

COMUNE DI ORISTANO
provincia di *Oristano*

Progettisti

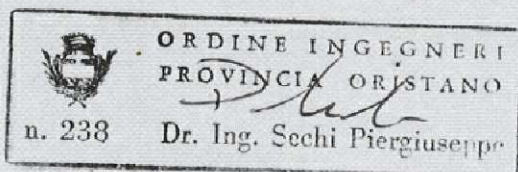
Dott. Geol. Angelo Giuseppe Zancudi
(Oristano 01.11.1966 - ZNCNLG66S01G113H)

P.zza G. Galilei 7 - 09096 Santa Giusta (OR)
P.Iva 01013490956
Tel. 320.4624474
pec angelo.zancudi@pec.epap.it



Ing. Piergiuseppe Sechi
(Oristano 08.05.1956 - SCHPGS56E08G113K)

via Garibaldi 21 - 09070 San Vero Milis (OR)
P.Iva 00688400951
Tel. 373.7234776
pec piergiuseppe.sechi@ingpec.eu



Committenti

Figus Giorgio

macrocomparto "A" INVARIATO

Dessi Antonio

macrocomparto "A" INVARIATO

Arangino Ivan

macrocomparto "A" INVARIATO

Melis Cristiana

macrocomparto "B" INVARIATO

Melis Trasposrti S.R.L.

macrocomparto "B" INVARIATO

Del Rio Demetrio

macrocomparto "C" **IN VARIANTE**

Carta Luca

macrocomparto "D" **NUOVO**

Loi Salvatore

macrocomparto "D" **NUOVO**

Mele Giovanni Francesco

macrocomparto "D" **NUOVO**

Casu Giampiero

macrocomparto "D" **NUOVO**

Progetto di

ESTENSIONE PIANO DI LOTTIZZAZIONE CONVENZIONATA DENOMINATO BORGO VERDE, AREA ORISTANO NORD-OVEST - VIALE REPUBBLICA - ORISTANO

Oggetto Tavola

COMPATIBILITA' IDRAULICA - VARIANTE

Collaboratori

- Dott. Geol. Tiziana Carcangiu

Allegato

01

Codice Documento

- 001.Sa Rodia.2023

Scala di Progetto

Data emissione

28.02.2023

INDICE

- 1. Introduzione**
- 2. Inquadramento territoriale e urbanistico**
- 3. Inquadramento geografico e cartografico**
- 4. Inquadramento geologico e idrogeologico**
- 5. Inquadramento geomorfologico**
- 6. Inquadramento climatologico**
 - 6.1 Temperatura
 - 6.2 Vento
 - 6.3 Precipitazioni
- 7. Inquadramento idrologico**
- 8. Conoscenze sulla pericolosità idraulica delle aree in studio**
 - 8.1 Il Piano di Assetto Idrogeologico
 - 8.2 Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali
 - 8.3 Previsioni del PAI e del PSFF per l'area di interesse del progetto.
- 9. Metodologie di calcolo delle portate di piena**
 - 9.1 Metodologia di calcolo delle portate di piena
 - 9.2 Coefficienti di deflusso
 - 9.3 Stima della portata meteorica netta
 - 9.4 Invarianza idraulica
 - 9.5 Calcolo del collettore
- 10. Conclusioni**

1. Premessa

Il presente studio è stato sviluppato ai sensi e per gli effetti delle prescrizioni di cui alle Norme di Attuazione del P.A.I. SARDEGNA (Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino unico della Sardegna):

*“indipendentemente dall'esistenza di aree perimetrate 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 degli art. 24 e 25 delle N.d.A. medesime, riferiti a tutto il territorio comunale o alle sole aree interessate dagli atti proposti all'adozione”.*

Nello specifico, lo studio in oggetto è stato sviluppato a supporto dell'intervento relativo alla realizzazione di un piano di lottizzazione convenzionato nel Comune di Oristano.

2. Inquadramento territoriale e urbanistico

L'area interessata dall'intervento è situata a nord-ovest del centro abitato di Oristano, in località Sa Rodia è stata estesa oltre che ai tre comparti A, B e C già convenzionati, al comparto D evidenziato in cartografia con una superficie Totale pari a 21.559,27 mq.



Figura 1 – Stralcio estratto da Google Earth della zona di intervento.

Comune di Oristano
Estensione Piano di Lottizzazione convenzionato Borgo Verde Sa Rodia
Studio di Compatibilità Idraulica

Dal punto di vista urbanistico l'area è inquadrata nel Piano Urbanistico Comunale vigente all'interno della zona C2ru "ossia aree prive di pianificazione attuativa e soggette a riqualificazione urbanistica"

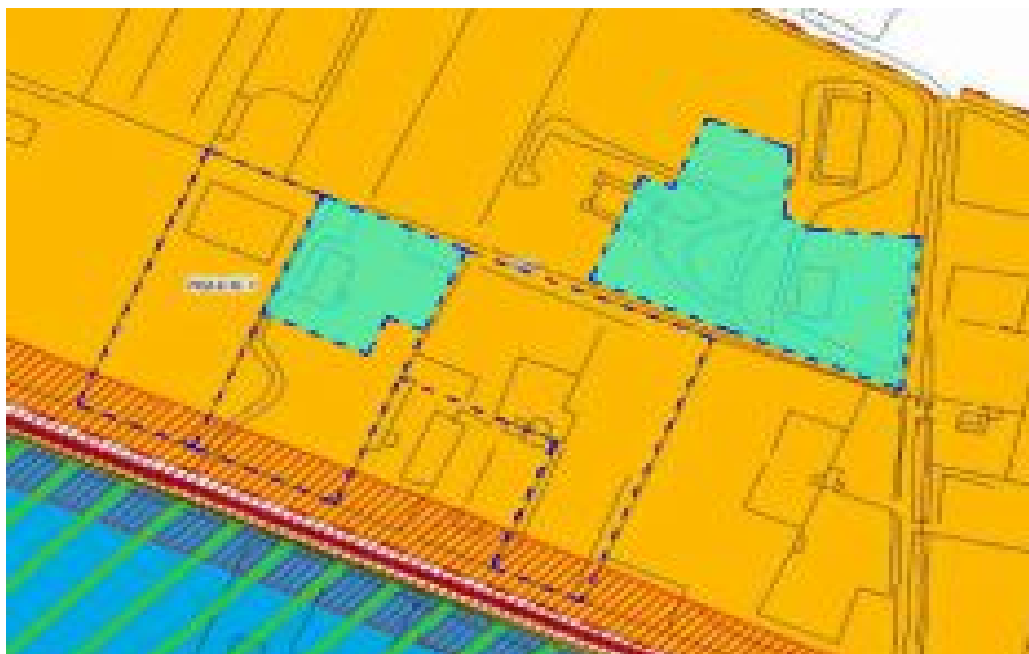


Figura 2 – Stralcio zonizzazione Piano Urbanistico Comunale

L'estensione della lottizzazione è individuato al Catasto terreni del Comune di Oristano al Foglio 5, dai Mappali 554 e 2048.



