

COMUNE DI ORISTANO



LOTTIZZAZIONE MASSA E PIU'



PROGETTISTA:

INGG. STUDIO 2
ING. USELLI FRANCESCO
VIA LIGURIA 22 - ORISTANO (OR)

PROPRIETÀ:

MASSA FRANCESCO
FORNASIER LUIGI GIOVANNI
FORNASIER SERGIO
BRATZI MARCO
MIGHELI MARISA
BRATZI ANTONIO
BRATZI MARIA ELENA

INGEGNERE IDRAULICO:

ING. SANNA ROBERTO

OGGETTO:

STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA E
DI INVARIANZA IDRAULICA

SCALA:

DATA:

MAGGIO 2019

Premessa.....	3
PARTE PRIMA	5
1. Inquadramento degli interventi previsti	5
1.1 Inquadramento geografico	5
1.2 Inquadramento cartografico	5
1.3 Inquadramento PAI	7
1.4 Inquadramento PSFF.....	9
1.5 Inquadramento adeguamento del PUC al PAI.....	10
1.6 Inquadramento PGRA.....	12
2. Proposta progettuale	13
3. Definizione dell'idrografia superficiale	16
4. Studio geologico e geotecnico	17
4.1 Inquadramento geologico	17
4.2 Inquadramento geotecnico	18
4.3 Conclusioni.....	18
5. Studio idrologico	19
6. Studio idraulico	21
5.1 Definizione del modello	21
5.2 Scenari di studio.....	22
5.3 Aree inondabili	23
7. Compatibilità degli interventi	24
PARTE SECONDA	26
1. Classe di intervento	26
2. Studio idrologico	28
2.1 CN – Stato attuale.....	28
2.2 CN – Stato di progetto	29
2.3 Calcolo dello ietogramma di progetto	31
2.4 Stima dell'idrogramma di piena.....	35
3. Dimensionamento del sistema di accumulo.....	38
3.1 Capacità di smaltimento del recettore.....	38
3.2 Misure di compensazione	39
Allegato 1 - Carta della pericolosità idraulica	
Allegato 2 - Carta degli elementi a rischio	
Allegato 3 - Carta del rischio idraulico	

Premessa

Il presente studio di compatibilità idraulica è parte integrante del progetto relativo al piano di lottizzazione sito a Nuraxinieddu, frazione del Comune di Oristano, lungo la Strada Statale 292 (SS292), e denominato "PIANO DI LOTTIZZAZIONE MASSA E PIU' ".

La relazione si compone di due parti.

La prima parte ha lo scopo di verificare la compatibilità idraulica dell'area oggetto di intervento sulla base delle prescrizioni delle Norme di Attuazione del P.A.I. della Regione Sardegna (Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino unico della Sardegna) pubblicate nel maggio del 2016 e in particolare ai sensi dell'articolo 8 comma 2, secondo cui:

Indipendentemente dall'esistenza di aree perimetrare dal PAI, in sede di adozione di nuovi strumenti urbanistici anche di livello attuativo e di varianti generali agli strumenti urbanistici vigenti i Comuni - tenuto conto delle prescrizioni contenute nei piani urbanistici provinciali e nel piano paesistico regionale relativamente a difesa del suolo, assetto idrogeologico, riduzione della pericolosità e del rischio idrogeologico - assumono e valutano le indicazioni di appositi studi di compatibilità idraulica e geologica e geotecnica, predisposti in osservanza dei successivi articoli 24 e 25, riferiti a tutto il territorio comunale o alle sole aree interessate dagli atti proposti all'adozione. Le conseguenti valutazioni comunali, poste a corredo degli atti di piano costituiscono oggetto delle verifiche di coerenza di cui all'articolo 32 commi 3, 5, della legge regionale 22.4.2002, n. 7 (legge finanziaria 2002). Il presente comma trova applicazione anche nel caso di variazioni agli strumenti urbanistici conseguenti all'approvazione di progetti ai sensi del DPR 18.4.1994, n. 383, "Regolamento recante disciplina dei procedimenti di localizzazione delle opere di interesse statale".

Nella seconda parte della presente relazione vengono esposte le indagini, gli studi condotti e i risultati della verifica di "invarianza idraulica".

Un piano di lottizzazione comporta, infatti, l'impermeabilizzazione di una parte della superficie del terreno in seguito alla realizzazione di nuove opere, con conseguente diminuzione del tempo di risposta del bacino interessato ed aumento della portata defluente nella rete d'evacuazione, con il rischio di aumentare la frequenza degli eventi critici su tutta l'area, a meno di interventi compensativi di tipo idraulico. L'articolo 47 delle Norme di Attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Sardegna recita testualmente:

1. Per invarianza idraulica si intende il principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei recettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione.

- 2. I comuni in sede di redazione degli strumenti urbanistici generali o di loro varianti generali e in sede di redazione degli strumenti urbanistici attuativi, stabiliscono che le trasformazioni dell'uso del suolo rispettino il principio dell'invarianza idraulica.*
- 3. Gli strumenti urbanistici generali ed attuativi individuano e definiscono le infrastrutture necessarie per soddisfare il principio dell'invarianza idraulica per gli ambiti di nuova trasformazione e disciplinano le modalità per il suo conseguimento, anche mediante la realizzazione di vasche di laminazione.*
- 4. Sono fatte salve eventuali normative già adottate dai comuni per l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica.*
- 5. La Regione approva normative specifiche con l'obiettivo di incentivare il perseguimento del principio della invarianza idraulica anche per i contesti edificati esistenti.*

Data l'importanza dell'argomento, l'Agenzia del Distretto Idrografico della Regione Sardegna (ADIS) ha pubblicato le "Linee Guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio della invarianza idraulica di cui all'articolo 47 delle NTA del PAI" con deliberazione n.2 del 17.05.2017 del Comitato Istituzionale della suddetta Agenzia.

Il presente studio si basa, quindi, sulle indicazioni date dalla normativa in vigore e dalle relative linee guida appena citate.

PARTE PRIMA

1. Inquadramento degli interventi previsti

1.1 Inquadramento geografico

Gli interventi previsti consistono nella realizzazione di un Piano di Lottizzazione Convenzionata in Zona C2ru del Comune di Oristano, compreso tra la Strada Provinciale SS292 e via Rimedio.

Nella figura seguente si riporta uno stralcio dell'ortofoto con sovrapposti i confini del lotto sul quale si intende operare:



Figura 1 – Ortofoto con il confine dell'area di intervento in rosso

1.2 Inquadramento cartografico

L'intero territorio nazionale è stato cartografato sotto forma di Carta Tecnica Regionale a scala 1:10.000.

L'area di interesse ricade all'interno del foglio n°528 sezione 080.

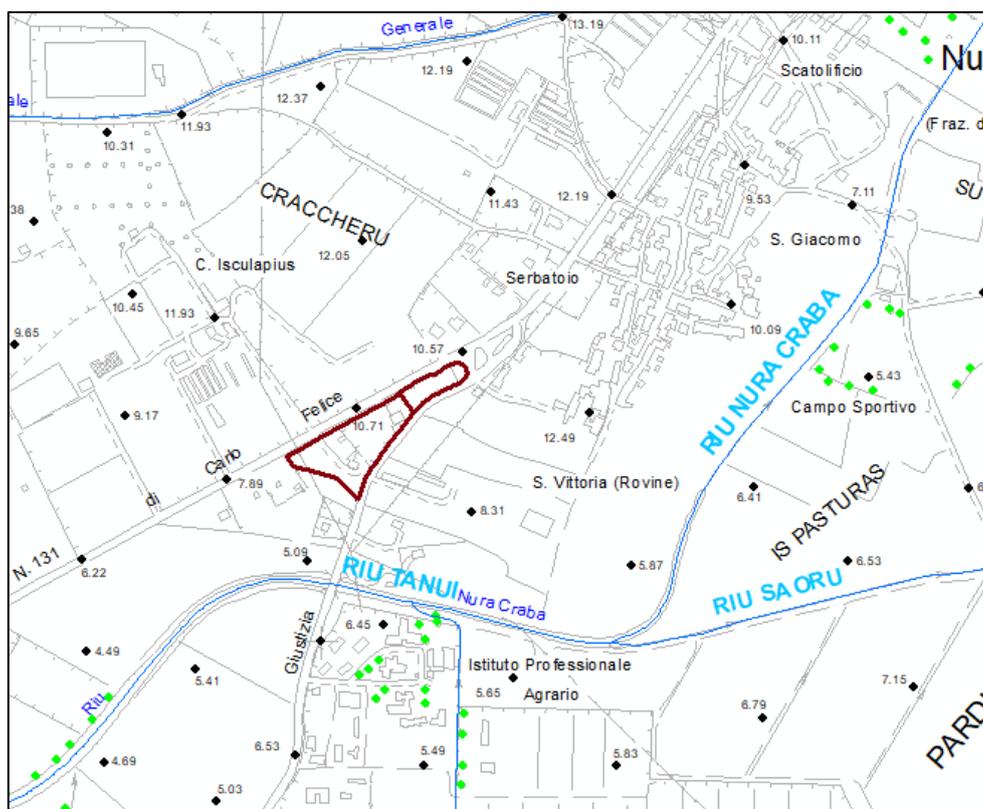


Figura 2 - Stralcio CTR sezione 528080 - in rosso la lottizzazione

Il Piano di Lottizzazione oggetto di studio ricade nei terreni di proprietà dei sigg.ri Massa Francesco, Bratzi Marco, Bratzi Antonio, Bratzi Maria Francesca, Migheli Marisa, Fornasier Luigi Giovanni, e Fornasier Sergio. Da un rilievo puntuale dello stato di fatto che ha tenuto conto sia della situazione esistente al contorno che della dividenda fissata dal vigente PUC, ne è derivata la seguente definizione della superficie territoriale calcolata ante espropri Anas e post espropri Anas.

- Superficie territoriale catastale del comparto ante espropri

F.6 mappale 477 intero	1,00 mq
F.6 mappale 478p./498p.	335,50 mq
F.6 mappale 77 intero e 135 intero	5.359,00 mq
F.6 mappale 502 (parte)	3.125,00 mq
F.6 mappale 503 parte	79,00 mq
F.6 mappale 2 intero	157,00 mq
F.6 mappale 479 parte	21,00 mq
F.6 mappale 88 intero	2.443,00 mq
F.6 mappale 499 parte	73,60 mq

 Totale sup. catastale comparto ante espropri 11.594,10 mq

A dedurre superfici catastali espropriate:

F.6 mappale 478p./498p.	335,50 mq
F.6 mappale 503 parte	79,00mq
F.6 mappale 479 parte	21,00mq
F.6 mappale 499 parte	73,60mq

Totale sup. catastale oggetto di esproprio	509,10 mq
Sup. territoriale catastale post espropri	11.085,00 mq

In seguito ai lavori che negli anni hanno interessato la viabilità al contorno, si è venuta a consolidare una nuova situazione ai confini, per cui un rilievo puntuale ha verificato una riduzione complessiva della superficie reale del comparto ossia:

Sup.territoriale reale comparto attuativo ante espropri (vedi Elab.5)	11.261,55 mq
A dedurre espropri	-509,10 mq

Superficie territoriale reale post espropri	10.752,45 mq
---	--------------

Dalla sovrapposizione infine della planimetria catastale su quella derivata dal rilievo puntuale riportante la situazione reale, si è potuto notare come il confine reale del comparto nel lato prospiciente la viabilità Anas, risulti traslato rispetto al confine catastale proprio per le motivazioni prima citate che hanno determinato nel tempo una riduzione complessiva della superficie reale del comparto.

1.3 Inquadramento PAI

Ai fini della difesa, della salvaguardia e del corretto sfruttamento del territorio, il PAI costituisce il documento di sintesi delle azioni promulgate dalla Pubblica Amministrazione (ai diversi livelli) e dagli Enti competenti nell'ambito della prevenzione del rischio idrogeologico. A tal proposito, si riporta brevemente il contesto normativo alla base della redazione dello stesso:

- Legge 18.5.1989, n. 183, "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo";
- Decreto Legge 11.6.1998, n. 180, "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania", convertito con modificazioni dalla Legge 3.8.1998, n. 267;

- Decreto Legge 12.10.2000, n. 279, "Interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato e in materia di protezione civile, nonché a favore di zone colpite da calamità naturali", convertito con modificazioni dalla legge 11.12.2000, n. 365;
- D.P.C.M. 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 decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180";
- Legge della Regione Sardegna 22.12.1989, n. 45, "Norme per l'uso e la tutela del territorio regionale", e successive modifiche e integrazioni, tra cui quelle della legge regionale 15.2.1996, n.9;
- altre disposizioni normative.

