

# COMUNE DI ORISTANO

Provincia di Oristano

**PROGETTO**

Piano di Lottizzazione denominato "Is Pasturas Mannas 2" -  
Pinna e più

**ALLEGATO**

H

**ELABORATO**

Studio di compatibilità idraulica

## I Lottizzanti

Pinna Fabio

Pinna Nicola

Balloi Stefano

Porcu Maria Rita

Piseddu Gesuino

Berrutti Giuliana

Bruno Marzia

Bruno Marco

Fioravanti Silverio

Data 12/05/2017

## I Tecnici

Dott. Ing. Simone Cuccu

Dott. Geol. Antonello Piredda

**Studio Tecnico Geom. Salvatore Licheri**

Via Campanelli 43/B - 09170 Oristano

0783310104 - studiolicheri@tiscali.it

C.F.: LCH SVT 50M09 A097T - P.IVA: 00355070954

**Studio Tecnico Dott. Ing. Cristian Licheri**

Vico Episcopio 12 - 09170 Oristano

3498395509 - ing.licheri@tiscali.it

C.F.: LCH CST 80D28 G113N - P.IVA: 01103250955

SOMMARIO

<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA DI INTERVENTO</b> .....	<b>3</b>
<b>DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO DI PROGETTO</b> .....	<b>5</b>
<b>CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SETTORE DI INTERVENTO</b> .....	<b>6</b>
Inquadramento geologico .....	6
Inquadramento morfologico .....	8
Inquadramento idrogeologico .....	8
<b>QUADRO NORMATIVO E VINCOLISTICO IN MATERIA DI PIANIFICAZIONE DI BACINO E URBANISTICA</b> .....	<b>10</b>
Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) .....	10
Piano Stralcio per le Fasce Fluviali (PSFF) .....	11
Del. Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale n. 1 del 31/01/2014 .....	12
Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del distretto idrografico (PGRA) .....	12
Studio di compatibilità idraulica del territorio ex art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI .....	13
Piano Urbanistico Comunale (PUC) .....	14
Linee guida per la progettazione delle reti idrico-fognarie del Comune di Oristano .....	15
<b>ANALISI DEL RETICOLO IDROGRAFICO SECONDARIO</b> .....	<b>17</b>
<b>INVARIANZA IDRAULICA</b> .....	<b>19</b>
Valutazione delle capacità di deflusso dei suoli.....	19
Calcolo del parametro CN .....	20
Calcolo della portata di massima piena: aspetti metodologici .....	21
Metodo razionale con curva di possibilità pluviometrica TCEV .....	22
Dimensionamento della rete di dreno interna .....	25
Verifica complessiva del principio di invarianza idraulica .....	27
Misure compensative: dimensionamento del sistema di accumulo.....	29
<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>31</b>
Studio della pericolosità idraulica ex art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI. ....	31
Dimensionamento della rete di dreno interna .....	31
Verifica complessiva del principio di invarianza idraulica .....	31
<b>ALLEGATO</b> .....	<b>32</b>

## PREMESSA

Il presente elaborato è redatto dai tecnici Simone Cuccu, ingegnere idraulico, e Antonello Piredda, geologo, su incarico dei lottizzanti “Pinna e più”, ed espone i risultati dello *Studio di compatibilità idraulica* relativo al Piano di lottizzazione denominato “Is Pasturas Mannas 2” secondo quanto previsto dall’art. 8 comma 2 e dall’art. 47 comma 2 delle Norme di attuazione del Piano stralcio di bacino per l’Assetto Idrogeologico (PAI).

Il piano di lottizzazione in oggetto, redatto dall’ing. Cristian Licheri e dal geom. Salvatore Licheri, è relativo ai lotti contraddistinti con i mappali nn. 440 – 441 – 5043 – 5044 – 5045 – 5046 - 5047 nel Foglio n. 15 di Oristano per una superficie complessiva di pari a 11.833 mq, ed è sito in località *Is Pasturas Mannas* nel Comune di Oristano.

In particolare, secondo quanto richiesto dal comma 3 dell’art. 24 e dall’Allegato E delle citate N.A. del P.A.I., sono stati valutati gli elementi significativi del progetto riguardo le finalità e gli effetti ambientali, le possibili relazioni tra le trasformazioni del territorio da esso derivanti e le condizioni dell’assetto idraulico e del dissesto idraulico attuale e potenziale delle aree interessate, studiando le possibili variazioni della risposta idrologica, da cui deriva la coerenza del progetto con le previsioni e le norme del PAI.

L’intervento, come di seguito indicato, riguarda un’area in cui non risulta definito alcuno livello di pericolosità idraulica dai vari studi a livello di bacino e dall’attuale versione dello *Studio di Compatibilità idraulica* redatto ai sensi dell’art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI dell’intero territorio Comunale, approvato in via preliminare dal Comune di Oristano con Del. C.C. n. 29 del 22/03/2016.

Nel presente lavoro è poi messo in rilievo lo studio in termini di invarianza idraulica e delle conseguenti misure compensative per il rispetto della normativa vigente in materia.

## INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA DI INTERVENTO

Il sito ove è previsto l'intervento ricade nella porzione di territorio che collega gli abitati di Oristano e Sili a sud della ferrovia e della S.P. n. 55 asse di collegamento tra i due centri. A nord di essa scorre a poche centinaia di metri il fiume Tirso. I lotti sono accessibili dalla viabilità esistente che conduce al vecchio ex Zuccherificio, opera industriale dismessa negli anni Ottanta.

In particolare, il piano di lottizzazione denominato "Is Pasturas Mannas 2" riguarda un'area composta da sette lotti la cui superficie complessiva è di 11.833 mq e nel PUC del Comune di Oristano è inquadrata urbanisticamente come Zona C2, Sottozona C2ru - Aree da assoggettare a Piani di Riqualificazione Urbanistica.



Fig. n. 1 – Vista da satellite del contesto territoriale (elaborazione da Google Maps)



Fig. n. 2 – Vista obliqua da satellite della lottizzazione "Is Pasturas Mannas 2" (elaborazione da Bing)

La cartografia principalmente presa a riferimento riguarda:

- la Carta Tecnica dell'Italia Meridionale, commissionata dalla Cassa per il Mezzogiorno, in scala 1:5.000, F. 528 – B 4 - III;
- Stralcio Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000, F. 528 080 "Oristano";
- Cartografia PAI: Sub-Bacino 02, Tav. 7 G.F. per la Pericolosità e Rischio;
- Cartografia PSFF: Sub-bacino 02, Bacino idrografico 01, Tav. TI005 e TI007
- Cartografia PGRA: Sub-bacino 02, Tavv. Ri - Hi – Dp\_719;
- Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 Foglio 216 – 217 "Capo san Marco – Oristano".

È stato poi impiegato il modello digitale del terreno (DTM) passo 1 m messo a disposizione dalla Regione Sardegna per le elaborazioni GIS.

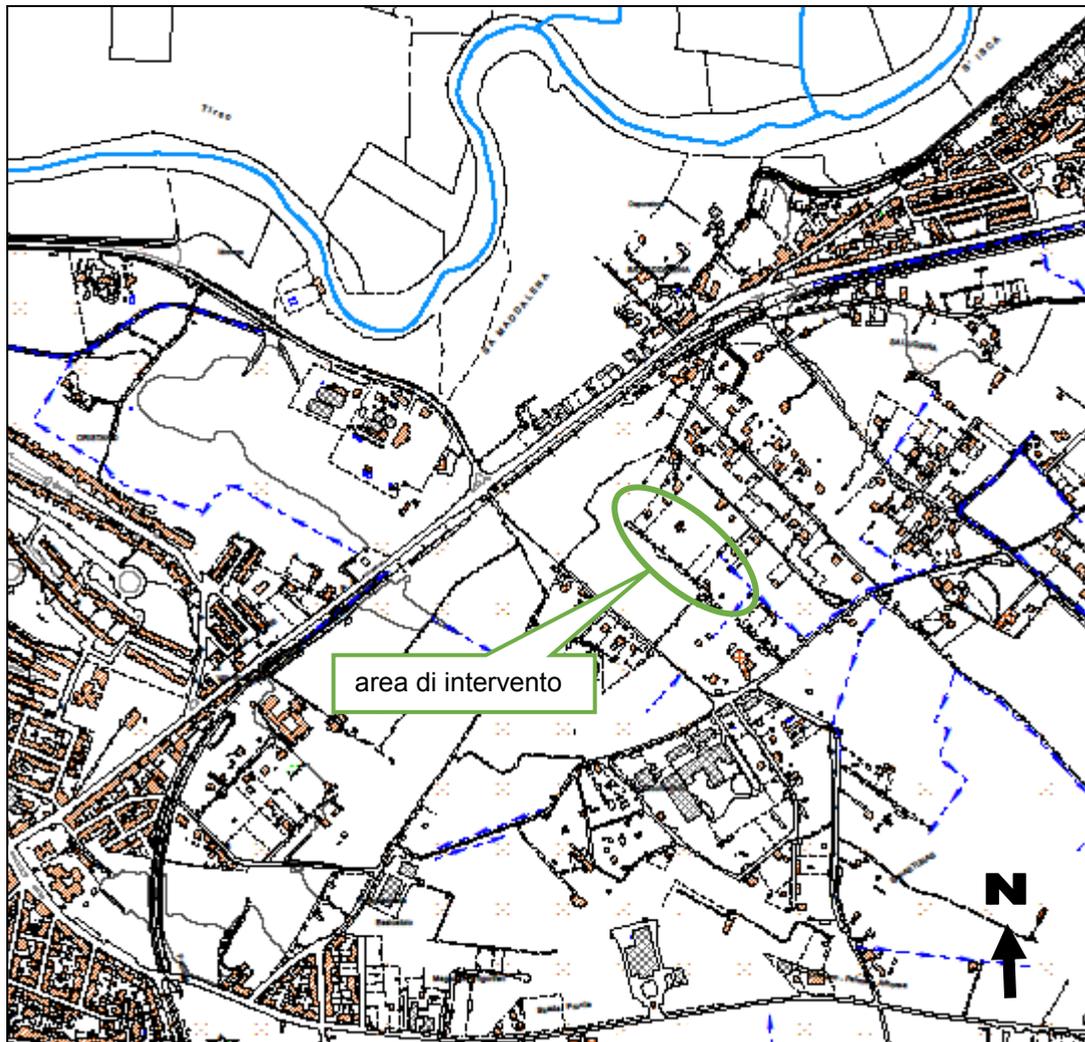


Fig. n. 3 – Sovrapposizione della CTR -DBMP e dei corsi d'acqua (elaborazione GIS)

## DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO DI PROGETTO

Lo studio, come precedentemente riportato, concerne un piano di lottizzazione in località *Is Pasturas Mannas* di superficie complessiva pari a 11.833 mq, collocato sul lato sud della S.P. n. 55 a metà strada tra Oristano e la frazione di Sili.

I terreni interessati dal piano attuativo, attualmente parzialmente edificati, sono disposti perpendicolarmente alla nuova viabilità a servizio dei lotti, la quale ricalca e amplia la strada rurale attualmente esistente in sterrato. Saranno ivi posate tutte le reti sottosuolo, compresa la rete delle acque bianche, interessata dal presente studio.