Figura 3 – Stralcio planimetria catastale

La superficie interessata dalla lottizzazione, è di mq 21.559,27 mq e risulta così ripartita:

Comune di Oristano
Estensione Piano di Lottizzazione convenzionato Borgo Verde Sa Rodia
Studio di Compatibilità Idraulica

TABELLA 5.1 - TABELLA RIASSUNTIVA INDICI DEL PIANO COMPARTO "A"

Comparto di riferimento	Scala di riferimento	Lotte	dest. d'uso	(a) superficie	(b) rapporto di copert.	(c) indice di fabbr.	(d m ³ x c) volume max. edif. possib.
"A"	1	A1	residenziale, medio-altezza, ecc. (art. 27 comma 1) e attività	643,20 m ²	3 ₀ a	0,7058 m ³ /m ²	452,99 m ³
"A"	1	A2	residenziale, medio-altezza, ecc. (art. 27 comma 1) e attività	638,21 m ²	3 ₀ a	0,7058 m ³ /m ²	450,45 m ³
"A"	1	A3	residenziale, medio-altezza, ecc. (art. 27 comma 1) e attività	639,62 m ²	3 ₀ a	0,7058 m ³ /m ²	451,90 m ³
"A"	1	A4	residenziale, medio-altezza, ecc. (art. 27 comma 1) e attività	648,62 m ²	3 ₀ a	0,7058 m ³ /m ²	457,12 m ³
"A"	1	A5	residenziale, medio-altezza, ecc. (art. 27 comma 1) e attività	1.034,37 m ²	3 ₀ a	0,7058 m ³ /m ²	732,77 m ³

TABELLA 5.2 - TABELLA RIASSUNTIVA INDICI DEL PIANO COMPARTO "B"

Comparto di riferimento	Scala di riferimento	Lotte	dest. d'uso	(a) superficie	(b) rapporto di copert.	(c) indice di fabbr.	(d m ³ x c) volume max. edif. possib.
"B"	2	B1	residenziale, medio-altezza, ecc. (art. 27 comma 1) e attività	465,75 m ²	3 ₀ a	0,5224 m ³ /m ²	243,28 m ³
"B"	2	B2	residenziale, medio-altezza, ecc. (art. 27 comma 1) e attività	468,14 m ²	3 ₀ a	0,5224 m ³ /m ²	245,51 m ³
"B"	2	B3	residenziale, medio-altezza, ecc. (art. 27 comma 1) e attività	508,09 m ²	3 ₀ a	0,5224 m ³ /m ²	265,69 m ³
"B"	2	B4	residenziale, medio-altezza, ecc. (art. 27 comma 1) e attività	508,09 m ²	3 ₀ a	0,5224 m ³ /m ²	265,69 m ³
"B"	2	B5	residenziale, medio-altezza, ecc. (art. 27 comma 1) e attività	508,14 m ²	3 ₀ a	0,5224 m ³ /m ²	265,77 m ³
"B"	2	B6	residenziale, medio-altezza, ecc. (art. 27 comma 1) e attività	593,70 m ²	3 ₀ a	0,5224 m ³ /m ²	310,26 m ³
"B"	2	B7	residenziale, medio-altezza, ecc. (art. 27 comma 1) e attività	778,23 m ²	3 ₀ a	0,5224 m ³ /m ²	405,83 m ³
"B"	2	BB	residenziale, medio-altezza, ecc. (art. 27 comma 1) e attività	752,92 m ²	3 ₀ a	0,5224 m ³ /m ²	393,29 m ³

TABELLA 5.3 - TABELLA RIASSUNTIVA INDICI DEL PIANO COMPARTO "C"

Comparto di riferimento	Scala di riferimento	Lotte	dest. d'uso	(a) superficie	(b) rapporto di copert.	(c) indice di fabbr.	(d m ³ x c) volume max. edif. possib.
"C"	3	C1	residenziale, medio-altezza, ecc. (art. 27 comma 1) e attività	538,56 m ²	3 ₀ a	0,6992 m ³ /m ²	373,47 m ³
"C"	3	C2	residenziale, medio-altezza, ecc. (art. 27 comma 1) e attività	598,21 m ²	3 ₀ a	0,6992 m ³ /m ²	417,60 m ³
"C"	3	C3	residenziale, medio-altezza, ecc. (art. 27 comma 1) e attività	638,56 m ²	3 ₀ a	0,6992 m ³ /m ²	445,56 m ³
"C"	3	C4	residenziale, medio-altezza, ecc. (art. 27 comma 1) e attività	608,76 m ²	3 ₀ a	0,6992 m ³ /m ²	424,37 m ³
"C"	3	C5	residenziale, medio-altezza, ecc. (art. 27 comma 1) e attività	545,84 m ²	3 ₀ a	0,6992 m ³ /m ²	380,62 m ³
"C"	3	C6	residenziale, medio-altezza, ecc. (art. 27 comma 1) e attività	1.224,37 m ²	3 ₀ a	0,6992 m ³ /m ²	855,94 m ³
"C"	3	C7	residenziale, medio-altezza, ecc. (art. 27 comma 1) e attività	708,08 m ²	3 ₀ a	0,6992 m ³ /m ²	493,99 m ³

TABELLA 5.4 - TABELLA RIASSUNTIVA INDICI DEL PIANO COMPARTO "D"

Comparto di riferimento	Scala di riferimento	Lotte	dest. d'uso	(a) superficie	(b) rapporto di copert.	(c) indice di fabbr.	(d m ³ x c) volume max. edif. possib.
"D"	4	D1	residenziale	1.942,45 m ²	3 ₀ a	0,5535 m ³ /m ²	1.076,96 m ³
"D"	4	D2	residenziale	898,32 m ²	3 ₀ a	0,5535 m ³ /m ²	496,22 m ³
"D"	4	D3	residenziale	712,16 m ²	3 ₀ a	0,5535 m ³ /m ²	394,09 m ³
"D"	4	D4	residenziale	708,95 m ²	3 ₀ a	0,5535 m ³ /m ²	391,96 m ³
"D"	4	D5	residenziale	719,78 m ²	3 ₀ a	0,5535 m ³ /m ²	398,92 m ³
"D"	4	D6	residenziale	432,09 m ²	3 ₀ a	0,5535 m ³ /m ²	238,93 m ³
"D"	4	D7	residenziale	362,26 m ²	3 ₀ a	0,5535 m ³ /m ²	200,51 m ³

Comune di Oristano
Estensione Piano di Lottizzazione convenzionato Borgo Verde Sa Rodia
Studio di Compatibilità Idraulica



3. Inquadramento geografico e cartografico

Nel presente studio sono state utilizzate diverse fonti di informazioni che riguardano la cartografia, la geologia, la climatologia, la pluviometria dell'area oggetto di intervento.

Come strumento cartografico principale è stata adottata la Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000, sezioni 528080 e 528070.

La lottizzazione infine è stata anche individuata nel foglio n° 528 – B3- II della cartografia I.G.M. (scala 1:5000 –Oristano) .