Nelle aree di pericolosità idraulica e di pericolosità da frana il PAI ha le finalità di garantire adeguati livelli di sicurezza di fronte al verificarsi di eventi idrogeologici e tutelare quindi le attività umane, i beni economici ed il patrimonio ambientale e culturale esposti a potenziali danni.

Inoltre, il PAI è lo strumento attraverso il quale si deve:

- inibire le attività ed interventi capaci di ostacolare il processo verso un adeguato assetto idrogeologico e contrastare l'aumento delle situazioni di pericolo e delle condizioni di rischio idrogeologico esistenti;
- costituire le condizioni di base per avviare azioni di riqualificazione degli ambienti fluviali e di riqualificazione naturalistica o strutturale dei versanti in dissesto;
- evitare la creazione di nuove situazioni di rischio, rendendo compatibili gli usi attuali o programmati del territorio e delle risorse con le situazioni di pericolosità idraulica e da frana individuate.

Sulla scorta di quanto sopra, nel PAI sono riportati gli elementi per l'individuazione e la delimitazione delle aree con pericolosità idraulica e con pericolosità da frana ai diversi livelli, gli elementi per la rilevazione degli insediamenti, dei beni, degli interessi e delle attività vulnerabili nelle aree pericolose, e gli elementi per l'individuazione e la delimitazione delle aree a rischio idraulico e a rischio da frana ai diversi livelli.

Le Norme di Attuazione del PAI sono orientate sia verso la disciplina di politiche di prevenzione nelle aree di pericolosità idrogeologica allo scopo di bloccare la nascita di nuove situazioni di rischio, sia verso la disciplina del controllo delle situazioni di rischio esistenti nelle stesse aree pericolose allo scopo di non consentire l'incremento del rischio specifico, fino all'eliminazione o alla riduzione delle condizioni di rischio attuali.

L'area di intervento ricade all'interno del bacino 02_Tirso.

Sulla base dello shapefile fornito dalla Regione Sardegna delle aree di pericolosità vigenti ai sensi del PGRA, si sono sovrapposte quelle definite in ambito PAI con l'ortofoto e con gli interventi previsti.

Come si può osservare in figura 3, la lottizzazione ricade all'interno della fascia di pericolosità idraulica Hi1.



Figura 3 - Sovrapposizione aree di pericolosità PAI su ortofoto

1.4 Inquadramento PSFF

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) è stato redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 della legge 19 maggio 1989 n. 183, quale Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale. Il PSFF trova specificazione nella direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni e nel Decreto Legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 che recepisce tale direttiva.

Il P.S.F.F. ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale vengono pianificate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali.

Inoltre, 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.

Per quanto riguarda le procedure di approvazione, si fa riferimento alla delibera n. 2 del 17.12.2015, che ha adottato in via definitiva il Progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, per tutto il territorio regionale con l'individuazione di nuove aree di pericolosità idraulica e la modifica di altre precedentemente identificate dal PAI.

Per quanto concerne gli elementi areali il Piano individua le cosiddette fasce fluviali, dette anche aree di pertinenza fluviale, che identificano quelle aree limitrofe all'alveo inciso occupate nel tempo dalla naturale

espansione delle piene, dallo sviluppo morfologico del corso d'acqua, dalla presenza di ecosistemi caratteristici degli ambienti fluviali.

L'area di interesse è ricompresa all'interno del sub-bacino 02_Tirso e più in particolare, come si evince dall'elaborato 2_1_3_3-CartaFasce, si trova a cavallo del sottobacino 01-Tirso e 23-Minori tra il Flumini Mannu di Pabillonis ed il Tirso.

Sulla base dello shapefile fornito dalla Regione Sardegna delle aree di pericolosità vigenti ai sensi del PGRA, si sono sovrapposte le aree di pericolosità idraulica definite in ambito PSFF (utilizzando per uniformità gli standard di RGB del PAI) con l'ortofoto e con gli interventi previsti.

Come si può osservare, l'area ricade totalmente al di fuori della fascia di pericolosità Hi3, ovvero quella relativa ad eventi con tempo di ritorno di 100 anni.

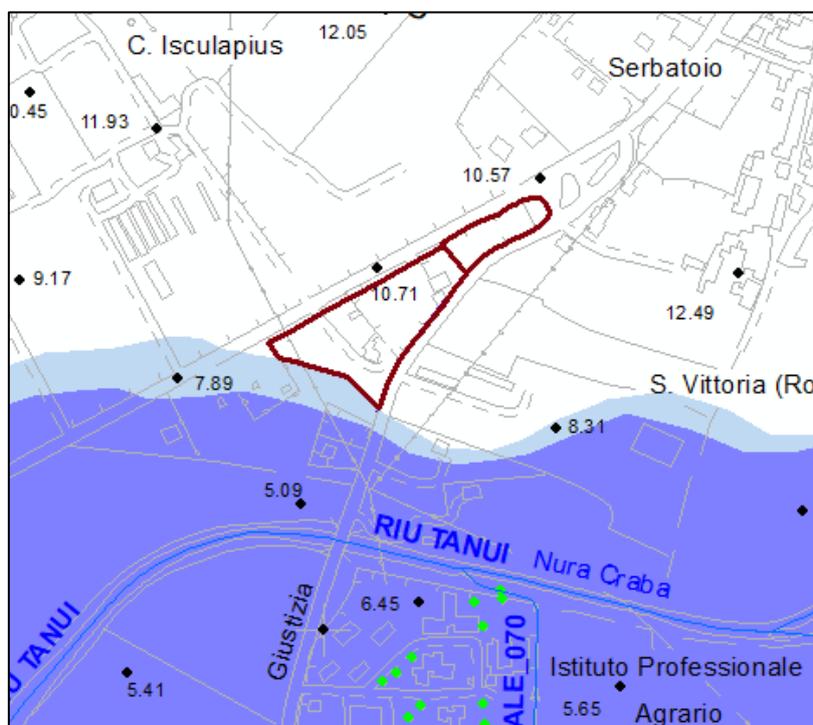


Figura 4 - Sovrapposizione aree di pericolosità PSFF su ortofoto

1.5 Inquadramento adeguamento del PUC al PAI

L'articolo 8 comma 2 delle Norme Tecniche d'Attuazione del PAI stabilisce che: *“Indipendentemente dall'esistenza di aree perimetrare dal PAI, in sede di adozione di nuovi strumenti urbanistici anche di livello attuativo e di varianti generali agli strumenti urbanistici vigenti i Comuni - tenuto conto delle prescrizioni contenute nei piani urbanistici provinciali e nel piano paesistico regionale relativamente a difesa del suolo, assetto idrogeologico, riduzione della pericolosità e del rischio idrogeologico - assumono e valutano le indicazioni di appositi studi di compatibilità idraulica e geologica e geotecnica, predisposti in osservanza dei*

successivi articoli 24 e 25, riferiti a tutto il territorio comunale o alle sole aree interessate dagli atti proposti all'adozione^{2 3}. Le conseguenti valutazioni comunali, poste a corredo degli atti di piano costituiscono oggetto delle verifiche di coerenza di cui all'articolo 32 commi 3, 5, della legge regionale 22.4.2002, n. 7 (legge finanziaria 2002). Il presente comma trova applicazione anche nel caso di variazioni agli strumenti urbanistici conseguenti all'approvazione di progetti ai sensi del DPR 18.4.1994, n. 383, "Regolamento recante disciplina dei procedimenti di localizzazione delle opere di interesse statale".

Il comma 3 specifica ulteriormente che "gli studi di cui al comma 2 analizzano le possibili alterazioni dei regimi idraulici e della stabilità dei versanti collegate alle nuove previsioni di uso del territorio, con particolare riguardo ai progetti di insediamenti residenziali, produttivi, di servizi, di infrastrutture."

Il Comune di Oristano ha provveduto a redigere lo studio di compatibilità idraulica, geologica e geotecnica per l'adeguamento del proprio PUC al PAI ai sensi dell'articolo 8 comma 2 delle NA del PAI medesimo. Tale studio è stato adottato con deliberazione del Consiglio Comunale n. 29 del 22/03/2016 e approvato dall'Agenzia del Distretto Idrografico della Regione Sardegna con delibera del Comitato Istituzionale n.2 del 03/07/2018 (pubblicazione nel BURAS n.35 del 26/07/2018).

L'area oggetto di indagine ricade nella tavola "5-7_Pericolo_idraulico_inviluppo_Sc2000" allegata allo studio di Compatibilità Idraulica. Come si può osservare nello stralcio riportato in figura 5, la lottizzazione ricade interamente in area Hi1.

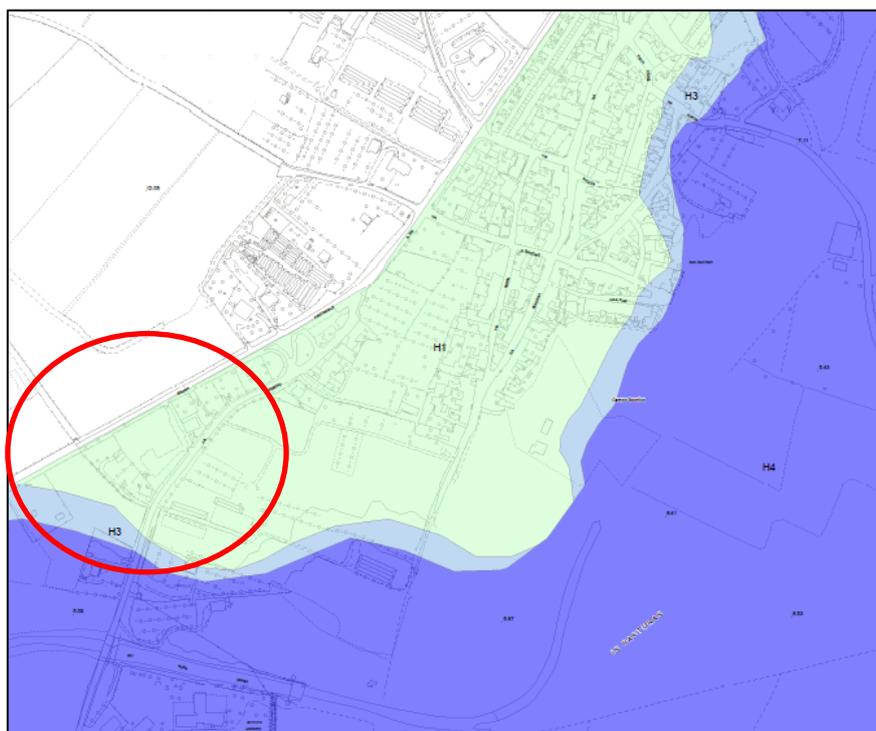


Figura 5 – Stralcio dalla tavola 5-7 "Carta del pericolo inviluppo – quadro 7"

1.6 Inquadramento PGRA

In attuazione delle previsioni dell'art. 7 del D.Lgs. 49/2010 e dell'art. 13 del D.Lgs. 152/2006, con la Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna n. 1 del 30.07.2015 è stata adottata la "Proposta di Piano di gestione del rischio di alluvioni" (di qui in poi PGRA) e la relativa documentazione per la Valutazione Ambientale Strategica, comprendente il Rapporto Ambientale, la Sintesi non tecnica e la Valutazione di incidenza ambientale.

Con successiva Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna n. 2 del 30.07.2015 è stata approvata la proposta di variante al PAI costituita dall'integrazione del Titolo V alle N.A del PAI recante "Norme in materia di coordinamento tra il PAI e il Piano di Gestione del rischio di alluvioni (PGRA)" così come riportato nell'allegato A della suddetta deliberazione.

Le quattro classi di legenda utilizzate negli strumenti di pianificazione succitati (PAI, PSFF, studi ex art. 8 c.2 PAI e aree Cleopatra) sono state ricondotte alle tre classi individuate dal D.Lgs. 49/2010:

P3 – Classe di pericolosità elevata, per eventi con tempo di ritorno minori o uguali a 50 anni;

P2 – Classe di pericolosità media, per eventi con tempo di ritorno compresi tra 50 e 200 anni;

P1 – Classe di pericolosità bassa, per eventi con tempo di ritorno compresi tra 200 e 500 anni.

In figura 6 viene riportata la perimetrazione del PGRA su ortofoto. Si può osservare che, in accordo con il PAI e il PSFF, la lottizzazione ricade all'interno delle fasce di pericolosità P2 e P1.