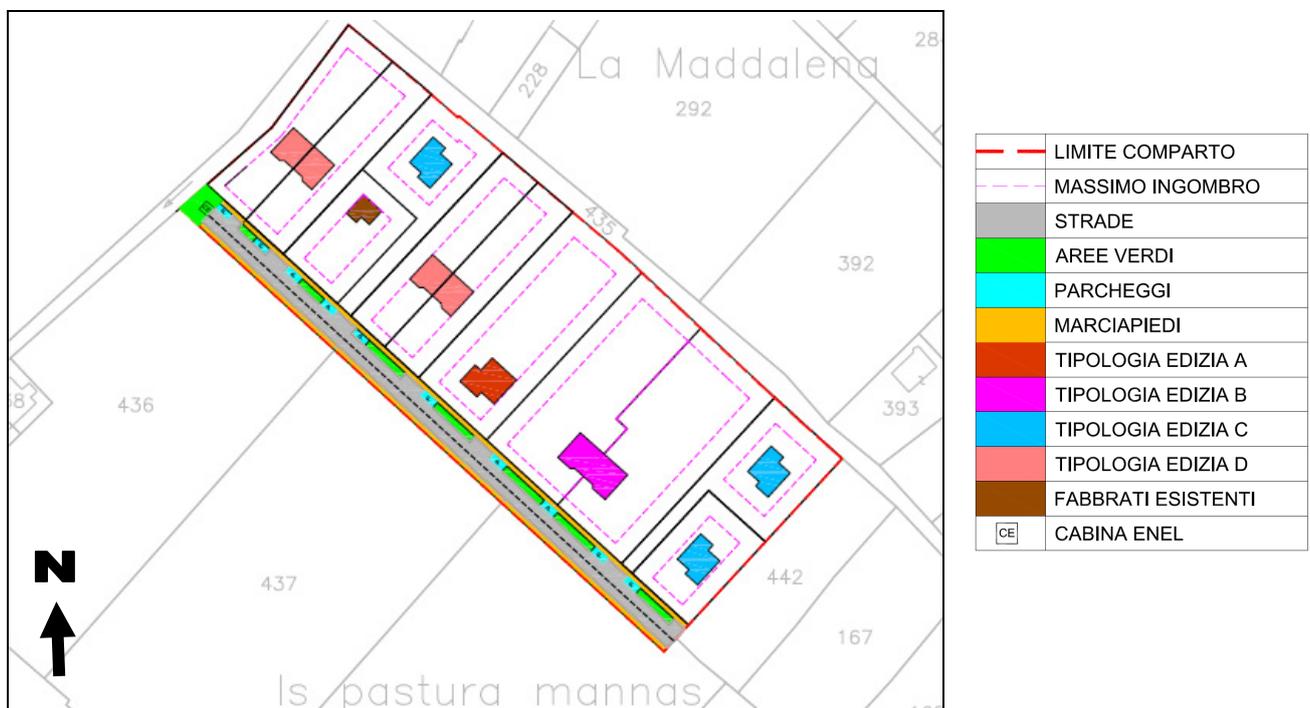


Fig. n. 4 – Proposta di piano

Negli elaborati progettuali sono riportati con maggiore dettaglio le specifiche pianificatorie e le rappresentazioni grafiche che mettono in evidenza gli aspetti di cui sopra.

## CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SETTORE DI INTERVENTO

Per una trattazione più completa si rimanda alla *Relazione Geologica e Geotecnica* allegata al progetto della lottizzazione. Di seguito si riportano i tratti salienti relativi all'inquadramento generale dell'area oggetto dell'intervento.

**Inquadramento geologico** L'area in esame nel suo inquadramento generale è ubicata nella parte settentrionale della Fossa del Campidano. Questa depressione tettonica originata durante il Plio-Quaternario dall'attivazione di un sistema di faglie con direzione preferenziale NO-SE è impostata sulla parte meridionale della preesistente Fossa Sarda riferibile invece all'Oligo-Miocene. È limitata a Nord dal Montiferru, a Est dal Monte Grighini e dal Monte Arci e a Ovest dalla Penisola del Sinis.

I depositi di quest'area compresi fra il Pleistocene e l'Attuale, sono legati essenzialmente alla dinamica fluviale e costiera.

In particolare si possono distinguere:

- Alluvioni "antiche" (Pleistocene);
- Alluvioni recenti e attuali (Olocene-Attuale);
- Depositi costieri e transizionali recenti e attuali (Olocene-Attuale).

**Alluvioni "antiche" (Pleistocene).** Rappresentano depositi terrazzati costituiti da livelli ghiaioso-ciottolosi e sabbiosi sia in alternanza che in vari rapporti granulometrici, mediamente addensati, con una frazione limo argillosa variamente distribuita arrossata e livelli argillo limosi.

Gli elementi litici evoluti, di varia forma, appiattiti, ovoidali, a spigoli smussati, con dimensione massima sino a circa 20 cm, sono rappresentati da quarziti, vulcaniti, rocce intrusive e metamorfiche.

I livelli più francamente argillosi, bruno-nocciola, risultano da moderatamente plastici a compatti.

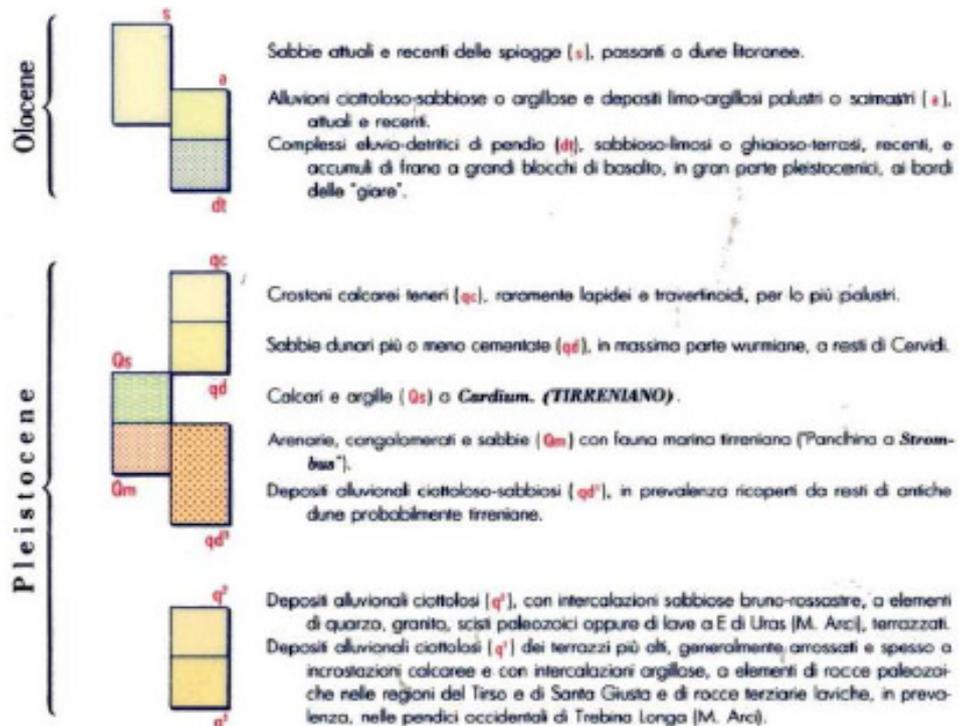
**Alluvioni recenti e attuali (Olocene-Attuale).** Sono formate da livelli sabbiosi e limo argillosi e ghiaioso-ciottolosi, sia in alternanza che in vari rapporti granulometrici. I livelli ciottolosi sono formati da clasti evoluti quarziticci, di rocce vulcaniche e paleozoiche in genere. Questi depositi si presentano generalmente mediamente o poco addensati.

**Depositi costieri e transizionali recenti e attuali (Olocene-Attuale).** Rientrano in questa tipologia i depositi dunari attuali, allungati parallelamente alla costa del Golfo di Oristano, formati da sabbie medio-grosse giallastre, i depositi deltizi del fiume Tirso,

Studio della pericolosità idraulica ex art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI del piano di lottizzazione denominato "Is Pasturas Mannas 2"

sabbioso-limo-argillosi, i depositi lagunari e palustri dello Stagno di Santa Giusta e delle aree limitrofe, in prevalenza argillosi e torbosi con subordinate e sottili intercalazioni sabbiose-granulose.

L'eterogeneità di tali depositi quaternari sia nello spessore che nella distribuzione areale è legata agli apporti alluvionali del paleo Tirso e agli interscambi con l'ambiente costiero.



Figg. n. 5 e 6 – Estratto della carta geologica (Stralcio FF. 216-217 della Carta Geologica d'Italia)

### **Inquadramento morfologico**

Le caratteristiche morfologiche del territorio in esame sono strettamente connesse con la dinamica fluviale del Tirso e dei corsi d'acqua minori, nella sua azione di trasporto, deposito dei sedimenti e fenomeni erosivi alternatesi nel tempo per oscillazioni climatiche a partire dal Quaternario antico sino ai tempi attuali.

Superata la gola di Villanova Truschedu si sviluppa l'ampio delta di Tirso con la deposizione di prodotti dall'alterazione e disfacimento di rocce attraversate nel suo percorso dall'interno della Sardegna, con sedimenti prevalentemente quarziticci, vulcanici, metamorfici e granitici.

L'espressione di questi eventi è la formazione di estesi depositi alluvionali di diverso ordine e a quote differenti, con modeste incisioni vallive che contribuiscono ad articolare il paesaggio.

Nel tratto terminale meandriforme del fiume Tirso sono presenti sedimenti alluvionali più recenti estesi su un'ampia fascia orientata circa est-ovest con andamento sub-pianeggiante, con una debole pendenza verso il mare. A nord e sud di questa fascia si individuano a quota superiore alluvioni più antichi pleistoceniche, spesso terrazzate, su superfici pianeggianti o debolmente ondulate. Questi depositi sono presenti nell'area d'intervento.

Il risultato di questa dinamica fluviale è un'irregolare distribuzione areale e verticale dei sedimenti anche su limitate aree.

Verso la costa le unità morfologiche maggiormente significative sono rappresentate dallo stagno di Santa Giusta, dalle aree paludose limitrofe, la costa bassa e sabbiosa e i corpi dunari.

La formazione degli stagni è dovuta alla presenza di ostacoli morfologici al regolare deflusso fluviale. Generalmente si tratta di barre sottomarine create dal moto ondoso e dalle correnti costiere che alimentate dai sedimenti fluviali, emergono fino a formare delle vere e proprie spiagge sino alla formazione di campi dunari.

Questi ultimi risultano particolarmente evidenti a sud della foce del Fiume Tirso dove si sono verificate condizioni di abbondante alimentazione sedimentaria ed esposizione ai venti dominanti da Nord Ovest.

Infine viene segnalata l'antropizzazione del territorio con insediamenti produttivi, interventi agricoli, estrattivi, irrigui e opere di bonifica.

### **Inquadramento idrogeologico**

**Circolazione idrica superficiale.** La rete idrografica dell'area oltre al Fiume Tirso ed alcuni suoi affluenti, è caratterizzata da un articolato sistema di canalizzazioni e opere di drenaggio realizzate per l'irrigazione e il miglioramento fondiario.

**Circolazione idrica sotterranea.** Per quanto riguarda la circolazione idrica sotterranea, come già evidenziato, sono presenti nell'area depositi alluvionali sabbioso – ghiaiosi e limo argillosi sia in

alternanza che in vari rapporti granulometrici, prodotti dagli apporti fluviali del paleo Tirso e dagli interscambi con l'ambiente costiero.

Queste alluvioni sono caratterizzate da una marcata variabilità compositiva nella distribuzione areale e verticale con l'accostamento e la sovrapposizione di corpi sedimentari di varia estensione e potenza, spesso a sviluppo lentiforme, con valori della permeabilità molto diversi.

Nei depositi sedimentari a maggiore permeabilità si rinvergono falde acquifere sia freatiche di tipo multistrato che in pressione.

Negli strati più superficiali sono presenti circolazioni idriche con caratteristiche quantitative e qualitative variabili, direttamente influenzate dagli apporti meteorici locali.

Le falde più profonde evidenziano in genere caratteristiche quantitative stabili o con minime variazioni temporali, legate ad un più esteso bacino idrogeologico alimentato dai flussi di subalveo del Fiume Tirso.

Nell'area d'intervento le prime circolazioni idriche s'individuano a circa m - 9.0 ÷ - 10 dal piano campagna.

## QUADRO NORMATIVO E VINCOLISTICO IN MATERIA DI PIANIFICAZIONE DI BACINO E URBANISTICA

### Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), redatto dalla Regione Autonoma della Sardegna ai sensi del D.L. n. 180 del 11/06/1998, convertito con L. n. 267 del 03/08/1998, è stato emanato con D.P.R. Sardegna n. 67 del 10/07/2006. Nel 2008, nel 2010 e nel 2013 sono state approvate modificazioni e varianti, l'ultima delle quali legata all'approvazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni in data 30/07/2015.

Il PAI individua le aree soggette a inondazioni ed a fenomeni franosi. Ne consegue una determinazione di tre entità, *pericolosità*, *elementi a rischio* e *rischio*, delle quali pericolosità e rischio classificati in funzione di quattro differenti tempi di ritorno (50, 100, 200, 500 anni).

**Indicazioni relative alla zona oggetto dello studio.** Il corso d'acqua di principale interesse della zona è il fiume Tirso, le cui aree di pericolosità sono distanti dalla lottizzazione oggetto di studio e comunque separate dalla strada che collega Oristano a Sili.