Comune di Oristano
Estensione Piano di Lottizzazione convenzionato Borgo Verde Sa Rodia
Studio di Compatibilità Idraulica



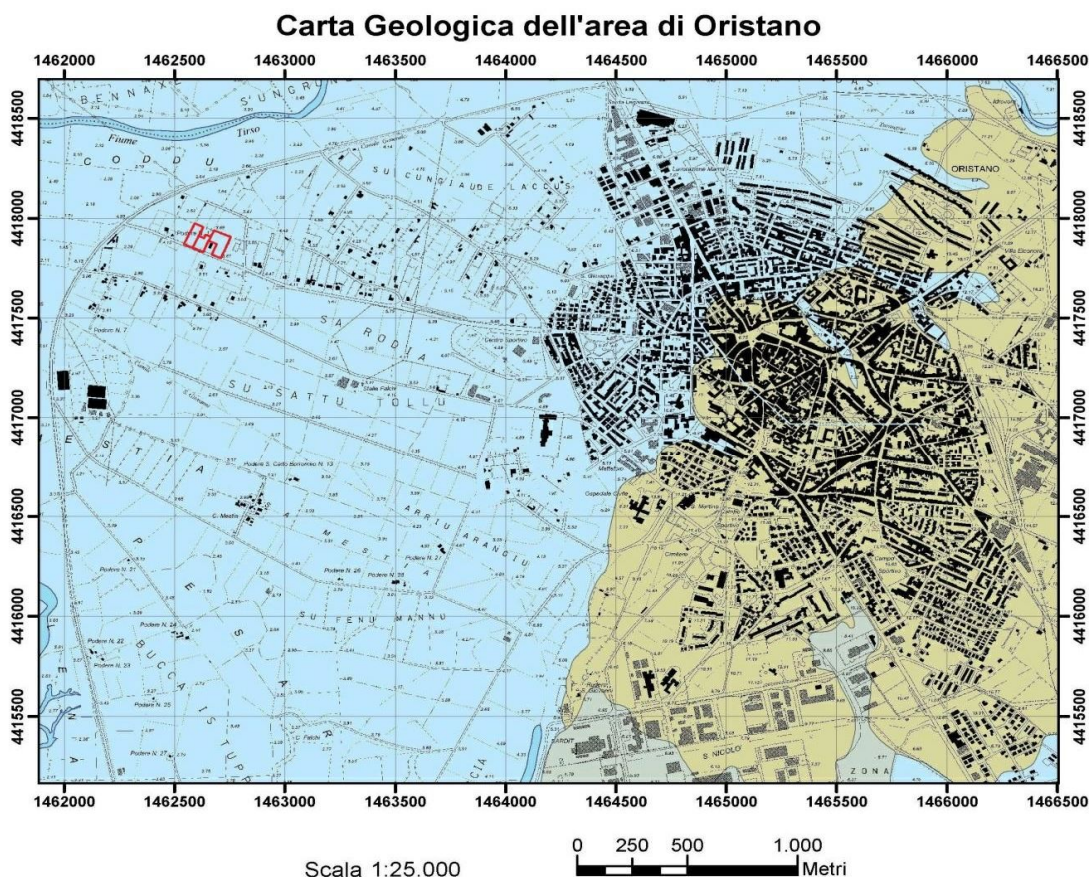
Figura 4 – Stralcio cartografia CTR scala 1:10000 - in rosso è evidenziata l'area di intervento



Figura 5 – Stralcio IGM scala 1:5000 - in rosso è evidenziata l'area di intervento






4. Inquadramento geologico e idrogeologico

Quali strumenti di base per lo studio geologico dell'area sono state utilizzate: la Carta Geologica di base della Sardegna in scala 1:25.000 resa disponibile dalla RAS (Regione Autonoma della Sardegna); e il Foglio n° 217 ORISTANO della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (Servizio Geologico d'Italia).



Sistema di coordinate Gauss Boaga - Base Topografica CTR Sez. 528070, 528080, 528110, 528120

Legenda

-  *Limite della lottizzazione*
-  *Depositi alluvionali. Sabbie con subordinati limi e argille. OLOCENE*
-  *Depositi antropici. Materiali di riporto e aree bonificate. OLOCENE*
-  *Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME). Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. PLEISTOCENE SUP.*
-  *Specchi d'acqua*

Nell'ambito del presente studio, un ruolo fondamentale riveste l'inquadramento idrogeologico al fine di determinare le classi di permeabilità presenti nell'area esaminata, cercando di individuare la presenza o meno di falde libere, in pressione e circolazioni idriche sotterranee lungo direzioni preferenziali.

La permeabilità deve essere intesa come la capacità delle rocce di lasciarsi attraversare dall'acqua sottoposta a un carico idraulico o in altri termini di assorbire più o meno l'acqua piovana e di immagazzinarla o farla defluire.

La permeabilità si distingue in due grandi tipologie, quella per porosità e quella per fessurazione:

La prima si manifesta in litotipi porosi, caratterizzati da numerosi piccoli vuoti intergranulari e intercomunicanti, mentre la seconda, invece, è tipica di litotipi coerenti e compatti ma solcata da fessure e giunti.

Così come si osserva anche nella carta idrogeologica, l'intero territorio comunale è caratterizzato per la quasi totalità dall'affioramento dell'Unità delle alluvioni plio-quadernarie, che presentano una permeabilità media, nella maggior parte dei casi. La stessa diviene alta negli orizzonti più francamente sabbiosi e ghiaiosi e, al contrario, diviene bassa negli orizzonti caratterizzati da una granulometria più fine.

L'assetto idrogeologico-stratigrafico, è caratterizzato dalla presenza di due acquiferi di rilevante importanza, uno superficiale e uno profondo.

L'acquifero superficiale, di tipo freatico è impostato sui depositi alluvionali più recenti ed è per lo più alimentato dalle acque meteoriche oltre che dall'interazione con i corsi d'acqua che insistono sul territorio. Il letto di tale acquifero è costituito da un orizzonte impermeabile di natura argillosa e sabbioso-argillosa.

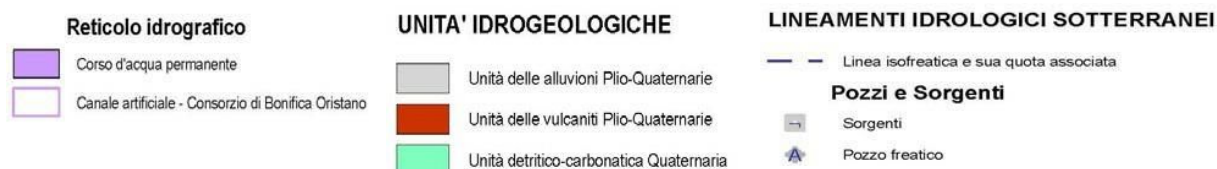
L'acquifero profondo, di tipo semi-confinato, è impostato sui prodotti alluvionali pleistocenici ed è di tipo multistrato, a causa dei numerosi orizzonti a permeabilità più o meno bassa che lo costituiscono.

Il deflusso sotterraneo, leggibile in carta tramite le apposite linee che lo individuano, presenta un andamento di direzione SE-NW.

Comune di Oristano
Estensione Piano di Lottizzazione convenzionato Borgo Verde Sa Rodia
Studio di Compatibilità Idraulica



Figura 9: Carta Idrogeologica - inquadramento area di intervento in rosso –



Per i litotipi dell'area in esame, la permeabilità può essere rappresentata da un unico valore per singolo affioramento, essa si misura col valore del coefficiente K misurato in m/s.

Il coefficiente K caratteristico dei litotipi di nostro interesse è di seguito riportato:

Depositi alluvionali costituiti da conglomerati e sabbie, sono caratterizzati da una permeabilità variabile da molto alta a media ($10 < K < 10^{-2}$), con punti in cui la stratigrafia viene interessata da strati argillosi in cui la permeabilità si riduce strati impermeabili con conseguente permeabilità nulla.

Il livello piezometrico della falda freatica superficiale si attesta a circa 1,70 metri dal piano di campagna (come si può facilmente rilevare dai pozzi presenti in prossimità dell'area in oggetto).

5. Inquadramento geomorfologico

L'assetto geomorfologico dell'area circostante e interessata dalla realizzazione delle opere, in accordo con le caratteristiche delle aree di piana alluvionale, è caratterizzato dalla dominanza di un morfotipo sub-pianeggiante e con acclività molto ridotte e altezza media che varia tra il metro e i 4 metri s.l.m.m. dovuti alle alluvioni terrazzate.

