ore)	0,381	0,763	0,763	0,763
	VIPARELLI	(ore)	0,860	0,860	0,860	0,860
	tc adott.	SCS				
		(ore)	0,527	0,527	0,527	0,527
Tempi di ritorno	T	(anni)	50	100	200	500
Dati pluviometrici	Pgiorn.	(mm)	50	50	50	50
	Sottozona		2	2	2	2
Altezza di pioggia	n1	-	0,31570972	0,31570972	0,31570972	0,3157097
	a1	-	20,6914142	20,6914142	20,6914142	20,691414
	n2 (ADOTTATO)	-	0,12392456	0,157628	0,18490601	0,2111044
	a2 (ADOTTATO)	-	2,27959585	2,60522	2,93084415	3,3612959
	n (ADOTTATO)	-	0,43963428	0,47333772	0,50061573	0,5268141
	a (ADOTTATO)	-	47,1680621	53,9056862	60,6433102	69,549965
	h (ADOTTATO)	(mm)	35,580	39,793	43,990	49,610
	Coeff.Ragg (ADOTTATO)	-	0,943	0,943	0,943	0,943
	h r (ADOTTATO)	(mm)	33,557	37,530	41,489	46,789
	S	(mm)	7,371	7,371	7,371	7,371
	la	(mm)	1,474	1,474	1,474	1,474
	Pnetta (ADOTTATO)	(mm)	26,089	29,936	33,790	38,976
	Coef.defl. (ADOTTATO)	-	0,733	0,752	0,768	0,786
PORTATE DI PIENA	Qpicco (SCS)	(mc/s)	19,844	22,771	25,702	29,646
	Qpicco (GIANDOTTI)	(mc/s)	9,213	10,712	12,212	14,194
	Qpicco (PASINI)	(mc/s)	13,338	15,575	17,819	20,792
	Qpicco (VAPI)	(mc/s)	7,452	8,646	9,838	11,413
	Qpicco (VENTURA)	(mc/s)	14,678	17,161	19,653	22,958
	Qpicco (PEZZOLI)	(mc/s)	13,707	16,011	18,323	21,387
	Qpicco (KIRPICH)	(mc/s)	22,700	19,584	22,293	25,905
	Qpicco (VIPARELLI)	(mc/s)	15,995	18,623	21,258	24,761
	Qpicco (ADOTTATO)	(mc/s)	19,844	22,771	25,702	29,646



Tabella 4 – Calcoli idrologici SUB.3

Rio Calamasciu - SUB 3	TR (anni)		50	100	200	500
Lunghezza asta	L	m	3668	3668	3668	3668
Curve Number	CN	-	97,05	97,05	97,05	97,05
Pend.za media bac.	i _{bac}	-	0,1018	0,1018	0,1018	0,1018
Area bacino	A	kmq	2,9293	2,9293	2,9293	2,9293
Altitudine massima	Hmax	m slm	195,198	195,198	195,198	195,198
Altitudine media	Hmed	m slm	150,544	150,544	150,544	150,544
Altitudine minima	Hmin	m slm	124,16	124,16	124,16	124,16
Pend.za media asta	iret	m/m	0,0172	0,0172	0,0172	0,0172
	SCS	(ore)	0,609	0,609	0,609	0,609
	GIANDOTTI	(ore)	3,005	3,005	3,005	3,005
	PASINI	(ore)	1,818	1,818	1,818	1,818
	VAPI	(ore)	3,746	3,746	3,746	3,746
	VENTURA	(ore)	1,658	1,658	1,658	1,658
	PEZZOLI	(ore)	1,539	1,539	1,539	1,539
	KIRPICH	(ore)	0,435	0,870	0,870	0,870
	VIPARELLI	(ore)	1,019	1,019	1,019	1,019
	tc adott.	SCS				
		(ore)	0,609	0,609	0,609	0,609
Tempi di ritorno	T	(anni)	50	100	200	500
Dati pluviometrici	Pgiorn.	(mm)	50	50	50	50
	Sottozona		2	2	2	2
Altezza di pioggia	n1	-	0,31570972	0,31570972	0,31570972	0,3157097
	a1	-	20,6914142	20,6914142	20,6914142	20,691414
	n2 (ADOTTATO)	-	0,12392456	0,157628	0,18490601	0,2111044
	a2 (ADOTTATO)	-	2,27959585	2,60522	2,93084415	3,3612959
	n (ADOTTATO)	-	0,43963428	0,47333772	0,50061573	0,5268141
	a (ADOTTATO)	-	47,1680621	53,9056862	60,6433102	69,549965
	h (ADOTTATO)	(mm)	37,917	42,615	47,296	53,541
	Coeff.Ragg (ADOTTATO)	-	0,931	0,931	0,931	0,931
	h r (ADOTTATO)	(mm)	35,286	39,657	44,014	49,826
	S	(mm)	7,721	7,721	7,721	7,721
	la	(mm)	1,544	1,544	1,544	1,544
	Pnetta (ADOTTATO)	(mm)	27,459	31,693	35,936	41,625
	Coef.defl. (ADOTTATO)	-	0,724	0,744	0,760	0,777
PORTATE DI PIENA	Qpicco (SCS)	(mc/s)	36,711	42,372	48,045	55,651
	Qpicco (GIANDOTTI)	(mc/s)	14,870	17,267	19,662	22,824
	Qpicco (PASINI)	(mc/s)	20,434	23,811	27,193	31,668
	Qpicco (VAPI)	(mc/s)	12,914	14,973	17,030	19,744
	Qpicco (VENTURA)	(mc/s)	21,645	25,240	28,842	33,610
	Qpicco (PEZZOLI)	(mc/s)	22,676	26,458	30,248	35,266
	Qpicco (KIRPICH)	(mc/s)	42,112	36,706	41,958	48,941
	Qpicco (VIPARELLI)	(mc/s)	29,251	34,247	39,264	45,919
	Qpicco (ADOTTATO)	(mc/s)	36,711	42,372	48,045	55,651



Tabella 5 – Calcoli idrologici SUB.4

Rio Calamasciu - SUB 4	TR (anni)		50	100	200	500
Lunghezza asta	L	m	4238	4238	4238	4238
Curve Number	CN	-	97,05	97,05	97,05	97,05
Pend.za media bac.	i _{bac}	-	0,1018	0,1018	0,1018	0,1018
Area bacino	A	kmq	3,4	3,4	3,4	3,4
Altitudine massima	Hmax	m slm	195,198	195,198	195,198	195,198
Altitudine media	Hmed	m slm	156,099	156,099	156,099	156,099
Altitudine minima	Hmin	m slm	117	117	117	117
Pend.za media asta	iret	m/m	0,0120	0,0120	0,0120	0,0120
	SCS	(ore)	0,683	0,683	0,683	0,683
	GIANDOTTI	(ore)	2,745	2,745	2,745	2,745
	PASINI	(ore)	2,399	2,399	2,399	2,399
	VAPI	(ore)	4,346	4,346	4,346	4,346
	VENTURA	(ore)	2,138	2,138	2,138	2,138
	PEZZOLI	(ore)	2,128	2,128	2,128	2,128
	KIRPICH	(ore)	0,486	0,972	0,972	0,972
	VIPARELLI	(ore)	1,177	1,177	1,177	1,177
	tc adott.	SCS				
		(ore)	0,683	0,683	0,683	0,683
Tempi di ritorno	T	(anni)	50	100	200	500
Dati pluviometrici	Pgiorn.	(mm)	50	50	50	50
	Sottozona		2	2	2	2
Altezza di pioggia	n1	-	0,31570972	0,31570972	0,31570972	0,31570972
	a1	-	20,6914142	20,6914142	20,6914142	20,6914142
	n2 (ADOTTATO)	-	0,12392456	0,157628	0,18490601	0,2111044
	a2 (ADOTTATO)	-	2,27959585	2,60522	2,93084415	3,3612959
	n (ADOTTATO)	-	0,43963428	0,47333772	0,50061573	0,5268141
	a (ADOTTATO)	-	47,1680621	53,9056862	60,6433102	69,549965
	h (ADOTTATO)	(mm)	39,889	45,005	50,106	56,894
	Coeff.Ragg (ADOTTATO)	-	0,930	0,930	0,930	0,930
	h r (ADOTTATO)	(mm)	37,093	41,851	46,594	52,906
	S	(mm)	7,721	7,721	7,721	7,721
	la	(mm)	1,544	1,544	1,544	1,544
	Pnetta (ADOTTATO)	(mm)	29,206	33,827	38,459	44,650
	Coef.defl. (ADOTTATO)	-	0,732	0,752	0,768	0,785
PORTATE DI PIENA	Qpicco (SCS)	(mc/s)	40,385	46,775	53,180	61,742
	Qpicco (GIANDOTTI)	(mc/s)	18,237	21,190	24,142	28,041
	Qpicco (PASINI)	(mc/s)	19,863	23,100	26,339	30,618
	Qpicco (VAPI)	(mc/s)	13,594	15,748	17,899	20,734
	Qpicco (VENTURA)	(mc/s)	21,362	24,864	28,369	33,002
	Qpicco (PEZZOLI)	(mc/s)	21,424	24,937	28,454	33,102
	Qpicco (KIRPICH)	(mc/s)	46,484	40,528	46,445	54,297
	Qpicco (VIPARELLI)	(mc/s)	30,958	36,203	41,466	48,443
	Qpicco (ADOTTATO)	(mc/s)	40,385	46,775	53,180	61,742



Tabella 6 – Calcoli idrologici SUB.5

Rio Calamasciu - SUB 5	TR (anni)		50	100	200	500
Lunghezza asta	L	m	4238	4238	4238	4238
Curve Number	CN	-	97,05	97,05	97,05	97,05
Pend.za media bac.	i _{bac}	-	0,1018	0,1018	0,1018	0,1018
Area bacino	A	kmq	3,4	3,4	3,4	3,4
Altitudine massima	Hmax	m slm	195,198	195,198	195,198	195,198
Altitudine media	Hmed	m slm	156,099	156,099	156,099	156,099
Altitudine minima	Hmin	m slm	117	117	117	117
Pend.za media asta	iret	m/m	0,0120	0,0120	0,0120	0,0120
	SCS	(ore)	0,683	0,683	0,683	0,683
	GIANDOTTI	(ore)	2,745	2,745	2,745	2,745
	PASINI	(ore)	2,399	2,399	2,399	2,399
	VAPI	(ore)	4,346	4,346	4,346	4,346
	VENTURA	(ore)	2,138	2,138	2,138	2,138
	PEZZOLI	(ore)	2,128	2,128	2,128	2,128
	KIRPICH	(ore)	0,486	0,972	0,972	0,972
	VIPARELLI	(ore)	1,177	1,177	1,177	1,177
	SCS					
	tc adott.	(ore)	0,683	0,683	0,683	0,683
Tempi di ritorno	T	(anni)	50	100	200	500
Dati pluviometrici	Pgiorn.	(mm)	50	50	50	50
	Sottozona		2	2	2	2
Altezza di pioggia	n1	-	0,31570972	0,31570972	0,31570972	0,3157097
	a1	-	20,6914142	20,6914142	20,6914142	20,691414
	n2 (ADOTTATO)	-	0,12392456	0,157628	0,18490601	0,2111044
	a2 (ADOTTATO)	-	2,27959585	2,60522	2,93084415	3,3612959
	n (ADOTTATO)	-	0,43963428	0,47333772	0,50061573	0,5268141
	a (ADOTTATO)	-	47,1680621	53,9056862	60,6433102	69,549965
	h (ADOTTATO)	(mm)	39,889	45,005	50,106	56,894
	Coeff.Ragg (ADOTTATO)	-	0,930	0,930	0,930	0,930
	h r (ADOTTATO)	(mm)	37,093	41,851	46,594	52,906
	S	(mm)	7,721	7,721	7,721	7,721
	la	(mm)	1,544	1,544	1,544	1,544
	Pnetta (ADOTTATO)	(mm)	29,206	33,827	38,459	44,650
	Coef.defl. (ADOTTATO)	-	0,732	0,752	0,768	0,785
PORTATE DI PIENA	Qpicco (SCS)	(mc/s)	40,385	46,775	53,180	61,742
	Qpicco (GIANDOTTI)	(mc/s)	18,237	21,190	24,142	28,041
	Qpicco (PASINI)	(mc/s)	19,863	23,100	26,339	30,618
	Qpicco (VAPI)	(mc/s)	13,594	15,748	17,899	20,734
	Qpicco (VENTURA)	(mc/s)	21,362	24,864	28,369	33,002
	Qpicco (PEZZOLI)	(mc/s)	21,424	24,937	28,454	33,102
	Qpicco (KIRPICH)	(mc/s)	46,484	40,528	46,445	54,297
	Qpicco (VIPARELLI)	(mc/s)	30,958	36,203	41,466	48,443
	Qpicco (ADOTTATO)	(mc/s)	40,385	46,775	53,180	61,742





6. MODELLAZIONE IDRAULICA

6.1. CRITERI DI MODELLAZIONE, PROGRAMMA E TIPOLOGIA DI MODELLO UTILIZZATO

Nel presente capitolo viene descritto il modello idrologico-idraulico accoppiato mono e bidimensionale a fondo fisso che è stato appositamente implementato per rappresentare il funzionamento idraulico del rio Calamasciu e ricostruire il comportamento delle aree fluviali rispetto alle sollecitazioni indotte dagli eventi meteorici di riferimento, in termini di pericolosità idraulica e conseguente rischio delle aree urbanizzate.

La sollecitazione del modello avviene con gli idrogrammi costanti calcolati con le metodologie previste e descritte in precedenza, inseriti in corrispondenza di opportune sezioni del dominio di calcolo. La propagazione dei deflussi e i fenomeni idraulici di trasporto ed esondazione sono influenzati direttamente dalle caratteristiche morfologiche del bacino, dalla presenza di impluvi e ostacoli, ben rappresentati dal modello 2D-1D implementato.

La modellazione idraulica è stata implementata mediante il programma di calcolo INFOWORKS 2D ICM di Innovyze, che permette di analizzare il campo di moto a partire da un D.T.M. (Digital Terrain Model), rappresentativo della geometria del dominio di calcolo, basandosi sulla risoluzione di tre equazioni non lineari alle differenze finite per la determinazione del campo di moto della corrente su di un piano bidimensionale (x, y). Il codice di calcolo consente, inoltre, di analizzare il campo di moto accoppiando un modello idraulico monodimensionale con la geometria digitale del dominio di calcolo.

Si precisa che anche con i modelli distribuiti più raffinati, le condizioni di moto vengono ricostruite accettando alcune approssimazioni che semplificano le equazioni di base impiegate per simulare il moto bidimensionale indotto dalla piena di riferimento nelle aree di studio, in modo da rendere tali modelli idonei agli scopi di analisi delle piene e dei deflussi fluviali e di versante. Innanzitutto, le due equazioni del moto lungo le direzioni x e y si basano sull'ipotesi che la corrente sia lineare e che quindi la pressione abbia una distribuzione verticale idrostatica. Un'altra importante approssimazione del modello di calcolo risiede nella formula adottata per la resistenza idraulica del fondo, che viene fatta dipendere dal quadrato del modulo della velocità e dal coefficiente di scabrezza di Manning supposto localmente noto. Se sulla prima dipendenza non ci sono particolari dubbi, dato il carattere turbolento della corrente, sulla dipendenza da un valore costante del coefficiente di Manning esistono non poche incertezze, specialmente per le profondità minori e in presenza di trasporto di materiale solido. Tuttavia le condizioni del territorio e gli obiettivi di progetto possono essere ben rappresentati e soddisfatti utilizzando le suddette semplificazioni e numerose calibrazioni effettuate dagli scriventi su condizioni simili consentono di garantire sulla efficacia della modellazione e sulla rappresentatività dei risultati ottenuti.

Sulla base delle caratteristiche del bacino in esame si può affermare che la definizione delle modalità di deflusso entro e fuori l'alveo e l'individuazione delle condizioni di pericolosità idraulica del territorio (in termini di estensione, velocità, tiranti), possono essere ben ricostruite con un modello bidimensionale esteso a tutte le aree coinvolte dai deflussi, accoppiato con una porzione 1D caratterizzante le funzioni prettamente di trasporto dell'alveo inciso.

Per questo è stato utilizzato un modello 1D-2D, che accoppia la parte bidimensionale estesa all'intero bacino extraurbano e il modello monodimensionale del rio. Le caratteristiche delle diverse parti del modello sono descritte nei paragrafi che seguono.