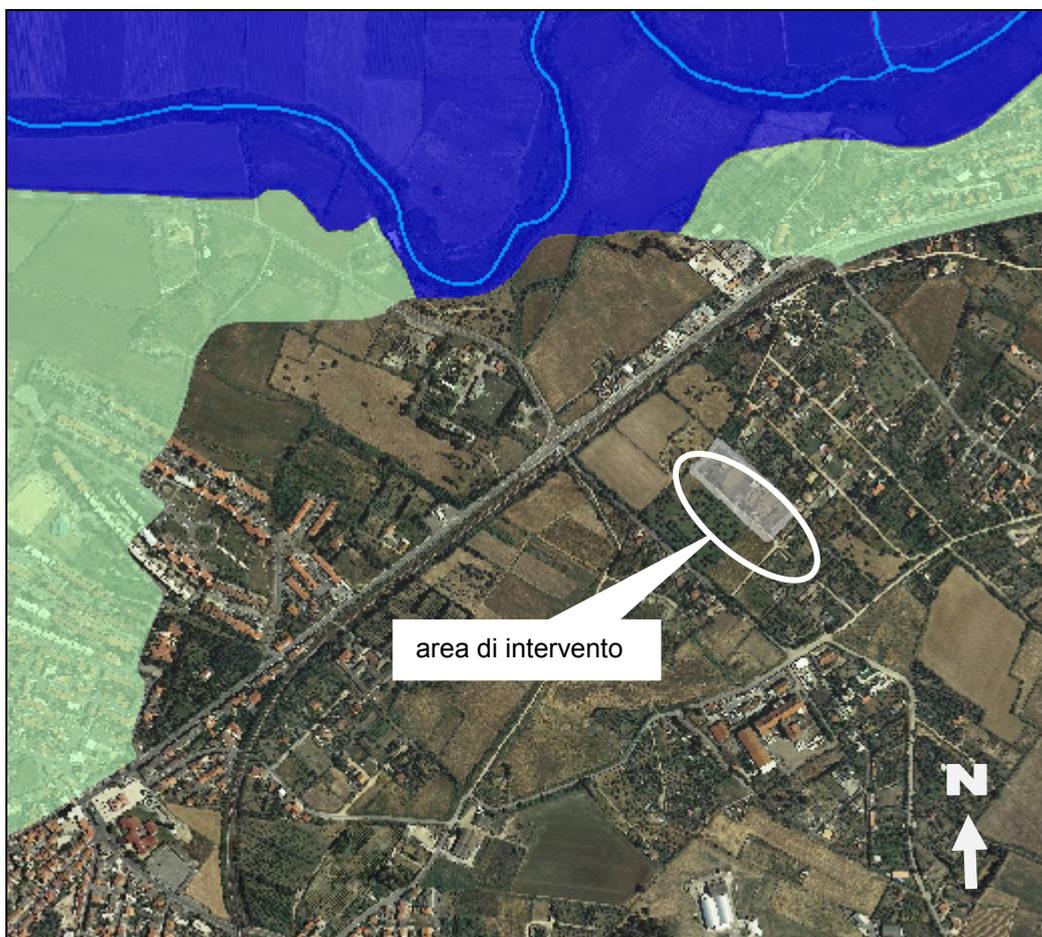


Fig. n. 7 – Pericolosità idraulica ai sensi del PAI (elaborazione GIS)

### Piano Stralcio per le Fasce Fluviali (PSFF)

Il Piano Stralcio per le Fasce Fluviali (PSFF), redatto dalla Regione Autonoma della Sardegna ai sensi dell'art. 17, comma 6 della L. n. 183 del 19/05/1989 quale Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale relativo ai settori funzionali individuati dall'art. 17, comma 3 della legge precedentemente riportata, è stato approvato mediante nuova procedura ed in via preliminare dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Sardegna con D.C.I. n. 1 del 20/06/2011. Successivamente, nel 2012 e nel 2013 sono intervenuti una nuova adozione preliminare e la adozione definitiva, con D.C.I. n. 1 del 20/06/2013 con un iter che si è concluso con la definitiva adozione mediante D.C.I. n. 1 del 07/07/2015.

Analogamente al PAI, anche il PSFF individua le aree soggette a fenomeni di allagamento ragionando in termini di pericolosità, elementi a rischio e rischio. Tuttavia, pericolosità e rischio sono stati classificati in funzione di cinque differenti tempi di ritorno 2 (non presente nel PAI), 50, 100, 200, 500 anni.

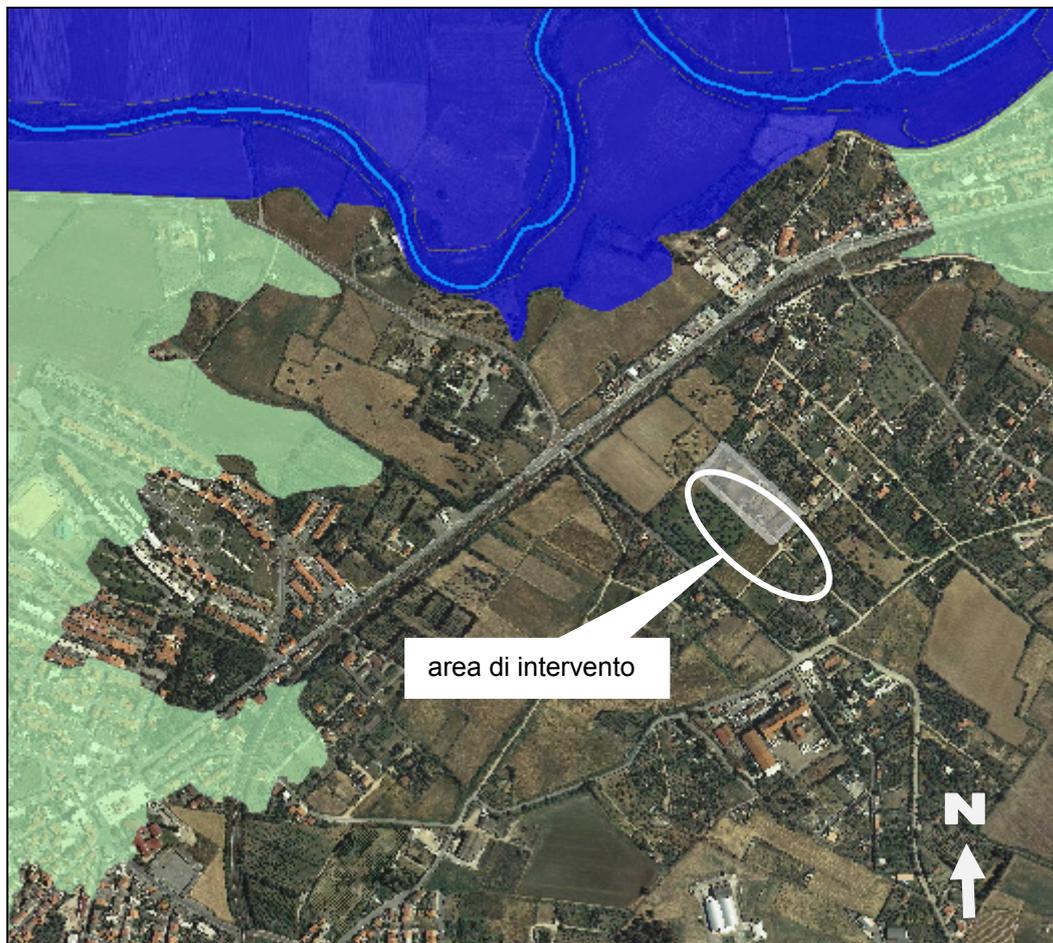


Fig. n. 8 – Pericolosità idraulica ai sensi del PSFF (elaborazione GIS)

**Indicazioni relative alla zona oggetto dello studio.** Anche nel caso del PSFF si ha lo studio del fiume Tirso e, come nel PAI, l'area di allagamento che ne deriva non interessa la lottizzazione oggetto del presente intervento.

### **Del. Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale n. 1 del 31/01/2014**

A seguito dell'evento calamitoso di carattere alluvionale definito "Cleopatra" e verificatosi nel novembre del 2013, il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino ha deliberato l'approvazione di una cartografica che tenesse conto delle aree di allagamento riscontrate e segnalate dai comuni interessati. Tali aree risultano d'ufficio interessate da vincolo classificato Hi4.

**Indicazioni relative alla zona oggetto dello studio.** La porzione di territorio oggetto di studio non è oggetto di perimetrazione ai sensi della citata delibera.

### **Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del distretto idrografico (PGRA)**

La versione finale ed approvazione definitiva del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni è stata adottata con D.C.I. n. 2 del 15/03/2016 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Sardegna in attuazione di quanto previsto dal D.Lgs. n. 152/2006, art. 13, e dal D.Lgs. n. 49/2010, art. 7 oltre che dalla Direttiva 2007/60/CE.

Per quanto concerne poi il quadro conoscitivo che il PGRA ha il compito di ricomporre, nell'ambito della pericolosità sono state considerate le aree interessate dall'evento alluvionale "Cleopatra" del 18/11/2013, oltre alle aree già individuate da PAI, PSFF e dai vari studi a livello locale ex art. 8 delle NA del PAI.

Sempre nel PGRA, dal punto di vista metodologico, vengono apportate due significative novità rispetto a quanto definito dal PAI. Infatti le classi di pericolosità sono definite in funzione di quanto stabilito dalla Direttiva alluvioni e suddivise pertanto in tre classi, in luogo delle quattro previste dal PAI. In particolare si hanno: P3 aree a pericolosità elevata (corrispondente alla Hi4 del PAI); P2 aree a pericolosità media (Hi2 e Hi3); P1 aree a pericolosità bassa (Hi1). Il secondo aspetto riguarda l'introduzione del *danno potenziale* che tende ad integrare e estendere il concetto di *elemento a rischio* dal quale peraltro deriva mediante la moltiplicazione di questi con il fattore di vulnerabilità. Anche il danno potenziale è distinto in quattro classi che vanno dal *moderato o nullo* al *molto elevato*.

**Indicazioni relative alla zona oggetto dello studio.** Il PGRA per sua caratteristica intrinseca riprende le aree di pericolosità emerse degli studi che lo hanno preceduto nel tempo e riporta pertanto l'indicazione in base alla quale l'area in questione non è contrassegnata da alcuna area di pericolosità idraulica.

**Studio della pericolosità idraulica ex art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI del piano di lottizzazione denominato "Is Pasturas Mannas 2"**

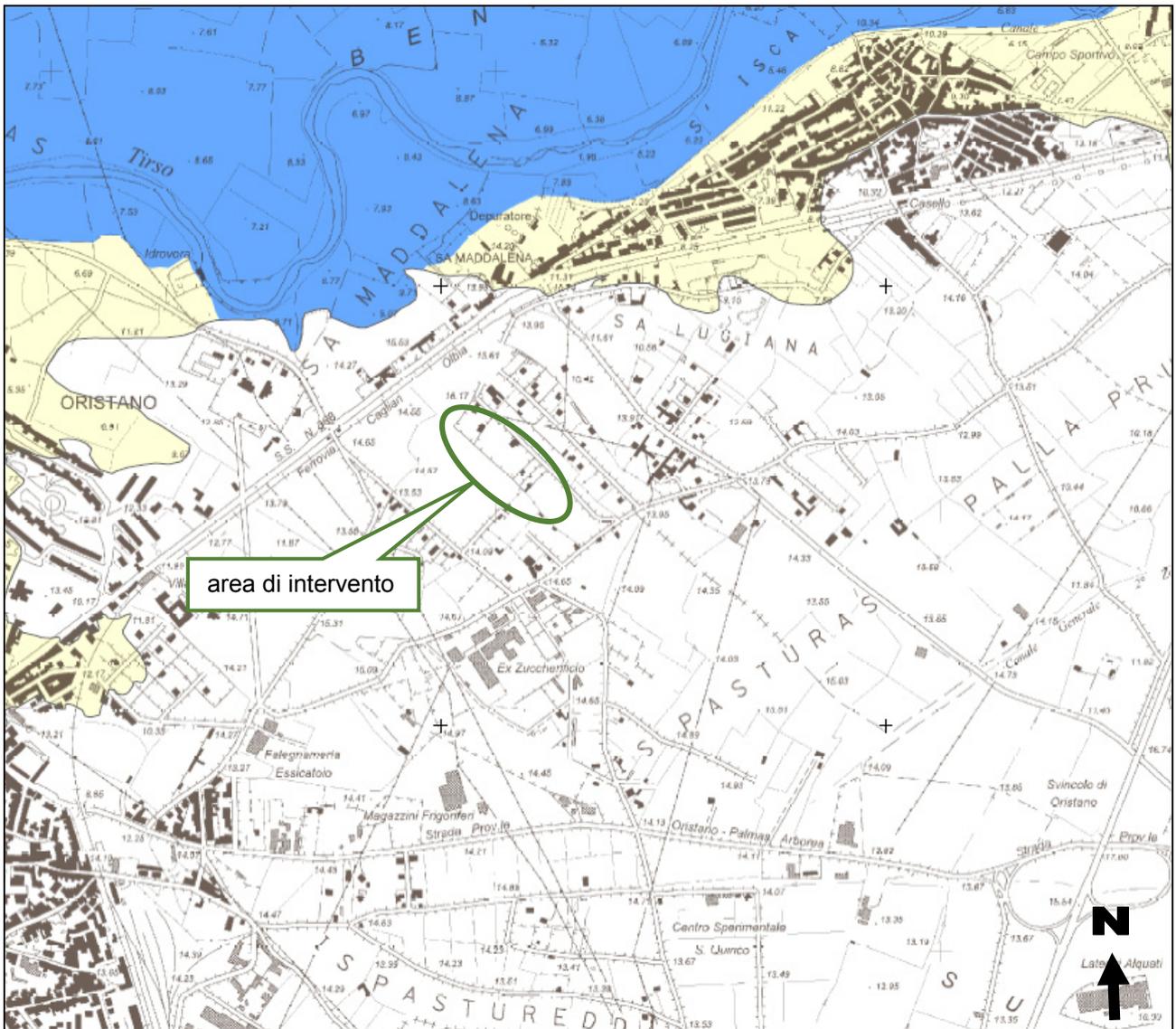


Fig. n. 9 – Pericolosità idraulica ai sensi del PGRA (Elab. 0719-Hi delle Mappe della Pericolosità)

**Studio di compatibilità idraulica del territorio ex art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI.**

Ad integrare quanto disposto nel PAI, il Comune di Oristano nel giugno 2016 ha approvato in via preliminare ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI uno studio volto ad analizzare in dettaglio il sistema idraulico del territorio di Oristano.