Gli unici profili di una certa importanza si trovano a distanza. Ricordiamo a nord il M.te Ferru con i suoi 1050 m, il M.te Arci a sud a quota 812 m ed infine ad est i monti del sarcidano con il M.te Grighini.(m 678). L'orizzonte che si presenta a ovest e pressoché piatto, passando per dai pochi metri del perimetro della laguna alla distesa del Mar Mediterraneo.

I processi geomorfologici prevalenti che interessano l'area vasta sono comunque riconducibili a fenomeni erosivi areali, di modesta intensità dovuti prevalentemente alle acque di ruscellamento.

6. Inquadramento climatologico

6.1 Temperatura

La Sardegna gode essenzialmente di un tipico clima Mediterraneo, tuttavia la posizione particolare, interamente circondata dal mare e lontana dai continenti, rendono l'isola soggetta a una accentuata variabilità termica, tra i versanti, in occasione di ondate di calore o di freddo.

A livello medio il clima isolano è molto mite, persino nella stagione fredda, infatti le ondate di freddo giungono attenuate nel corso del loro passaggio sul Mediterraneo.

Tuttavia se l'aria fredda si presenta secca (venti da nord est), l'accumulo di questa in ristretti territori dal clima maggiormente continentale (fondovalle di zone interne), può provocare valori estremi di temperatura minima, compresi tra i -5°C e i -10°C. Le correnti fredde da nord ovest, sono invece più umide e il più delle volte portatrici di neve, abbondante e piuttosto frequente nel trimestre invernale, sopra i 1400 metri di quota.

La vicinanza con il continente africano rende comunque l'isola soggetta a frequenti irruzioni di aria calda, dal Nord Africa. Gli effetti di queste sono minimi nel trimestre invernale, quando il Sahara presenta valori di temperatura piuttosto miti, tuttavia nei restanti mesi le irruzioni di aria calda da sud, possono portare al raggiungimento di temperature molto elevate.

In estate la temperatura è elevata e nei mesi di luglio e agosto tutta la Sardegna meridionale si trova compresa entro l'isoterma di 25 °C.

L'azione moderatrice del mare è ben manifestata nell'andamento delle temperature medie. Si verifica infatti il perdurare delle basse temperature invernali, ancora nei mesi di marzo e aprile nelle stazioni interne e montane, mentre in quelle costiere la media di questi mesi si approssima già ai 15 °C. Alla fine della primavera (giugno) si ha invece un incremento verso gli alti valori estivi, più spiccato nelle zone interne e più moderato lungo le coste.

La media primaverile è di 10-12 °C per le stazioni interne e per quelle montane, che scende di 5 gradi per quelle della costa. La vera stagione calda ha inizio col mese di giugno, in cui la temperatura media si eleva fino ed oltre i 20 °C, restando inferiore a tale valore solo nelle zone di montagna. Il mese più caldo può essere luglio o agosto: il verificarsi del massimo in agosto è un fatto frequente nella costa occidentale, altra prova che l'influenza del mare è più marcata in questo versante. In luglio e agosto la temperatura media all'ombra supera i 20° C anche nelle zone di montagna, escluse quelle al di sopra dei 1000 metri. La media dell'intera stagione estiva che è di 24,5°C per le stazioni costiere, si eleva a 26° C in alcune località della Sardegna meridionale, per abbassarsi poi a 19-20° C in quelle di montagna.

Fino all'autunno inoltrato la temperatura si mantiene elevata, tanto che in settembre si ha una media superiore a quella di giugno e in ottobre maggiore di quella di maggio.

In novembre continua la diminuzione della temperatura, ma quasi tutte le Stazioni hanno ancora una media che non scende sotto i 10° C e infine, con il mese di dicembre si entra nel regime invernale.

Per la caratterizzazione climatica del settore esaminato sono stati utilizzati i dati pluviometrici e termometrici presenti nella stazione di Oristano.

La stazione di Oristano risulta identificata dalle seguenti coordinate (Gauss-Boaga) **E 1466090 N 4417020**, e risulta posizionata ad un'altezza di 12 m Hsmm, codice stazione 680.

Le osservazioni si riferiscono a 17 anni di osservazioni nel periodo compreso tra il 1986 e il 2002.

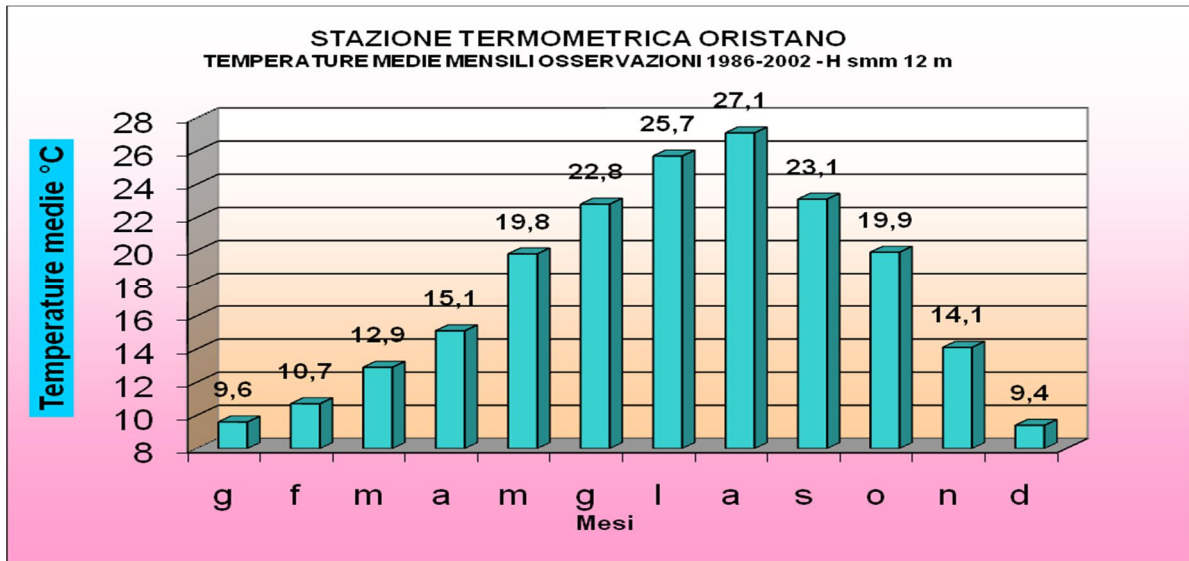


Tabella 1 – Temperature medie mensili

La temperatura media annua massima, calcolata sui valori medi mensili, è di 17,5° C, registrata, nella stazione di Oristano, il mese più freddo è dicembre con 9,4°C.