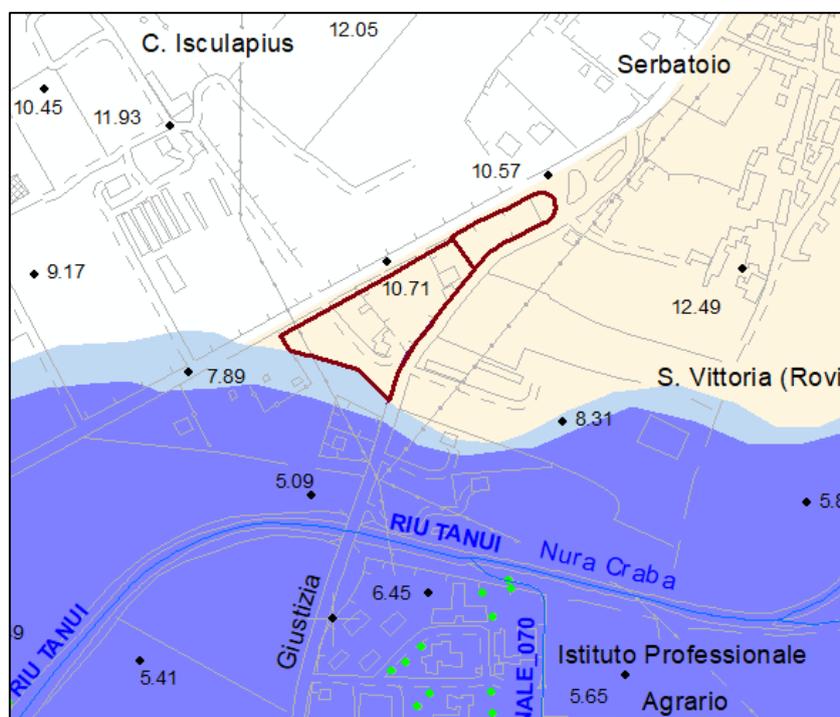


Figura 6 - Sovrapposizione aree di pericolosità PGRA su ortofoto

2. Proposta progettuale

L'area di intervento, della superficie di 10.752,45 mq, presenta condizioni plano altimetriche del terreno omogenee.

L'impostazione data dal progettista tende a formare un insieme omogeneo di spazi e percorsi, avendo come fine la riqualificazione dell'intera area, che conterrà al suo interno un mix di residenze e servizi, tale da garantirne la vitalità nonostante la posizione esterna rispetto al centro città.



Figura 7 – Planimetria del progetto

Come si evince dalla relazione generale, il Piano di Lottizzazione proposto, tenendo conto anche delle volumetrie esistenti, prevede una suddivisione dei volumi realizzabili secondo le seguenti percentuali:

- A. 70% per volumetria residenziale
- B. 20% per volumetria non residenziale
- C. 10% per volumetria per urbanizzazione secondaria

Si riportano i calcoli planovolumetrici esposti nella suddetta relazione.

SUPERFICIE TERRITORIALE REALE ANTE ESPROPRI	St = 11.261,55 mq
SUPERFICIE REALE ESPROPRIATA	St = 509,10 mq
SUPERFICIE TERRITORIALE REALE POST ESPROPRI	St = 10.752,45 mq

INDICE TERRITORIALE It= 0.5 mc/mq

VMAX REALIZZABILE $10.752,45 \times 0,5 = 5.376,23$ mc di cui:

A) 70% per volumi residenziali = 3.763,36 mc

B) 20% per volumetrie non residenziali = 1.075,25 mc

C) 10% per volumetria riservata al Comune (urbaniz. Secondarie) = 537,62 mc

SUPERFICIE FONDIARIA 9.475,00 mq

INDICE FONDIARIO di calcolo	0,5877 mc/mq Lotti n. 8
	0,6100 mc/mq Lotti n. 9-10-11
	0,5619 mc/mq Lotti n. 6-7
	0,5651 mc/mq lotti n. 2-3-15
	0,4442 mc/mq lotti n. 14
	0,5337 mc/mq lotti n. 1
	0,6010 mc/mq lotti n.13
	0,5557 mc/mq lotti n.12
	0,5977 mc/mq lotti n. 4-5

Nell'elaborato grafico "PLANIVOLUMETRICO" vengono riportati i parametri costitutivi del presente Piano di Lottizzazione

SUP.TERRITORIALE REALE (al netto espropri)	10.752,45 mq
SUP. FONDIARIA	9.475,00 mq
VMAX CONSENTITO	5.376,23 mc
VMAX DEL PIANO	5.375,64 mc < 5.376,23 mc
VOL. RESIDENZIALE	3.762,95 mc < (A)
VOL. NON RESIDENZIALE	1.075,13 mc < (B)
VOL. COMUNALE PER URBANIZ. SECONDARIA	537,56 mc < (C)
CESSIONI DOVUTE	$10.752,45 \times 0,5 / 200 \times 18 = 403,85$ mq

CESSIONI PREVISTE DAL PIANO - TUTTE MONETIZZATE

Come si rileva dagli elaborati, in alcuni lotti insistono volumetrie realizzate precedentemente al Piano, parte di queste vengono ritenute in demolizione (capanni e ruderi), mentre parte viene mantenuta in essere dal Piano stesso.

Trattasi dei lotti n. 6 – 11 - 12 che nel Planivolumetrico vengono indicati con una potenzialità volumetrica complessiva comprendente sia la volumetria esistente che la nuova volumetria di possibile realizzazione.

Nell'elaborato sopracitato, vengono riportate retinate le future volumetrie interne ai lotti, al solo scopo di individuare la futura dislocazione della nuove volumetrie che dovranno essere posizionate internamente a tali

zone retinate, lasciando libero ciascun progettista di posizionare le costruzioni in tale zona retinata, e ponendo come vincolo la distanza dai confini reali e le altezze. Come è evidente dallo studio del Piano, il Comparto risulta compreso tra una viabilità Provinciale e una viabilità Statale

Di seguito si riporta uno schema riepilogativo relativo all'utilizzo delle superfici:

Tipologia	Area [mq]
Nuovo edificato residenziale	1855.18
Edificato esistente	438.58
Patii, verande, passi carrai	48.67
Viabilità interna	1300.14
Verde	7017.83

Tabella 1 - Utilizzo del suolo all'interno della lottizzazione

3. Definizione dell'idrografia superficiale

Sulla base di quanto esposto nella Deliberazione del C.I. dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna n.3 del 30/07/2015, all'art 1 si dice che *"per le finalità di applicazione delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI e delle relative Direttive, di identificare quale reticolo idrografico di riferimento per l'intero territorio regionale l'insieme degli elementi idrici contenuti nell'ultimo aggiornamento dello strato informativo 04_ELEMENTO_IDRICO.shp del DGBT_10k_Versione 0.1 (Data Base Geo Topografico 1:10.000), da integrare con gli ulteriori elementi idrici eventualmente rappresentati nella cartografia dell'Istituto Geografico Militare (IGM), Carta topografica d'Italia-serie 25V edita per la Sardegna dal 1958 al 1965"*.

Sulla scorta di tale deliberazione, è stata quindi definita l'idrografia dell'area in esame la quale risulta ricompresa all'interno del bacino del fiume Tirso, e più in particolare al di là dell'argine in destra idraulica del fiume Tirso medesimo.

In quest'area, a causa della presenza dell'argine che impedisce alle acque provenienti dai bacini sul lato campagna di riversarsi nel Tirso, sono stati realizzati dei canali atti allo smaltimento delle acque piovane.

I principali rii sono il rio Nura Craba e il rio Saoru, provenienti rispettivamente da Solarussa e da Zerfaliu, e il rio Tanui, a valle della confluenza dei due corsi d'acqua sopracitati. Quest'ultimo, nel tratto focivo, cambia nome in Canale a Marea Bennaxi e sversa le proprie acque nello Stagno di Cabras.

Si può notare dalla figura 9 come, ai fini della valutazione della compatibilità idraulica, i rii più importanti da tenere in conto sono il rio Tanui, che scorre a ridosso dell'abitato di Nuraxinieddu, e il fiume Tirso.

Di seguito si riporta uno stralcio dell'ortofoto con segnalati i dreni minori individuati in ambito dello studio di adeguamento del PUC al PAI e i corsi d'acqua più rilevanti, quali il Tirso.



Figura 8 - Idrografia superficiale nell'area di interesse

4. Studio geologico e geotecnico

4.1 Inquadramento geologico

L'area interessata dall'intervento progettuale ricade nella fossa tettonica del Campidano colmata da una potente coltre alluvionale caratterizzata da una sequenza depositi alluvionali ciottolosi del Pleistocene a matrice variabile da argillosa ad argillo-sabbiosa o sabbiosa. Possono essere altresì presenti livelli sabbiosi con debole percentuale di ghiaie.

All'Olocene sono invece riferibili i depositi alluvionali recenti lungo i principali corsi d'acqua che attraversano la pianura.

I terreni presenti all'interno del perimetro di lottizzazione (fig. 9) sono costituiti da depositi alluvionali pleistocenici sabbiosi debolmente ghiaiosi con presenza di cemento calcareo. Questi depositi sono ricoperti da circa 100 cm di suolo agrario.

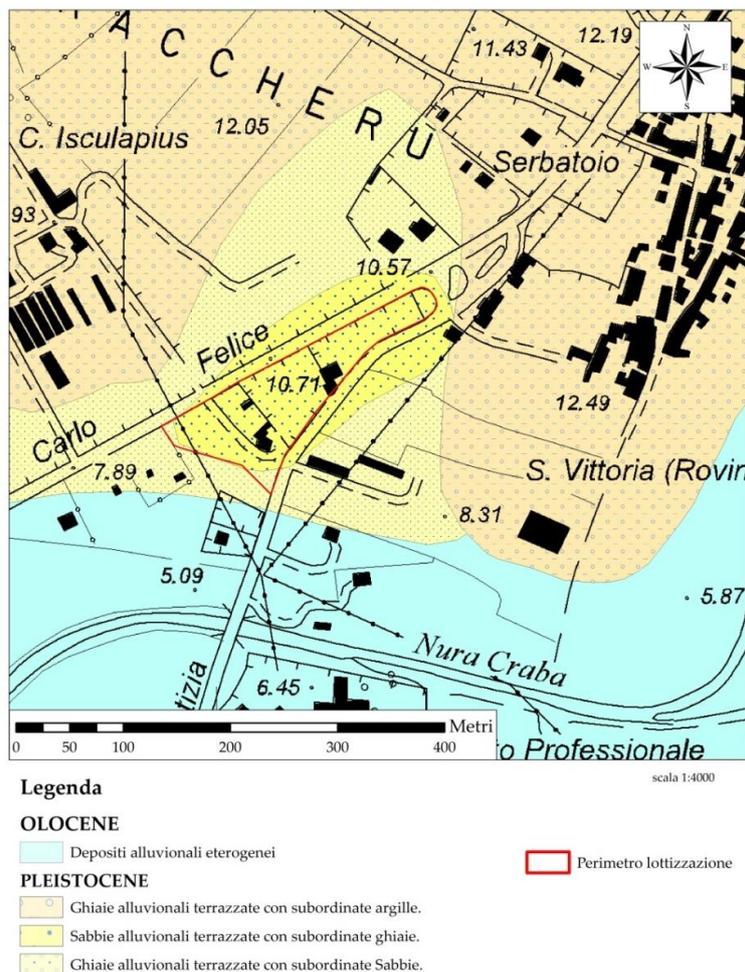


Figura 9 - Carta geologica dell'area di intervento

4.2 Inquadramento geotecnico

La caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dalla realizzazione dell'opera è stata eseguita con indagini ed analisi specifiche ed al cui studio di dettaglio del Dott. Demontis si rimanda.

Lo studio ha rilevato che

- la base d'imposta per le fondazioni degli edifici è costituita principalmente da sabbie fini molto addensate debolmente ghiaiose a matrice calcarea;
- le caratteristiche fisico-meccaniche sono buone e tendono a migliorare in profondità;
- non sono state rinvenute falde acquifere durante l'esecuzione dei pozzetti ma dall'analisi dei pozzi esistenti si è potuto posizionare una falda alla profondità di circa 12 metri dal piano di campagna.

4.3 Conclusioni

Lo studio geologico ha permesso di rilevare che:

- la litologia presente nell'area in studio è caratterizzata da depositi alluvionali terrazzati antichi costituiti da sabbie debolmente ghiaiose addensate con matrice calcarea che ricoprono il substrato roccioso;
- la morfologia dell'area è pianeggiante con pendenze inferiori all'1% quindi l'area è stabile;
- la litologia presente ha valori alti di permeabilità ed è verosimilmente presente una falda acquifera ad una profondità di 12 metri dal p.c.

Le analisi geotecniche eseguite dal dott. Demontis allegate al progetto, hanno evidenziato che le sabbie addensate hanno caratteristiche geotecniche soddisfacenti ed idonee per la costruzione di opere di modesto rilievo.