Dal punto di vista tecnico, il lavoro (che è in attesa dell'esito della istruttoria dell'Autorità di bacino – ADIS –) dopo avere studiato l'insieme delle aste fluviali secondarie insistenti nel territorio, individua, attraverso una sorta di sovrapposizione degli effetti, le condizioni maggiormente cautelative tra le varie studiate dai diversi piani vigenti.

**Indicazioni relative alla zona oggetto dello studio.** Lo studio in questione non individua ulteriori aree di pericolosità nella zona interessata dall'intervento.



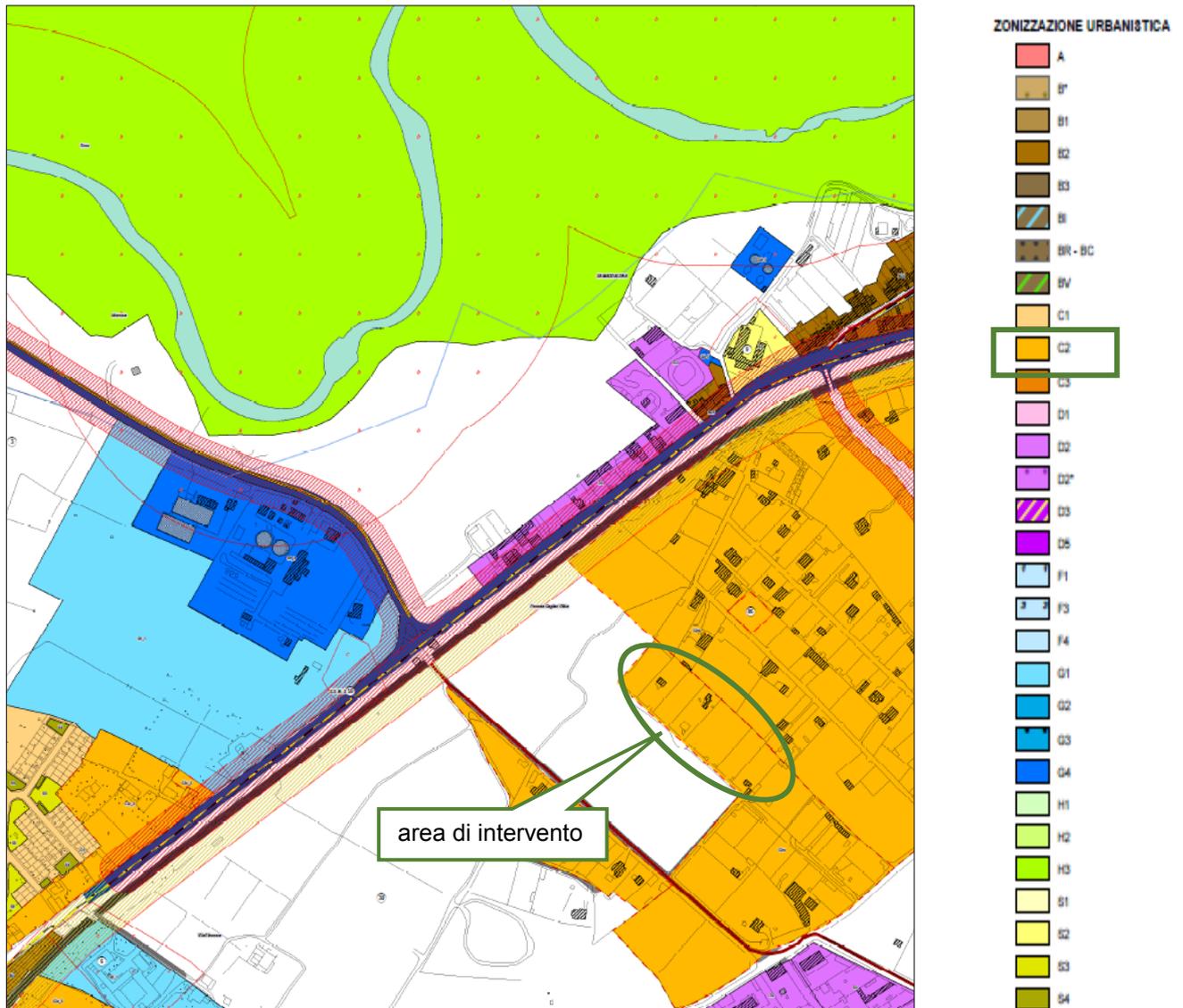


Fig. n. 11 – Stralcio del PUC del Comune di Oristano (Elab. TAV\_30.3\_ZONING\_URBANO\_FRAZIONI\_2K\_SILI)

### Linee guida per la progettazione delle reti idrico-fognarie del Comune di Oristano

Relativamente alle zone C2ru, il Comune di Oristano si è dotato di un apposito strumento quadro avente il compito di definire l'ambito delle reti idrauliche nelle zone di espansione, con particolare riferimento ai due macro comparti di Sa Rodia e Sili. Il progetto, denominato "Linee guida per la redazione dei Piani di Riquilificazione Urbanistica nelle aree C2ru, C2ru.f", aggiornato nel 2014, fornisce indicazioni relative ad aspetti progettuali, tecnologici e costruttivi di detti sottoservizi.

**Indicazioni relative alla zona oggetto dello studio.** Le linee guida prevedono che le lottizzazioni collocate tra Oristano e Sili nella zona dell'ex Zuccherificio collettino le loro acque agli esistenti canali di colò del Consorzio di Bonifica dell'Oristanese. In particolare il ricettore della lottizzazione di cui all'oggetto passa lateralmente ad essa, sul confine nord-ovest, ma il conferimento avviene più a valle, nella strada di collegamento tra la S.P. n. 55 e lo Zuccherificio.

Studio della pericolosità idraulica ex art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI del piano di lottizzazione denominato "Is Pasturas Mannas 2"

La portata da coletare è stata calcolata in funzione di tempi di ritorno di 5 anni e il diametro ottenuto pari a 315 mm.

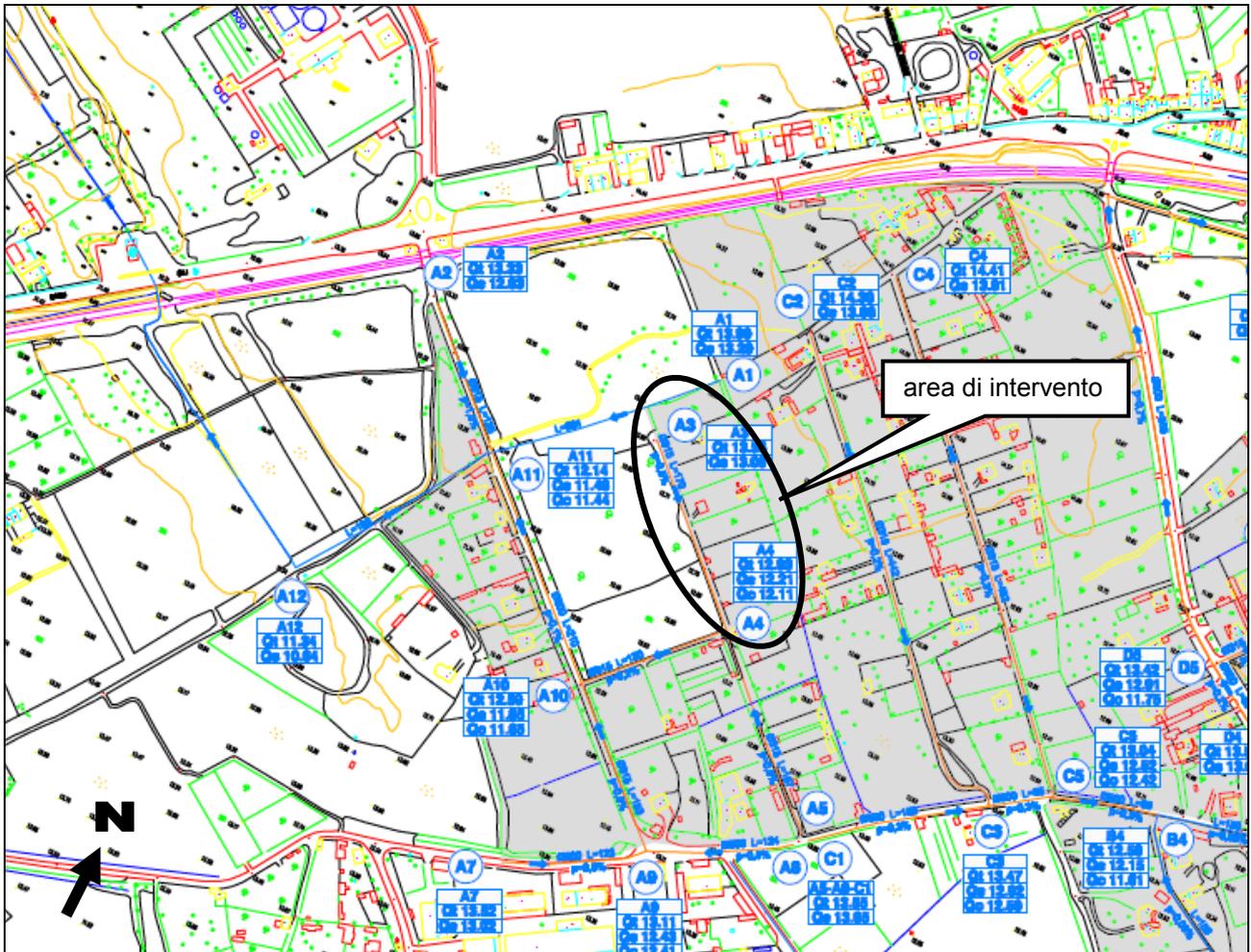


Fig. n. 12 – Stralcio dello schema delle acque bianche (Tav. 2b – Planimetria generale rete fognaria bianca)

## ANALISI DEL RETICOLO IDROGRAFICO SECONDARIO

La lottizzazione di cui al presente studio fa riferimento, come precedentemente riportato, ad una vasta area periurbana compresa tra la viabilità ferroviaria e le S.P. n. 70 e 57 che collegano a Fenosu rispettivamente gli abitati di Oristano e Sili, comprendente pertanto la campagna a nord-est di Oristano. Si tratta di un territorio interessato nel tempo da importanti lavori di bonifica, di cui rimangono ancora buona parte delle opere idrauliche in termini di canali adduttori e canali di colo. A tale proposito, il Comune di Oristano, nelle "Linee guida per la redazione dei Piani di Riqualificazione Urbanistica nelle aree C2ru, C2ru.f", ha individuato un canale di colo in prossimità della lottizzazione oggetto dello studio quale corpo idrico ricettore dell'apporto delle acque bianche, riportato in celeste nella figura seguente.