Tale modello è stato sollecitato da idrogrammi costanti al fine di rappresentare un funzionamento di moto permanente confrontabile con le modellazioni finora condotte sul territorio oggetto d'intervento e coerente con le indicazioni normative relative al calcolo della portata di riferimento. La rappresentazione 2D-1D consente comunque di verificare le reali modalità di deflusso e trasferimento delle portate e valutare l'andamento dei livelli nel corso d'acqua e nelle aree esondabili. Consente, inoltre, di apprezzare con un maggiore grado di dettaglio la differenza tra la situazione attuale e quella che si verrà a creare a seguito della realizzazione delle opere in progetto

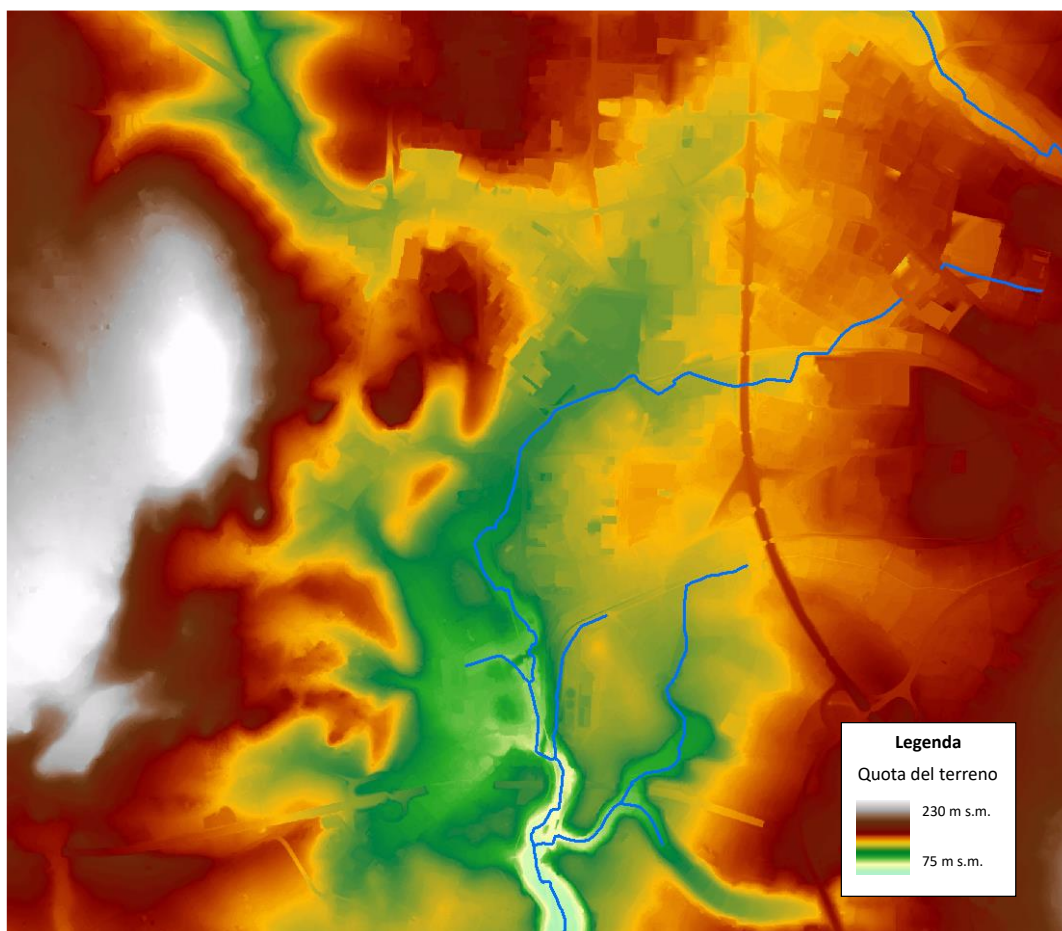
6.2. DTM 1x1 E MODIFICHE INSERITE

Per le analisi e la modellazione idrologico idraulica è stato utilizzato il DTM disponibile sul sito della Regione Sardegna, analizzato ed integrato da rilievi specifici e analisi di dettaglio.

Il Modello Digitale del Terreno (DTM) Lidar con risoluzione della maglia 1x1 m, disponibile tramite Regione Sardegna, è acquisito per via fotogrammetrica, fornisce dati topografici ad alta risoluzione con accuratezza planimetrica e altimetrica di pochi centimetri (circa 30 cm in planimetria e 15 cm in altezza) e si presenta come un grigliato regolare con passo di griglia di 1 m.

Tale DTM risulta esteso a tutto il territorio d'interesse con la medesima risoluzione.

Figura 24 – Modello Digitale del Terreno (DTM 1x1) del bacino del rio Calamasciu



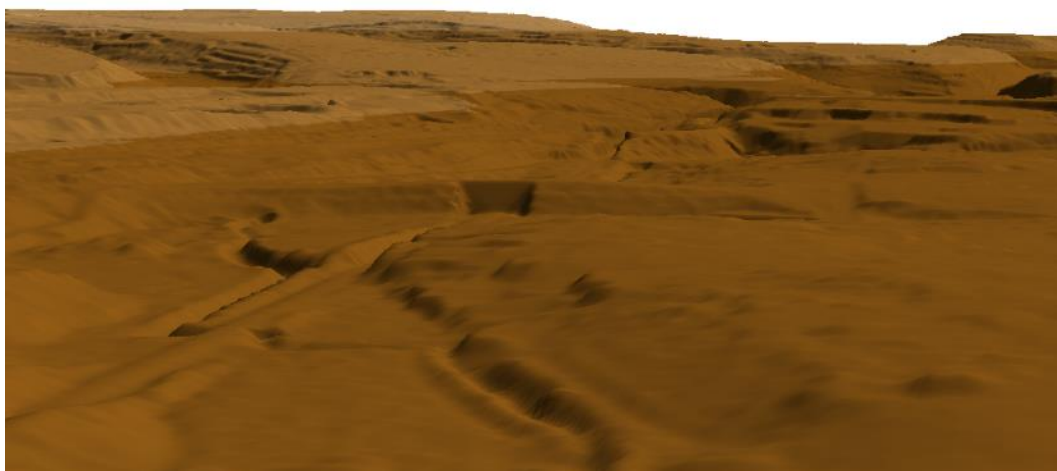


Nella sua estensione più ampia (Figura 24), il DTM 1x1 è stato utilizzato come strumento topografico per una prima analisi morfologica del territorio in esame a scala più estesa rispetto a quella del bacino idrografico, per la ricostruzione del pattern di scorrimento (insieme dei percorsi preferenziali di deflusso superficiale, in termini di direzione di flusso) del deflusso superficiale sul terreno e dunque il riconoscimento del bacino effettivamente contribuente alla formazione dei deflussi e dei fenomeni alluvionali nelle aree lungo il tracciato del rio Calamasciu, finalizzato alla simulazione afflussi-deflussi sull'intero bacino, condotte nell'ambito dello studio che accompagna l'intervento di cui alla presente SCI.

Il DTM fornito da Regione risulta ben dettagliato, certamente utilizzabile immediatamente per le prime valutazioni a scala di bacino complessivo, ma per essere impiegato a scala di corso d'acqua e per gli scopi del presente lavoro ha dovuto essere esaminato in dettaglio specialmente in corrispondenza delle porzioni di valle lungo i deflussi principali di pianura ed è stato necessario effettuare alcune significative correzioni delle quote del DTM in corrispondenza dei sottopassi stradali e dei rilevati stradali e ferroviari, in cui nel DTM non erano rappresentati gli esistenti passaggi idraulici costituiti dai ponti o da brevi tratti di tombinatura.

Come si può ben notare nell'immagine di Figura 25 nel DTM risulta ben evidente il tracciato del rio Calamasciu, ma risulta altrettanto evidente l'interruzione idraulica che esso subisce nel DTM per la presenza del rilevato stradale e dell'attraversamento ferroviario, se non adeguatamente rappresentati sul DTM di base.

Figura 25 – Stralcio con vista 3D del DTM 1x1 utilizzato come base per la modellazione idraulica a scala di bacino e a scala di dettaglio dopo approfondimenti e puntualizzazioni



Occorre anche tenere conto che nelle aree urbanizzate e lungo i corsi d'acqua di pianura, il reale comportamento dell'acqua è condizionato dalla presenza di ostacoli insormontabili quali edifici e muri, oltre che dalle strade e marciapiedi, dagli attraversamenti, da elementi particolari che possono influenzare in modo significativo la direzione di flusso delle acque superficiali, indipendentemente dalla pendenza media del terreno rappresentata in un DTM pur dettagliato. Né gli ostacoli né le strade sono in genere evidenziate nella loro reale conformazione e andamento altimetrico dal DTM, che subisce procedure di post-processing al fine di restituire la sola elevazione del terreno.

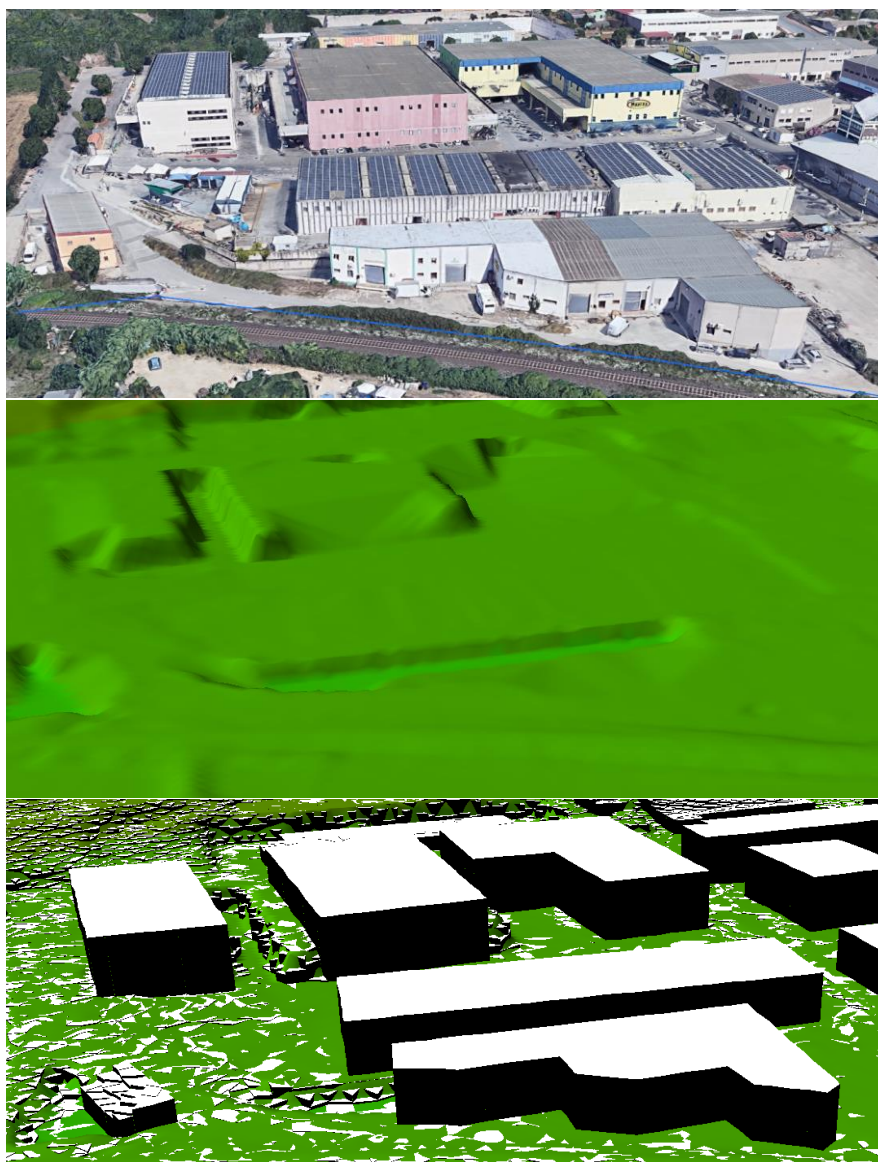
Questi elementi, invece sono fondamentali per lo studio del deflusso in zona urbana, pertanto sono stati inseriti nel modello come poligoni di magliatura (isolati ed edifici) e come elementi lineari (muri, linea ferroviaria, ecc.)



con quota corrispondente a quella reale rilevata o derivante dalle analisi della cartografia aerofotogrammetrica 3D.

A titolo di esempio si riporta in Figura 26 un'immagine satellitare del tessuto urbano dell'area della zona industriale di Predda Niedda Sud adiacente alla tombinatura del rio Calamasciu, confrontandola con il relativo DTM disponibile, e la ricostruzione eseguita in fase di modellazione con l'inserimento di poligoni di magliatura e degli elementi geometrici lineari significativi per la corretta rappresentazione dei deflussi e degli accumuli più fedele possibile alla realtà.

Figura 26 – Confronto tra DTM di base ed elaborazione inserita nel modello con poligoni di magliatura, per la migliore rappresentazione della reale geometria e la simulazione dei deflussi superficiali in ambito urbano



6.3. MODELLAZIONE DELL'ASTA FLUVIALE: CARATTERISTICHE DEL MODELLO IMPLEMENTATO

All'interno del dominio del modello bidimensionale, il tracciato dell'alveo del rio Calamasciu è stato rappresentato con modello monodimensionale, interno alla geometria del dominio bidimensionale di calcolo e



ad esso collegato lungo tutte le sponde dei tratti fluviali. Il modello fluviale è composto da n. 15 tratti fluviali per una lunghezza complessiva di circa 2009 m, n. 79 sezioni rappresentative dell'alveo del corso d'acqua e n. 11 manufatti di attraversamento.

L'asta dei tratti di alveo aperti è stata modellata mediante elementi di tipo "Tratto Fluviale" che raggruppano al loro interno sia le caratteristiche planimetriche dell'asta fluviale sia le caratteristiche geometriche ed idrauliche dell'alveo e delle sponde che, in questi casi di modellazione accoppiata, rappresentano il collegamento fisico tra gli elementi monodimensionali che costituiscono l'alveo vero e proprio e il dominio di calcolo bidimensionale (su base DTM) che rappresenta le aree golenali, le aree di laminazione laterali o, semplicemente, le superfici laterali afferenti all'impluvio costituito dall'alveo principale.

I tratti di tombinatura e gli attraversamenti di dimensioni significative, sono stati modellati con elementi monodimensionali tipo "condotta" che raggruppano al loro interno le caratteristiche geometriche ed idrauliche dei manufatti rilevati. Gli elementi tipo "condotta" possono essere direttamente collegati agli elementi costituenti il "tratto fluviale", oppure possono avere un bacino proprio afferente nei nodi (come per la porzione di monte del bacino urbano), oppure essere collegati al modello 2D mediante opportuni "nodi 2D" che costituiscono elementi tipo griglie, pozzetti, o altro.

La superficie totale del dominio di calcolo bidimensionale del modello idraulico implementato si estende per circa 511 ha, discretizzata con circa 570'653 celle di calcolo.

La ricostruzione della geometria caratteristica del terreno è stata effettuata utilizzando zone di magliatura con differente dimensione massima e minima delle maglie che compongono la mesh di calcolo. L'intero dominio di modellazione 2D presenta dimensione di ciascuna maglia compresi tra i valori mino e massimo pari a $5 \div 25 \text{ m}^2$. Per consentire la definizione più puntuale e funzionale possibile delle singolarità morfologiche che influiscono sulla direzione del deflusso delle acque (isolati nel centro urbano, strade, muretti, tracciato ferroviario parte in rilevato e parte a quota campagna) è stata localmente infittita la magliatura, con dimensioni variabili dei singoli elementi inferiore a 5 m^2 .

La magliatura viene effettuata automaticamente, sulla base del DTM $1 \times 1 \text{ m}$ su cui si appoggia il modello e in funzione di vincoli o discontinuità costituite dagli altri elementi introdotti nel modello, quali i muri, l'asta fluviale, altri elementi o nodi particolari che "costringono" la magliatura ad appoggiarsi a tali elementi stessi. Anche le linee di risultato, che vengono inserite arbitrariamente e opportunamente in relazione alle esigenze specifiche e alla necessità di confrontare vari scenari in termini di portate o livelli o velocità, sono ulteriori elementi su cui si appoggiano le maglie, creando il reticolo con le dimensioni minime e massime sopra indicate per ciascuna area del dominio di calcolo.