Considerato che l'area di intervento non presenta alcun livello di pericolosità geologico e geomorfologico, si ritiene che le opere previste in progetto, da questo punto di vista, siano pienamente compatibili.

5. Studio idrologico

Le fasce di pericolosità idraulica più elevate, viste al paragrafo 1, sono quelle relative alla piena del fiume Tirso, per cui ci si limiterà a descrivere lo studio idrologico e idraulico condotto in ambito PSFF, ovvero il Piano che definisce le suddette aree di pericolosità.

Il bacino del fiume Tirso ha una superficie certamente maggiore dei 60 km² per cui per la determinazione della portata verrà utilizzato il metodo diretto, considerando gli effetti di laminazione dovuti alla presenza a monte delle dighe Cantoniera e di Pranu Antoni.

Sulla base della figura 21 dell'elaborato 2_01_1_1_2-Rel-Monografica, l'area di interesse ricade nel tratto di fiume compreso tra le sezioni di chiusura Q (diga di Pranu Antoni da cui inizia il tratto arginato) e R (foce del Tirso nel Golfo di Oristano).

La procedura applicata è la seguente:

- definizione degli idrogrammi in ingresso al serbatoio Cantoniera per i diversi tempi di ritorno tramite l'applicazione del metodo SCS al bacino chiuso in corrispondenza dello sbarramento;
- calcolo dell'idrogramma in uscita dalla diga Cantoniera mediante l'applicazione dell'equazione dei laghi, tenendo conto delle caratteristiche del lago e degli organi di scarico della diga;
- definizione degli idrogrammi in ingresso al serbatoio Pranu Antoni per i diversi tempi di ritorno tramite l'applicazione del metodo SCS per il bacino residuo tra la sezione corrispondente allo sbarramento della diga Cantoniera e la sezione corrispondente allo sbarramento di Pranu Antoni (intero bacino dell'affluente del riu Massari, circa 840 km²) ovviamente associato alle portate in uscita dal serbatoio di monte;
- calcolo dell'idrogramma in uscita dalla diga Pranu Antoni mediante l'applicazione dell'equazione dei laghi, tenendo conto delle caratteristiche del lago e degli organi di scarico della diga;
- propagazione nelle sezioni di valle della portata laminata tramite una relazione che valuta la riduzione dello scostamento tra portata naturale e laminata in funzione dell'espressione di Marone.

Per i sottobacini a valle delle due dighe è stato valutato l'effetto di riduzione della laminazione degli sbarramenti tramite l'utilizzo dell'equazione di Marone:

$$\frac{Q_{\max u}}{Q_{\max i}} = 1 - \frac{W}{W_i}$$

con:

- W_i , volume complessivo dell'onda di piena indisturbata;
- W , volume utile di laminazione della diga;
- $Q_{\max i}$, portata al colmo dell'onda di piena indisturbata;

- Qmaxu, portata al colmo dell'onda di piena laminata

Parametro	Unità di misura	Tempo di ritorno				
		T2	T50	T100	T200	T500
Qind	m ³ /s	390	3.007	3.669	4.329	5.298
Qind(P)	m ³ /s	443	3.327	4.055	4.780	5.829
Qind(Q)	m ³ /s	461	3.436	4.186	4.932	6.008
Qind(R)	m ³ /s	538	3.892	4.734	5.572	6.761
Tb	h	78,2	35,2	33,8	32,8	31,7
Widrogramma in entrata	m ³	54.922.747	190.622.474	223.250.767	255.216.392	302.753.714
Qlam	m ³ /s	381	2.560	3.170	4.080	4.990
Winvaso	m ³	400.000	2.700.000	3.200.000	4.280.000	4.900.000
ep		0,977	0,851	0,864	0,942	0,942
Area bacino O	km ²	2.931	2.931	2.931	2.931	2.931
Area bacino P	km ²	3.082	3.082	3.082	3.082	3.082
Area bacino Q	km ²	3.134	3.134	3.134	3.134	3.134
Area bacino R	km ²	3.336	3.336	3.336	3.336	3.336
WP	m ³	115.732.467	349.740.477	406.700.797	462.896.575	535.867.123
WQ	m ³	119.538.888	359.952.865	418.428.234	476.103.030	550.972.654
WR	m ³	138.943.874	410.191.082	475.893.691	540.598.534	624.459.658
ep(P)		0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
ep(Q)		0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
ep(R)		0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Qlam (P)	m ³ /s	442	3.302	4.023	4.735	5.776
Qlam (Q)	m ³ /s	460	3.410	4.154	4.887	5.955
Qlam (R)	m ³ /s	536	3.867	4.702	5.528	6.707

Tabella 2 – “Tabella 20 – Parametri utilizzati per il calcolo delle portate al colmo nelle sezioni a valle dello sbarramento di Pranu Antoni secondo la formulazione di Marone” da 2_01_1_1_2-Rel-Monografica

Considerata la posizione del bacino in esame sul versante occidentale, le portate di progetto sono quelle in tabella 3:

Sezione	Area	Q(T2)	Q(T50)	Q(T100)	Q(T200)	Q(T500)
	km ²	m ³ /s				
R	3336.2	536	3867	4702	5528	6707

Tabella 3 – Valori tratti dalla Tabella 10 da 2_01_1_1_2-Rel-Monografica

6. Studio idraulico

Il PSFF suddivide il Fiume Tirso in tre macrotratti:

1. a monte della diga Cantoniera
2. tra la diga Cantoniera e la diga di Pranu Antoni
3. tra la diga di Pranu Antoni e la foce

L'area in esame si trova all'interno del terzo macrotratto, lungo quasi 28 km con una pendenza media pari a 0.03 %. Il tratto sublacuale del fiume è interamente arginato e scorre in una piana alluvionale con forte vocazione all'agricoltura e densa di insediamenti antropici, anche di entità rilevante, a ridosso del corso d'acqua quali Sili e Oristano. La larghezza dell'alveo inciso è mediamente pari a 50 m, mentre la distanza tra gli argini varia tra i 500 e i 900 m.

5.1 Definizione del modello

L'analisi idraulica è stata condotta utilizzando il modello numerico di HEC-RAS che consente il calcolo dell'andamento dei profili della corrente in moto permanente gradualmente variato o in moto vario in alveo naturali o canali artificiali includendo anche la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali etc.

Nel caso del fiume Tirso, la modellazione idraulica è stata condotta in condizioni di moto permanente imponendo come condizioni da monte le portate definite al punto 4 ai vari tempi di ritorno.

Aspetto fondamentale nella modellazione è la generazione della geometria del tracciato sia in termini di andamento planoaltimetrico sia relativamente alle strutture presenti. Per far ciò, la geometria del tratto è stata definita sulla base del rilievo topografico appositamente realizzato per la redazione del Piano Stralcio Fasce Fluviali e del rilievo LIDAR 2008 con passo 1m.

Quindi, una volta definita la base planoaltimetrica, sono state inserite le infrastrutture presenti lungo il tracciato quali attraversamenti ferroviari, ponti stradali e ponti tubo. Inoltre, son stati individuati lungo lo sviluppo trasversale delle sezioni le arginature mediante il comando levees.

Per la definizione del profilo idraulico, è necessario calibrare adeguatamente anche il parametro di scabrezza (coefficiente di Manning n), il quale è stato calcolato utilizzando una metodologia di dettaglio in modo da differenziare le caratteristiche delle singole porzioni di ogni sezione trasversale sulla base dei risultati delle attività di campo.

In particolare, ogni sezione è stata divisa in cinque porzioni (alveo centrale, sponde, fasce golenali) ad ognuna delle quali è stato associato un valore del coefficiente di Manning in funzione del tipo di suolo e della vegetazione esistente sulla base del metodo proposto da Ven Te Chow.

Una volta definita la geometria si devono definire le condizioni al contorno del moto. HEC-RAS prevede tre diversi tipi di corrente (lenta, veloce, mista) a seconda della quale cambiano le condizioni da imporre.

Nel caso del tratto terminale del fiume Tirso, si sono inserite le portate calcolate nello studio idrologico come condizione di monte, mentre come condizioni di valle si è definita una quota di sbocco nota nel Golfo di Oristano. Per determinare tale quota sono stati presi in considerazione tre contributi:

- la marea astronomica (pari a 0.45m);
- la variazione del livello dovuta alle condizioni di tempesta (storm surge), suddivisa tra la componente di wind set-up (0.10 m) e di barometro inverso (0.25 m);
- il sovrarzo dovuto al frangimento, wave setup (1.00 m).

Nel complesso, la somma dei tre contributi, fornisce un valore pari a 1.80 m sul livello del mare.

5.2 Scenari di studio

Il moto stazionario eseguito nel PSFF non prevedeva i fenomeni transitori che si manifestano al momento della tracimazione. Per questo sono stati definiti due scenari di assetto idraulico dei tratti arginati:

- assenza di tracimazione: si ipotizza che l'altezza degli argini sia adeguata al contenimento dei livelli idrici, indipendentemente dal valore reale delle quote di sommità arginale; secondo tale schema le portate defluenti sono comunque contenute all'interno della sezione arginata del corso d'acqua; la differenza in quota (franco) tra il profilo di corrente per le diverse portate e quello della sommità arginale evidenzia la capacità di contenimento in quota di ciascuna sezione del corso d'acqua e, nel caso risulti negativa, il rialzo arginale necessario;
- presenza di tracimazione: lo schema di riferimento considera le condizioni di moto che si possono instaurare dopo che sia avvenuta la tracimazione degli argini e quindi in assenza della funzione di contenimento dei rilevati arginali; la sezione interessata al deflusso è quindi estesa all'intera porzione di piano campagna allagata, fino al limite morfologico naturale o artificiale che può contenere l'inondazione; lo schema indicato viene applicato solo alle portate che, nello schema di calcolo precedente, comportano livelli superiori a quelli delle sommità arginali e i livelli idrici ottenuti con tale schema di simulazione sono utilizzati per il tracciamento delle fasce fluviali relative alle portate che comportano tracimazione.

Ai fini del presente studio di compatibilità idraulica risulta essere particolarmente interessante il secondo scenario, in quando si deve valutare quale sia l'area di esondazione del fiume Tirso sulla destra idraulica in prossimità di Massama, Nuraxinieddu e Donigala Fenogheddu (frazioni del comune di Oristano).

5.3 Aree inondabili

Lo scenario con argini tracimabili mette in evidenza che sulla destra idraulica del fiume Tirso ci sono estese criticità, in quanto l'argine, appena più a valle, non è in grado di contenere le piene con tempo di ritorno di 50 anni.

Per continuità idraulica, ovviamente, l'acqua risale anche verso monte andando ad inondare il territorio compreso tra l'argine destro del fiume Tirso e la strada statale 292.

Di seguito si riportano le tavole del PSFF del tratto in sinistra-Tirso che interessa l'area oggetto di studio:

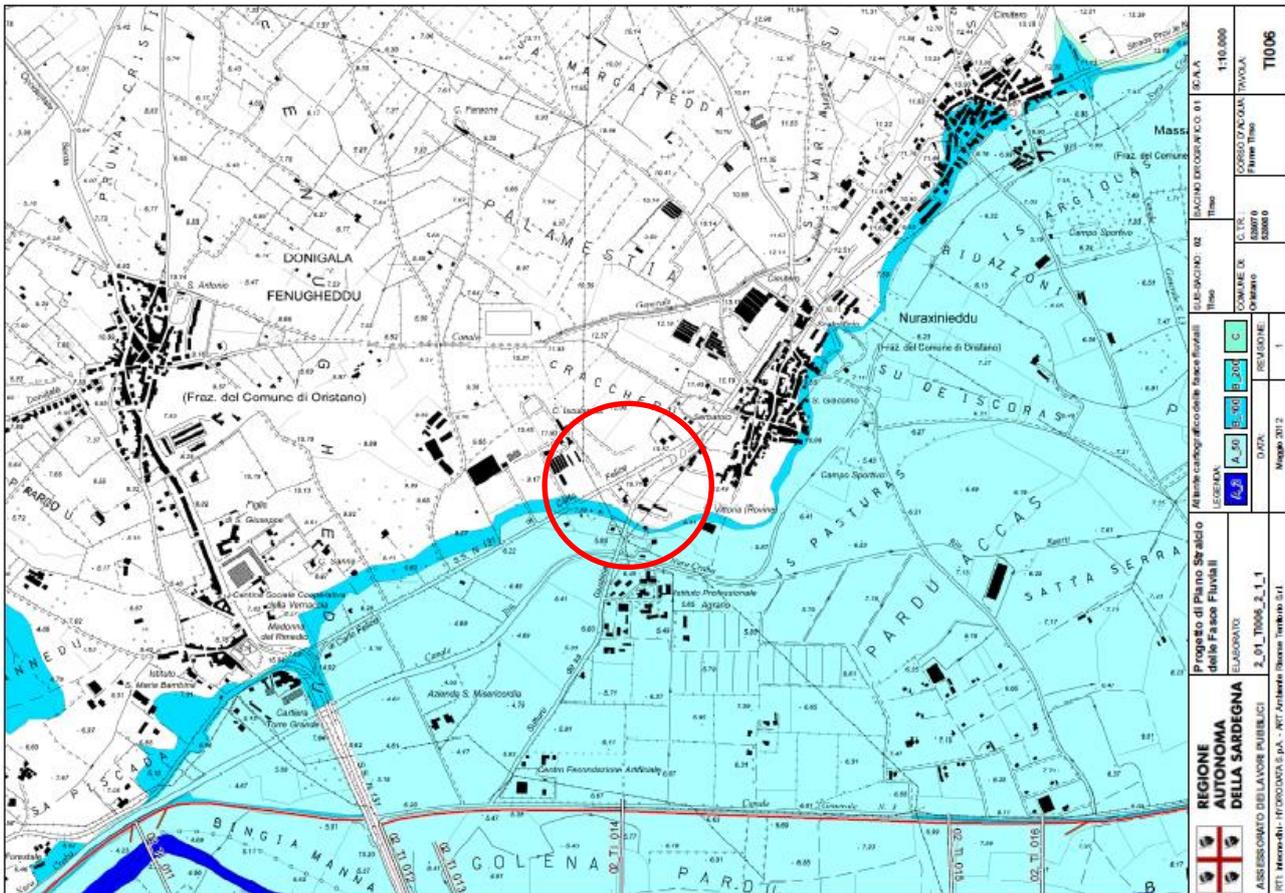


Figura 10 – Tavola 2_01_TI006_2_1_1-AtlanteFasce

7. Compatibilità degli interventi

Come si è mostrato nei capitoli precedenti, l'elemento idrico più interessante ai fini del presente studio risulta essere il fiume Tirso, il quale è caratterizzato dalla presenza di un'arginatura sia in sinistra che in destra idraulica.

L'argine in destra appare sottodimensionato rispetto alla piena cinquantennale, sicché si verificano estesi allagamenti sulla campagna antistante.

Sebbene le proprietà dei lottizzanti ricadano parzialmente nella fascia Hi4 e Hi3, ovvero rispettivamente le aree con pericolosità idraulica relativa a tempi di ritorno di 50 e 100 anni, Il Piano di Lottizzazione "Massa e più" è stato progettato in maniera tale che i confini siano compresi unicamente nella fascia di pericolosità Hi1 (tempo di ritorno di 500 anni).

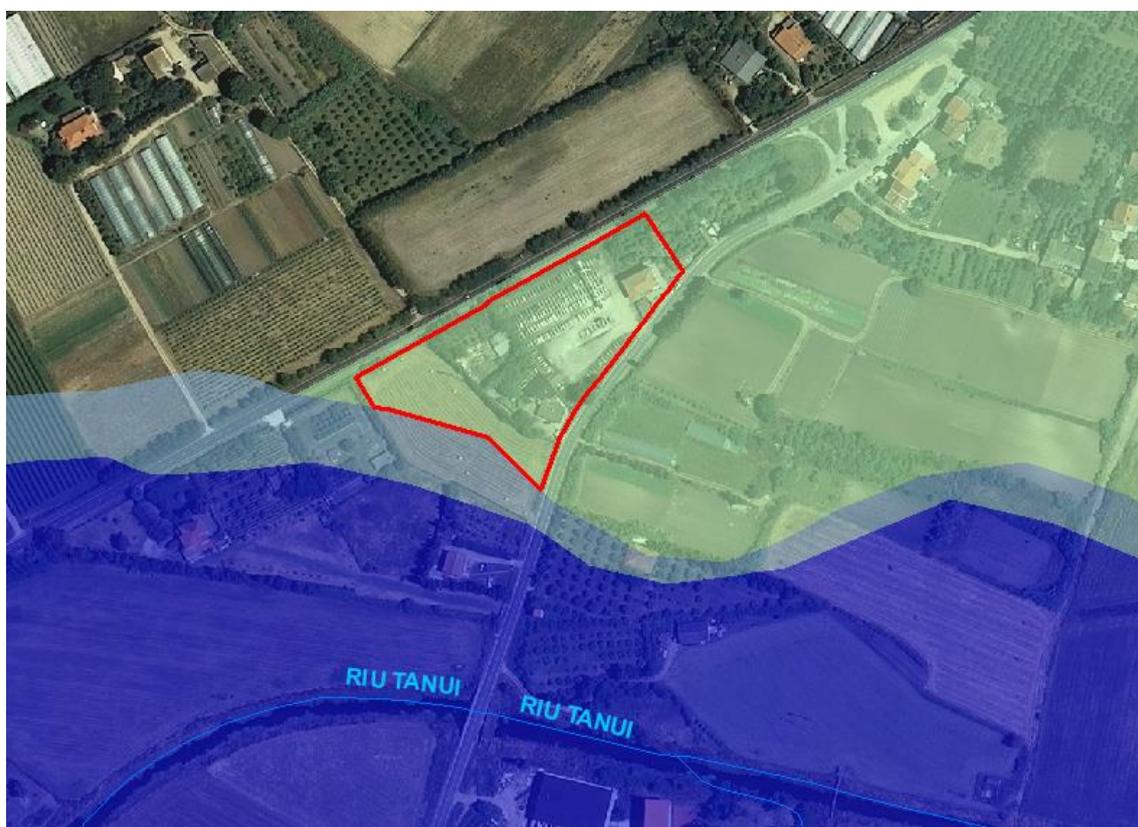


Figura 11 - Confine del Piano Attuativo della Lottizzazione Massa e più

L'articolo 30 delle Norme di Attuazione del PAI (Disciplina delle aree di pericolosità idraulica media Hi1) prevede:

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.*

Gli interventi previsti ricadono nella fattispecie prevista dall'articolo 30 per cui risultano essere compatibili con le norme di attuazione del PAI vigente.

Le nuove Norme di Attuazione del PAI prevedono la definizione, oltre che della pericolosità idraulica, anche del rischio idraulico.

A tal proposito va precisato che il Comune di Oristano non ha al momento definito le aree di rischio idraulico, per cui si è eseguita una valutazione del suddetto rischio all'interno dell'area di intervento. Infatti, nel caso in cui il rischio geologico sia nullo, fattispecie all'interno della quale si ricade, l'area di studio coincide con quella della lottizzazione.

Il livello di rischio idraulico è stato definito secondo la tabella seguente:

<i>Elementi a rischio</i>	<i>Pericolosità / Tr (anni)</i>			
	<i>Hi1</i>	<i>Hi2</i>	<i>Hi3</i>	<i>Hi4</i>
	<i>500</i>	<i>200</i>	<i>100</i>	<i>50</i>
<i>E1</i>	R_{i1}	R_{i1}	R_{i2}	R_{i2}
<i>E2</i>	R_{i1}	R_{i2}	R_{i2}	R_{i3}
<i>E3</i>	R_{i1}	R_{i2}	R_{i3}	R_{i4}
<i>E4</i>	R_{i1}	R_{i2}	R_{i3}	R_{i4}

In allegato alla presente relazione si riportano in scala 1 a 1000 le carte di:

- pericolosità idraulica;
- esposizione;
- rischio idraulico.

PARTE SECONDA

1. Classe di intervento

Una prima suddivisione della classe degli interventi di trasformazione territoriale da attribuire riguarda le superfici territoriali interessate dagli strumenti attuativi di pianificazione locale o altri strumenti di analoga valenza. In particolare bisogna far riferimento alla superficie totale territoriale interessata dall'intero comparto in trasformazione e non solamente al singolo lotto.

La definizione delle classi di intervento consente di diversificare, sulla base dell'entità territoriale in esame, l'approccio metodologico per il calcolo idrologico e idraulico che consenta la valutazione della modifica delle portate e dei volumi nell'area interessata dall'intervento di trasformazione.

Sulla scorta di quanto appena esposto, è possibile definire la classe di intervento come previsto dalle Linee guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio dell'invarianza idraulica ai sensi dell'articolo 47 delle NdA del PAI.

La classificazione degli interventi di trasformazione territoriale riguarda le superfici interessate dagli strumenti attuativi di pianificazione locale. Di seguito si riporta tale suddivisione:

Classe	Livello di impermeabilizzazione potenziale	Superficie territoriale
a	trascurabile	inferiore a 0.1 ha
b	modesta	compresa tra 0.1 e 0.5 ha
c	significativa	compresa tra 0.5 e 10 ha
d	sostanziale	superiore a 10 ha

Tabella 4 – Classi degli interventi di trasformazione territoriale

L'area interessata dal presente studio ha un'estensione di circa 1.1 ha, per cui ricade nella classe c di significativa impermeabilizzazione potenziale, per la quale la relazione generale delle Linee Guida prevede che

“Nel caso di interventi di superficie compresa tra 0.5 e 10 ha, andranno dimensionati i tiranti idrici ammessi nelle luci di scarico, negli invasi e nel sistema drenante in modo da garantire che la portata massima defluente dall'area in trasformazione sia non superiore ai valori precedenti l'intervento di trasformazione territoriale. Se è presente una situazione di particolare criticità nella capacità di deflusso del recettore, si possono imporre ulteriori limitazioni nelle portate scaricate prevedendo processi di laminazione che consentano di trasferire nel tempo la consegna dei deflussi.

È di fondamentale importanza la ricognizione e caratterizzazione del recapito nel quale la portata dovrà essere scaricata. È, pertanto, richiesta la verifica del recettore. È necessario che l'intervento preveda la

realizzazione di misure e opere compensative per garantire l'invarianza idraulica. In termini generali, si stabilisce che dovranno quindi essere esaminate le varie tipologie per la realizzazione di opere compensative (vasche di laminazione, bacini di infiltrazione, pavimentazioni filtranti, tetti verdi etc.). La definizione delle opere compensative e l'inserimento paesaggistico e architettonico degli spazi e strutture utilizzati per la compensazione dei deflussi dovrà essere costituito da elaborati grafici e da una relazione tecnica descrittiva atta a dimostrare la loro rispondenza a quanto richiamato in premessa.”

2. Studio idrologico

Per poter determinare le portate di progetto relative alla zona di intervento è necessario preliminarmente definire il valore del Curve Number (CN), e quindi calcolare lo ietogramma di progetto con le curve di possibilità pluviometria di Deidda et al del 2000.

2.1 CN – Stato attuale

Per individuare il valore del CN è necessario caratterizzare il suolo da un punto di vista geo-pedologico, ovvero valutare il tipo di suolo sul quale si intende intervenire e l'uso che ne viene fatto. A tal fine si possono utilizzare la Carta geologica della Sardegna, gli studi eseguiti per la definizione dello Strumento urbanistico comunale e, ancora, studi di dettaglio di geopedologia.

Sulla base della Carta Geologica pubblicata sul Geoportale della Regione Sardegna si può osservare come l'area ricada in una zona con depositi pleistocenici dell'area continentale e più in particolare con ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane con subordinate sabbie

In seguito a indagini geognostiche condotte in sito si è potuta osservare la presenza di limi e argille, per cui si è scelto di attribuire al suolo la tipologia C, ovvero quella dei suoli che, quando completamente saturi, hanno un deflusso superficiale potenziale (runoff) moderatamente alto e l'acqua attraversa il suolo con qualche limitazione.

Il passo successivo consiste nell'individuare le classi di uso del suolo sulla base della classificazione Corine Land Cover RAS – 2008 e tramite studi specificatamente condotti sull'area in esame. Infatti, ad ogni classe viene associato un valore del CN nella condizione AMC II (Antecedent Moisture Condition, ovvero la condizione di umidità del suolo in funzione della precipitazione antecedente di 5 giorni) che verrà pesato sulle superfici così da ottenere un valore caratteristico per l'intera area di intervento.

UDS Descrizione	UDS COD	Area m2	CN-II	CN * Ai/Atot
Sistemi colturali e particellari complessi	242	7579.74	82	57.80
Insedimenti industriali, artigianali e commerciali e spazi annessi	1211	3172.68	94	27.74
			CN-IIa	85.54

Tabella 5 – Calcolo del CN-IIa



Figura 12 - Uso del suolo all'interno dell'area di intervento

Tale valore deve essere poi convertito in CN-IIIa (AMC III), più cautelativo rispetto alla condizione II, secondo quanto previsto dalla metodologia proposta dal Soil Conservation Service (SCS):

$$CN - IIIa = \frac{23 \text{ CN } (IIa)}{10 + 0.13 \text{ CN } (IIa)} = 93.15$$

2.2 CN – Stato di progetto

Con la medesima procedura descritta al paragrafo precedente, si deve determinare il valore del CN nella configurazione di progetto in quanto gli interventi previsti modificano inevitabilmente l'utilizzo del suolo.