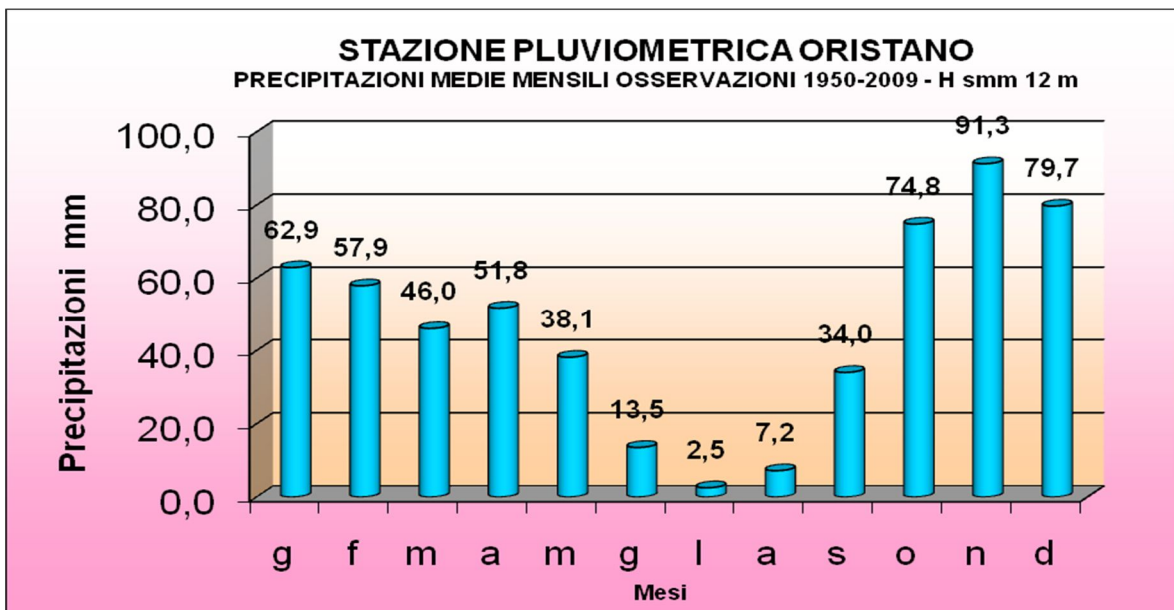


Tabella 2 – Precipitazioni medie mensili

La precipitazione media annua non supera i 559,7 mm di pioggia, calcolata sulla stazione di Oristano. I mesi più secchi sono quelli estivi con il picco minimo a luglio con soli 2,5 mm di pioggia.

6.2 Vento

Nell'ambiente climatico della Sardegna il vento ha una parte assai importante. Esso soffia infatti con altissima frequenza per il fatto che l'isola si trova lungo la traiettoria delle correnti aeree occidentali, che spirano dalle zone anticicloniche dell'Atlantico e dell'Europa di Sud-Ovest verso i centri di bassa pressione mediterranei. E' di notevole interesse constatare che la distribuzione dei valori di frequenza nei diversi settori d'orizzonte non presenta apprezzabili variazioni nei singoli anni; ciò è tanto più degno di nota se si tengono presenti i notevoli scarti dalla media che invece si registrano nell'andamento di altri elementi del clima, e in particolare nel regime delle precipitazioni.

La predominanza dei venti occidentali in tutte le stagioni, la velocità media del vento quasi eguale in tutti i mesi, l'affermarsi del sistema di brezza lungo le coste regolarmente alla fine della primavera sono i fatti salienti di questo uniforme regime anemometrico.

Il regime anemologico che contraddistingue la zona dell'Oristanese è caratterizzato da correnti nord-occidentali, con una seconda direzione prevalente sud-orientale.

nodi (45 Km/h).

Per quanto riguarda la frequenza dei venti è significativo proporre il diagramma anemometrico che riporta la distribuzione delle frequenze in funzione delle direzioni, da cui emerge la situazione dominante del maestrale e del ponente, mentre i venti da nord-est (grecale) e da sud-ovest (libeccio) rappresentano le altre direzioni dominanti, ma con frequenze decisamente più basse.

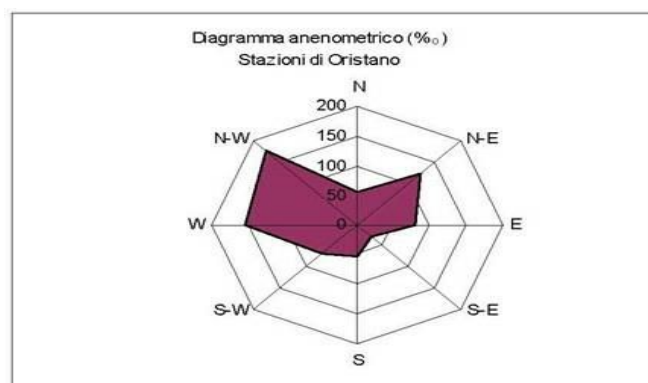
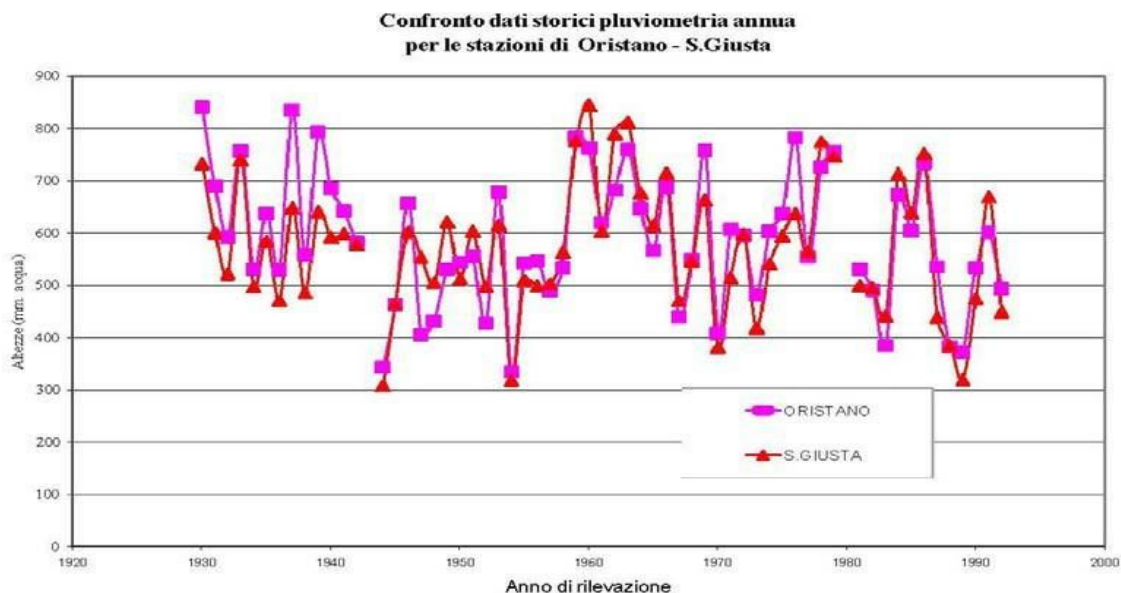


Figura 10 – Diagramma anemometrico stazione di Oristano

6.3 Precipitazioni

Si dispone delle rilevazioni delle stazioni di Oristano e Santa Giusta, le più vicine al sito in esame. Le rilevazioni si riferiscono alle precipitazioni mensili nel periodo di 70 anni, dal 1922 al 1992. Il dato medio annuo viene sintetizzato nella figura seguente che confronta i valori delle due stazioni.



Dal grafico si deduce che la piovosità media è compresa tra 400-800 mm/anno, con valori per le due stazioni sostanzialmente in linea.

Può essere interessante evidenziare il valore medio mensile di precipitazione nel periodo di rilevazione per entrambe le stazioni.

Luogo	Gen.	Feb	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.	Media anno
S. Giusta	67.3	58.6	50	47.9	33.2	11.7	3.32	7.17	36.1	78.6	88.3	87.3	569.84
Oristano	70	66	50	50	33	11	2.7	.5	35	81	91	86	581.33

Tabella 3 – Confronto tra i dati pluviometrici annui - stazioni di Oristano e S.Giusta

Nel periodo invernale si hanno mediamente 70 mm/mese mentre nel periodo autunnale 80 mm/mese.

Per quanto concerne la stima delle precipitazioni di forte intensità e di breve durata, la loro entità può essere stimata sulla base dei modelli previsionali elaborati dall'Università di Cagliari.