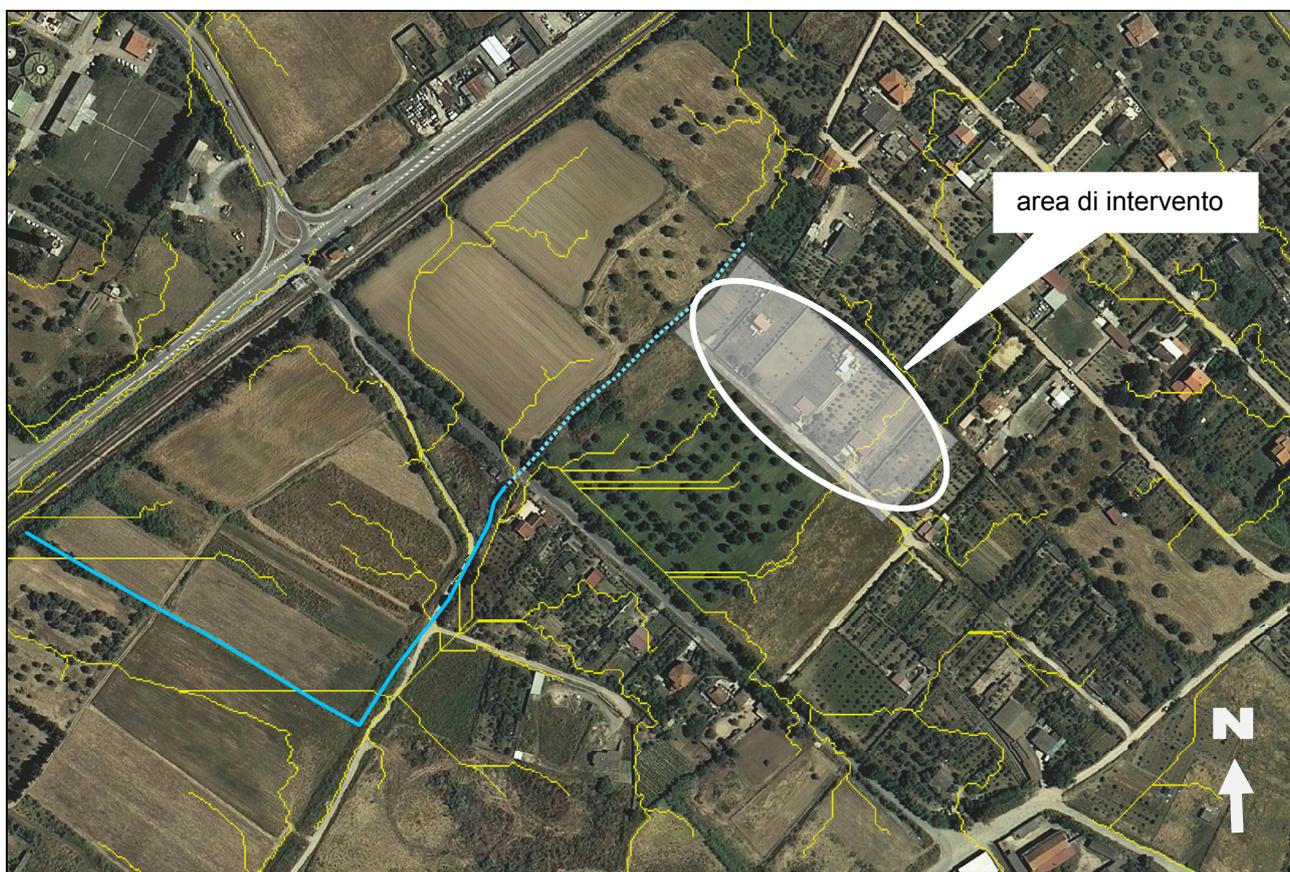


Fig. n. 13 – Linee di corrivazione naturali (in giallo) nella zona interessata dall'intervento (elaborazione GIS)

Lo studio sul DTM passo 1 m del contesto ha consentito di mettere in evidenza che l'ambito della lottizzazione è interessato da tre sub-bacini che conferiscono le loro acque al canale di colo del Consorzio di Bonifica dell'Oristanese, e sono utili alla comprensione del funzionamento idraulico della porzione del comparto studiato. In particolare si ha che:

- il sub-bacino 1: raccoglie le acque che si trovano nella parte nord-est della lottizzazione oltre ad una parte significativa della medesima;

- il sub-bacino 2: concerne la porzione est del comparto;
- il sub-bacino 3: acquisisce le acque dei sub-bacini 1 e 2 (mediante la condotta delle acque bianche, in nero nella Fig. n. 20) ed è connotato da diverse linee di corrivazione indipendenti tra loro, tra cui quelle che drenano l'acqua delle aree immediatamente a nord-est della lottizzazione.

Dalla precedente analisi di dettaglio emerge pertanto che la parte iniziale del canale di colo del CBO non è coinvolto nel drenaggio delle acque di superficie delle aree circostanti, limitandosi a raccogliere essenzialmente le acque zenitali interessanti il suo breve percorso (circa 200 m).

Si può pertanto ragionevolmente ritenere che la parte tratteggiata del canale di colo nella Fig. n. 20 di fatto non si possa considerare come un effettivo corso d'acqua, tanto da non essere indicata come percorso corrivo dall'analisi GIS.

L'elaborazione effettuata sulla base del DTM passo 1 m è confortata dalle foto in situ e in particolare dalla Foto n. 1 dell'ALLEGATO n. 1 – Documentazione fotografica.

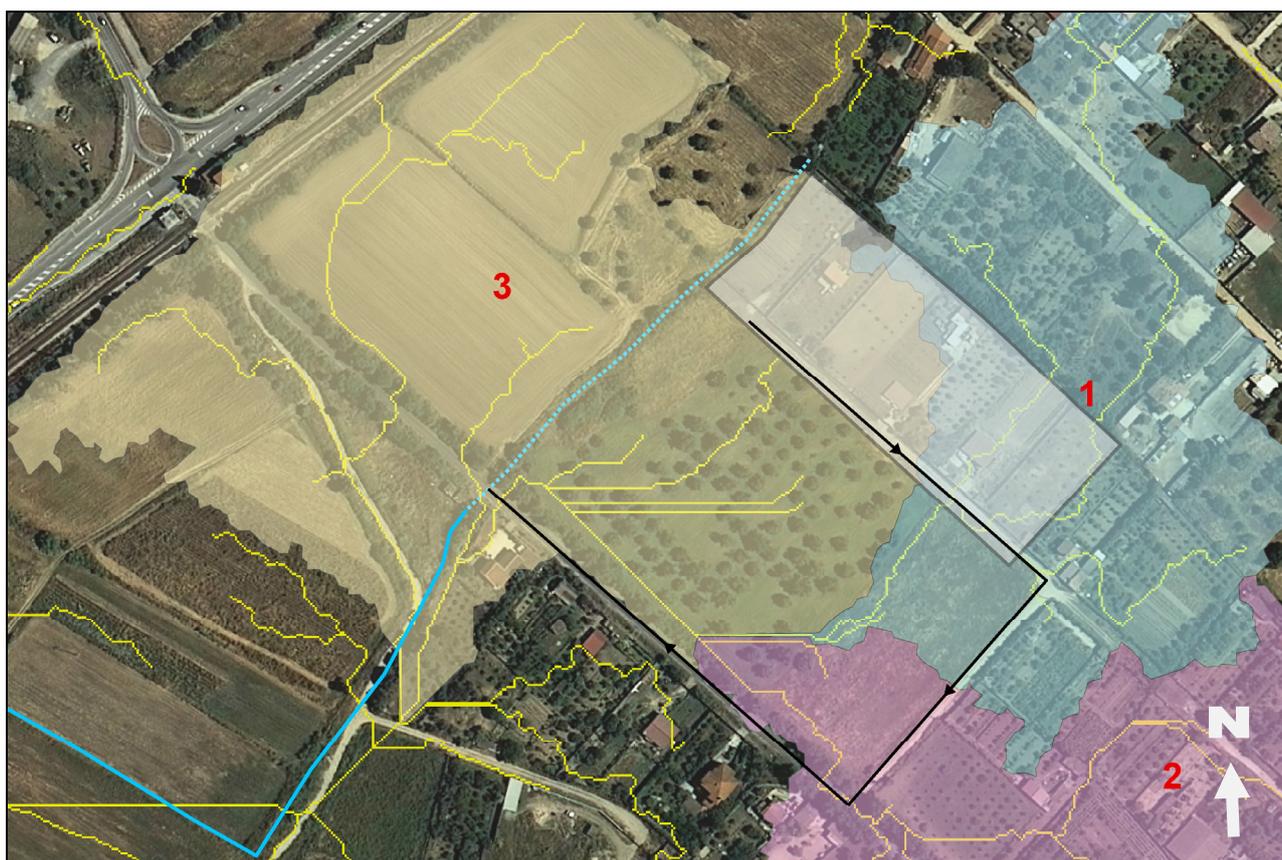


Fig. n. 14 – Analisi idraulica dei tre principali sub-bacini interessanti la lottizzazione (elaborazione GIS)

Pertanto, la porzione di territorio limitrofa alla lottizzazione in oggetto non risulta interessata da allagamenti provocati dall'esondazione del canale di colo del CBO, inteso come corpo ricettore della porzione di comparto studiato.

## INVARIANZA IDRAULICA

La D.C.I. n. 2 del 23/11/2016 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Sardegna, in attuazione di quanto previsto dall'art. n. 47 delle N.A. del PAI; del D.Lgs. n. 152/2006, art. 13; dal D.Lgs. n. 49/2010, art. 7 oltre che dalla Direttiva 2007/60/CE, ha approvato le "Linee guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio della invarianza idraulica di cui all'articolo 47 delle NA del PAI" in base alle quali vengono fornite indicazioni di dettaglio in merito alla corretta applicazione del principio dell'invarianza idraulica al fine di indirizzare e supportare la redazione degli strumenti attuativi di pianificazione locale. La valutazione delle specifiche tematiche legate a tale ambito è in capo al singolo Comune, che ha il compito di vigilare sull'effettiva attuazione degli interventi e a garantire il rispetto del principio della invarianza idraulica a seguito della trasformazione dei luoghi.

### Valutazione delle capacità di deflusso dei suoli

La valutazione delle capacità di deflusso dei suoli è legata alla determinazione dell'indice CN, calcolato con il metodo SCS-Curve Number, come peraltro previsto dalle linee guida del PAI.

L'indice CN, adimensionale, è un valore compreso tra 0 e 100 ed è espresso in funzione di tre aspetti:

- natura del suolo;
- tipo di copertura vegetale;
- condizioni di umidità al suolo antecedenti la precipitazione.

**I suoli.** La tipologia di suolo è stata classificata in base alle indagini geologiche e all'analisi in situ che ha assegnato la classe di permeabilità dell'area in questione seguendo la classificazione definita dal metodo del Curve Number del Soil Conservation Service "hydrologic soil group", distinta quattro classi definite per i diversi tipi di terreno, come riportato nella tabella seguente.

CLASSE	TIPO DI TERRENO
<b>A</b> deflusso superficiale potenziale basso	I SUOLI DI QUESTO GRUPPO, QUANDO SONO COMPLETAMENTE SATURI, HANNO DEFLUSSO SUPERFICIALE POTENZIALE (RUNOFF) BASSO, ED È ALTA LA PERMEABILITÀ. SONO CARATTERIZZATI DA AVERE MENO DEL 10% DI ARGILLA E OLTRE IL 90% DI SABBIA E/O GHIAIA E LA TESSITURA È SABBIOSA O GHIAIOSA
<b>B</b> deflusso superficiale potenziale moderatamente basso	I SUOLI DI QUESTO GRUPPO, QUANDO SONO COMPLETAMENTE SATURI, HANNO DEFLUSSO SUPERFICIALE POTENZIALE (RUNOFF) MODERATAMENTE BASSO, E L'ACQUA ATTRAVERSA IL SUOLO SENZA IMPEDIMENTI. SONO CARATTERIZZATI DA AVERE TRA IL 10% E IL 20% DI ARGILLA E TRA IL 50 E IL 90% DI SABBIA E LA TESSITURA È SABBIOSO-FRANCA, FRANCO-SABBIOSA
<b>C</b> deflusso superficiale potenziale moderatamente alto	I SUOLI DI QUESTO GRUPPO, QUANDO SONO COMPLETAMENTE SATURI, HANNO DEFLUSSO SUPERFICIALE POTENZIALE (RUNOFF) MODERATAMENTE ALTO, E L'ACQUA ATTRAVERSA IL SUOLO CON QUALCHE LIMITAZIONE. SONO CARATTERIZZATI DA AVERE TRA IL 20% E IL 40% DI ARGILLA E MENO DEL 50% DI SABBIA E LA TESSITURA È PREVALENTEMENTE FRANCA, FRANCO-LIMOSA, FRANCO-ARGILLOSO-SABBIOSO, FRANCO-ARGILLOSA, E FRANCO-ARGILLOSO-LIMOSA
<b>D</b> deflusso superficiale potenziale alto	I SUOLI DI QUESTO GRUPPO, QUANDO SONO COMPLETAMENTE SATURI, HANNO DEFLUSSO SUPERFICIALE POTENZIALE (RUNOFF) ALTO, E L'ACQUA ATTRAVERSA IL SUOLO CON FORTI LIMITAZIONI. SONO CARATTERIZZATI DA AVERE OLTRE IL 40% DI ARGILLA E MENO DEL 50% DI SABBIA E LA TESSITURA È ARGILLOSA, TALVOLTA ANCHE ESPANDIBILI

Tab. n. 1 – Descrizione delle diverse classi in funzione del tipo di suolo secondo il metodo SCS-CN

**L'uso del suolo.** Il riferimento per l'uso del suolo è derivato dal database Unico del SITR per la parte di competenza (*usoSuolo2008*), disponibile sul sito [www.sardegnageoportale.it](http://www.sardegnageoportale.it). In

particolare, è stato assegnato un valore di CN per ogni tipologia di copertura del territorio, come indicato nella classificazione della metodologia CIMA (Centro di Ricerca Interuniversitario in Monitoraggio Ambientale, Savona) per conto e in coordinamento della Protezione Civile Nazionale.