Come già detto al paragrafo 2, la pianificazione in esame prevede la realizzazione di edifici adibiti a residenze e della viabilità ad uso pubblico.

L'allegato 1 delle Linee Guida per l'Invarianza Idraulica prevede una corrispondenza tra le varie tipologie di copertura e il parametro CN, per cui è possibile ottenere anche nello scenario post-operam un valore identificativo del CN per l'intera lottizzazione mediante media pesata sulle aree.



Figura 13 - Coperture di progetto

Sulla base della proposta progettuale, riportata in figura 13, si ottengono i seguenti valori (si precisa che relativamente alle aree verdi si è fatta l'assunzione per cui il 70% rimane in categoria S1 - "Superfici a verde su suolo profondo, prati, orti, superfici boscate ed agricole", e il 30% in P3 - "Pavimentazioni in lastre posate in opera incerta con fuga inerbita")

Tipologia	Superficie [m2]	Categoria di superficie	Codice Tabella	Area m2	CN-II	CN * Ai/Atot
Aree residenziali private	9452.26	Residenze con copertura in tegole	C7	1855.18	99.0	17.08
		Edifici esistenti	S1	438.58	99.0	4.04
		Patii, verande e passi carrai	C8	48.67	99.0	0.45
		Verde	S1	4912.43	78.0	35.64
		Pavimentazione in lastre	P3	2105.40	90.0	17.62
Viabilità	1300.33	Strada in conglomerato bituminoso	P10	1300.14	99.0	11.97
Totale	10752.42				CN-IIp	86.80

Tabella 6 – Calcolo del CN nello stato di progetto

Tale valore deve essere poi convertito in CN-IIIp (AMC III), più cautelativo rispetto alla condizione II, secondo quanto previsto dalla metodologia proposta dal Soil Conservation Service (SCS):

$$CN - IIIp = \frac{23 CN (IIp)}{10 + 0.13 CN (IIp)} = 93.80$$

2.3 Calcolo dello ietogramma di progetto

A questo punto è necessario calcolare la pioggia di progetto. Questo calcolo è stato eseguito mediante le Curve di Possibilità Pluviometria estratte dalla distribuzione TCEV regionalizzata di Deidda e Piga. Tale metodo prevede la suddivisione della Sardegna in 3 sottozone omogenee (SZO), come in figura:

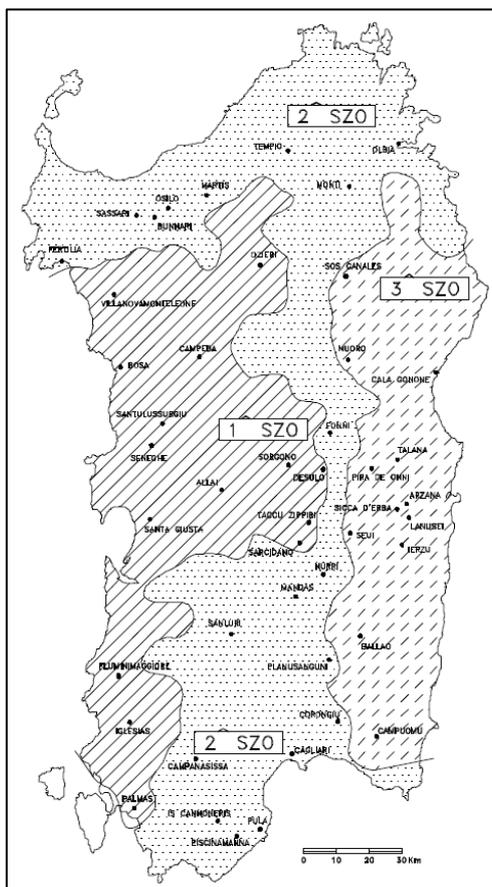


Figura 14 - Suddivisione della Sardegna in SottoZone Omogenee

Inoltre, deve essere individuata la cosiddetta pioggia indice giornaliera H_g , ovvero la media dei massimi annui di precipitazione giornaliera, sulla seguente figura in funzione della posizione del sito in esame.

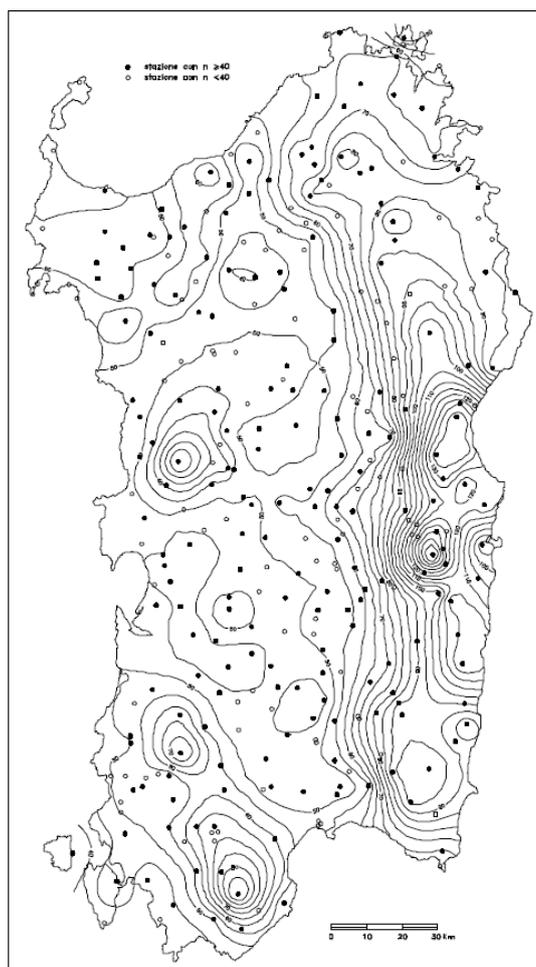


Figura 15 – Carta della pioggia indice giornaliera

Nel caso oggetto di studio, ci si trova nella condizione di SZO 1 e $H_g = 45$ mm.

A partire da questi parametri, dal tempo di corrivazione del bacino o di pioggia e dai tempi di ritorno di interesse previsti, si possono calcolare le altezze di precipitazione lorde di progetto attraverso la curva di possibilità pluviometrica Deidda et al. (2000)

$$h_{Tr}(t_c) = Hm(t_c)at_c^n$$

nella quale:

$$Hm(t_c) = 1.1287H_g \left(\frac{t_c}{24} \right)^{-0.493+0.476 \log(H_g)}$$

con H_g dipendente dalla posizione geografica del bacino, mentre i parametri a ed n dipendono dalla sottozona SZO di appartenenza:

per la sottozona I:

$$a = 0.4642 + 1.0376 \cdot \text{Log}(\text{Tr})$$

$$n = -0.18488 + 0.22960 \cdot \text{Log}(\text{Tr}) - 0.033216 \cdot (\text{Log}(\text{Tr}))^2 \quad (\text{per } t_c < 1 \text{ ora})$$

$$n = -0.01469 - 0.0078505 \cdot \text{Log}(\text{Tr}) \quad (\text{per } t_c > 1 \text{ ora})$$

per la sottozona II:

$$a = 0.43797 + 1.089 \cdot \text{Log}(\text{Tr})$$

$$n = -0.18722 + 0.24862 \cdot \text{Log}(\text{Tr}) - 0.0336305 \cdot (\text{Log}(\text{Tr}))^2 \quad (\text{per } t_c < 1 \text{ ora})$$

$$n = -0.0063887 - 0.004542 \cdot \text{Log}(\text{Tr}) \quad (\text{per } t_c > 1 \text{ ora})$$

per la sottozona III:

$$a = 0.40926 + 1.1441 \cdot \text{Log}(\text{Tr})$$

$$n = -0.1906 + 0.264438 \cdot \text{Log}(\text{Tr}) - 0.038969 \cdot (\text{Log}(\text{Tr}))^2 \quad (\text{per } t_c < 1 \text{ ora})$$

$$n = 0.014929 + 0.0071973 \cdot \text{Log}(\text{Tr}) \quad (\text{per } t_c > 1 \text{ ora})$$

Le Linee Guida prevedono la definizione di uno ietogramma Chicago con durata della pioggia di 30 minuti, posizione del picco posto in $r = 0.4$ e con passo temporale Δt di 1 minuto.

Nel caso di lottizzazioni appartenenti alla classe di intervento c), inoltre, devono essere considerati i seguenti tempi di ritorno:

- $\text{Tr}=20$ anni per il dimensionamento delle rete di drenaggio interno alla lottizzazione;
- $\text{Tr}=50$ anni per il dimensionamento della vasca di accumulo e della portata massima scaricabile nel recettore finale.

Da quanto appena descritto si ottiene quanto segue:

t_p	0.5	
SZO	1	
Hg	45	
$H_m(t_p)$	16.28	
Tr	20	50
a	1.81	2.23
n	0.06	0.11
$h_{Tr}(t_p)$	28.38	33.61

Tabella 7 - Determinazione delle altezze di precipitazione lorde

Come detto in precedenza, le linee guida fissano un valore per il parametro r , il quale rappresenta la posizione relativa del picco. Pertanto, il picco d'intensità sarà posto ad un tempo $t = 12$ minuti dopo l'inizio della pioggia.

I valori delle intensità di precipitazione necessarie per la definizione dello ietogramma Chicago si ottengono mediante le seguenti relazioni:

$$i(t) = na \left(\frac{rt_p - t}{r} \right)^{n-1} \quad t < rt_p$$

$$i(t) = na \left(\frac{t - rt_p}{1 - r} \right)^{n-1} \quad t > rt_p$$

Di seguito si riportano gli ietogrammi ottenuti per i due tempi di ritorno previsti.