6.4. AGGLOMERATO INDUSTRIALE PREDDA NIEDDA

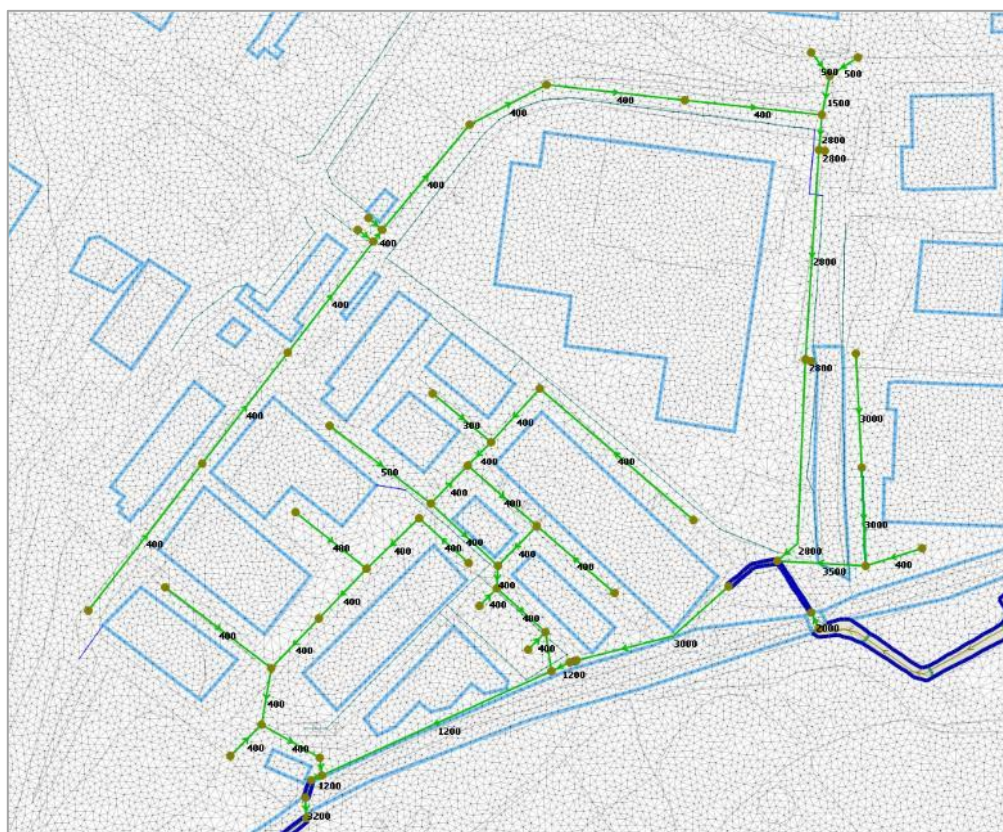
L'area dell'agglomerato industriale di Predda Niedda è ad oggi attraversata dal tratto tombinato del rio Calamasciu e risulta soggetta a fenomeni di allagamento diffuso anche per precipitazioni con basso tempo di ritorno. Al fine di eseguire una approfondita analisi sulle cause e lo sviluppo degli allagamenti è stato implementato in tale zona un modello 1D-2D che consente di valutare sia i fenomeni di deflusso superficiale e accumulo lungo le viabilità (componente 2D) sia il funzionamento della rete di drenaggio (componente 1D), il cui regime risulta strettamente legato a quello del rio Calamasciu. Il collegamento tra componente 1D e 2D è



reso nei nodi che rappresentano caditoie e griglie (funzionanti sia in ingresso sia in uscita per immissione acque meteoriche e per esondazione in caso di riempimenti ed insufficienze).

Non essendo nota la geometria della rete di fognatura bianca e mista per mancanza di documentazione specifica a riguardo, sono stati esaminati tutti i documenti esistenti disponibili (compresi i documenti storici riferiti allo sviluppo dell'agglomerato nel corso degli anni), sono stati effettuati specifici sopralluoghi ed è stato ipotizzato lo schema di drenaggio riportato nella Figura 27 seguente, anche in funzione della morfologia del terreno e della posizione degli organi di intercettazione della portata (caditoie, griglie) individuabili.

Figura 27 – Schema rete di drenaggio agglomerato industriale Predda Niedda



6.5. SCENARI

Il modello accoppiato mono-bidimensionale è stato implementato con diverse configurazioni geometriche atte a rappresentare la situazione attuale e quella di progetto, nelle quali sono state fatte variare sia le caratteristiche dell'alveo e dell'arginatura, sia quelle degli attraversamenti, oltre che la scabrezza lungo i vari tratti del corso d'acqua e nel bacino.

Una volta definita l'estensione del modello, sono state effettuate e analizzate le seguenti combinazioni (scenari):

- STATO DI FATTO, con tempi di ritorno pari a $T = 50, 100, 200$ e 500 anni;
- PROGETTO I lotto Rio Calamasciu, $T = 50, 100, 200$ e 500 anni

Nel seguito e nell'allegato alla presente relazione, vengono riportati i risultati delle simulazioni per tutti i tempi di ritorno sopra indicati.



6.6. CONDIZIONI AL CONTORNO E PARAMETRI DI CALCOLO

6.6.1. Generalità

Per poter effettuare qualsiasi simulazione idraulica (condotta con modelli mono o bidimensionali o anche per verifiche puntuali), è indispensabile definire le condizioni al contorno del modello numerico utilizzato e i parametri di calcolo di riferimento delle condizioni fisiche del sistema. In particolare sono state definiti:

- la resistenza idraulica delle superfici interessate dal deflusso, mediante i valori di scabrezza;
- gli eventuali idrogrammi in ingresso al sistema generato dai bacini di monte o in punti particolari del bacino;
- i livelli idrici al contorno del dominio di magliatura.

6.6.2. Scabrezza

La risposta idraulica delle aree interessate a qualunque sollecitazione di deflusso è determinata dalla natura dei vari terreni e delle loro diverse coperture vegetali o artificiali, o dalla presenza di eventuali ostacoli. Alla diversa natura delle coperture dei terreni sono associabili le specifiche caratteristiche di scabrezza idraulica, determinanti ai fini della simulazione del fenomeno.

Con riferimento a quanto già espresso in merito alla rappresentazione della scabrezza mediante la dipendenza da un valore costante del coefficiente di Manning, per considerare gli effetti sul deflusso dati alla ridotta profondità generale sulle aree rappresentate con la porzione bidimensionale e anche l'effetto della presenza di trasporto di materiale solido, si è optato per l'inserimento di un valore di scabrezza molto alto per le superfici estese del 2D, rappresentato dal valore del coefficiente di Manning pari a 0.2 (corrispondente ad un valore di coefficiente di scabrezza di Strickler pari a $5 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$).

Relativamente ai tratti di corso d'acqua rappresentati con la porzione 1D del modello, ad essi sono stati attribuiti i seguenti valori del parametro di scabrezza di Manning:

- Alveo inciso naturale, con sezioni trapezie o sistemazioni in gabbioni, sia nella situazione attuale che di progetto, $n = 0.033 \text{ s} \cdot \text{m}^{-1/3}$ (corrispondente a $ks = 30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$)
- Alveo naturale mantenuto ma sistemato e ampliato con pulizia (tratto di valle zona Caniga), $n = 0.025 \text{ s} \cdot \text{m}^{-1/3}$ (corrispondente a $ks = 40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$)
- Alveo di progetto rettangolare regolare in c.a., $n = 0.0167 \text{ s} \cdot \text{m}^{-1/3}$ (corrispondente a $ks = 60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$)

6.6.3. Livelli idrici al contorno

Come condizione al contorno di uscita dal dominio di magliatura si è imposta la condizione di moto uniforme, essendo il limite di magliatura la sezione di chiusura del dominio di modellazione sufficientemente lontana da elementi che potrebbero creare particolari condizioni di moto.



7. ANALISI DEI RISULTATI

7.1. GENERALITÀ

Nel presente paragrafo vengono riportati gli esiti delle simulazioni condotte su modello 1D-2D per il settore dove ha sede il Rio Calamasciu a valle dell'edificato di Sassari e sino a Caniga.

Come già descritto, l'intervento di cui al presente lotto si estende in più tratti a partire dall'intersezione stradale della S.V. Funtana di Lu Colbu fino a valle dell'area urbanizzata di Caniga, per uno sviluppo complessivo di circa per uno sviluppo complessivo di oltre 1'160 m.

Per maggiori dettagli si rimanda all'Allegato grafico alla presente relazione, dove vengono riportati tutti i tratti di alveo interessati dagli interventi o influenzati dagli stessi. Per ciascuno sono riportati, per la situazione attuale e per quella di progetto e per tutti i tempi di ritorno studiati (50, 100, 200 e 500 anni), i profili di inviluppo dei massimi valori di livello idrico e alcune sezioni significative e rappresentative dei diversi tratti.

7.2. AREE DI ALLAGAMENTO E PROFILI DI CORRENTE

Con la metodologia prevista dalle Linee Guida del PAI, sono state calcolate le portate di picco associate ai tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni per i 5 sub bacini delimitati nel settore di interesse.

La schematizzazione di calcolo adottata prevede un **modello bidimensionale per le aree esterne al reticolo e un modello monodimensionale per gli elementi incisi** (canali naturali e artificiali), come ampiamente descritto nel precedente capitolo 6. I risultati della modellazione possono essere ben rappresentati planimetricamente dall'andamento dei livelli idrici e velocità in ogni maglia della porzione 2D, mentre nei tratti 1D la rappresentazione dei risultati avviene nelle sezioni e lungo i profili dei tratti fluviali.

In generale, le simulazioni hanno evidenziato i seguenti **risultati**:

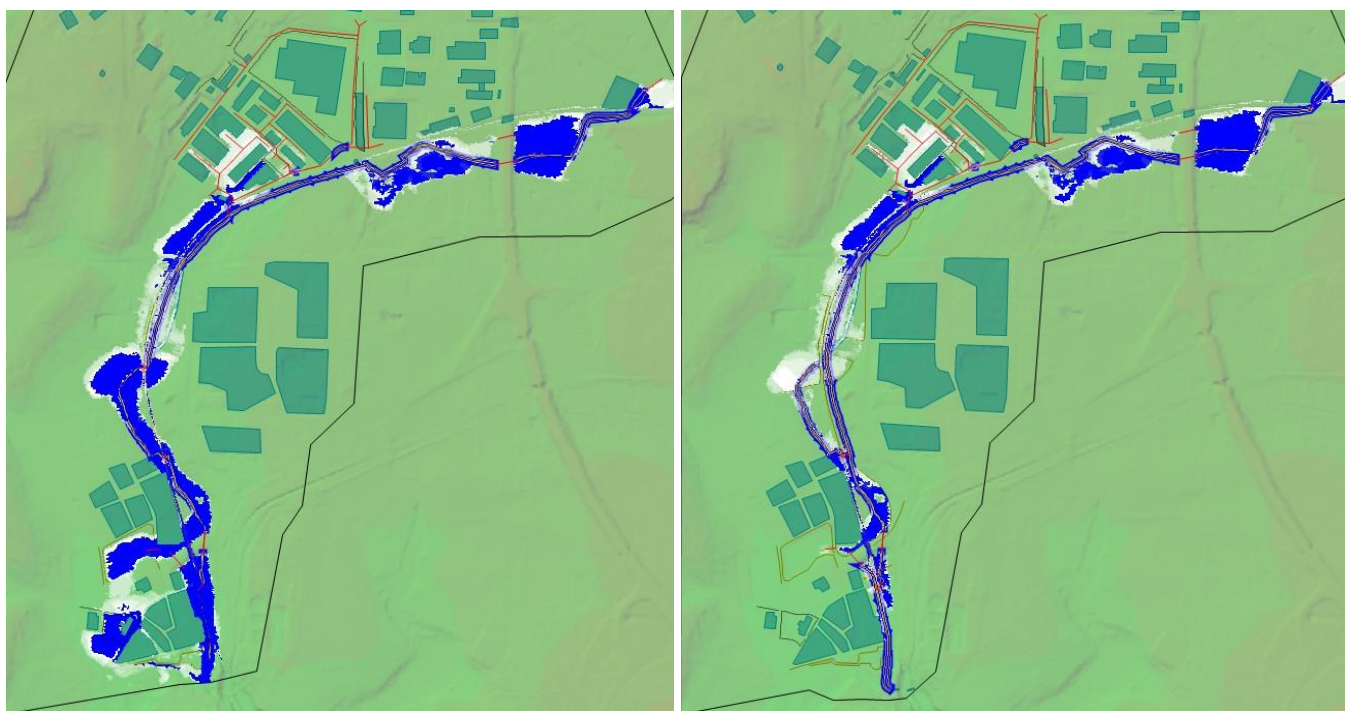
- Nella situazione **ANTE OPERAM** (che, si ricorda, rappresenta la situazione post operam degli interventi di I lotto) permangono situazioni di allagamento diffuso (e di conseguente Vp) lungo tutti i tratti di Calamasciu a valle di Predda Niedda, gli allagamenti interessano ampie aree agricole di laminazione naturale ma anche quasi tutto il tracciato della linea ferroviaria e, nella parte urbanizzata di Caniga, vanno ad interessare pesantemente anche la porzione edificata con interessamento di edifici e strade.
- Nella situazione **POST OPERAM**, si evidenzia un netto miglioramento della situazione in tutto il tratto, ad eccezione delle aree a ridosso degli attraversamenti ferroviari che rimangono attivi lungo il Calamasciu e che dovranno essere adeguati con altra procedura dal proprietario dell'infrastruttura. In corrispondenza dell'abitato di Caniga l'effetto combinato degli interventi lungo il Calamasciu e di quelli di implementazione della rete di drenaggio dell'area urbanizzata, consente di annullare il rischio di esondazione per gli eventi rappresentati conformemente alle Norme PAI.



Figura 28 – Confronto delle aree con $V_p > 0.75$ per $Tr = 50$ anni (in colore BLU il valore $V_p > 0.75$, mentre l'area bianca più estesa rappresenta l'impronta complessiva degli allagamenti con altezza d'acqua > 10 cm), nella situazione ante operam (a sinistra) e post operam (a destra)



Figura 29 – Confronto delle aree con $V_p > 0.75$ per $Tr = 200$ anni (in colore BLU il valore $V_p > 0.75$, mentre l'area bianca più estesa rappresenta l'impronta complessiva degli allagamenti con altezza d'acqua > 10 cm), nella situazione ante operam (a sinistra) e post operam (a destra)



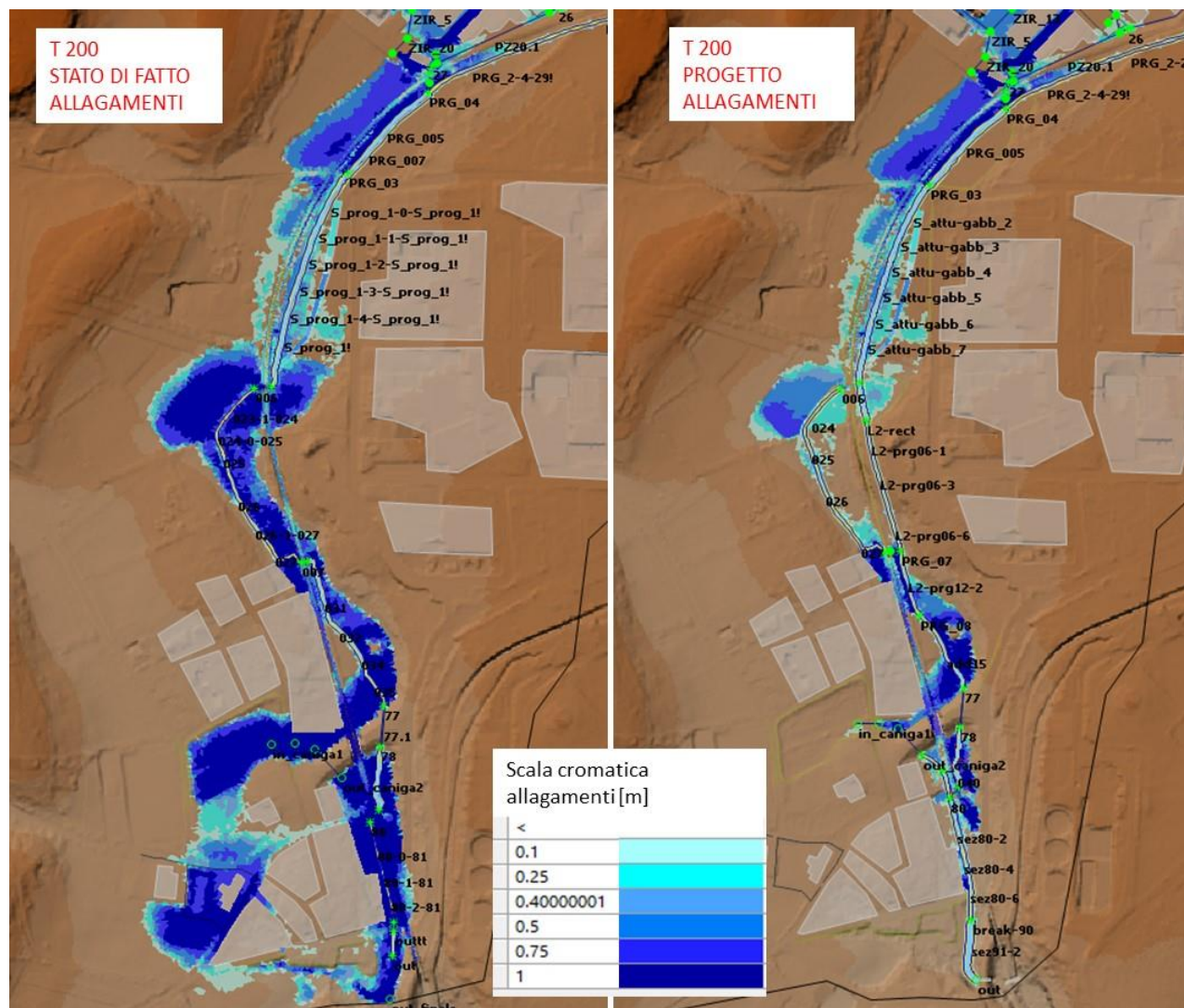
- la linea ferroviaria RFI, risulta comunque interessata dagli effetti degli elevati livelli idrici e dell'insufficienza dei propri attraversamenti. Si conferma la criticità dovuta sia all'insufficienza degli



attraversamenti esistenti, almeno fino a loro adeguamento.