**Umidità del suolo.** In merito al calcolo della umidità del suolo e relativamente all'impiego del metodo del Curve Number, si fa riferimento allo schema che individua la condizione di umidità antecedente (AMC) in funzione della precipitazione anteriore di 5 giorni.

Calcolo del parametro CN

Il programma CORINE (COOrdination of INformation on Environment) è stato definito dalla Commissione Europea nel 1985 con lo scopo di organizzare la raccolta di informazioni sull'ambiente e le risorse naturali della Comunità. Il programma ha previsto tra gli altri aspetti in particolare la produzione e raccolta di ricostruzioni dell'uso del suolo. Il progetto CORINE Land Cover ha dunque portato alla elaborazione di una mappa relativa alla copertura d'uso del suolo estesa a tutta la Comunità Europea, secondo una metodologia univoca, per la prima volta nel 1990, facendo sì che tale schema diventasse uno standard di riferimento assoluto.

Il valore del CN all'interno del singolo sub-bacino (la lottizzazione in questo caso) lo si è ottenuto mediante l'attribuzione di appositi valori di CN distinti in funzione degli areali e determinati in base alla classe di deflusso superficiale come indicato nella precedente Tab. n. 1.

I diversi valori di CN corretti zona per zona sono stati pesati in funzione della superficie relativa mediante la formula

$$CN = \frac{\sum_i S_i \cdot CN_i}{\sum_i S_i}$$

in cui  $S_i$  è la superficie i-esima associata al valore i-esimo di C.

Si definisce poi un ulteriore incremento del CN in funzione delle condizioni di umidità del terreno nei cinque giorni antecedenti l'evento meteorico di riferimento in base alla relativa classe AMC (Antecedent Moisture Condition), che varia in funzione del grado di saturazione del terreno stesso:

- AMC I: terreno poco saturo;
- AMC II: terreno mediamente saturo;
- AMC III: terreno molto saturo.

In particolare la formula impiegata riguarda la cosiddetta condizione AMC III, definita dalla formula

$$CN(III) = \frac{23 \cdot CN(II)}{10 + 0,13 \cdot CN(II)}$$

individuando in tal modo un valore del parametro significativamente più cautelativo, essendo associato alla condizione di *terreno molto saturo*, quindi con un maggiore deflusso superficiale.

I risultati relativi alla porzione di territorio studiato sono riportati nelle tabelle seguenti e riguardano lo stato attuale e lo stato di progetto.

**Studio della pericolosità idraulica ex art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI del piano di lottizzazione denominato "Is Pasturas Mannas 2"**

UDSCOD	UDSDESC	Classe_US	CN_ClasUS	Area [m <sup>2</sup> ]
11220	TESSUTO RESIDENZIALE RADO	C	85 (*)	662,98
13300	CANTIERI	C	94	970,69
21210	SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	C	85	10650,98
24110	COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE ALL'OLIVO	C	82	553,37
<b>TOT Sup,</b>			<b>12.838,03</b>	
CN <sub>II</sub> pesato			85,55	
CN <sub>III</sub>			<b>93,16</b>	

(\*) parametro incrementato rispetto a quello indicato nelle apposite linee guida in senso più cautelativo

Tab. n. 2 - Assegnazione dei valori di CN alle diverse tipologie di uso del suolo – **STATO ATTUALE** -

UDSCOD	UDSDESC	Classe_US	CN_ClasUS	Area [m <sup>2</sup> ]
-	PAVIMENTAZIONE IN PREFABBRICATI IN CLS O MATERIALE SINTETICO, RIEMPITI DI SUBSTRATO E INERBITI	C	90	100,00
11220	TESSUTO RESIDENZIALE RADO	C	85 (*)	814,76
12210	RETI STRADALI E SPAZI ACCESSORI (SVINCOLI, STAZIONI DI SERVIZIO, AREE DI PARCHEGGIO ECC.)	C	98	521,10
12210	RETI STRADALI E SPAZI ACCESSORI (SVINCOLI, STAZIONI DI SERVIZIO, AREE DI PARCHEGGIO ECC.)	C	98	953,57
14100	AREE VERDI URBANE	C	81	227,45
21210	SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	C	85	10204,80
<b>TOT Sup,</b>			<b>12.838,03</b>	
CN <sub>II</sub> pesato			86,46	
CN <sub>III</sub>			<b>93,63</b>	

(\*) parametro incrementato rispetto a quello indicato nelle apposite linee guida in senso più cautelativo

Tab. n. 3 - Assegnazione dei valori di CN alle diverse tipologie di uso del suolo – **STATO DI PROGETTO** -

**Calcolo della portata di massima piena: aspetti metodologici**

Per quanto concerne la metodologia da impiegare per la valutazione delle portate di piena dei bacini oggetto dello studio, il Piano stralcio per Assetto Idrogeologico della Sardegna prevede l'impiego di:

- **metodi diretti**, attraverso i quali si elaborano i dati di portata disponibili per i singoli corsi d'acqua conosciuti;
- **metodi indiretti**, attraverso i quali si supplisce all'insufficienza delle informazioni in possesso mediante apposite elaborazioni di dati riguardanti osservazioni rilevate su altri corsi d'acqua, affini o per morfologia o per collocazione idrologica, oppure si elaborano attraverso modelli afflussi-deflussi i dati di precipitazione registrati per quel bacino;
- **studi specifici**.

In particolare, nel caso della zona oggetto di osservazione nel presente studio non si ha a disposizione una serie storica che caratterizzi l'analisi idrologica, anche perché le stazioni di rilevamento cui si può fare riferimento non sono particolarmente significative nel dettaglio del presente reticolo idrografico in studio. Si è dunque fatto riferimento esclusivamente al metodo indiretto indicato nel Rapporto

Regionale Sardegna "Valutazione delle piene in Sardegna", il quale si basa sul metodo razionale (o metodo cinematico) con curva di possibilità pluviometrica TCEV.

Metodo razionale con curva di possibilità pluviometrica TCEV

L'equazione su cui si basa il metodo razionale è la seguente:

$$Q = \frac{\varphi \cdot ARF \cdot S \cdot h}{3,6 \cdot \tau};$$

in cui:

- $\varphi$  è il coefficiente di afflusso che rappresenta l'aliquota di precipitazione che scorre sulla superficie in occasione della piena;
- $ARF$  è il coefficiente di riduzione areale e riguarda il rapporto tra la pioggia media su tutto il bacino e l'altezza di pioggia del centro di scroscio al suo interno, valutati a parità di durata e di tempo di ritorno;
- $S$  è la superficie di intervento [km<sup>2</sup>];
- $h$  è l'altezza di precipitazione che cade in un punto del bacino in una durata  $\tau$  con l'assegnato tempo di ritorno [mm];
- $\tau$  durata della pioggia [h].

**Altezza di pioggia  $h$ .** Il valore dell'altezza di pioggia ad un dato periodo di ritorno  $T$  è dato in letteratura dalla formula generale secondo cui

$$h(T) = a \cdot d^n .$$

La metodologia impiegata per il calcolo delle altezze di pioggia nel territorio regionale si basa, tuttavia sulla inferenza statistica del modello probabilistico TCEV della variabile adimensionale  $h'(T)$  definita come

$$h'(T) = \frac{h(d)}{\bar{h}(d)},$$

vale a dire il massimo annuale di pioggia per una durata  $d$ , normalizzato rispetto alla media  $\bar{h}$  e successivamente sul calcolo della  $\bar{h}(d)$  per le diverse durate di precipitazione  $d$ .

Pertanto, l'equazione della curva di possibilità pluviometrica normalizzata è, per ciascun tempo di ritorno  $T$

$$h(T) = a \cdot d^n = h'(T) \cdot \bar{h}(d) = a_1 \cdot a_2 \cdot d^{n_1+n_2}$$

in cui

$a$  [adim] e  $n$  [mm/h] sono parametri espressi in scala logaritmica in funzione del tempo di ritorno  $T$  e delle caratteristiche climatiche delle zone in esame. In particolare, i parametri della curva di possibilità climatica si determinano in base a:

$$a = a_1 \cdot a_2 \quad \text{e} \quad n = n_1 + n_2 ,$$

in cui i coefficienti  $a_1$  e  $n_1$  si determinano in funzione della pioggia indice giornaliera  $\bar{h}_g$  che è la media dei massimi annui di precipitazione giornaliera.

Il metodo TCEV applicato al caso della Sardegna definisce detti parametri in funzione di una suddivisione in zone della territorio e in funzione della durata della pioggia. Più precisamente, la sottozona in cui ricade il territorio di Oristano è la n. 1 (SZO 1), da cui si ha:

- per  $T \leq 10$  anni

$$a_2 = 0,66105 + 0,85994 \cdot \log_{10} T$$

$$n_2 = -1,3558 \cdot 10^{-4} - 1,3660 \cdot 10^{-2} \cdot \log_{10} T$$

- per  $T > 10$  anni

$$a_2 = 0,46378 + 1,0386 \cdot \log_{10} T$$

$$n_2 = -0,18449 + 0,23032 \cdot \log_{10} T - 3,3330 \cdot 10^{-2} \cdot (\log_{10} T)^2 \text{ se } t_p \leq 1 \text{ [h]}$$

$$n_2 = -1,0563 \cdot 10^{-2} - 7,9034 \cdot 10^{-3} \cdot \log_{10} T \text{ se durata della pioggia } t_p > 1 \text{ [h]}$$

Indi, la pioggia media per diverse durate  $\bar{h}(d)$ , detta anche pioggia indice, è funzione della pioggia giornaliera  $\bar{h}_g$ , mediante l'espressione:

$$\bar{h}(d) = a_1 \cdot d^{n_1} = \frac{\bar{h}_g}{0,886 \cdot 24^{(-0,493+0,476 \cdot \log \bar{h}_g)}} \cdot d^{(-0,493+0,476 \cdot \log \bar{h}_g)}$$

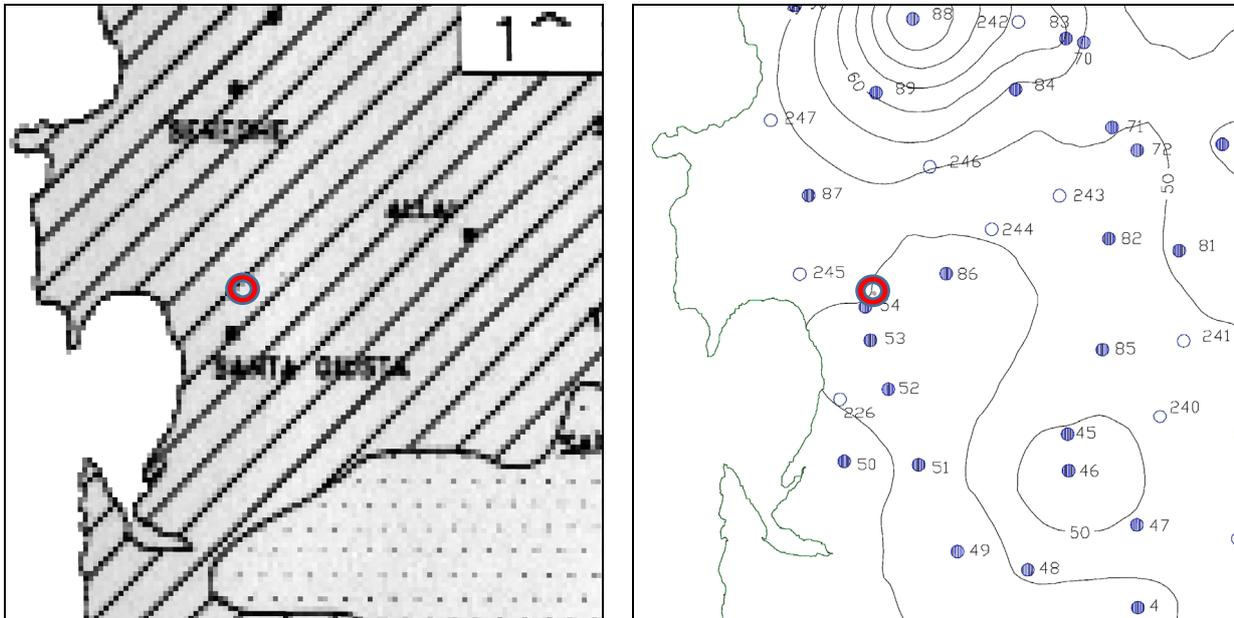


Fig. n. 15 e 16 - Sottozona di competenza e massime precipitazioni giornaliere nella zona di studio

I riferimenti numerici da inserire nelle relative relazioni si ricavano dallo "Studio regionale delle massime precipitazioni giornaliere in Sardegna" di Deidda, Piga e Sechi (a. 1993), secondo il quale

la pioggia media giornaliera  $\bar{h}_g$  è stata calcolata effettuando la media pesata, sull'intera superficie del bacino in oggetto, di tutte le altezze di pioggia ricadenti su quel territorio.