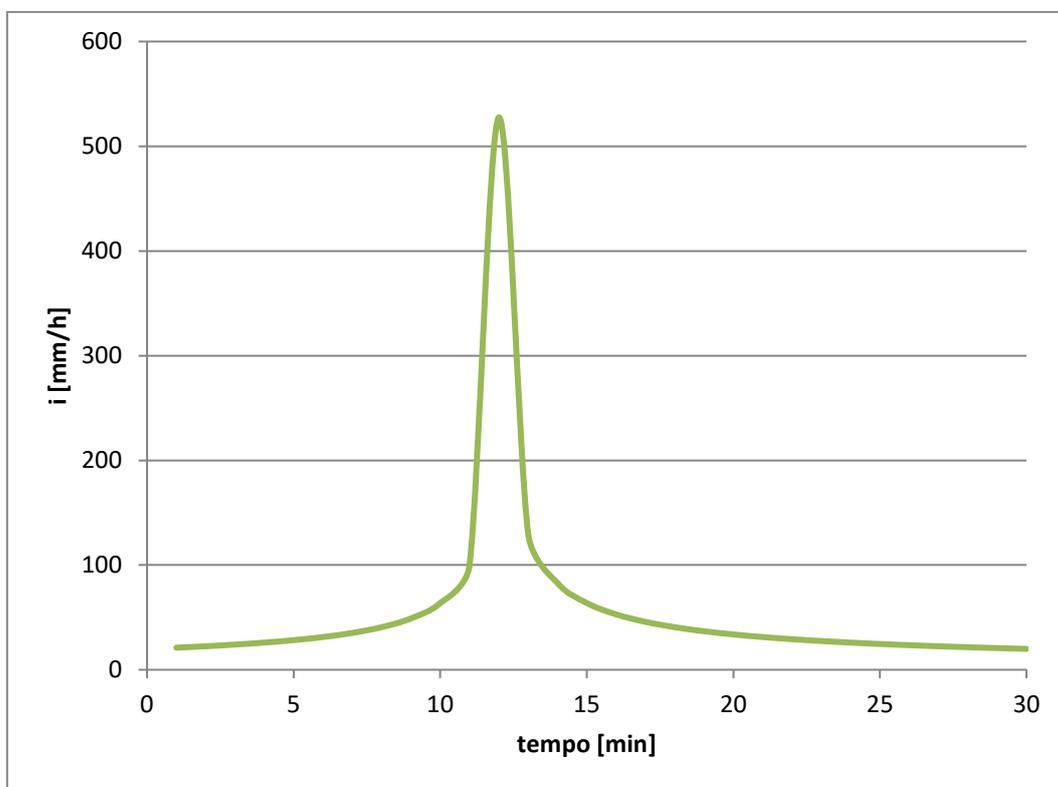


Figura 16 - Ietogramma per $Tr=20$ anni

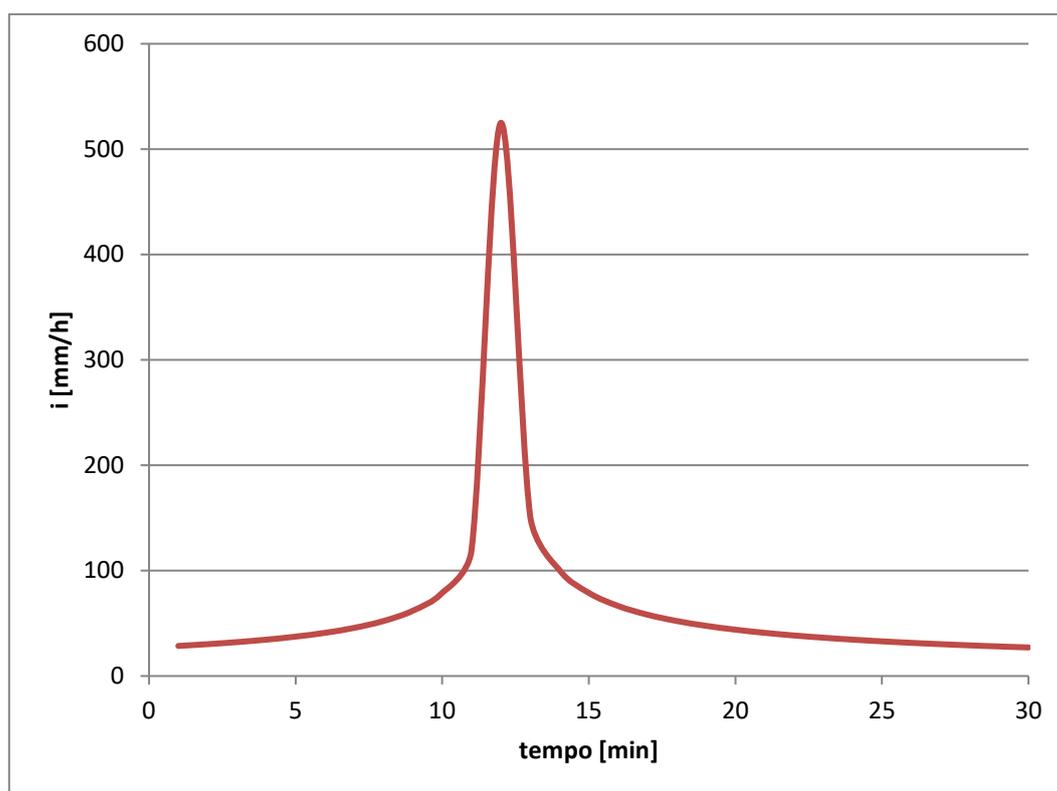


Figura 17 - Ietogramma per Tr=50 anni

2.4 Stima dell'idrogramma di piena

Per la generazione degli idrogrammi di piena si è utilizzato, come nell'allegato 3 delle linee guida, l'approccio modellistico e il software Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) della U.S. Army Corps of Engineers. Questo si basa sul metodo CN-SCS, ovvero sull'utilizzo del parametro CN calcolato in precedenza e di alcuni parametri direttamente correlabili ad esso quali:

- S: Storage, ossia il volume specifico infiltrabile nel terreno

$$S = \frac{25400 - 254 CN}{CN}$$

- I_a : Initial Abstraction, ossia le perdite dovute alla presenza di vegetazione, all'evaporazione e altri fattori

$$I_a = 0.2 S$$

	CN-II	CN-III	S	I_a
Stato attuale	85.54	93.15	17.39	3.48
Post Intervento	86.80	93.80	15.76	3.15

Tabella 8 - Parametri utili per il calcolo della portata

Il tempo di ritardo (Lag Time) richiesto dal programma HEC-HMS è stato posto pari al 60% del tempo di pioggia e rappresenta la distanza temporale tra il baricentro dello ietogramma e il picco dell'idrogramma risultante.

Si riportano di seguito i risultati dell'elaborazione condotta:

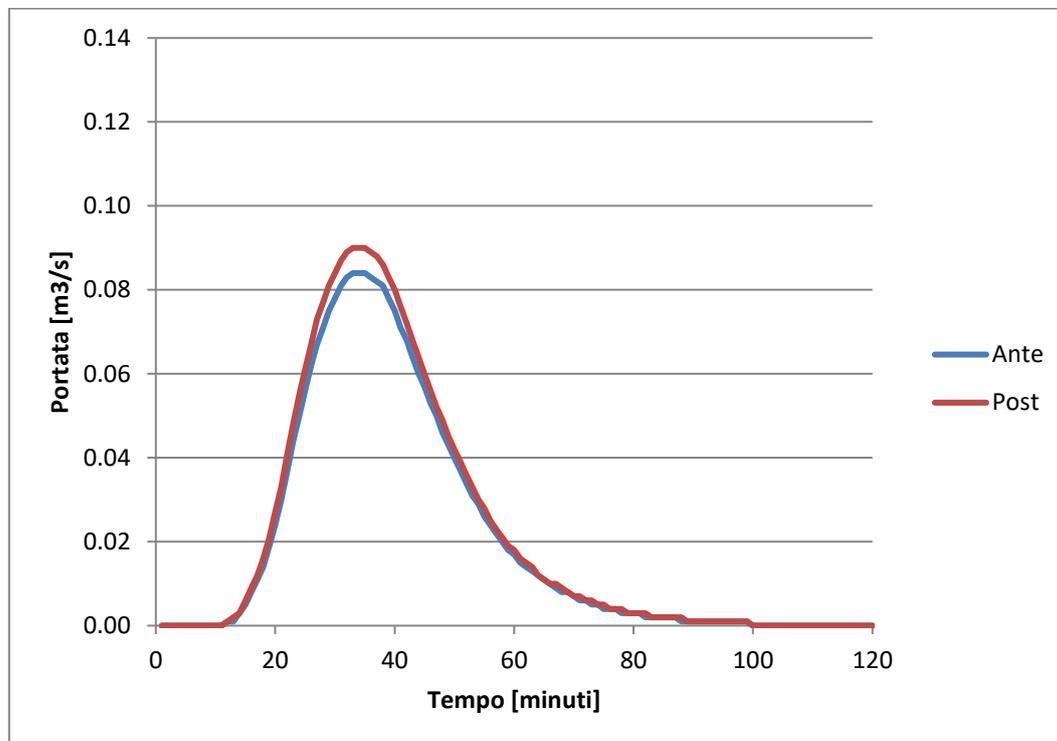


Figura 18 - Idrogrammi per Tr20

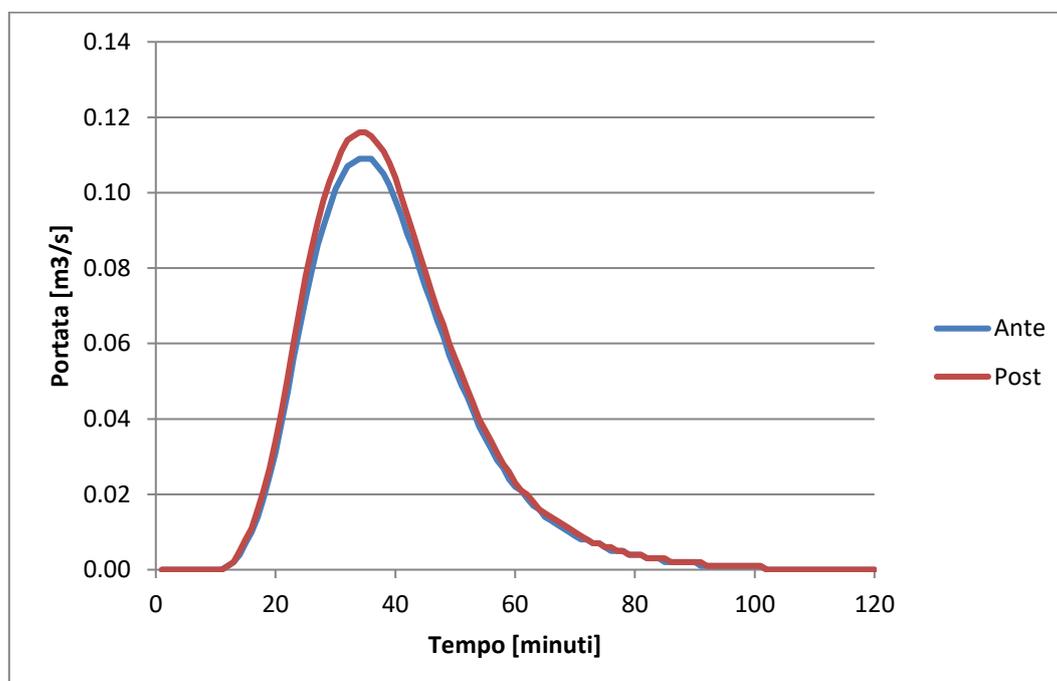


Figura 19 - Idrogrammi per Tr50

I risultati più significativi vengono riproposti nella seguente tabella:

		Tr20	Tr50
Portata di picco [m ³ /s]	Conf. Attuale	0.084	0.109
	Conf. Progetto	0.090	0.116
	Differenza	0.006	0.007
Volume di piena [m ³]	Conf. Attuale	148	193
	Conf. Progetto	158	205
	Differenza	10	12

Tabella 9 - Sintesi dell'analisi svolta

3. Dimensionamento del sistema di accumulo

Come si è potuto osservare chiaramente al punto 2.4 della presente relazione, le portate generate dal bacino definito dall'area di pianificazione aumentano in seguito agli interventi proposti.

L'articolo 47 delle Norme di Attuazione del PAI definisce l'invarianza idraulica come quel "principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei recettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione". Sulla scorta di quanto detto, quindi, appare chiara la necessità di prevedere delle opere di compensazione per ridurre le portate effluenti, in modo che il corpo recettore non sia sovraccaricato dagli incrementi di volumi idrici dovuti alla lottizzazione.

Questa considerazione rende necessaria una valutazione delle portate effettivamente smaltibili dal recettore designato e un confronto di quest'ultima con le portate di progetto. Lungo la strada di via Rimedio è presente una cunetta che funge da recettore e sulla quale si intende continuare a sversare le acque.

3.1 Capacità di smaltimento del recettore

Il recettore verso il quale dovrà essere convogliata la portata calcolata al punto 2.4 è dato dalla cunetta laterale della strada provinciale posta al contorno, per la quale si prevede la pulizia e risagomatura.

La rete fognaria delle acque pluviali sarà realizzata in tubo rotocompresso da mm 300 e sarà connessa alla cunetta tramite un cavalcafosso tubolare in cls mm 500.

Una buona norma nella progettazione e nella verifica dei sistemi di fognatura è quello di garantire un adeguato franco di sicurezza, ovvero di limitare il massimo tirante idrico h_{max} . Generalmente, per le condotte circolari, viene definito $h_{max}=0.5 D$ per diametri inferiori a 400 mm, mentre per diametri superiori ai 400 mm $h_{max}=0.7 D$ con un franco di almeno 20 cm.

Nel caso specifico ci si trova nella condizione di cunetta laterale trapezia, per cui, imponendo il rispetto di un franco di almeno 20 cm nella formula di Chezy, si è in grado di determinare la massima capacità di smaltimento del recettore.

$$Q = S\chi\sqrt{Rj}$$

dove S è l'area bagnata del recettore in m^2 , χ è un coefficiente di scabrezza in $m^{0.5}/s$ dato da $R^{1/6}k_s$, R è il raggio idraulico in m, k_s è il coefficiente di Gauckler-Strickler, e j è la cadente piezometrica che in condizioni di moto uniforme viene posta pari alla pendenza della cunetta.

Base maggiore	B	m	0.70
Base minore	b	m	0.10
Altezza	H	m	0.40
Pendenza	j	m/m	0.003
Area bagnata	S	m ²	0.080
Raggio idraulico	R	m	0.126
Coef. Manning	m		0.03
Portata Chezy	Q	m ³ /s	0.190
Parametro correttivo	k	-	0.5
Portata ammissibile	Qa	m ³ /s	0.095

Tabella 10 - Calcolo della portata smaltibile dal recettore

3.2 Misure di compensazione

Un buon sistema per ridurre i volumi da smaltire, e quindi le opere idrauliche da realizzare per adempiere a ciò, è quello di introdurre per ogni edificio un serbatoio in grado di invasare le acque precipitate sulla copertura. Questo principio risulta molto importante sia ai fini dell'invarianza idraulica, sia per un'economia nell'utilizzo delle acque. Infatti, i volumi accumulati all'interno dei serbatoi privati possono essere riutilizzati per irrigare il verde privato e pubblico.