Nella seguente Figura 30 sono riportate due immagini rappresentative dei livelli idrici massimi risultanti dalle simulazioni di stato di fatto (ante operam, a valle della realizzazione del I lotto) e di progetto, per eventi con tempo di ritorno pari a 200 anni.

Figura 30 – Sintesi e confronto dei risultati - Tr 200 anni (Tiranti idrici massimi, rappresentaz. come da scala cromatica)



7.3. TABELLE DEI RISULTATI LUNGO IL RIO CALAMASCIU

Nelle pagine seguenti vengono riportate le tabelle dei risultati delle simulazioni condotte, per le situazioni stato di fatto e progetto e per i tempi di ritorno pari a 50, 100, 200 e 500 anni.

Nelle tabelle sono riportati i risultati nelle diverse sezioni del tracciato complessivo, in termini di caratteristiche geometriche (posizione progressiva rispetto al profilo completo; nome della sezione fluviale, quota di fondo alveo) e di caratteristiche idrodinamiche risultanti (Tirante massima, portata, Numero di Froude, quota corrispondente del livello idrico, velocità massima nella sezione, carico totale).

Come detto, in allegato sono anche riportati i profili per tratto e le corrispondenti sezioni, con indicazione del livello massimo per le simulazioni corrispondenti.



Tabella 7 – Tabella risultati profilo Calamasciu completo, da sezione iniziale a finale II lotto. Ante Operam, T 50 anni

PROFILI STATO DI FATTO (AD OPERE REALIZZATE I LOTTO) - (Valori massimi, inviluppo)											
Progressiva rispetto al profilo completo (m)	Nome Sezione fluviale o nome ID monte	Tipo sezione	Indicazioni	Tempo Ritorno riferimento T (anni)	Quota Fondo (m AD)	Tirante o piezometrica max sezione (m)	Portata sezione (m3/s)	Numero froude sezione	Quota p.l. max sezione (m AD)	Velocità max Sezione (m/s)	Carico Totale Sezione (m AD)
0	PRG_010	aperta	Tratto fluviale esistente a valle del ponte di strada Furtana Li Colbu	50	122.45	2.305	31.35194	0.477	124.755	1.969	124.953
9	S_prog_1	aperta		50	122.43	2.23	33.1175	0.658	124.66	2.292	124.928
44	S_prog_1-0-S_prog_1!	aperta		50	122.247	2.251	34.1624	0.651	124.498	2.339	124.777
80	S_prog_1-1-S_prog_1!	aperta		50	122.063	2.219	36.57287	0.649	124.282	2.551	124.614
115	S_prog_1-2-S_prog_1!	aperta		50	121.88	2.174	37.79989	0.654	124.054	2.706	124.427
150	S_prog_1-3-S_prog_1!	aperta		50	121.697	2.136	37.85947	0.677	123.832	2.77	124.223
185	S_prog_1-4-S_prog_1!	aperta		50	121.513	2.106	37.2075	0.693	123.62	2.768	124.01
221	S_prog_1!	aperta		50	121.33	2.059	37.20109	3.412	123.389	4.588	123.801
223	S_prog_1!!	aperta		50	120.83	2.664	37.34973	0.688	123.494	2.082	123.715
265	S_prog_1!!!	aperta		50	120.5	3.165	23.69556	0.278	123.665	1.079	123.725
282	S120	aperta	Attraversam. FS	50	120.48	3.274	10.91079	0.462	123.754	1.081	123.786
285	5	aperta		50	120.4	3.393	7.034	0.205	123.793	0.645	123.801
285	5	chiusa RECT		50	120.4	2.899	7.03365	0.561		3.304	123.793
292	6	chiusa RECT		50	120.39	2.693	7.03355	0.564		3.318	123.581
292	23	aperta		50	120.39	2.196	7.03819	0.672	122.586	1.708	122.633
311	023-0-024	aperta		50	120.167	2.359	7.85829	0.625	122.526	1.882	122.599
330	023-1-024	aperta		50	119.943	2.512	8.68517	0.709	122.456	2.27	122.557
348	24	aperta		50	119.72	2.584	10.42834	0.942	122.304	3.138	122.478
363	024-0-025	aperta		50	119.543	2.595	13.32543	0.94	122.138	3.01	122.351
378	024-1-025	aperta		50	119.367	2.569	16.98863	0.9	121.936	2.809	122.209
393	25	aperta	Tratto aperto lato Ovest rispetto a linea ferroviaria (da disconnettere a monte in progetto)	50	119.19	2.616	19.58789	0.812	121.806	2.457	122.073
412	025-0-026	aperta		50	118.96	2.644	22.35773	0.815	121.604	2.586	121.938
431	025-1-026	aperta		50	118.73	2.641	25.31044	0.814	121.371	2.887	121.796
449	26	aperta		50	118.5	2.634	27.6457	0.788	121.134	3.144	121.638
470	026-0-027	aperta		50	118.257	2.644	28.01022	0.781	120.901	3.322	121.464
490	026-1-027	aperta		50	118.015	2.686	27.24287	0.772	120.701	3.31	121.26
511	026-2-027	aperta		50	117.773	2.723	26.61218	0.756	120.495	3.323	121.058
531	27	aperta		50	117.53	2.729	26.64614	0.781	120.259	3.475	120.874
542	027-0-028	aperta		50	117.402	2.724	27.35279	0.786	120.126	3.464	120.738
553	027-1-028	aperta		50	117.274	2.79	27.15687	0.715	120.064	3.175	120.578
564	027-2-028	aperta	Attraversam. FS	50	117.146	2.836	28.24556	0.713	119.982	3.045	120.454
575	28	aperta		50	117.018	3.097	24.85621	0.935	120.115	2.414	120.366
575	7	chiusa RECT		50	117.018	2.714	24.85621	0.529		2.973	120.115
583	76	chiusa RECT		50	116.9	2.686	24.85621	0.524		2.974	120.036
583	29	aperta		50	116.9	2.235	39.25621	1.723	119.135	4.909	120.031
590	add18	aperta		50	116.798	2.278	41.17256	0.867	119.076	3.357	119.605
605	30	aperta		50	116.548	2.337	45.19506	0.991	118.885	4.236	119.8
620	add19	aperta		50	116.348	2.343	47.33408	1.081	118.691	4.304	119.635
638	31	aperta		50	116.207	2.222	46.97656	1.13	118.429	4.664	119.538
666	add17	aperta		50	116	2.098	46.05265	0.973	118.098	4.237	119.014
680	32	aperta	Attuale canale aperto tra attraversamento FS e attraversamento cavalcavia	50	115.777	2.152	46.09307	1.153	117.929	4.679	119.045
704	add14	aperta		50	115.336	2.284	44.22688	0.999	117.62	4.174	118.508
724	34	aperta		50	115.126	2.291	44.61354	0.999	117.417	4.033	118.247
741	add15	aperta		50	114.906	2.345	41.98053	1.012	117.251	4.248	118.172
761	35	aperta		50	114.585	2.504	37.36613	0.956	117.089	4.443	118.095
774	add16	aperta		50	114.4	2.58	35.12136	0.939	116.98	4.28	117.914
794	36	aperta		50	114.105	2.665	36.81181	1.003	116.77	4.2	117.669
794	77 (2 scatolari)	chiusa RECT		50	114.105	2.105	12.08049	0.779		2.585	116.551
845	78 (2 scatolari)	chiusa RECT		50	113.444	2.163	12.08076	0.51		2.584	115.948
845	37	aperta	Attuale canale aperto tra cavalcavia e attravers. FS	50	113.444	1.823	36.81622	2.306	115.267	7.53	118.154
867	38	aperta		50	112.824	1.824	34.24726	1.507	114.648	3.345	115.079
887	39	aperta		50	112.104	2.499	36.59108	1.473	114.603	3.229	114.953
907	40	aperta		50	111.404	3.191	46.25483	1.298	114.595	2.274	114.763
926	41	aperta		50	110.65	4.259	10.53965	0.728	114.909	1.518	114.913
926	79	chiusa RECT		50	110.65	4.023	10.39053	0.733		3.413	114.909
945	80	chiusa RECT		50	110.503	3.922	10.3503	0.627		3.417	114.66
945	42	aperta		50	110.503	3.692	10.35188	0.857	114.195	3.207	114.228
960	042-043	aperta		50	110.339	3.818	11.31808	0.841	114.157	3.259	114.206
976	43	aperta		50	110.162	3.952	11.82342	0.842	114.114	3.278	114.18
990	043-044	aperta	Attuale canale aperto tra attravers. FS e ponte arco strada Caniga	50	110.021	4.066	11.94154	0.803	114.087	3.135	114.162
1008	44	aperta		50	109.822	4.093	16.06223	0.805	113.915	3.158	114.075
1025	044-045	aperta		50	109.639	4.147	19.00392	0.779	113.787	2.847	114.005
1040	45	aperta		50	109.481	4.246	20.17233	0.754	113.727	2.63	113.963
1058	045-046	aperta		50	109.286	4.348	21.96951	0.664	113.634	2.337	113.901
1072	46	aperta		50	109.141	4.536	20.76851	0.567	113.677	2.459	113.896
1072	81	chiusa RECT		50	109.141	3.355	20.76791	0.511		4.812	113.677
1079	outtt	chiusa RECT		50	109.031	3.175	20.76787	0.462		4.821	113.391
1079	fff	aperta		50	109.031	1.99	20.76786	1.369	111.021	4.181	111.623
1085	g1	aperta		50	108.998	1.985	23.57088	0.76	110.983	2.643	111.32
1093	g2	aperta	Attuale tratto aperto a valle del ponte ad arco di Caniga	50	108.95	1.978	29.8955	1.116	110.928	3.775	111.629
1097	dddd	aperta		50	108.931	1.94	31.80226	1.43	110.871	4.908	112.069
1103	g3	aperta		50	108.626	2.035	33.93233	3.03	110.661	8.017	113.63
1109	cccc	aperta		50	108.321	2.189	35.48519	1.939	110.51	5.819	111.557
1109	out	aperta		50	108.321	1.254	35.48519	1.345		4.717	110.709
1163	out finale	aperta	Ultimo tratto naturale	50	107.5	1.254	35.48507	1.345		4.717	109.888



Figura 31 – Stralcio planimetria progetto con indicazione dei nomi delle sezioni lungo il profilo

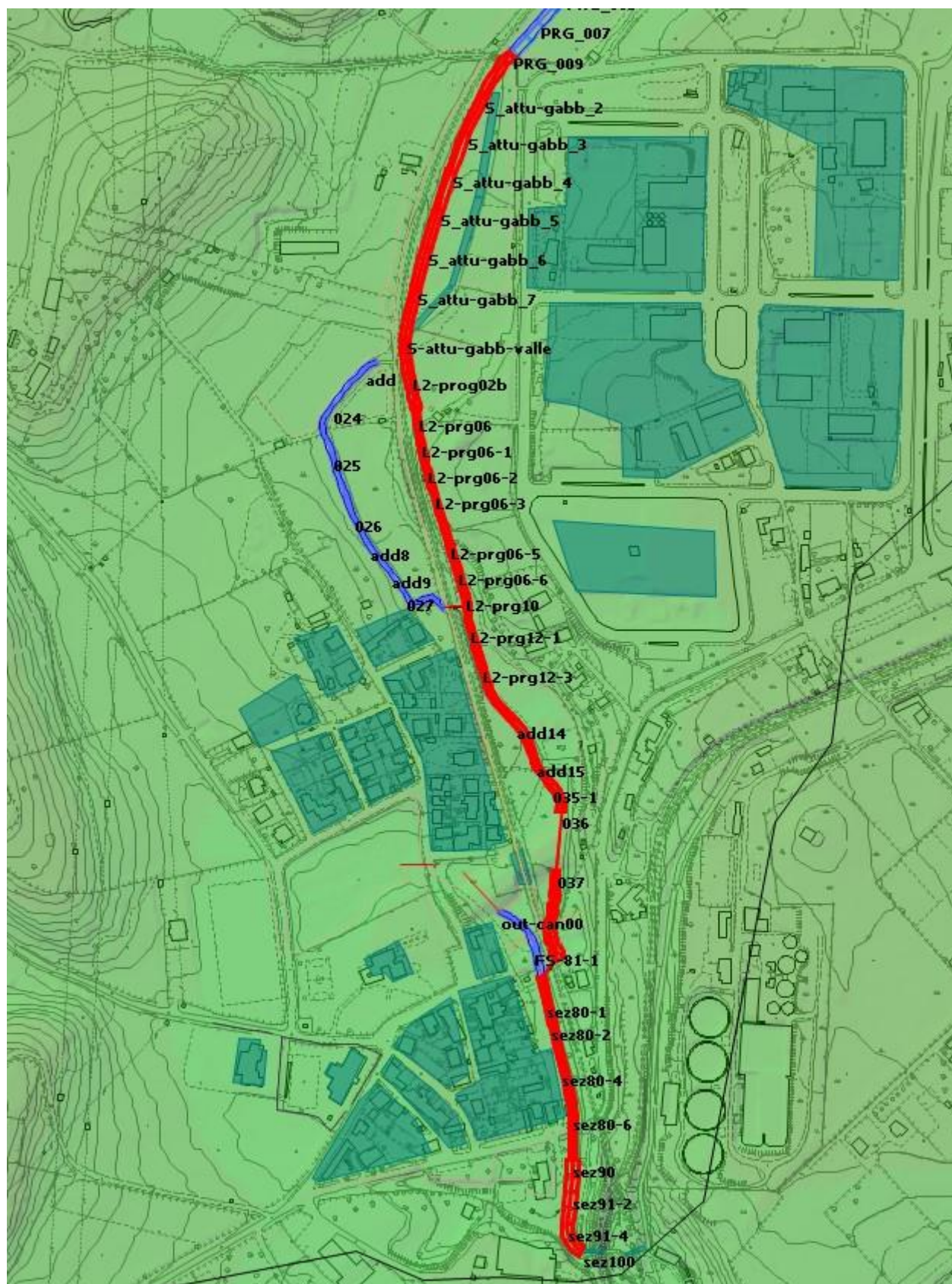




Tabella 8 – Tabella risultati profilo Calamasciu completo, da sezione iniziale a finale II lotto. POST Operam, T 50 anni