La pioggia indice giornaliera, data per il territorio interessato e appartenente alla sottozona omogenea SZO 1 della Sardegna, è assunto pari a 45 mm.

Il **coefficiente di ragguglio ARF** (Areal Reduction Factor) è funzione dell'area del sub-bacino e della durata della pioggia critica. Nel caso in questione si fa riferimento al metodo usato nel VAPI Sardegna, che fa riguarda il Flood Studies Report del Wallingford Institute, secondo cui:

$$ARF = 1 - f_1 \cdot \tau^{-f_2}$$

dove

$$f_1 = 0,0394 \cdot S^{0,354}$$

$$f_2 = 0,4 - 0,0208 \cdot \log(4,6 - \log S) \quad \text{per } S < 20 \text{ km}^2;$$

$$f_2 = 0,4 - 0,003832 \cdot \log(4,6 - \log S)^2 \quad \text{per } 20 \text{ km}^2 < S < 100 \text{ km}^2.$$

Le caratteristiche del coefficiente di ragguglio, il cui compito è quello mediare la variabilità spaziale delle precipitazione che tende a diminuire all'allontanarsi dal centro di scroscio, sono tali che viene assunto cautelativamente pari a 1 anche in virtù del fatto che, come da letteratura, il ragguglio non si effettua per  $S < 1 \text{ km}^2$ .

**Pioggia netta  $h_{netta}$  e coefficiente di afflusso  $\Phi$ .** Il valore del coefficiente di afflusso lo si ricava applicando il metodo del SCS-Curve Number dello U.S. Department of Agriculture degli Stati Uniti (1972), secondo il quale

$$h_{netta} = \frac{(h - I_a)^2}{(h + A - I_a)};$$

in cui:

$h$  = pioggia stimata per assegnata distribuzione di probabilità;

$A$  = rappresenta l'assorbimento del bacino [mm], dato dalla seguente formula

$$A = 254 \cdot \left( \frac{100}{CN} - 1 \right);$$

$I_a$  = assorbimento iniziale, legato empiricamente a  $S$  dalla relazione:

$$I_a = 0,2 \cdot A;$$

con

$CN$  = parametro di assorbimento che si calcola in funzione della specifica sezione idrologica mediante il metodo SCS-CN, secondo quanto precedentemente riportato.

In particolare, si è proceduto individuando il tipo di suolo prevalente e il corrispondente gruppo di appartenenza, attribuendo i diversi valori di CN zona per zona. Indi è stata effettuata una media

pesata in relazione al tipo di copertura vegetale esistente, come da formula  $CN = \frac{\sum_i S_i \cdot CN_i}{\sum_i S_i}$ .

Il valore del coefficiente di afflusso  $\Phi$  lo si ottiene poi mediante la relazione  $\Phi = \frac{h_{netta}}{h}$ .

**Tempo di corrivazione  $t_c$ .** In merito al tempo di corrivazione occorre considerare che, vista la morfologia del terreno e la connotazione delle aree di studio, è piuttosto complicato individuare una linea privilegiata di corrivazione rispetto alla quale calcolare il relativo tempo di percorrenza.

Tuttavia, nell'ambito della invarianza idraulica le *Linee guida*, ai fini del calcolo della portata di piena, impongono lo studio dello ietogramma avente una durata di 30 minuti, aspetto che consente di ovviare al problema sopra riportato in merito al tempo di corrivazione da impiegare, che pertanto viene assunto anch'esso pari a 30 minuti.

Il calcolo della portata e il conseguente idrogramma di piena è stato elaborato mediante l'approccio modellistico e il software Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) dell'U.S. Army Corps of Engineers, i cui risultati sono riportati di seguito.

### Dimensionamento della rete di dreno interna

Le *Linee guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio della invarianza idraulica di cui all'articolo 47 delle NA del PAI* stabiliscono che il dimensionamento della rete di dreno interna prevede il calcolo della relativa portata considerando un tempo di ritorno  $Tr = 20$  anni.

Nelle tabelle seguenti sono indicati i principali elementi alla base del calcolo esposto nel paragrafo precedente.

Tr	[anni]	20
$\mu_g$	[mm]	45
SZO		1
durata ietogramma	[min]	30
d	[h]	0,5
a1	[adim]	19,9570
n1	[adim]	0,2939
a2	[adim]	1,8150
n2	[adim]	0,0588
$H_m$	[mm]	16,28
ARF	[adim]	1
superficie Lotto	[m <sup>2</sup> ]	12.838,03
h	[mm]	28,37
intensità costante	[mm/h]	56,73

Tab. n. 4 – Elementi di calcolo per la determinazione della portata relativa alla condotta delle acque bianche

**Studio della pericolosità idraulica ex art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI del piano di lottizzazione denominato "Is Pasturas Mannas 2"**

<b>Tr</b>	[anni]	20
<b>Q post intervento</b>	[m <sup>3</sup> /s]	0,109
<b>Q post Intervento</b>	[l/s]	109,0

Tab. n. 5 – Valori di portata e volume alla base del calcolo per il dimensionamento della rete di dreno interna

La condotta che ha il compito di gestire la portata precedentemente ricavata è dimensionata mediante la formula di Chezy, secondo la quale:

$$Q = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

in cui

$$\chi = \frac{87}{1 + \frac{c}{\sqrt{R}}}$$

dove c è l'indice di scabrezza di Bazin (per il PVC c = 0,07 m<sup>0,5</sup> sia nuovo che in condizione di servizio da più anni).

Nelle citate "Linee guida per la redazione dei Piani di Riqualificazione Urbanistica nelle aree C2ru, C2ru.f", al tratto in questione è stata attribuita una pendenza della condotta pari allo 0,5%, valore rispetto alla quale è stata definita la scala delle portate seguente.

diametro [mm]	<b>400</b>	spessore [mm]	<b>9,8</b>
diametro interno [mm]	<b>380,4</b>		
pendenza ‰	<b>5</b>	scabrezza [m <sup>0,5</sup> ]	<b>0,07</b>

altezza riemp.	area	R <sub>h</sub>	riemp.	χ	portata	velocità
[mm]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm]	%		[l/s]	[m/s]
0,00	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,000
19,02	21,2	1,2	1,87	53,40	0,89	0,420
38,04	59,1	2,4	5,20	59,99	3,90	0,659
57,06	106,9	3,5	9,41	63,39	9,01	0,843
76,08	161,8	4,6	14,24	65,57	16,07	0,993
95,10	222,2	5,6	19,55	67,11	24,90	1,121
114,12	286,8	6,5	25,23	68,26	35,30	1,231
133,14	354,5	7,4	31,19	69,16	47,03	1,327
152,16	424,5	8,1	37,35	69,87	59,87	1,410
171,18	496,0	8,9	43,64	70,44	73,57	1,483
190,20	568,3	9,5	50,00	70,91	87,86	1,546
209,22	640,5	10,1	56,36	71,28	102,47	1,600
228,24	712,0	10,6	62,65	71,58	117,12	1,645
247,26	782,0	11,0	68,81	71,82	131,48	1,681
<b>266,28</b>	<b>849,7</b>	<b>11,3</b>	<b>74,77</b>	<b>71,99</b>	<b>145,20</b>	<b>1,709</b>
285,30	914,3	11,5	80,45	72,10	157,92	1,727
304,32	974,7	11,6	85,76	72,15	169,16	1,736
323,34	1029,6	11,5	90,59	72,13	178,37	1,732
342,36	1077,4	11,3	94,80	72,03	184,75	1,715
361,38	1115,3	10,9	98,13	71,78	186,85	1,675
380,40	1136,5	9,5	100,00	70,91	175,72	1,546

Tab. n. 6 – Scala delle portate per condotta a riempimento parziale – tubo PVC DN 400, SN4 -

**Verifiche.** Per quanto concerne le verifiche, gli aspetti riguardano il grado di riempimento della condotta e le velocità nelle varie tratte.

a) Velocità. La velocità dovrebbe essere compresa nell'intervallo [0,5; 5] m/s, come riportato nella Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 11633.

Nel caso in questione le velocità (considerando il reale riempimento della condotta) raggiungerebbe il valore massimo di circa 1,60 m/s in concomitanza dell'evento critico associato ad un tempo di ritorno  $Tr = 20$  anni. Tuttavia anche per portate significativamente inferiori (quelle relative all'esercizio in condizioni normali) risulta superiore al limite minimo previsto dalla normativa e dalla letteratura garantendo pertanto che non vi siano sedimentazioni e azioni abrasive nei confronti del tubo.

b) Grado di riempimento della condotta. L'effettivo grado di riempimento del collettore dovrebbe essere pari al più al 70 % (per diametri superiori ai 30 cm), quindi con un tirante idraulico di circa  $2/3$ , al fine di evitare (come si desume dalla scala delle portate) che la portata transitabile all'interno della condotta si riduca rispetto alle previsioni di progetto. Il grado di riempimento a seguito della portata associata all'evento ventennale è intorno al 59%, mentre scende a circa il 30% per i valori di portata ottenuti per  $Tr = 10$  anni, come riportato nelle "Linee guida per la redazione dei Piani di Riqualificazione Urbanistica nelle aree C2ru, C2ru.f", che infatti avevano previsto un diametro inferiore. Ne consegue che il diametro della condotta risulta leggermente sovradimensionato ai fini della gestione ordinaria delle acque bianche.

### **Verifica complessiva del principio di invarianza idraulica**

L'intervento pianificatorio, per sua intrinseca natura, comporta una variazione dell'andamento dei deflussi superficiali, quasi esclusivamente nei termini di un incremento degli stessi. Si rende perciò necessario, ai fini del rispetto dei principi della invarianza idraulica, l'impiego di misure compensative quali quelle volte a limitare gli incrementi del deflusso superficiale o quelle finalizzate alla laminazione dei maggiori quantitativi di acqua che si tramutano appunto in deflusso superficiale.

Ai sensi delle *Linee guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio della invarianza idraulica di cui all'articolo 47 delle NA del PAI*, la superficie della lottizzazione comporta la classe di intervento c), vale a dire che coinvolge una superficie territoriale compresa tra 0,5 e 10 ha, ed è associata ad un intervento che comporta un livello di impermeabilizzazione potenziale significativo.

Le *Linee guida* stabiliscono che la verifica complessiva della invarianza idraulica preveda il calcolo della relativa portata considerando un tempo di ritorno  $Tr = 50$  anni.

Nelle tabelle seguenti sono indicati i principali elementi alla base del calcolo esposto nel paragrafo *Calcolo della portata di massima piena*.

Tr	[anni]	50
$\mu_g$	[mm]	45
SZO		1
durata ietogramma	[min]	30
d	[h]	0,5
a1	[adim]	19,9570
n1	[adim]	0,2939
a2	[adim]	2,2283
n2	[adim]	0,1107
H <sub>m</sub>	[mm]	16,28
ARF	[adim]	1
superficie Lotto	[m <sup>2</sup> ]	12.838,03
h	[mm]	33,5956
intensità costante	[mm/h]	67,1911

Tab. n. 7 – Elementi di calcolo per la determinazione della portata da laminare

Tr	[anni]	50
Q stato attuale	[m <sup>3</sup> /s]	0,134
Q post intervento	[m <sup>3</sup> /s]	0,140
Q stato attuale	[l/s]	134,0
Q post intervento	[l/s]	140,0
$\Delta Q$	[l/s]	6,00
$\Delta V$	[m <sup>3</sup> ]	21,90

Tab. n. 8 – Valori di portata e volume alla base del calcolo per il dimensionamento della vasca di laminazione

A motivo della riduzione della permeabilità, il volume associato allo stato di progetto (246 m<sup>3</sup>) è superiore al volume associato allo stato attuale (236 m<sup>3</sup>). La differenza è data dalla diversa permeabilità dei suoli modificati e dei corrispettivi valori analitici indicati nel calcolo del CN.

Si riporta di seguito lo ietogramma *Chicago* che mette in relazione l'andamento dell'altezza di precipitazione al variare del tempo imponendo una durata di 30 minuti e una posizione del picco pari a R = 0,4.