Comune di Oristano
Estensione Piano di Lottizzazione convenzionato Borgo Verde Sa Rodia
Studio di Compatibilità Idraulica

Il modello di possibilità pluviometrica è stato inizialmente proposto da Cao et altri e successivamente oggetto di revisione da Piga-Liguori. Per il I° gruppo di suddivisione climatica della Sardegna, a cui il sito in argomento appartiene, si è ricavata la seguente formulazione:

$$h = 10^{(1,273178 + 0.179732 \cdot u)} \cdot \tau^{(0.305041 - 0.017147 \cdot u)}$$

h = precipitazione in mm

τ = pioggia critica in ore

u = frattile della distribuzione normale

La formula si presenta come funzione di due variabili, il tempo di ritorno dell'evento (legato al frattile della distribuzione normale) e la durata della pioggia critica di interesse. Nella tabella seguente a doppia entrata si riportano i valori delle precipitazioni critiche secondo i valori più caratteristici dei due summenzionati parametri.

Durata pioggia critica (ore)	0.25	0.5	0.75	1	3	6	12	24
Tempo di ritorno (anni)								
2	12.3	15.2	17.2	18.8	26.2	32.4	40.0	49.5
5	17.8	21.6	24.4	26.7	37.3	46.1	56.9	70.3
15	23.7	28.2	32.0	34.9	48.8	60.3	74.5	92
50	30.3	35.6	40.3	44.0	61.5	76.0	93.9	116.0
100	34.0	39.8	45.0	49.1	68.7	84.8	104.8	129.5
500	45.3	52.1	59.0	64.4	90.0	111.2	137.4	169.7
1000	51.9	59.3	67.1	73.2	102.4	126.5	156.3	193.1

Tabella 4 – Precipitazioni critiche per diversi tempi di ritorno – I° gruppo omogeneo regionale

7. Inquadramento idrologico

L'unità idrologica più importante a nord dell'abitato di Oristano è il fiume Tirso.

Il Tirso, principale fiume della Sardegna, nasce circa una decina di chilometri ad est di Buddusò, dalla dorsale posta a circa 900 m di altitudine compresa tra i monti Madras d'Ingannu e sa Ianna Bassa. Il fiume presenta in generale un corso con andamento prevalente da NE verso SW attraversando per gran parte del suo sviluppo un'ampia fascia della Sardegna centrale per giungere alla foce posta a circa 4 km ad ovest di Oristano, nel golfo omonimo.

L'ultimo tratto del fiume Tirso, a differenza dei tratti di monte, è caratterizzato dalla presenza di un sistema difensivo molto esteso, con arginature sostanzialmente continue dallo sbocco nella piana costiera alla duna litorale, per uno sviluppo complessivo di circa 20 Km.

In sponda destra il rilevato arginale è continuo, ha inizio in corrispondenza della spalla del ponte stradale presso Zerfaliu e termina immorsandosi sulla duna costiera presso la località Azienda Brabau, circa 700 m a monte della foce.

In sinistra, sfruttando il ripiano terrazzato, sopraelevato di circa una decina di metri rispetto al fondovalle alluvionale, su cui sono edificati il centro storico di Oristano e l'abitato di Simaxis, il rilevato arginale è diviso in 3 tronconi: il primo è compreso tra la diga di S. Vittoria e la confluenza del riu S. Elena; il secondo è posto a protezione dell'abitato di Silì; il terzo corre tra il rilievo in località "La Maddalena" presso Silì ed il canale di Pesaria.

Gli argini, realizzati nei primi anni cinquanta, sono costituiti da rilevati in terra, che di norma hanno un'altezza di 3-4 m e un coronamento largo circa 3 m. Sul lato interno degli argini, in genere per brevi tratti, vi sono protezioni in lastre di calcestruzzo o più raramente in gabbioni. Tali rinforzi sono presenti in modo sistematico in corrispondenza delle rampe di accesso alle aree golenali e, saltuariamente, nei punti potenzialmente a rischio di erosione, dove sono stati integrati con sistemi di pennelli in gabbioni.

La rete idrografica dell'area oristanese oltre al Fiume Tirso è caratterizzata da un articolato sistema di canalizzazioni e opere di drenaggio realizzate per l'irrigazione e miglioramento fondiario. Sono inoltre presenti piccoli rii, a carattere torrentizio e generalmente in secca che hanno origine da sorgenti poste tra i rilievi collinari.

Comune di Oristano
Estensione Piano di Lottizzazione convenzionato Borgo Verde Sa Rodia
Studio di Compatibilità Idraulica



La rete idrografica dell'area oristanese oltre al Fiume Tirso è caratterizzata da un articolato sistema di canalizzazioni e opere di drenaggio realizzate per l'irrigazione e miglioramento fondiario. Sono inoltre presenti piccoli rii, a carattere torrentizio e generalmente in secca che hanno origine da sorgenti poste tra i rilievi collinari.

8. Conoscenze sulla pericolosità idraulica delle aree in studio.

8.1 Il Piano di Assetto Idrogeologico

L'Approvazione del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) avvenuta con deliberazione della Giunta Regionale n. 54/33 del 30/12/2004 ha conseguito l'esecutività delle perimetrazioni delle aree a rischio e delle aree pericolose individuate a livello regionale ai fini della salvaguardia del territorio da eventuali danni e dissesti dovuti a fenomeni di piena o di frana. Dopo la pubblicazione nel Bollettino Ufficiale della Regione avvenuta nel marzo 2005 si è avuta l'esecutività della suddetta delibera. Come previsto dal D.P.C.M. del 29 settembre 1998 e come riportato nelle "Linee Guida" delle Attività di individuazione e di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia (RAS, 2000), la procedura per l'individuazione delle aree a rischio idraulico prevede, per ogni bacino idrografico, una prima identificazione dei tronchi critici del reticolo idrografico. La Normativa individua quattro classi di probabilità di evento o classi di pericolosità in relazione alle quali è prescritta la perimetrazione delle aree di pericolosità idraulica. Per la loro determinazione si effettua il calcolo delle portate di piena in sezioni idrografiche sufficientemente significative, relativamente a tempi ritorno di 50 anni, 100 anni, 200 anni e 500 anni, determinate attraverso i metodi correntemente adottati dall'idrologia per la Sardegna.

Il PAI del 2004 ha individuato le aree inondabili e quindi quelle a pericolosità per ciascuna delle classi previste nel DPCM del 29/09/1998 recepite nelle NdA del Piano di Assetto Idrogeologico.

In particolare sono rappresentati:

- Il perimetro delle aree di esondazione con tempo di ritorno minore o uguale a 50 anni (pericolosità idraulica molto elevata Hi4)
- La fascia di elevata pericolosità idraulica, relativa ad esondazioni aventi tempi di ritorno compresi tra i 50 e 100 anni (Hi3)
- La fascia di media pericolosità idraulica, relativa ad esondazioni aventi tempi di ritorno compresi tra i 100 e 200 anni (Hi2)

- La fascia di moderata pericolosità idraulica, relativa ad esondazioni aventi tempi di ritorno compresi tra i 200 e 500 anni (Hi1)

La metodologia seguita ha consentito la quantificazione numerica del rischio totale "R" e degli elementi a rischio interessati "E", associando alla classificazione qualitativa definita nel DPCM 29/09/98 opportuni valori numerici.