PROFILI PROGETTO II LOTTO - (Valori massimi, inviluppo)											
Progressiva rispetto al profilo completo (m)	Nome Sezione fluviale o nome ID monte	Tipo sezione	Indicazioni	Tempo Ritorno riferimento T (anni)	Quota Fondo (m AD)	Tirante o piezometrica max sezione (m)	Portata sezione (m3/s)	Numero froude sezione	Quota p.l. max sezione (m AD)	Velocità max Sezione (m/s)	Carico Totale Sezione (m AD)
0	PRG_010	aperta	Tratto fluviale esistente a valle del ponte di strada Funtana Li Colbu	50	122.45	2.311	31.49827	0.48	124.761	1.973	124.959
9	S_attu-gabb_1	aperta		50	122.43	2.228	33.58636	0.658	124.658	2.327	124.934
44	S_attu-gabb_2	aperta		50	122.247	2.241	34.67696	0.651	124.487	2.388	124.778
79	S_attu-gabb_3	aperta		50	122.063	2.198	37.00283	0.661	124.261	2.612	124.609
114	S_attu-gabb_4	aperta		50	121.88	2.141	38.16883	0.69	124.021	2.785	124.416
150	S_attu-gabb_5	aperta		50	121.697	2.057	38.37264	0.752	123.754	2.943	124.195
185	S_attu-gabb_6	aperta		50	121.513	1.902	38.52553	0.913	123.415	3.264	123.958
220	S_attu-gabb_7	aperta		50	121.33	1.516	38.92251	3.389	122.846	4.731	123.861
222	S_attu-gabb_8	aperta		50	120.83	1.996	39.04771	0.854	122.826	3.105	123.317
264	S-attu-gabb-valle	aperta		50	120.5	1.858	39.78531	1.06	122.358	3.584	122.972
277	L2-prog02	aperta	Nuovo tratto di progetto, inizio raccordo, inizio progetto	50	120.3	1.885	39.83285	1	122.185	3.916	122.867
277	L2-prog02	aperta		50	120.3	1.6	39.83285	1.354	121.9	4.532	122.948
286	L2-prog02a	aperta		50	120.14	1.626	39.88343	1.376	121.766	4.634	122.861
296	L2-prog02b	aperta		50	119.98	1.634	39.89194	1.382	121.614	4.766	122.772
306	L2-prog03	aperta		50	119.82	1.625	39.90129	1.369	121.445	4.931	122.684
317	L2-prog04	aperta		50	119.66	1.614	39.91042	1.295	121.274	4.985	122.54
327	L2-prog05	aperta		50	119.5	1.612	39.91906	1.262	121.112	4.921	122.347
327	L2-prog05	aperta rect		50	119.5	1.603	39.91906	1.416	121.103	4.949	122.352
332	L2-prog06	aperta rect		50	119.42	1.641	39.91907	1.586	121.061	6.034	122.918
355	L2-prog06-1	aperta rect		50	119.144	1.646	39.91907	1.585	120.79	6.015	122.635
378	L2-prog06-2	aperta rect	Nuovo tratto di progetto, rettangolare lato parallelo muro FS	50	118.868	1.655	39.91906	1.583	120.523	5.985	122.349
401	L2-prog06-3	aperta rect		50	118.592	1.668	39.91906	1.582	120.26	5.938	122.058
424	L2-prog06-4	aperta rect		50	118.316	1.688	39.91906	1.58	120.004	5.869	121.76
447	L2-prog06-5	aperta rect		50	118.04	1.717	39.91906	1.578	119.757	5.768	121.454
470	L2-prog06-6	aperta rect		50	117.764	1.761	39.91906	1.573	119.525	5.627	121.139
493	L2-prog10	aperta rect		50	117.488	1.822	39.91906	1.551	119.31	5.439	120.818
504	L2-prog12	aperta rect		50	117.356	1.856	39.91905	1.542	119.212	5.341	120.667
504	L2-prog12	116.7		50	116.7	2.512	52.56898	1.066	119.212	5.207	120.594
522	L2-prog12-1	116.52		50	116.52	2.434	52.56898	1.087	118.954	5.234	120.351
539	L2-prog12-2	116.34		50	116.34	2.362	52.56898	1.121	118.702	5.224	120.093
557	L2-prog12-3	116.16	Nuovo tratto di raccordo con la sezione esistente a valle	50	116.16	2.298	52.53894	1.158	118.458	5.146	119.808
574	L2-prog12-4	115.98		50	115.98	2.268	51.83076	1.168	118.248	4.876	119.46
592	PRG_12_1	115.8		50	115.8	2.295	50.78215	1.131	118.095	4.48	119.118
592	PRG_12_1	aperta		50	115.8	2.06	50.78215	1.199	117.86	5.059	119.165
615	add14	aperta		50	115.336	2.146	48.19455	1.1	117.482	4.649	118.584
635	34	aperta		50	115.126	2.059	46.86088	1.216	117.185	4.841	118.38
652	add15	aperta		50	114.906	1.956	45.02106	1.376	116.862	5.502	118.405
672	35	aperta		50	114.585	1.978	43.46934	1.078	116.563	4.429	117.564
680	035-1	aperta		50	114.464	2.009	43.27654	1.061	116.473	4.163	117.357
688	035-2	aperta		50	114.342	2.044	44.14793	1.08	116.386	4.078	117.214
697	035-3	aperta	Attuale canale aperto tra attraversamento FS e attraversamento cavalcavia	50	114.221	2.075	45.83409	1.089	116.296	4.107	117.112
705	36	aperta		50	114.1	2.102	47.06675	1.099	116.202	4.127	117.002
705	77 (2 scatolari)	chiusa RECT		50	114.105	1.908	15.2845	0.931		3.382	116.575
756	78 (2 scatolari)	chiusa RECT		50	113.444	1.602	15.2845	0.962		3.815	115.789
756	37	aperta		50	113.444	1.486	47.06675	2.55	114.93	8.844	118.918
778	38	aperta		50	112.7	1.375	45.97368	2.024	114.075	5.386	115.553
799	39	aperta		50	111.98	1.882	46.8658	1.962	113.862	4.233	114.775
818	40	aperta		50	111.34	2.529	49.84975	1.84	113.869	3.157	114.277
833	040b	aperta		50	110.86	3.246	43.55602	1.144	114.106	1.391	114.205
838	41	aperta		50	110.7	3.323	40.91179	0.738	114.023	2.077	114.243
838	79	chiusa RECT	Sistemazione tratto aperto tra cavalcavia e attrav. FS	50	110.65	3.373	21.63983	0.881		7.03	116.542
857	80	chiusa RECT		50	110.503	1.305	21.63983	2.318		8.291	115.313
857	sez80	aperta		50	108.715	1.976	50.39793	1.355	110.691	5.076	112.004
877	sez80-1	aperta		50	108.563	1.997	52.03896	1.354	110.561	5.185	111.931
897	sez80-2	aperta		50	108.411	2.013	53.89307	1.352	110.424	5.328	111.872
917	sez80-3	aperta		50	108.259	2.024	55.04474	1.349	110.283	5.415	111.778
937	sez80-4	aperta		50	108.108	2.033	55.12592	1.34	110.14	5.399	111.626
958	sez80-5	aperta		50	107.956	2.043	55.12591	1.319	109.999	5.371	111.47
978	sez80-6	aperta		50	107.804	2.057	55.12802	1.268	109.86	5.338	111.313
998	sez80-7	aperta		50	107.652	2.072	55.13762	1.175	109.724	5.299	111.156
1018	sez90	aperta	Nuovo tratto Calamasciu a Caniga, lato Ovest FS	50	107.5	2.091	55.13761	1.159	109.591	5.253	110.997
1018	sez91	aperta		50	107.5	2.091	55.13761	0.955	109.591	3.937	110.381
1032	sez91-0-sez100	aperta		50	107.417	2.084	55.13761	0.96	109.501	3.95	110.296
1046	sez91-1-sez100	aperta		50	107.333	2.076	55.1376	0.966	109.41	3.967	110.212
1060	sez91-2-sez100	aperta		50	107.25	2.068	55.1376	0.972	109.318	3.986	110.128
1074	sez91-3-sez100	aperta		50	107.167	2.058	55.1376	0.98	109.224	4.008	110.043
1088	sez91-4-sez100	aperta		50	107.083	2.046	55.1376	0.989	109.13	4.034	109.959
1101	sez100	aperta		50	107	2.033	55.13759	0.999	109.033	4.064	109.875





Tabella 9 – Tabella risultati profilo Calamasciu completo, da sezione iniziale a finale II lotto. Ante Operam, T 100 anni

PROFILI STATO DI FATTO (AD OPERE REALIZZATE I LOTTO) - (Valori massimi, inviluppo)											
Progressiva rispetto al profilo completo (m)	Nome Sezione fluviale o nome ID monte	Tipo sezione	Indicazioni	Tempo Ritorno riferimento T (anni)	Quota Fondo (m AD)	Tirante o piezometrica max sezione (m)	Portata sezione (m3/s)	Numero froude sezione	Quota p.l. max sezione (m AD)	Velocità max Sezione (m/s)	Carico Totale Sezione (m AD)
0	PRG_010	aperta	Tratto fluviale esistente a valle del ponte di strada Funtana Li Colbu	100	122.45	2.466	35.07204	0.477	124.916	2.041	125.129
9	S_prog_1	aperta		100	122.43	2.387	37.11702	0.655	124.817	2.361	125.102
44	S_prog_1-0-S_prog_1!	aperta		100	122.247	2.398	38.78555	0.649	124.644	2.458	124.952
80	S_prog_1-1-S_prog_1!	aperta		100	122.063	2.349	41.75511	0.648	124.413	2.715	124.788
115	S_prog_1-2-S_prog_1!	aperta		100	121.88	2.288	43.21181	0.68	124.168	2.903	124.597
150	S_prog_1-3-S_prog_1!	aperta		100	121.697	2.236	43.12131	0.708	123.933	2.979	124.385
185	S_prog_1-4-S_prog_1!	aperta		100	121.513	2.193	42.12159	0.716	123.706	2.979	124.159
221	S_prog_1!!	aperta		100	121.33	2.126	41.90016	3.413	123.456	4.588	123.938
223	S_prog_1!!!	aperta		100	120.83	2.735	42.07221	0.686	123.565	2.273	123.828
265	S_prog_1!!!!	aperta		100	120.5	3.272	26.18617	0.275	123.772	1.147	123.839
282	S120	aperta	Attraversam. FS	100	120.48	3.397	11.51661	0.464	123.877	1.082	123.91
285	5	aperta		100	120.4	3.518	7.10379	0.205	123.918	0.646	123.926
285	5	chiusa RECT	Tratto aperto lato Ovest rispetto a linea ferroviaria (da disconnettere a monte in progetto)	100	120.4	3.018	7.10329	0.561		3.332	123.918
292	6	chiusa RECT		100	120.39	2.809	7.10315	0.563		3.347	123.703
292	23	aperta		100	120.39	2.305	7.10764	0.672	122.695	1.709	122.737
311	023-0-024	aperta		100	120.167	2.466	8.16125	0.625	122.633	1.892	122.704
330	023-1-024	aperta		100	119.943	2.619	9.14822	0.71	122.562	2.277	122.663
348	24	aperta		100	119.72	2.703	10.91173	0.943	122.423	3.151	122.588
363	024-0-025	aperta		100	119.543	2.737	13.77133	0.941	122.281	3.023	122.474
378	024-1-025	aperta		100	119.367	2.727	17.7258	0.901	122.093	2.822	122.342
393	25	aperta		100	119.19	2.769	20.8248	0.813	121.959	2.47	122.215
412	025-0-026	aperta		100	118.96	2.79	24.13907	0.815	121.75	2.632	122.084
431	025-1-026	aperta	Attraversam. FS	100	118.73	2.776	27.64146	0.814	121.506	2.939	121.946
449	26	aperta		100	118.5	2.761	30.34617	0.789	121.261	3.229	121.793
470	026-0-027	aperta		100	118.257	2.766	30.83714	0.781	121.024	3.431	121.624
490	026-1-027	aperta		100	118.015	2.805	30.06225	0.773	120.82	3.436	121.422
511	026-2-027	aperta		100	117.773	2.838	29.44237	0.768	120.61	3.473	121.225
531	27	aperta		100	117.53	2.832	29.59061	0.805	120.362	3.671	121.049
542	027-0-028	aperta		100	117.402	2.828	30.21366	0.804	120.23	3.635	120.904
553	027-1-028	aperta		100	117.274	2.909	29.64143	0.714	120.183	3.274	120.729
564	027-2-028	aperta		100	117.146	2.97	30.54747	0.702	120.116	3.091	120.603
575	28	aperta		100	117.018	3.291	25.44348	0.832	120.309	2.362	120.533
575	7	chiusa RECT	Attuale canale aperto tra attraversamento FS e attraversamento cavalcavia	100	117.018	2.888	25.44348	0.501		3.039	120.309
583	76	chiusa RECT		100	116.9	2.856	25.44348	0.492		3.04	120.227
583	29	aperta		100	116.9	2.385	42.34348	1.73	119.285	4.936	120.093
590	add18	aperta		100	116.798	2.436	45.1031	0.873	119.234	3.464	119.775
605	30	aperta		100	116.548	2.485	50.84228	1.003	119.033	4.418	120.028
620	add19	aperta		100	116.348	2.493	53.82323	1.087	118.841	4.482	119.865
638	31	aperta		100	116.207	2.372	53.45021	1.144	118.579	4.882	119.794
666	add17	aperta		100	116	2.245	52.20119	0.989	118.245	4.464	119.261
680	32	aperta		100	115.777	2.301	52.03809	1.158	118.078	4.863	119.284
704	add14	aperta		100	115.336	2.444	49.96688	1.013	117.78	4.343	118.742
724	34	aperta	Attuale canale aperto tra attraversamento FS e attraversamento cavalcavia	100	115.126	2.458	50.60583	1.011	117.584	4.199	118.483
741	add15	aperta		100	114.906	2.517	47.52746	1.027	117.423	4.433	118.425
761	35	aperta		100	114.585	2.674	42.43232	0.971	117.259	4.684	118.377
774	add16	aperta		100	114.4	2.743	39.98943	0.956	117.144	4.524	118.187
794	36	aperta		100	114.105	2.83	41.99203	1.003	116.935	4.389	117.917
794	77 (2 scatolari)	chiusa RECT		100	114.105	2.339	12.84646	0.784		2.742	116.827
845	78 (2 scatolari)	chiusa RECT		100	113.444	2.322	12.84671	0.51		2.743	116.15
845	37	aperta		100	113.444	1.939	41.99813	2.347	115.383	7.732	118.428
867	38	aperta		100	112.824	1.973	38.79387	1.511	114.797	3.396	115.255
887	39	aperta		100	112.104	2.636	40.53669	1.476	114.74	3.307	115.136
907	40	aperta	Attuale canale aperto tra attraversamento FS e attraversamento cavalcavia	100	111.404	3.337	51.75948	1.294	114.741	2.265	114.927
926	41	aperta		100	110.65	4.429	10.60738	0.693	115.079	1.509	115.079
926	79	chiusa RECT		100	110.65	4.198	10.49297	0.697		3.447	115.082
945	80	chiusa RECT		100	110.503	4.111	10.45106	0.628		3.452	114.845
945	42	aperta		100	110.503	3.882	10.45197	0.86	114.385	3.221	114.415
960	042-043	aperta		100	110.339	4.009	11.52826	0.847	114.347	3.292	114.393
976	43	aperta		100	110.162	4.141	12.12128	0.852	114.304	3.34	114.367
990	043-044	aperta		100	110.021	4.255	12.23011	0.81	114.275	3.193	114.349
1008	44	aperta		100	109.822	4.273	16.93414	0.809	114.095	3.215	114.258
1025	044-045	aperta		100	109.639	4.319	20.13655	0.783	113.958	2.901	114.185
1040	45	aperta	Attuale canale aperto tra attraversamento FS e ponte arco strada Caniga	100	109.481	4.413	21.43099	0.758	113.894	2.652	114.14
1058	045-046	aperta		100	109.286	4.505	23.46358	0.667	113.791	2.375	114.074
1072	46	aperta		100	109.141	4.73	21.29267	0.567	113.871	2.46	114.083
1072	81	chiusa RECT		100	109.141	3.493	21.29235	0.511		4.927	113.871
1079	outtt	chiusa RECT		100	109.031	3.298	21.29232	0.462		4.937	113.571
1079	fff	aperta		100	109.031	2.055	21.29231	1.371	111.086	4.19	111.652
1085	g1	aperta		100	108.998	2.056	24.66114	0.761	111.054	2.647	111.393
1093	g2	aperta		100	108.95	2.052	31.98668	1.116	111.002	3.779	111.723
1097	dddd	aperta		100	108.931	2.016	34.26925	1.431	110.947	4.957	112.2
1103	g3	aperta		100	108.626	2.124	36.92125	3.03	110.75	8.019	113.632
1109	cccc	aperta	Ultimo tratto naturale	100	108.321	2.29	38.88842	1.939	110.611	5.819	111.557
1109	out	aperta		100	108.321	1.321	38.88842	1.364		4.907	110.87
1163	out finale	aperta		100	107.5	1.321	38.88838	1.364		4.907	110.049