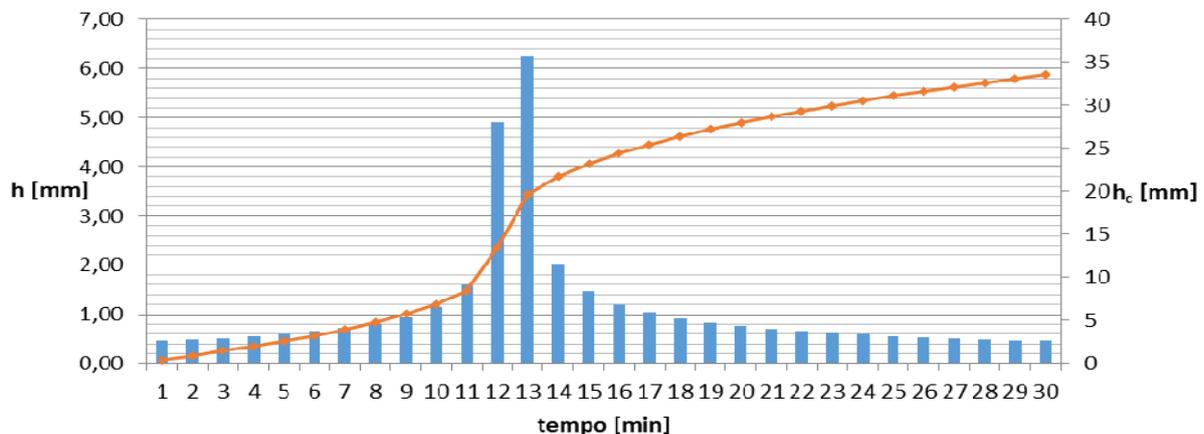


Fig. n. 17 – Ietogramma *Chicago* della portata di progetto (Tr = 50 anni)

L'andamento dell'idrogramma relativo alla due condizioni (stato attuale e stato di progetto) evidenzia i dati indicati nella precedente tabella.

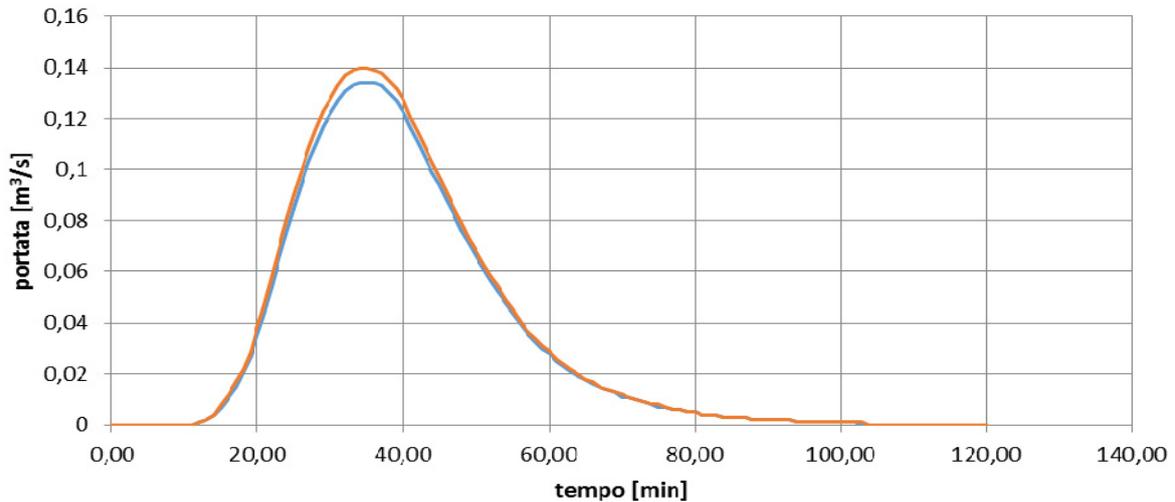


Fig. n. 18 – Idrogramma di piena nel caso della delle portate dello stato attuale (in blu) e di progetto (in rosso) per  $T_r = 50$  anni

Misure compensative: dimensionamento del sistema di accumulo

Nel caso di specie, viste le caratteristiche dell'intervento e i risultati analitici del calcolo, la misura compensativa individuata è quella della previsione di un volume accessorio che, attraverso una laminazione, consenta di trasferire nel tempo la consegna dei deflussi al corpo ricevente. Si intende inoltre mettere in evidenza il fatto che per ridurre l'incremento di deflusso superficiale sono state introdotte le pavimentazioni drenanti in luogo di quelle tradizionali in bitume nelle aree destinate agli stalli per la sosta. La portata da laminare deve essere non inferiore al valore di portata di picco dell'idrogramma di progetto, come da figura seguente.

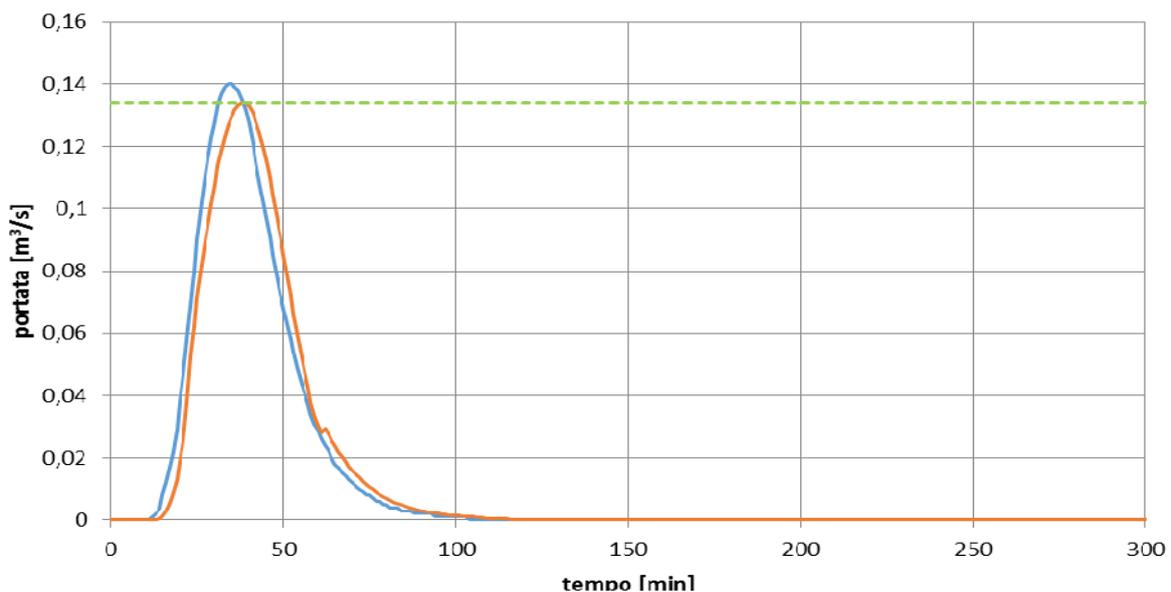


Fig. n. 19 – Idrogramma di piena nel caso della delle portate senza laminazione (in blu) e con laminazione (in rosso) per  $T_r = 50$  anni. In verde il valore di portata massima raggiungibile

Pertanto, il volume della vasca deve essere tale (date le caratteristiche geometriche dello scarico di fondo della vasca) da accumulare il volume necessario a garantire che il massimo valore di portata che viene rilasciato a valle non sia superiore alla portata che defluisce nello stato attuale.

In particolare, nello stato di progetto, per poter laminare il picco di portata (che deve essere uguale alla portata che defluirebbe attualmente senza intervento pianificatorio) è necessario accumulare un volume di circa 22 m<sup>3</sup>. Tale valore di volume è sufficiente ad abbassare il picco di portata e ritardarlo di 5 minuti.

Il criterio di calcolo utilizzato per il dimensionamento della vasca di laminazione è quello di Runge Kutta in base al quale

$$\Delta V = A(h) \cdot \Delta h$$

in cui

$\Delta V$  è la variazione di volume;

$\Delta H$  rappresenta la variazione di altezza;

$A(h)$  è la superficie d'acqua corrispondente all'altezza  $h$ ;

La superficie è legata all'altezza dell'acqua mediante la relazione

$$A = a \cdot h^3 + b \cdot h^2 + c \cdot h + d$$

in cui i parametri  $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$  sono espressi in funzione dell'invaso considerato.

Per la vasca a piante rettangolare  $a$ ,  $b$ ,  $c = 0$ , mentre

$$d = L \cdot B .$$

Il risultato ottenuto è quello dunque di una vasca rettangolare di dimensione m 8 x 3 x 0,88, sufficiente alla laminazione della portata massima che comporta l'intervento di progetto.

## CONCLUSIONI

### Studio della pericolosità idraulica ex art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI.

Come indicato precedentemente nella sezione *QUADRO NORMATIVO E VINCOLISTICO IN MATERIA DI PIANIFICAZIONE DI BACINO E URBANISTICA*, l'area oggetto di studio non è stata classificata da alcun livello di pericolosità idraulica dalla pianificazione previgente, seppure lo studio dell'intero territorio comunale ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI non sia giunto ad approvazione definitiva.

Inoltre, il presente studio fa riferimento al reticolo secondario costituito dal canale di colo del CBO che delimita a nord-ovest l'area pianificanda. Tuttavia è bene precisare che ci sono tre aspetti di fondamentale importanza che vanno tenuti presenti:

- il canale di colo in questione non è indicato tra i corsi d'acqua di cui alla Del. del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale n. 3 del 30/07/2015 relativa al reticolo idrografico di riferimento per la finalità di applicazione delle N.A. del PAI;
- il percorso del canale inizia in prossimità del confine della lottizzazione e riguarda un piccolissimo bacino imbrifero, peraltro fortemente limitato dal contesto antropico e stradale in particolare, visto che affianco allo stesso passa uno stradello sopraelevato rispetto alla campagna circostante e rispetto alla quale dovrebbe accoglierne l'afflusso;
- le nuove urbanizzazioni conferiranno al corpo ricettore a valle della strada di accesso al comparto (quella che porta all'ex Zuccherificio) e che risulta interferente rispetto al canale stesso.

Quindi, come riportato nella sezione *RETICOLO IDROGRAFICO SECONDARIO* si può affermare che la pericolosità relativa all'area di intervento rimanga la medesima di quella vigente e prevista in ambito di studio PAI, PSFF, PGRA e art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI ad opera del Comune di Oristano, con una pericolosità conseguentemente nulla.

### Dimensionamento della rete di dreno interna

Rispetto a quanto riportato nelle citate *Linee guida per la progettazione delle reti idrico-fognarie del Comune di Oristano*, si è reso necessario passare dal diametro ipotizzato in prima istanza DN 30 cm ad un DN 40 cm in considerazione del fatto che il tempo di ritorno  $Tr = 5$  anni non rispetta le prescrizioni stabilite dalla normativa in termini di invarianza idraulica, appunto.

Pertanto, a seguito della modifica del diametro della condotta delle acque bianche si ritiene soddisfatto il principio della invarianza idraulica di cui all'art. 47 delle N.A. del PAI in merito al dimensionamento della rete di dreno interna.

### Verifica complessiva del principio di invarianza idraulica

L'introduzione di una vasca di laminazione è, come detto, una misura compensativa opportunamente dimensionata, coerente con le indicazioni delle relative *Linee guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio della invarianza idraulica di cui all'articolo 47 delle NA del PAI*.

Si intende altresì mettere in evidenza il fatto che il progetto della lottizzazione rispetta anche i tre aspetti inerenti

- l'invarianza del punto di recapito;
- l'invarianza delle quote altimetriche;
- l'invarianza della capacità di dreno delle aree limitrofe;

quali indicati dalle *Linee guida* e da aggiungere alle analisi di tipo idrologico e idraulico precedentemente sviluppate.

Ne consegue che si ritiene soddisfatto il principio della invarianza idraulica di cui all'art. 47 delle N.A. del PAI in merito alla verifica complessiva con un tempo di ritorno  $Tr = 50$  anni.

**Pertanto, in conclusione, sulla base delle considerazioni suesposte, si può concludere che la proposta progettuale di attuazione del Piano di Lottizzazione "Is Pasturas Mannas 2" di Pinna e più nel Comune di Oristano (OR) è compatibile con le Norme di attuazione del PAI.**

**ing. Simone CUCCU**

(Ordine degli Ingegneri della Provincia di Oristano n. 417)

**firmato digitalmente**

**dott. geol. Antonello PIREDDA**

(Ordine dei Geologi della Regione Sardegna n. 89)

**firmato digitalmente**

## **ALLEGATO**

ALLEGATO n. 1 - Documentazione fotografica

## **ALLEGATO n. 1 – Documentazione fotografica**



Fig. n. 1 – Punti di presa fotografica



Foto n. 1 – Panoramica della porzione di territorio compresa tra la lottizzazione e la strada bitumata



Foto n. 2 – Canale di colo, dettaglio del tratto lungo la lottizzazione



Foto n. 3 – Canale di colo, dettaglio del tratto a valle della lottizzazione