Si è anche differenziata la definizione di rischio a seconda del tipo di evento cui si riferisce (piena o frana). In particolare, il rischio idraulico Ri è stato definito, secondo la notazione usualmente utilizzata, come il prodotto di tre fattori:

$$R_i = H_i \cdot E \cdot V$$

dove:

- Ri = rischio idraulico totale, quantificato secondo 4 livelli; nella Figura 05 estratta dal PAI seguente sono evidenziati gli estremi superiori delle classi.
- Hi = pericolosità (natural Hazard) ossia la probabilità di superamento della portata al colmo di Piena. In accordo al DPCM 29/09/98 anche questa grandezza è ripartita secondo 4 livelli, pari a 0,02, 0,01, 0,005, 0,002, che corrispondono, rispettivamente, ai periodi di ritorno (T) di 50, 100, 200 e 500 anni. nella Figura 06 seguente estratta dal PAI sono evidenziati i valori attribuiti alle classi di pericolosità.
- E = elementi a rischio: ai sensi del citato DPCM 29/09/98 sono costituiti da persone e cose suscettibili di essere colpiti da eventi calamitosi e vengono classificati come riportato nella Figura 07 seguente estratta dal PAI, nella quale ad ogni classe è stato attribuito un peso secondo una scala compresa fra 0 e 1.
- V = vulnerabilità intesa come capacità a resistere alla sollecitazioni indotte dall'evento e quindi dal grado di perdita degli elementi a rischio E in caso del manifestarsi del fenomeno. Ogni qualvolta si ritenga a rischio la vita umana, ovvero per gli elementi di tipo E4, E3 e parte di E2, la vulnerabilità, in linea con il DPCM 29/09/98 è stata assunta pari all'unità; per quanto concerne gli elementi di altro tipo occorrerebbe provvedere a delle analisi di dettaglio.

La classificazione delle aree a Rischio Idraulico è stata quindi ricavata come intersezione tra aree pericolose (aree allagabili) ed elementi a rischio, secondo la scala riportata nella tabella seguente estratta dal PAI

Tabella XIII Classificazione delle aree a rischio idraulico

Classe	Intensità	valore	Elementi a rischio	Pericolosità / Tr (anni)			
				Hi1	Hi2	Hi3	Hi4
				500	200	100	50
R_{i1}	Moderato	≤ 0.002	E1	R _{i1}	R _{i1}	R _{i2}	R _{i2}
R_{i2}	Medio	≤ 0.005	E2	R _{i1}	R _{i2}	R _{i2}	R _{i3}
R_{i3}	Elevato	≤ 0.01	E3	R _{i1}	R _{i2}	R _{i3}	R _{i4}
R_{i4}	Molto elevato	≤ 0.02	E4	R _{i1}	R _{i2}	R _{i3}	R _{i4}

8.2 Il Piano Stralcio delle Fasce fluviali

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) è 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 Piano Stralcio delle Fasce Fluviali ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali.

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

Per quanto riguarda le procedure di approvazione, si fa riferimento alla delibera n. 1 del 23 giugno 2011 del Comitato istituzionale dell'Autorità di bacino della Sardegna recante "Predisposizione del complesso di "Studi, indagini, elaborazioni attinenti all'ingegneria integrata, necessari alla redazione dello Studio denominato Progetto di Piano Stralcio Delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)". Revoca della deliberazione del C.I. n. 1 del 31.03.2011, di adozione preliminare del P.S.F.F., e definizione di una nuova procedura per l'adozione e

l'approvazione finale che prevede alcuni incontri e momenti di confronto con gli attori del territorio.

IL Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, con Delibera n.1 del 20.06.2013, ha adottato in via definitiva il Progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, contenente nuove misure di salvaguardia del territorio regionale con l'individuazione di nuove aree di pericolosità idraulica e la modifica di altre precedentemente identificate dal PAI .

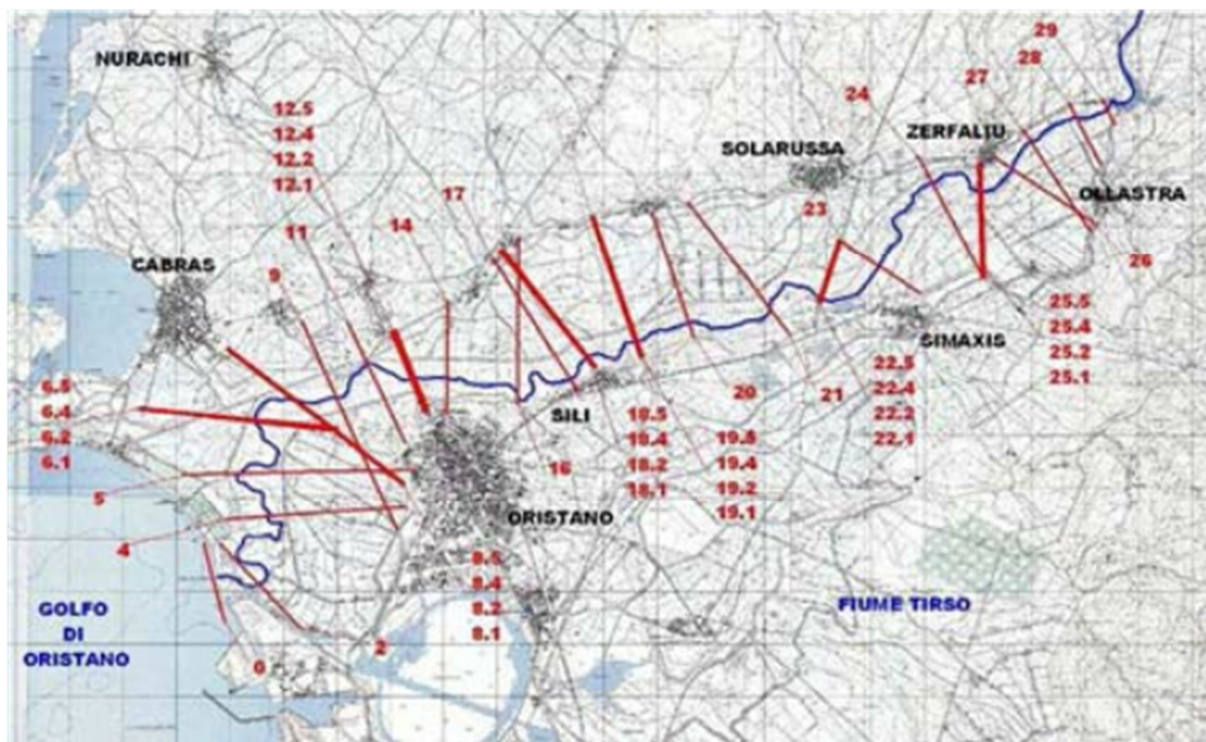
Nel PSFF l'analisi idraulica è stata condotta utilizzando il modello numerico HEC-RAS che consente il calcolo dell'andamento dei profili di corrente in moto permanente gradualmente variato od in moto vario, sia in alvei naturali, sia in canali artificiali, includendo anche la valutazione degli effetti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

Per quanto riguarda gli aspetti normativi, il PSFF rimanda alle norme di attuazione del 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.

Nel caso del Fiume Tirso il codice di calcolo HEC-RAS è stato utilizzato in condizioni di moto permanente e sono stati simulati eventi di piena con tempo di ritorno crescente compresi tra 2 e 500 anni.

Nella figura seguente estratta dal PSFF sono riportate le sezioni rilevate nel tratto terminale del Fiume Tirso, che ricomprende anche le aree di interesse dell'infrastruttura in progetto.