Tabella 10 – Tabella risultati profilo Calamasciu completo, da sezione iniziale a finale II lotto. POST Operam, T 100 anni

PROFILI PROGETTO II LOTTO - (Valori massimi, inviluppo)											
Progressiva rispetto al profilo completo (m)	Nome Sezione fluviale o nome ID monte	Tipo sezione	Indicazioni	Tempo Ritorno riferimento T (anni)	Quota Fondo (m AD)	Tirante o piezometrica max sezione (m)	Portata sezione (m3/s)	Numero froude sezione	Quota p.l. max sezione (m AD)	Velocità max Sezione (m/s)	Carico Totale Sezione (m AD)
0	PRG_010	aperta	Tratto fluviale esistente a valle del ponte di strada Funtana Li Colbu	100	122.45	2.48	35.33149	0.481	124.93	2.044	125.143
9	S_attu-gabb_1	aperta		100	122.43	2.393	37.72192	0.655	124.823	2.393	125.115
44	S_attu-gabb_2	aperta		100	122.247	2.396	39.49009	0.649	124.643	2.505	124.962
79	S_attu-gabb_3	aperta		100	122.063	2.336	42.49627	0.66	124.399	2.782	124.794
114	S_attu-gabb_4	aperta		100	121.88	2.262	43.91731	0.706	124.142	2.992	124.598
150	S_attu-gabb_5	aperta		100	121.697	2.17	43.86823	0.761	123.867	3.145	124.371
185	S_attu-gabb_6	aperta		100	121.513	2.012	43.74506	0.916	123.525	3.448	124.131
220	S_attu-gabb_7	aperta		100	121.33	1.65	44.19027	3.388	122.98	4.737	124.017
222	S_attu-gabb_8	aperta		100	120.83	2.136	44.38414	0.854	122.966	3.24	123.501
264	S-attu-gabb-valle	aperta		100	120.5	1.99	45.90574	1.06	122.49	3.663	123.175
277	L2-prog02	aperta	Nuovo tratto di raccordo, inizio progetto	100	120.3	2.021	45.95042	0.999	122.321	3.916	123.072
277	L2-prog02	aperta		100	120.3	1.791	45.95042	1.357	122.091	4.594	123.137
286	L2-prog02a	aperta		100	120.14	1.808	46.05869	1.376	121.948	4.759	123.103
296	L2-prog02b	aperta		100	119.98	1.813	46.13595	1.383	121.793	4.886	123.01
306	L2-prog03	aperta		100	119.82	1.817	46.21841	1.37	121.637	5.004	122.913
317	L2-prog04	aperta		100	119.66	1.806	46.29419	1.305	121.466	5.142	122.814
327	L2-prg05	aperta		100	119.5	1.797	46.36093	1.262	121.297	5.13	122.639
327	L2-prg05	aperta rect		100	119.5	1.797	46.36093	1.417	121.297	5.13	122.639
332	L2-prg06	aperta rect		100	119.42	1.836	46.3614	1.586	121.256	6.27	123.26
355	L2-prg06-1	aperta rect		100	119.144	1.843	46.3614	1.586	120.987	6.246	122.976
378	L2-prg06-2	aperta rect	Nuovo tratto di progetto, rettangolare lato parallelo muro FS	100	118.868	1.853	46.3614	1.585	120.721	6.212	122.688
401	L2-prg06-3	aperta rect		100	118.592	1.868	46.36139	1.582	120.46	6.162	122.396
424	L2-prg06-4	aperta rect		100	118.316	1.89	46.36139	1.581	120.206	6.092	122.098
447	L2-prg06-5	aperta rect		100	118.04	1.921	46.36139	1.579	119.961	5.994	121.793
470	L2-prg06-6	aperta rect		100	117.764	1.964	46.36138	1.574	119.728	5.863	121.481
493	L2-prg10	aperta rect		100	117.488	2.023	46.36137	1.55	119.511	5.694	121.164
504	L2-prg12	aperta rect		100	117.356	2.054	46.36137	1.539	119.41	5.608	121.014
504	L2-prg12	116.7		100	116.7	2.71	59.60415	1.06	119.41	5.474	120.938
522	L2-prg12-1	116.52		100	116.52	2.618	59.60414	1.103	119.138	5.505	120.683
539	L2-prg12-2	116.34		100	116.34	2.53	59.60414	1.144	118.87	5.504	120.414
557	L2-prg12-3	116.16	Nuovo tratto di raccordo con la sezione esistente a valle	100	116.16	2.46	59.38518	1.189	118.62	5.373	120.092
574	L2-prg12-4	115.98		100	115.98	2.431	58.40737	1.168	118.411	5.074	119.723
592	PRG_12_1	115.8		100	115.8	2.462	57.11812	1.131	118.262	4.659	119.369
592	PRG_12_1	aperta		100	115.8	2.19	57.11812	1.215	117.99	5.309	119.427
615	add14	aperta		100	115.336	2.277	54.1433	1.114	117.613	4.874	118.824
635	34	aperta		100	115.126	2.191	52.95032	1.224	117.317	5.061	118.622
652	add15	aperta		100	114.906	2.093	51.01559	1.388	116.999	5.762	118.691
672	35	aperta		100	114.585	2.118	49.27149	1.085	116.703	4.66	117.81
680	035-1	aperta		100	114.464	2.15	49.08099	1.065	116.613	4.372	117.588
688	035-2	aperta		100	114.342	2.184	50.05634	1.083	116.527	4.221	117.435
697	035-3	aperta	Attuale canale aperto tra attraversamento FS e attraversamento cavalcavia	100	114.221	2.218	52.00246	1.089	116.439	4.18	117.33
705	36	aperta		100	114.1	2.247	53.61024	1.099	116.347	4.138	117.22
705	77 (2 scatolari)	chiusa RECT		100	114.105	2.113	16.85849	0.936		3.608	116.882
756	78 (2 scatolari)	chiusa RECT		100	113.444	1.62	16.85849	1.044		4.163	115.947
756	37	aperta		100	113.444	1.588	53.61024	2.606	115.032	9.296	119.438
778	38	aperta		100	112.7	1.479	52.14725	2.029	114.179	5.573	115.762
799	39	aperta		100	111.98	1.989	52.86055	1.967	113.969	4.489	114.997
818	40	aperta		100	111.34	2.627	55.64601	1.837	113.967	3.168	114.429
833	040b	aperta		100	110.86	3.371	48.17773	0.848	114.231	1.472	114.341
838	41	aperta		100	110.7	3.444	44.98927	0.661	114.144	2.179	114.386
838	79	chiusa RECT	Sistemazione tratto aperto tra cavalcavia e attrav. FS	100	110.65	3.494	22.19891	0.883		7.2	116.787
857	80	chiusa RECT		100	110.503	1.305	22.19891	2.378		8.505	115.496
857	sez80	aperta		100	108.715	2.202	58.25555	1.361	110.917	5.265	112.331
877	sez80-1	aperta		100	108.563	2.224	60.42833	1.36	110.787	5.409	112.279
897	sez80-2	aperta		100	108.411	2.238	62.69356	1.358	110.65	5.576	112.235
917	sez80-3	aperta		100	108.259	2.246	64.09296	1.354	110.506	5.681	112.151
937	sez80-4	aperta		100	108.108	2.252	64.24082	1.346	110.36	5.68	112.004
958	sez80-5	aperta		100	107.956	2.259	64.24081	1.325	110.214	5.664	111.85
978	sez80-6	aperta		100	107.804	2.267	64.24464	1.275	110.07	5.644	111.695
998	sez80-7	aperta		100	107.652	2.276	64.25691	1.19	109.928	5.623	111.54
1018	sez90	aperta	Nuovo tratto Calamasciu a Caniga, lato Ovest FS	100	107.5	2.287	64.2569	1.182	109.787	5.597	111.384
1018	sez91	aperta		100	107.5	2.287	64.2569	0.96	109.787	4.114	110.65
1032	sez91-0-sez100	aperta		100	107.417	2.28	64.2569	0.965	109.697	4.127	110.565
1046	sez91-1-sez100	aperta		100	107.333	2.273	64.2569	0.97	109.606	4.143	110.481
1060	sez91-2-sez100	aperta		100	107.25	2.264	64.2569	0.976	109.514	4.16	110.397
1074	sez91-3-sez100	aperta		100	107.167	2.254	64.25689	0.983	109.421	4.181	110.312
1088	sez91-4-sez100	aperta		100	107.083	2.244	64.25689	0.991	109.327	4.204	110.228
1101	sez100	aperta		100	107	2.231	64.25688	0.999	109.231	4.231	110.144



Tabella 11 – Tabella risultati profilo Calamasciu completo, da sezione iniziale a finale II lotto. Ante Operam, T 200 anni

PROFILI STATO DI FATTO (AD OPERE REALIZZATE I LOTTO) - (Valori massimi, inviluppo)											
Progressiva rispetto al profilo completo (m)	Nome Sezione fluviale o nome ID monte	Tipo sezione	Indicazioni	Tempo Ritorno riferimento T (anni)	Quota Fondo (m AD)	Tirante o piezometrica max sezione (m)	Portata sezione (m3/s)	Numero froude sezione	Quota p.l. max sezione (m AD)	Velocità max Sezione (m/s)	Carico Totale Sezione (m AD)
0	PRG_010	aperta	Tratto fluviale esistente a valle del ponte di strada Funtana Li Colbu	200	122.45	2.615	39.07296	0.486	125.065	2.128	125.296
9	S_prog_1	aperta		200	122.43	2.531	41.39232	0.664	124.961	2.453	125.268
44	S_prog_1-0-S_prog_1!	aperta		200	122.247	2.525	43.70679	0.658	124.772	2.601	125.117
80	S_prog_1-1-S_prog_1!	aperta		200	122.063	2.458	47.10937	0.658	124.521	2.899	124.95
115	S_prog_1-2-S_prog_1!	aperta		200	121.88	2.377	48.66183	0.714	124.257	3.12	124.753
150	S_prog_1-3-S_prog_1!	aperta		200	121.697	2.289	48.65144	0.764	123.986	3.265	124.53
185	S_prog_1-4-S_prog_1!	aperta		200	121.513	2.167	47.8042	0.831	123.68	3.431	124.281
221	S_prog_1!!	aperta		200	121.33	1.944	47.81715	3.387	123.274	4.716	124.062
223	S_prog_1!!!	aperta		200	120.83	2.494	48.06194	0.755	123.324	2.899	123.753
265	S_prog_1!!!!	aperta		200	120.5	2.742	45.1129	0.51	123.242	2.43	123.543
282	S120	aperta		200	120.48	2.544	40.99463	1.193	123.024	4.005	123.842
285	5	aperta		200	120.4	2.669	39.90818	0.626	123.069	3.126	123.567
285	5	chiusa RECT	Attraversam.	200	120.4	2.639	1.63416	0.115		0.765	123.069
292	6	chiusa RECT	FS	200	120.39	2.636	1.63416	0.094		0.765	123.056
292	23	aperta	Tratto aperto lato Ovest rispetto a linea ferroviaria (da disconnettere a monte in progetto)	200	120.39	2.606	39.91318	0.992	122.996	4.641	124.094
311	023-0-024	aperta		200	120.167	2.639	31.48026	0.926	122.805	4.165	123.69
330	023-1-024	aperta		200	119.943	2.732	25.88466	0.882	122.676	3.748	123.392
348	24	aperta		200	119.72	2.792	23.08873	1.071	122.512	3.628	123.183
363	024-0-025	aperta		200	119.543	2.823	24.04266	1.019	122.366	3.466	122.903
378	024-1-025	aperta		200	119.367	2.838	26.50118	0.932	122.204	3.309	122.698
393	25	aperta		200	119.19	2.893	28.71791	0.842	122.083	2.938	122.512
412	025-0-026	aperta		200	118.96	2.909	31.11324	0.847	121.869	3.11	122.362
431	025-1-026	aperta		200	118.73	2.9	33.765	0.851	121.63	3.375	122.211
449	26	aperta		200	118.5	2.888	35.72739	0.837	121.388	3.57	122.038
470	026-0-027	aperta		200	118.257	2.888	35.51268	0.839	121.146	3.719	121.851
490	026-1-027	aperta		200	118.015	2.914	34.26569	0.84	120.929	3.716	121.633
511	026-2-027	aperta		200	117.773	2.929	33.26829	0.841	120.701	3.76	121.422
531	27	aperta		200	117.53	2.902	33.22684	0.861	120.432	3.991	121.244
542	027-0-028	aperta	Tratto canale aperto tra attraversamento FS e attraversamento cavalcavia	200	117.402	2.884	33.74603	0.863	120.286	3.955	121.083
553	027-1-028	aperta		200	117.274	2.931	33.18864	0.788	120.205	3.629	120.876
564	027-2-028	aperta		200	117.146	2.945	34.67775	0.771	120.091	3.55	120.733
575	28	aperta		200	117.018	3.18	31.30181	0.788	120.198	2.699	120.57
575	7	chiusa RECT	Attraversam.	200	117.018	2.896	22.00224	0.473		2.628	120.198
583	76	chiusa RECT	FS	200	116.9	2.884	22.00224	0.461		2.628	120.137
583	29	aperta	Attuale canale aperto tra attraversamento FS e attraversamento cavalcavia	200	116.9	2.532	50.70174	1.785	119.432	5.005	120.193
590	add18	aperta		200	116.798	2.579	53.45347	0.901	119.377	3.63	120.042
605	30	aperta		200	116.548	2.644	58.80373	1.023	119.192	4.738	120.337
620	add19	aperta		200	116.348	2.647	61.49908	1.094	118.995	4.711	120.127
638	31	aperta		200	116.207	2.523	60.66534	1.162	118.73	5.121	120.067
666	add17	aperta		200	116	2.391	58.63841	1.003	118.391	4.686	119.511
680	32	aperta		200	115.777	2.449	58.1968	1.161	118.226	5.041	119.521
704	add14	aperta		200	115.336	2.601	55.89706	1.045	117.937	4.509	118.973
724	34	aperta		200	115.126	2.62	56.74153	1.041	117.746	4.359	118.715
741	add15	aperta		200	114.906	2.684	53.12105	1.058	117.59	4.604	118.67
761	35	aperta		200	114.585	2.839	47.5952	0.985	117.424	4.913	118.654
774	add16	aperta		200	114.4	2.902	44.94986	0.972	117.302	4.755	118.455
794	36	aperta		200	114.105	2.99	47.22269	1.003	117.095	4.565	118.158
794	77 (2 scatolari)	chiusa RECT	Attraversam.	200	114.105	2.542	13.71512	0.802		2.921	117.082
845	78 (2 scatolari)	chiusa RECT	Cavalcavia	200	113.444	2.435	13.71515	0.512		2.925	116.315
845	37	aperta	Attuale canale aperto tra cavalcavia e attravers. FS	200	113.444	1.999	47.22544	2.43	115.443	8.257	118.918
867	38	aperta		200	112.824	1.832	42.94806	1.523	114.656	3.832	115.341
887	39	aperta		200	112.104	2.446	43.42708	1.485	114.55	3.931	115.133
907	40	aperta		200	111.404	3.105	57.32409	1.299	114.509	2.482	114.788
926	41	aperta	Attraversam.	200	110.65	4.157	32.34718	0.773	114.807	1.523	114.907
926	79	chiusa RECT		200	110.65	3.954	9.11926	0.819		3.003	114.807
945	80	chiusa RECT	FS	200	110.503	3.909	9.10853	0.867		3.01	114.611
945	42	aperta	Attuale canale aperto tra attravers. FS e ponte arco strada Caniga	200	110.503	3.709	32.22699	1.02	114.212	4.486	114.994
960	042-043	aperta		200	110.339	3.837	31.51066	0.939	114.175	4.004	114.875
976	43	aperta		200	110.162	3.978	31.28739	0.933	114.141	3.938	114.782
990	043-044	aperta		200	110.021	4.095	31.15692	0.868	114.116	3.626	114.717
1008	44	aperta		200	109.822	4.141	32.85644	0.85	113.963	3.591	114.617
1025	044-045	aperta		200	109.639	4.202	34.05616	0.793	113.841	3.667	114.524
1040	45	aperta		200	109.481	4.302	34.40141	0.775	113.783	3.618	114.448
1058	045-046	aperta		200	109.286	4.399	35.25233	0.698	113.685	3.626	114.354
1072	46	aperta		200	109.141	4.534	34.86837	0.568	113.675	3.478	114.292
1072	81	chiusa RECT	Attraversam.	200	109.141	3.492	19.53796	0.512		4.521	113.675
1079	outtt	chiusa RECT	Ponte strada	200	109.031	3.344	19.53787	0.463		4.528	113.42
1079	fff	aperta		200	109.031	2.299	34.86782	1.387	111.33	4.52	112.356
1085	g1	aperta	Attuale tratto aperto a valle del ponte ad arco di Caniga	200	108.998	2.276	37.49094	0.803	111.274	3.467	111.886
1093	g2	aperta		200	108.95	2.256	42.85414	1.17	111.206	4.412	112.198
1097	dddd	aperta		200	108.931	2.213	44.3313	1.473	111.144	5.66	112.777
1103	g3	aperta		200	108.626	2.326	45.92847	3.03	110.952	8.104	113.708
1109	cccc	aperta	Ultimo tratto naturale	200	108.321	2.503	46.47639	1.939	110.824	5.819	111.776
1109	out	aperta		200	108.321	1.466	46.47637	1.394		5.284	111.211
1163	out finale	aperta		200	107.5	1.466	46.473	1.394		5.284	110.389