Per il dimensionamento dei serbatoi si è valutato un volume idrico dato dal prodotto della superficie di copertura per l'altezza di precipitazione relativa al tempo di ritorno di 50 anni (pari a 33.61 mm).

Si noti che ad ogni edificio è stato associato un codice numerico (si veda figura 20), corrispondente a quello del lotto, come da relazione tecnica.

Lotto	Area	Volume precipitato	Volume serbatoio
n°	m ²	m ³	m ³
1	133.6	4.49	1
2	151.6	5.10	1
3	150.0	5.04	1
4	118.3	3.98	1
5	116.6	3.92	1
6	150.3	5.05	1
7	150.0	5.04	1
8	179.0	6.02	1.5
9	217.1	7.29	2
10	199.3	6.70	2
11	173.8	5.84	1.5
12	157.41	5.29	1
13	102.20	3.43	1
14	129.07	4.34	1
15	165.56	5.56	1

Tabella 11 - Volumi dei serbatoi domestici

Il volume complessivo che può essere invasato dai serbatoi domestici è pari a 18.00 m³, pari al 23.3% circa di quello di competenza delle coperture.



Figura 20 - Attribuzione dei codici agli edifici coperti

L'idrogramma in ingresso calcolato al punto 2.4 tiene conto anche del contributo delle superfici coperte. Di seguito si riportano i risultati della procedura utilizzata in precedenza eliminando gli apporti meteorici invasati dai serbatoi domestici.

Tipologia	Superficie [m2]	Categoria di superficie	Codice Tabella	Area m2	CN-II	CN * Ai/Atot
Aree residenziali private	8927.08	Residenze con copertura in tegole	C7	1422.00	99.0	13.09
		Edifici esistenti	S1	438.59	99.0	4.04
		Patii, verande e passi carrai	C8	48.67	99.0	0.45
		Verde	S1	4912.60	78.0	35.64
		Pavimentazione in lastre	P3	2105.40	90.0	17.62
Viabilità	1300.33	Strada in conglomerato bituminoso	P10	1300.33	99.0	11.97
Totale	10227.22				CN-IIp	82.81

Tabella 12 – Calcolo del CN nello stato di progetto

Tale valore deve essere poi convertito in CN-IIIp (AMC III), più cautelativo rispetto alla condizione II, secondo quanto previsto dalla metodologia proposta dal Soil Conservation Service (SCS):

$$CN - IIIp^* = \frac{23 CN (IIp)}{10 + 0.13 CN (IIp)} = 91.72$$

Sulla base del CN-IIIp* e dello ietogramma Chicago calcolato al punto 2.3 è possibile definire mediante HEC-HMS l'idrogramma di piena, che si riporta di seguito (in verde).

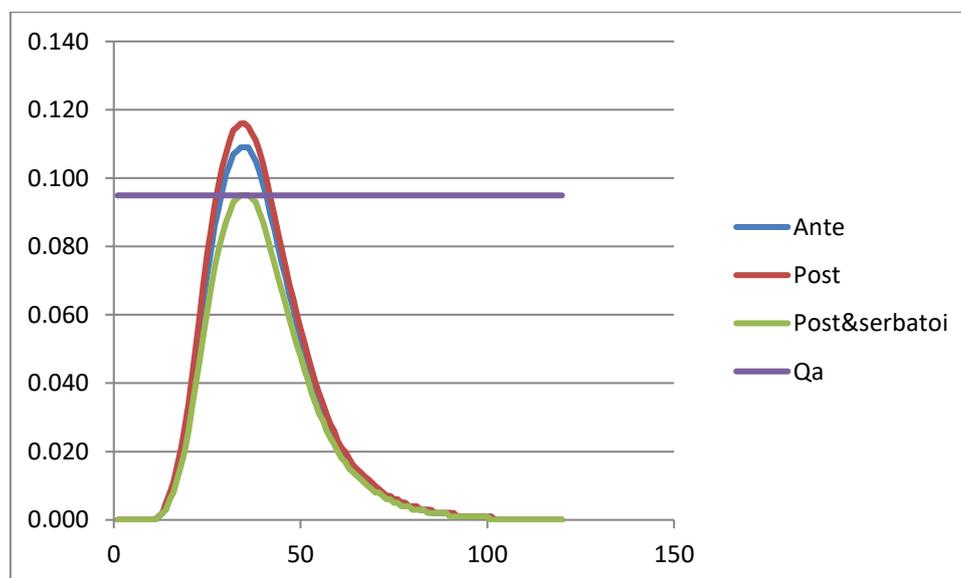
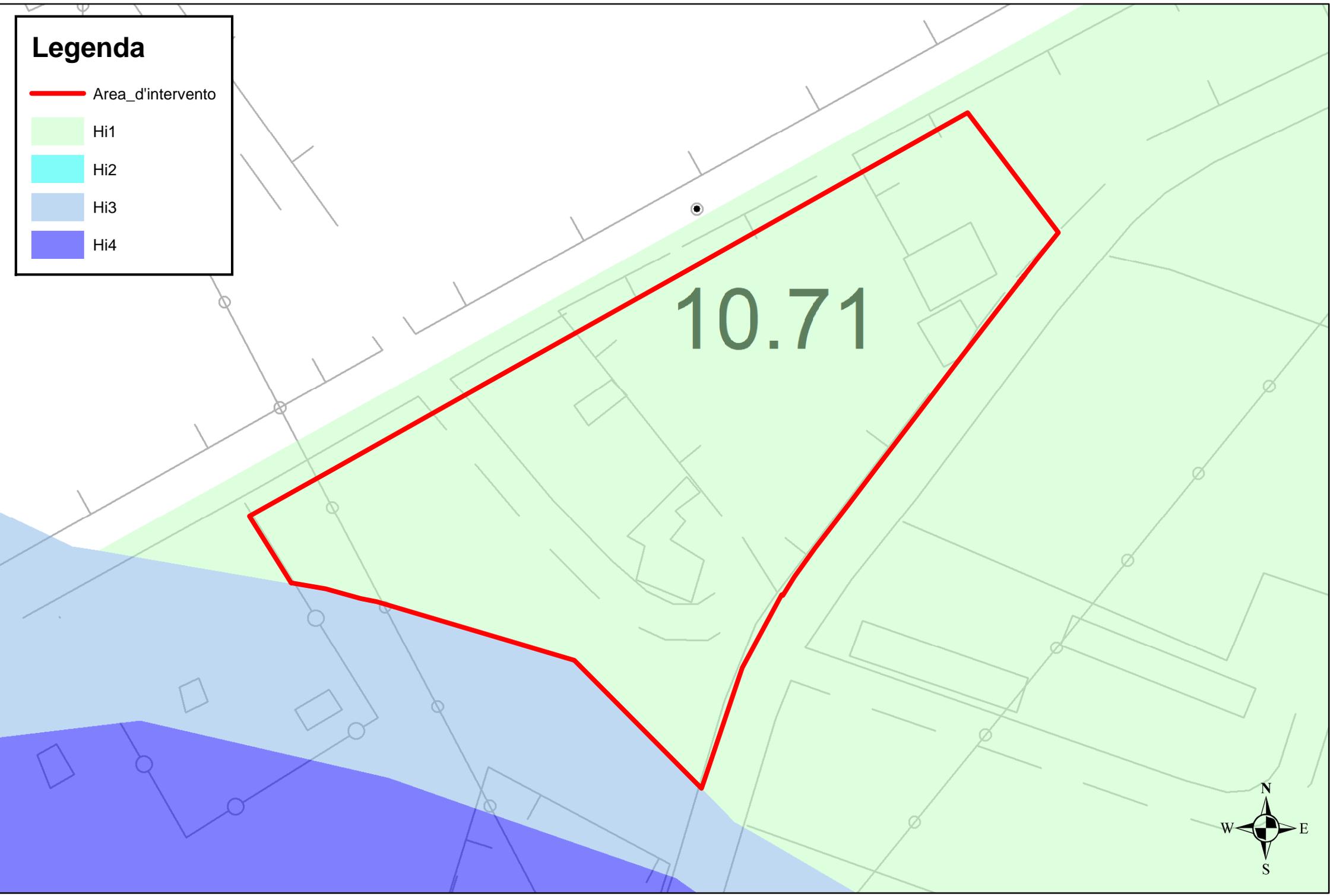


Figura 21 - Confronto idrogrammi ante e post per Tr50 con l'introduzione dei serbatoi domestici

Si osserva chiaramente in figura 21 come, grazie all'introduzione dei serbatoi domestici, il picco di piena si abbassa notevolmente, tanto da coincidere con la portata ammissibile dal recettore finale.

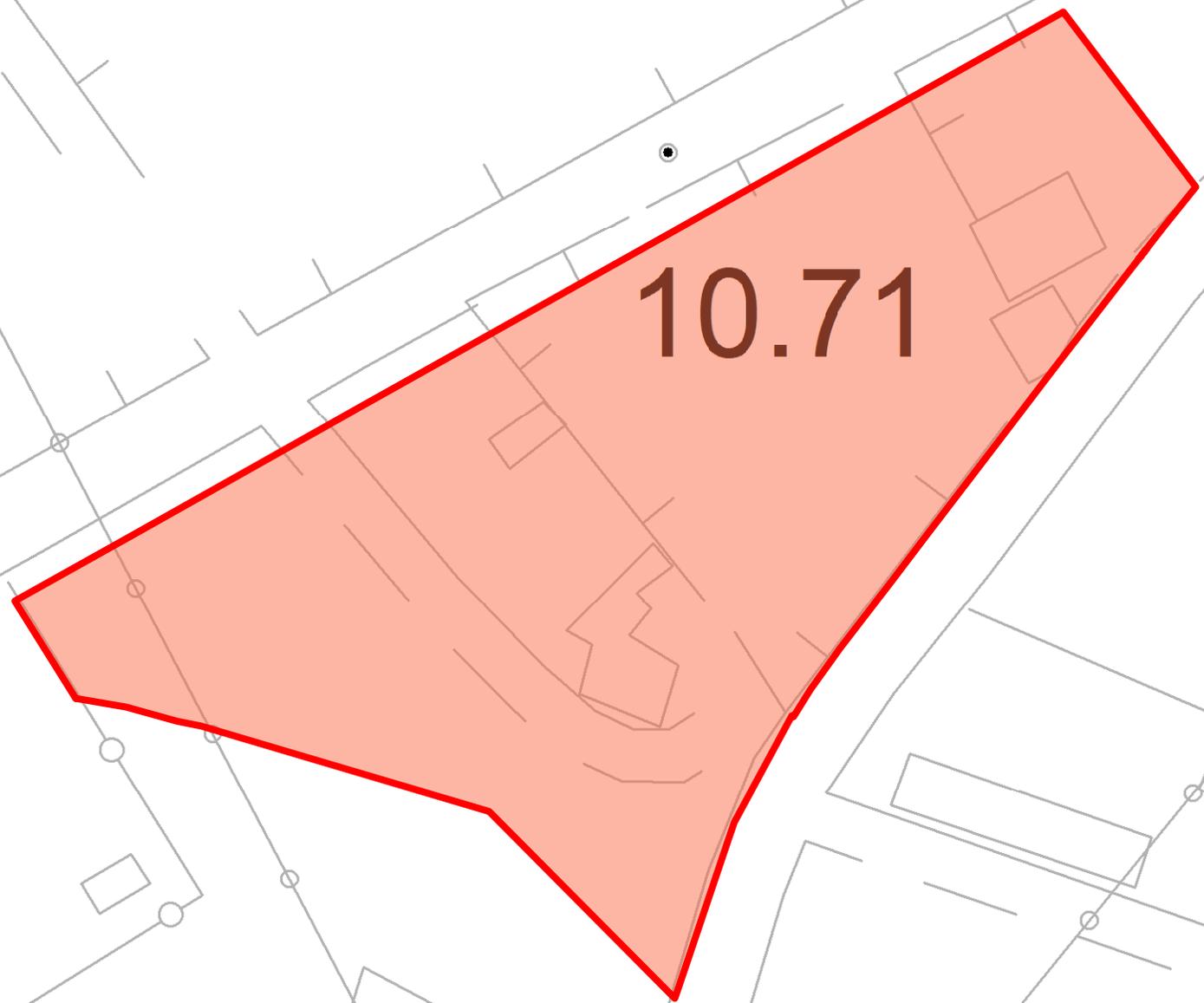
Legenda

- Area_d'intervento
- Hi1
- Hi2
- Hi3
- Hi4



Legenda

- Area_d'intervento
- E1
- E2
- E3
- E4



Legenda

- Area_d'intervento
- Ri1
- Ri2
- Ri3
- Ri4