Tabella 12 – Tabella risultati profilo Calamasciu completo, da sezione iniziale a finale II lotto. POST Operam, T 200 anni

PROFILI PROGETTO II LOTTO - (Valori massimi, inviluppo)											
Progressiva rispetto al profilo completo (m)	Nome Sezione fluviale o nome ID monte	Tipo sezione	Indicazioni	Tempo Ritorno riferimento T (anni)	Quota Fondo (m AD)	Tirante o piezometrica max sezione (m)	Portata sezione (m3/s)	Numero froude sezione	Quota p.l. max sezione (m AD)	Velocità max Sezione (m/s)	Carico Totale Sezione (m AD)
0	PRG_010	aperta	Tratto fluviale esistente a valle del ponte di strada Funtana Li Colbu	200	122.45	2.626	38.97638	0.487	125.076	2.112	125.304
9	S_attu-gabb_1	aperta		200	122.43	2.536	41.65422	0.665	124.966	2.463	125.275
44	S_attu-gabb_2	aperta		200	122.247	2.525	44.09331	0.659	124.771	2.625	125.123
79	S_attu-gabb_3	aperta		200	122.063	2.45	47.54926	0.662	124.514	2.937	124.953
114	S_attu-gabb_4	aperta		200	121.88	2.369	49.01863	0.724	124.249	3.156	124.756
150	S_attu-gabb_5	aperta		200	121.697	2.268	48.8854	0.782	123.965	3.319	124.526
185	S_attu-gabb_6	aperta		200	121.513	2.107	48.44256	0.917	123.621	3.601	124.282
220	S_attu-gabb_7	aperta		200	121.33	1.764	48.90543	3.386	123.094	4.748	124.156
222	S_attu-gabb_8	aperta		200	120.83	2.253	49.15245	0.854	123.083	3.358	123.658
264	S-attu-gabb-valle	aperta		200	120.5	2.1	51.38269	1.061	122.6	3.832	123.348
277	L2-prog02	aperta	Nuovo tratto di raccordo, inizio progetto	200	120.3	2.134	51.19707	1	122.434	3.977	123.24
277	L2-prog02	aperta		200	120.3	1.946	51.19707	1.358	122.246	4.596	123.278
286	L2-prog02a	aperta		200	120.14	1.981	51.33809	1.377	122.121	4.762	123.232
296	L2-prog02b	aperta		200	119.98	1.985	51.67682	1.385	121.965	4.946	123.21
306	L2-prog03	aperta		200	119.82	1.985	52.03403	1.37	121.805	5.081	123.121
317	L2-prog04	aperta		200	119.66	1.985	52.35743	1.326	121.645	5.201	123.024
327	L2-prog05	aperta		200	119.5	1.982	52.6435	1.262	121.482	5.283	122.905
327	L2-prog05	aperta rect		200	119.5	1.982	52.6435	1.422	121.482	5.283	122.905
332	L2-prog06	aperta rect		200	119.42	2.021	52.64868	1.591	121.441	6.471	123.576
355	L2-prg06-1	aperta rect		200	119.144	2.029	52.64867	1.59	121.173	6.446	123.291
378	L2-prg06-2	aperta rect	Nuovo tratto di progetto, rettangolare lato parallelo muro FS	200	118.868	2.04	52.64867	1.59	120.908	6.411	123.004
401	L2-prg06-3	aperta rect		200	118.592	2.056	52.64867	1.587	120.648	6.362	122.712
424	L2-prg06-4	aperta rect		200	118.316	2.078	52.64866	1.585	120.394	6.295	122.414
447	L2-prg06-5	aperta rect		200	118.04	2.108	52.64865	1.58	120.148	6.205	122.111
470	L2-prg06-6	aperta rect		200	117.764	2.149	52.64865	1.576	119.913	6.088	121.803
493	L2-prg10	aperta rect		200	117.488	2.203	52.64865	1.549	119.691	5.939	121.49
504	L2-prg12	aperta rect		200	117.356	2.232	52.64864	1.532	119.588	5.865	121.341
504	L2-prg12	116.7		200	116.7	2.888	66.0688	1.228	119.588	5.696	121.242
522	L2-prg12-1	116.52		200	116.52	2.784	66.06879	1.114	119.304	5.728	120.976
539	L2-prg12-2	116.34		200	116.34	2.68	66.04886	1.206	119.02	5.718	120.687
557	L2-prg12-3	116.16	Nuovo tratto di raccordo con la sezione esistente a valle	200	116.16	2.6	65.57568	1.19	118.76	5.558	120.335
574	L2-prg12-4	115.98		200	115.98	2.577	64.40539	1.168	118.557	5.236	119.954
592	PRG_12_1	115.8		200	115.8	2.611	62.98187	1.131	118.411	4.814	119.592
592	PRG_12_1	aperta		200	115.8	2.308	62.98187	1.227	118.108	5.52	119.662
615	add14	aperta		200	115.336	2.396	59.71152	1.124	117.732	5.065	119.04
635	34	aperta		200	115.126	2.312	58.73455	1.228	117.438	5.25	118.844
652	add15	aperta		200	114.906	2.219	56.70451	1.405	117.125	5.984	118.951
672	35	aperta		200	114.585	2.248	54.88448	1.096	116.833	4.866	118.04
680	035-1	aperta		200	114.464	2.279	54.70006	1.071	116.743	4.56	117.803
688	035-2	aperta		200	114.342	2.315	55.77421	1.085	116.658	4.392	117.641
697	035-3	aperta	Attuale canale aperto tra attraversamento FS e attraversamento cavalcavia	200	114.221	2.35	57.96333	1.09	116.571	4.34	117.531
705	36	aperta		200	114.1	2.382	59.90803	1.099	116.482	4.295	117.422
705	77 (2 scatolari)	chiusa RECT		200	114.105	2.319	18.00146	0.948		3.844	117.177
756	78 (2 scatolari)	chiusa RECT		200	113.444	1.679	18.00146	1.077		4.293	116.061
756	37	aperta		200	113.444	1.679	59.90802	2.654	115.123	9.696	119.917
778	38	aperta		200	112.7	1.57	58.00409	2.035	114.27	5.756	115.959
799	39	aperta		200	111.98	2.082	58.36392	1.981	114.062	4.713	115.194
818	40	aperta		200	111.34	2.712	60.8553	1.851	114.052	3.39	114.562
833	040b	aperta		200	110.86	3.479	52.32494	1.315	114.339	1.54	114.46
838	41	aperta		200	110.7	3.548	48.63614	0.973	114.248	2.265	114.509
838	79	chiusa RECT	Sistemazione tratto aperto tra cavalcavia e attrav. FS	200	110.65	3.598	22.66691	0.923		7.342	116.996
857	80	chiusa RECT		200	110.503	1.306	22.66691	2.428		8.685	115.653
857	sez80	aperta		200	108.715	2.415	65.93343	1.386	111.13	5.434	112.636
877	sez80-1	aperta		200	108.563	2.436	68.64704	1.384	110.999	5.609	112.604
897	sez80-2	aperta		200	108.411	2.449	71.32512	1.382	110.86	5.798	112.574
917	sez80-3	aperta		200	108.259	2.454	72.98949	1.379	110.714	5.921	112.501
937	sez80-4	aperta		200	108.108	2.457	73.21439	1.372	110.564	5.934	112.36
958	sez80-5	aperta		200	107.956	2.459	73.21439	1.355	110.415	5.929	112.207
978	sez80-6	aperta		200	107.804	2.462	73.22017	1.309	110.265	5.923	112.054
998	sez80-7	aperta		200	107.652	2.465	73.23486	1.205	110.117	5.918	111.902
1018	sez90	aperta	Nuovo tratto Calamasciu a Caniga, lato Ovest FS	200	107.5	2.468	73.23486	1.202	109.968	5.91	111.749
1018	sez91	aperta		200	107.5	2.468	73.23486	0.964	109.968	4.269	110.897
1032	sez91-0-sez100	aperta		200	107.417	2.462	73.23485	0.969	109.878	4.282	110.813
1046	sez91-1-sez100	aperta		200	107.333	2.454	73.23483	0.973	109.788	4.296	110.729
1060	sez91-2-sez100	aperta		200	107.25	2.446	73.23483	0.979	109.696	4.313	110.644
1074	sez91-3-sez100	aperta		200	107.167	2.436	73.23482	0.985	109.603	4.332	110.56
1088	sez91-4-sez100	aperta		200	107.083	2.426	73.23481	0.992	109.509	4.353	110.476
1101	sez100	aperta		200	107	2.414	73.23481	1	109.414	4.378	110.391



Tabella 13 – Tabella risultati profilo Calamasciu completo, da sezione iniziale a finale II lotto. Ante Operam, T 500 anni

PROFILI STATO DI FATTO (AD OPERE REALIZZATE I LOTTO) - (Valori massimi, inviluppo)											
Progressiva rispetto al profilo completo (m)	Nome Sezione fluviale o nome ID monte	Tipo sezione	Indicazioni	Tempo Ritorno riferimento T (anni)	Quota Fondo (m AD)	Tirante o piezometrica max sezione (m)	Portata sezione (m3/s)	Numero froude sezione	Quota p.l. max sezione (m AD)	Velocità max Sezione (m/s)	Carico Totale Sezione (m AD)
0	PRG_010	aperta	Tratto fluviale esistente a valle del ponte di strada Funtana Li Colbu	500	122.45	2.794	43.31791	0.482	125.244	2.187	125.488
9	S_prog_1	aperta		500	122.43	2.704	46.01641	0.655	125.134	2.519	125.458
44	S_prog_1-0-S_prog_1!	aperta		500	122.247	2.681	49.25606	0.649	124.928	2.728	125.308
80	S_prog_1-1-S_prog_1!	aperta		500	122.063	2.599	53.25434	0.664	124.662	3.064	125.141
115	S_prog_1-2-S_prog_1!	aperta		500	121.88	2.518	54.75956	0.724	124.398	3.274	124.944
150	S_prog_1-3-S_prog_1!	aperta		500	121.697	2.44	54.51217	0.762	124.137	3.384	124.721
185	S_prog_1-4-S_prog_1!	aperta		500	121.513	2.37	52.76816	0.777	123.883	3.391	124.47
221	S_prog_1!	aperta		500	121.33	2.273	51.88611	3.413	123.603	4.588	124.229
223	S_prog_1!!	aperta		500	120.83	2.882	52.10411	0.686	123.712	2.646	124.06
265	S_prog_1!!!	aperta		500	120.5	3.493	31.62319	0.275	123.993	1.286	124.077
282	S120	aperta	Attraversam. FS	500	120.48	3.654	12.82854	0.464	124.134	1.082	124.168
285	5	aperta		500	120.4	3.78	7.30551	0.205	124.18	0.646	124.187
285	5	chiusa RECT		500	120.4	3.266	7.30486	0.561		3.414	124.18
292	6	chiusa RECT		500	120.39	3.048	7.30467	0.563		3.43	123.956
292	23	aperta		500	120.39	2.531	7.30899	0.672	122.921	1.718	122.955
311	023-0-024	aperta		500	120.167	2.69	8.78859	0.625	122.857	1.911	122.922
330	023-1-024	aperta		500	119.943	2.841	10.12171	0.712	122.784	2.289	122.883
348	24	aperta		500	119.72	2.941	11.98546	0.946	122.661	3.172	122.816
363	024-0-025	aperta		500	119.543	3.008	14.79056	0.942	122.551	3.047	122.72
378	024-1-025	aperta		500	119.367	3.019	19.21185	0.901	122.386	2.848	122.603
393	25	aperta	Tratto aperto lato Ovest rispetto a linea ferroviaria (da disconnettere a monte in progetto)	500	119.19	3.066	23.04803	0.813	122.256	2.493	122.491
412	025-0-026	aperta		500	118.96	3.085	27.40302	0.816	122.045	2.702	122.369
431	025-1-026	aperta		500	118.73	3.059	32.05706	0.814	121.789	2.982	122.239
449	26	aperta		500	118.5	3.029	35.76009	0.789	121.529	3.344	122.099
470	026-0-027	aperta		500	118.257	3.022	36.88265	0.786	121.28	3.627	121.951
490	026-1-027	aperta		500	118.015	3.062	36.22085	0.779	121.077	3.673	121.765
511	026-2-027	aperta		500	117.773	3.088	35.67977	0.785	120.861	3.758	121.58
531	27	aperta		500	117.53	3.066	36.12325	0.84	120.596	4.036	121.427
542	027-0-028	aperta		500	117.402	3.073	36.47176	0.822	120.475	3.928	121.261
553	027-1-028	aperta		500	117.274	3.178	35.28504	0.713	120.452	3.462	121.063
564	027-2-028	aperta	Attraversam. FS	500	117.146	3.278	35.63099	0.677	120.424	3.16	120.934
575	28	aperta		500	117.018	3.709	26.61788	0.832	120.727	2.236	120.907
575	7	chiusa RECT		500	117.018	3.265	26.61788	0.434		3.169	120.727
583	76	chiusa RECT		500	116.9	3.224	26.61788	0.42		3.17	120.637
583	29	aperta	Attuale canale aperto tra attraversamento FS e attraversamento cavalcavia	500	116.9	2.712	49.31788	1.743	119.612	4.979	120.209
590	add18	aperta		500	116.798	2.742	53.82602	0.891	119.54	3.671	120.124
605	30	aperta		500	116.548	2.777	62.6726	1.027	119.325	4.76	120.48
620	add19	aperta		500	116.348	2.792	67.40633	1.1	119.14	4.799	120.314
638	31	aperta		500	116.207	2.68	67.44539	1.16	118.887	5.275	120.306
666	add17	aperta		500	116	2.556	66.05955	1.015	118.556	4.914	119.787
680	32	aperta		500	115.777	2.616	65.34449	1.163	118.393	5.227	119.786
704	add14	aperta		500	115.336	2.779	62.74846	1.039	118.115	4.679	119.231
724	34	aperta		500	115.126	2.806	63.59423	1.034	117.932	4.502	118.966
741	add15	aperta		500	114.906	2.877	59.4543	1.049	117.783	4.761	118.939
761	35	aperta	Attraversam. FS	500	114.585	3.035	53.50309	0.991	117.62	5.126	118.96
774	add16	aperta		500	114.4	3.1	50.60721	0.977	117.5	4.953	118.751
794	36	aperta		500	114.105	3.199	52.94121	1.003	117.304	4.673	118.412
794	77 (2 scatolari)	chiusa RECT		500	114.105	2.77	14.15231	0.794		3.008	117.304
845	78 (2 scatolari)	chiusa RECT		500	113.444	2.672	14.15231	0.511		3.013	116.546
845	37	aperta	Attuale canale aperto tra cavalcavia e attravers. FS	500	113.444	2.242	64.70316	2.603	115.686	9.7	120.442
867	38	aperta		500	112.824	2.285	51.47069	1.52	115.109	3.497	115.672
887	39	aperta		500	112.104	2.954	50.80199	1.48	115.058	3.445	115.549
907	40	aperta		500	111.404	3.621	65.76887	1.294	115.025	2.335	115.261
926	41	aperta		500	110.65	4.777	10.87661	0.693	115.427	1.509	115.43
926	79	chiusa RECT	Attraversam. FS	500	110.65	4.547	10.69861	0.697		3.509	115.427
945	80	chiusa RECT	FS	500	110.503	4.471	10.66613	0.629		3.518	115.203
945	42	aperta	Attuale canale aperto tra attravers. FS e ponte arco strada Caniga	500	110.503	4.242	10.66699	0.868	114.745	3.265	114.771
960	042-043	aperta		500	110.339	4.369	11.97876	0.859	114.708	3.35	114.749
976	43	aperta		500	110.162	4.5	12.92886	0.867	114.662	3.433	114.723
990	043-044	aperta		500	110.021	4.61	13.02652	0.827	114.631	3.315	114.704
1008	44	aperta		500	109.822	4.614	18.74349	0.817	114.436	3.352	114.607
1025	044-045	aperta		500	109.639	4.648	22.40136	0.789	114.288	3.027	114.529
1040	45	aperta		500	109.481	4.734	23.95925	0.766	114.215	2.762	114.481
1058	045-046	aperta		500	109.286	4.805	26.50354	0.675	114.092	2.498	114.407
1072	46	aperta		500	109.141	5.111	22.1551	0.567	114.252	2.462	114.446
1072	81	chiusa RECT	Attraversam. FS	500	109.141	3.797	22.17382	0.511		5.116	114.252
1079	outtt	chiusa RECT	Ponte strada	500	109.031	3.583	22.19589	0.463		5.133	113.932
1079	fff	aperta	Attuale tratto aperto a valle del ponte ad arco di Caniga	500	109.031	2.267	22.33274	1.379	111.298	4.225	111.727
1085	g1	aperta		500	108.998	2.252	27.27794	0.766	111.25	2.681	111.564
1093	g2	aperta		500	108.95	2.208	40.42495	1.117	111.158	4.288	112.095
1097	dddd	aperta		500	108.931	2.173	40.49089	1.432	111.104	5.301	112.535
1103	g3	aperta		500	108.626	2.302	43.26352	3.03	110.928	8.021	113.634
1109	cccc	aperta	Ultimo tratto naturale	500	108.321	2.485	45.81345	1.939	110.806	5.819	111.749
1109	out	aperta		500	108.321	1.452	45.81187	1.394		5.26	111.183
1163	out finale	aperta		500	107.5	1.451	45.70297	1.391		5.248	110.356





Tabella 14 – Tabella risultati profilo Calamasciu completo, da sezione iniziale a finale II lotto. POST Operam, T 500 anni

PROFILI PROGETTO II LOTTO - (Valori massimi, inviluppo)											
Progressiva rispetto al profilo completo (m)	Nome Sezione fluviale o nome ID monte	Tipo sezione	Indicazioni	Tempo Ritorno riferimento T (anni)	Quota Fondo (m AD)	Tirante o piezometrica max sezione (m)	Portata sezione (m3/s)	Numero froude sezione	Quota p.l. max sezione (m AD)	Velocità max Sezione (m/s)	Carico Totale Sezione (m AD)
0	PRG_010	aperta	Tratto fluviale esistente a valle del ponte di strada Funtana Li Colbu	500	122.45	2.798	43.13514	0.483	125.248	2.176	125.489
9	S_attu-gabb_1	aperta		500	122.43	2.702	46.20618	0.655	125.132	2.534	125.459
44	S_attu-gabb_2	aperta		500	122.247	2.673	49.5863	0.649	124.92	2.757	125.307
79	S_attu-gabb_3	aperta		500	122.063	2.581	53.64399	0.678	124.644	3.112	125.138
114	S_attu-gabb_4	aperta		500	121.88	2.491	55.16695	0.743	124.371	3.34	124.94
150	S_attu-gabb_5	aperta		500	121.697	2.38	54.98812	0.805	124.076	3.519	124.708
185	S_attu-gabb_6	aperta		500	121.513	2.216	54.11161	0.914	123.729	3.778	124.457
220	S_attu-gabb_7	aperta		500	121.33	1.887	54.55107	3.388	123.217	4.737	124.325
222	S_attu-gabb_8	aperta		500	120.83	2.377	54.85291	0.853	123.207	3.507	123.835
264	S-attu-gabb-valle	aperta		500	120.5	2.22	57.63497	1.062	122.72	4.01	123.54
277	L2-prog02	aperta	Nuovo tratto di progetto, inizio raccordo, inizio progetto	500	120.3	2.256	57.14654	0.999	122.556	4.126	123.424
277	L2-prog02	aperta		500	120.3	2.123	57.14654	1.357	122.423	4.604	123.441
286	L2-prog02a	aperta		500	120.14	2.18	57.35069	1.377	122.32	4.779	123.38
296	L2-prog02b	aperta		500	119.98	2.216	57.87588	1.385	122.196	4.952	123.331
306	L2-prog03	aperta		500	119.82	2.231	58.75368	1.372	122.051	5.093	123.305
317	L2-prog04	aperta		500	119.66	2.232	59.74374	1.324	121.892	5.206	123.26
327	L2-prg05	aperta		500	119.5	2.233	60.6348	1.262	121.733	5.3	123.165
327	L2-prg05	aperta rect		500	119.5	2.212	60.6348	1.417	121.712	5.359	123.176
332	L2-prg06	aperta rect		500	119.42	2.25	60.66187	1.59	121.67	6.702	123.96
355	L2-prg06-1	aperta rect		500	119.144	2.257	60.66187	1.59	121.401	6.68	123.676
378	L2-prg06-2	aperta rect	Nuovo tratto di progetto, rettangolare lato parallelo muro FS	500	118.868	2.268	60.66186	1.588	121.136	6.649	123.39
401	L2-prg06-3	aperta rect		500	118.592	2.282	60.66186	1.584	120.874	6.608	123.1
424	L2-prg06-4	aperta rect		500	118.316	2.301	60.66185	1.581	120.617	6.553	122.807
447	L2-prg06-5	aperta rect		500	118.04	2.327	60.66185	1.579	120.367	6.481	122.509
470	L2-prg06-6	aperta rect		500	117.764	2.361	60.66184	1.574	120.125	6.388	122.206
493	L2-prg10	aperta rect		500	117.488	2.405	60.66184	1.545	119.893	6.272	121.899
504	L2-prg12	aperta rect		500	117.356	2.427	60.66183	1.523	119.783	6.216	121.753
504	L2-prg12	116.7		500	116.7	3.083	73.6631	1.08	119.783	5.95	121.588
522	L2-prg12-1	116.52		500	116.52	2.955	73.6631	1.16	119.475	6	121.31
539	L2-prg12-2	116.34		500	116.34	2.841	73.44283	1.227	119.181	5.931	120.974
557	L2-prg12-3	116.16	Nuovo tratto di raccordo con la sezione esistente a valle	500	116.16	2.765	72.77309	1.193	118.925	5.743	120.606
574	L2-prg12-4	115.98		500	115.98	2.748	71.55912	1.17	118.728	5.41	120.22
592	PRG_12_1	115.8		500	115.8	2.786	70.11185	1.131	118.586	4.989	119.855
592	PRG_12_1	aperta		500	115.8	2.453	70.11185	1.234	118.253	5.742	119.934
615	add14	aperta		500	115.336	2.548	66.51227	1.13	117.884	5.257	119.293
635	34	aperta		500	115.126	2.473	65.83834	1.231	117.599	5.423	119.098
652	add15	aperta		500	114.906	2.396	63.63428	1.419	117.302	6.153	119.232
672	35	aperta		500	114.585	2.443	61.62391	1.104	117.028	4.993	118.299
680	035-1	aperta		500	114.464	2.482	61.33239	1.07	116.946	4.662	118.047
688	035-2	aperta		500	114.342	2.527	62.35781	1.085	116.869	4.485	117.873
697	035-3	aperta	Attuale canale aperto tra attraversamento FS e attraversamento cavalcavia	500	114.221	2.57	64.65331	1.091	116.791	4.426	117.754
705	36	aperta		500	114.1	2.611	66.80978	1.099	116.711	4.377	117.64
705	77 (2 scatolari)	chiusa RECT		500	114.105	2.606	19.32562	0.943		4.114	117.574
756	78 (2 scatolari)	chiusa RECT		500	113.444	1.775	19.32562	1.077		4.383	116.198
756	37	aperta		500	113.444	1.775	66.80978	2.7	115.219	10.097	120.417
778	38	aperta		500	112.7	1.667	64.38734	2.037	114.367	5.939	116.166
799	39	aperta		500	111.98	2.18	64.5117	1.974	114.16	4.953	115.411
818	40	aperta		500	111.34	2.803	66.58705	1.837	114.143	3.321	114.705
833	040b	aperta		500	110.86	3.592	56.88717	0.848	114.452	1.613	114.585
838	41	aperta		500	110.7	3.658	52.63461	0.661	114.358	2.356	114.641
838	79	chiusa RECT	Sistemazione tratto aperto tra cavalcavia e attrav. FS	500	110.65	3.708	23.15064	0.886		7.488	117.216
857	80	chiusa RECT		500	110.503	1.306	23.15064	2.479		8.87	115.819
857	sez80	aperta		500	108.715	2.69	75.95192	1.371	111.405	5.619	113.015
877	sez80-1	aperta		500	108.563	2.712	79.28381	1.369	111.275	5.82	113.002
897	sez80-2	aperta		500	108.411	2.724	82.45186	1.367	111.135	6.026	112.986
917	sez80-3	aperta		500	108.259	2.728	84.46127	1.364	110.988	6.163	112.924
937	sez80-4	aperta		500	108.108	2.729	84.79334	1.356	110.836	6.187	112.788
958	sez80-5	aperta		500	107.956	2.729	84.79331	1.336	110.684	6.187	112.636
978	sez80-6	aperta		500	107.804	2.729	84.80328	1.287	110.533	6.188	112.485
998	sez80-7	aperta		500	107.652	2.729	84.82039	1.211	110.381	6.189	112.334
1018	sez90	aperta	Nuovo tratto Calamasciu a Caniga, lato Ovest FS	500	107.5	2.729	84.82039	1.211	110.229	6.189	112.182
1018	sez91	aperta		500	107.5	2.688	84.82038	0.969	110.188	4.446	111.196
1032	sez91-0-sez100	aperta		500	107.417	2.682	84.82036	0.972	110.098	4.458	111.112
1046	sez91-1-sez100	aperta		500	107.333	2.674	84.82034	0.977	110.008	4.472	111.027
1060	sez91-2-sez100	aperta		500	107.25	2.666	84.82032	0.981	109.916	4.487	110.943
1074	sez91-3-sez100	aperta		500	107.167	2.657	84.8203	0.987	109.824	4.504	110.858
1088	sez91-4-sez100	aperta		500	107.083	2.647	84.82029	0.993	109.731	4.524	110.774
1101	sez100	aperta		500	107	2.636	84.82028	1	109.636	4.546	110.69





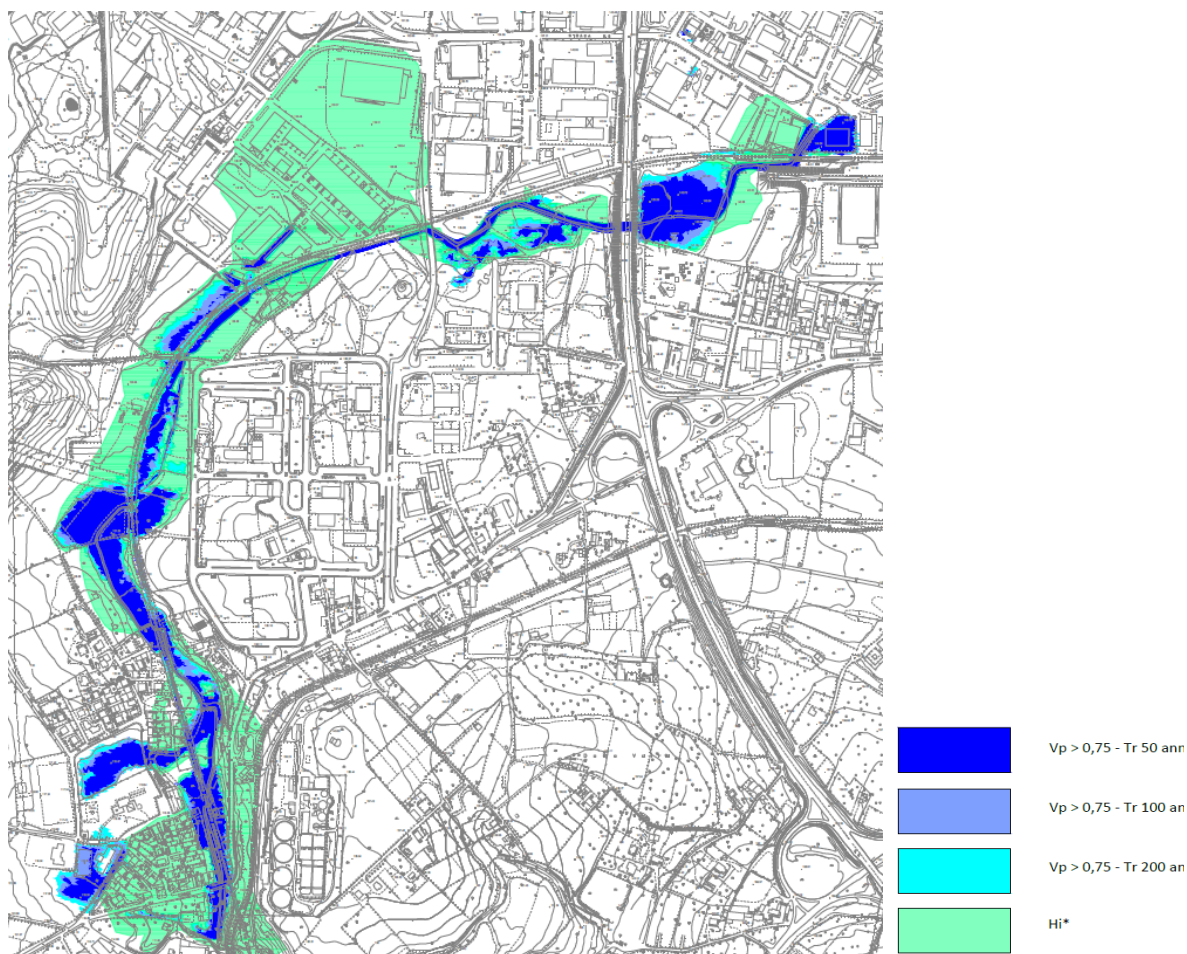
8. RIDEFINIZIONE DELLE MAPPE DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA DEL PAI

In accordo con L'Autorità di Bacino, sulla base dei risultati della modellazione e del collaudo degli interventi in progetto, potrà essere possibile a seguito della realizzazione degli stessi, ridefinire le mappe di pericolosità idraulica e rischio del PAI attraverso il procedimento della Variante ai sensi dell'art. 37 comma 7 delle N.A.

Richiamando quanto già descritto nello studio di compatibilità delle opere di I lotto approvato dall'Autorità di Bacino regionale e cui si rimanda per approfondimenti e chiarimenti, si riportano le Carte della Vulnerabilità delle persone (indice Vp) che individuano, a seguito della realizzazione degli interventi del 1° lotto funzionale, i nuovi perimetri di pericolosità derivanti dalle elaborazioni con modello bidimensionale e al tempo stesso localizzano le aree Hi* coerentemente con le indicazioni delle nuove Linee Guida dell'Autorità di Bacino emanate nel mese di Aprile 2021. Tali perimetrazioni, come è noto, rappresentano una **proiezione di quale possa essere il quadro della Vulnerabilità delle Persone e delle pericolosità idrauliche a seguito della realizzazione delle opere in progetto** nel primo intervento che costituirebbe l'Ante Operam del presente secondo lotto; allo stato attuale non scaturisce alcuna modifica del PAI. Le opere in progetto nel presente secondo intervento saranno in grado di contenere le portate con Tr 200 anni e con adeguato franco idraulico; l'adeguamento dell'attraversamento ferroviario di RFI n. 6 permetterà di confinare la pericolosità idraulica all'interno del tracciato delle nuove opere, eliminando quindi i livelli Hi4 e Hi3 dal centro abitato di Caniga e dalla viabilità. In ogni caso anche mantenendo l'attuale manufatto, per quanto estremamente insufficiente, si avrà un sensibile miglioramento della funzionalità idraulica dell'asta fluviale e una riduzione di criticità a beneficio degli elementi a rischio più vulnerabili (centro abitato, linee stradali e ferroviaria).



Figura 32 – Carta delle aree con V_p e H_i^* per i tempi di ritorno indagati, nella situazione ANTE OPERAM qualora siano realizzati gli interventi del primo lotto. Il POST OPERAM sarà predisposto in funzione delle caratteristiche degli interventi effettivamente finanziati



Ing. Fabio Cambula

(FIRMATO DIGITALMENTE)

Ing. Cristina G. Passoni



ALLEGATO 1: RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI DELLA MODELLAZIONE 1D-2D