Relativamente all'estensione delle fasce di esondazione, lungo il tratto a monte di Oristano si rileva un andamento abbastanza regolare, con valori compresi tra i 2,5 ed i 3 km per tutti i tempi di ritorno; un significativo ampliamento si ha a valle di Oristano, dove si superano i 4 km con l'interessamento di tutto il territorio compreso tra lo Stagno di Santa Giusta e lo Stagno di Cabras.



Mappa – Ubicazione delle sezioni del modello numerico nel tratto terminale.

8.3 Previsioni del PAI e del PSFF per l'area di interesse del progetto

La porzione del territorio del Comune di Oristano affacciata sul fiume Tirso e che comprende l'area di interesse del progetto è individuata nella tavola 8 del PAI nel Sub-bacino Tirso. Nella tavola si individuano le zone perimetrate con pericolosità idraulica Hi4 ed Hi1; le prime (zone Hi4) sono localizzate all'interno delle aree golenali del fiume Tirso, mentre le altre, in aree adiacenti alle prime ed al di fuori della golenale. In generale le zone a pericolosità Hi4 possono essere zone a Rischio Ri2, Ri3 e Ri4, mentre le zone pericolosità Hi1 risultano sempre a Rischio Ri1.

Dall'analisi degli elaborati cartografici del PAI risulta che l'area oggetto di studio ricade all'interno di aree esondabili a pericolosità idraulica Hi1, ossia aree inondabili da piene con portate al colmo caratterizzate da tempi di ritorno di 500 anni.

Nell'ambito del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, Sub Bacino 02 Tirso, l'intervento ricade nelle aree soggette a vincolo idrogeologico perimetrate come fascia C, o fascia di deflusso della piena con tempo di ritorno 500 anni, corrispondente ad area con pericolosità idraulica Hi1, definite dal PAI.

Ai sensi delle Norme di Attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico tali aree rientrano tra quelle oggetto di vincolo nel caso previsto dall'art. 30, **“Disciplina delle aree di pericolosità idraulica moderata Hi1”**, delle citate Norme :

“ 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”.

Di seguito si riportano gli elaborati cartografici del PAI e del PSFF che comprendono l'area oggetto di intervento.

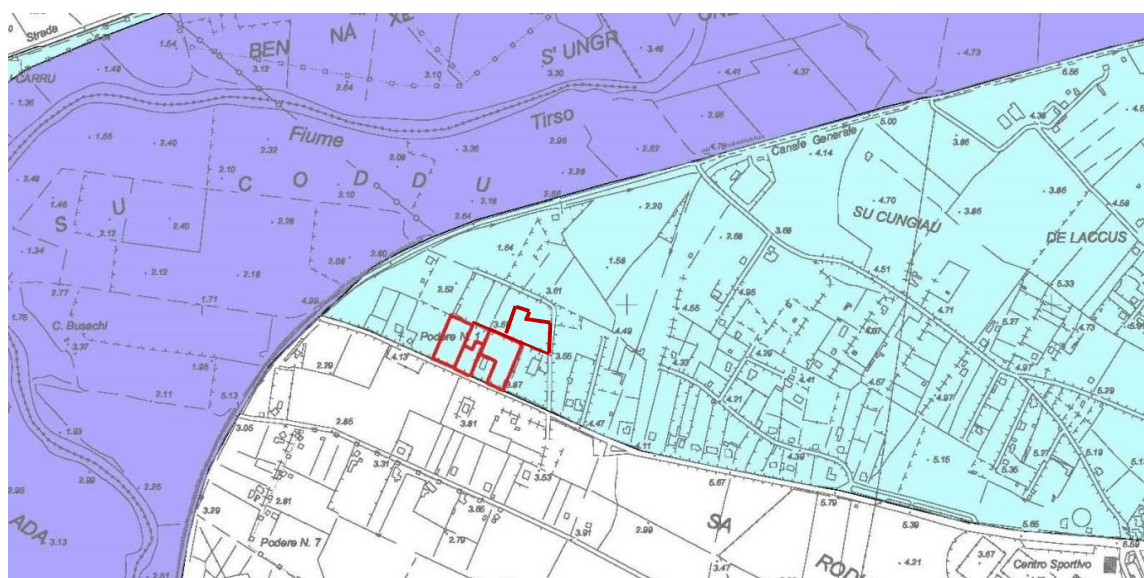






Figura 11 – Stralcio della Tavola 8 del PAI. – Sub_bacino Tirso

	Hi4	Aree inondabili da piene con portate di colmo caratterizzate da tempi di ritorno di 50 anni
	Hi3	Aree inondabili da piene con portate di colmo caratterizzate da tempi di ritorno di 100 anni
	Hi2	Aree inondabili da piene con portate di colmo caratterizzate da tempi di ritorno di 200 anni
	Hi1	Aree inondabili da piene con portate di colmo caratterizzate da tempi di ritorno di 500 anni

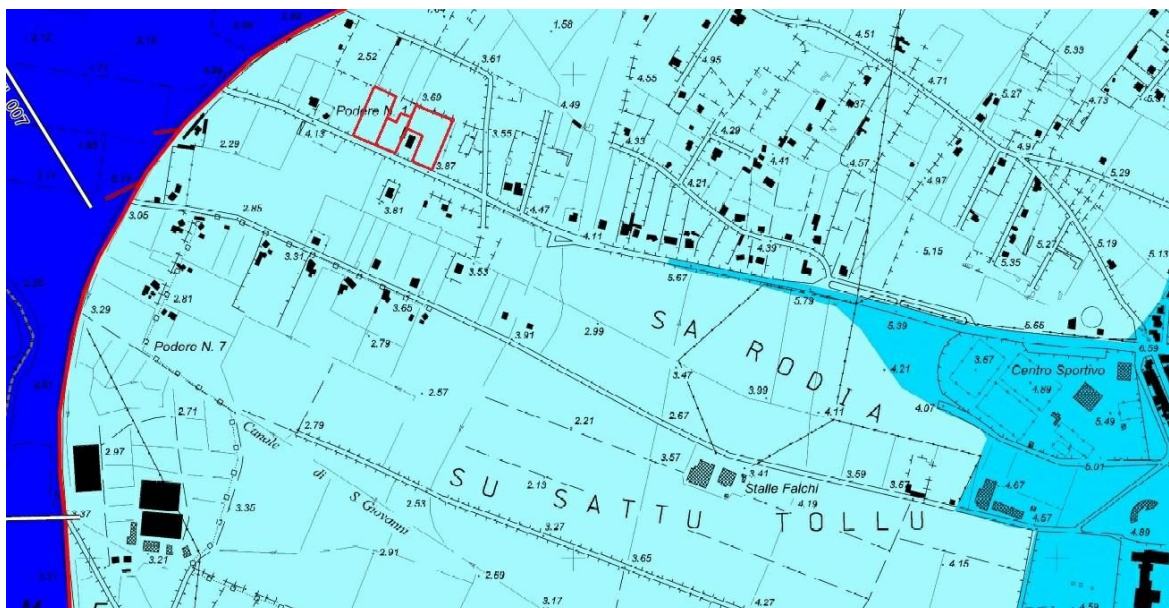
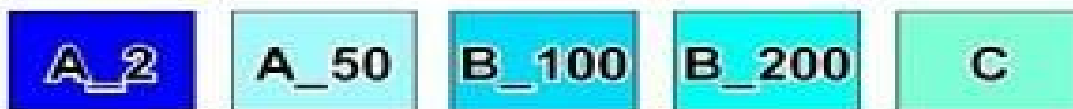


Figura 12 – Stralcio della Tavola TI002 del PSFF – Sub_bacino Tirso

Atlante cartografico delle fasce fluviali

LEGENDA:

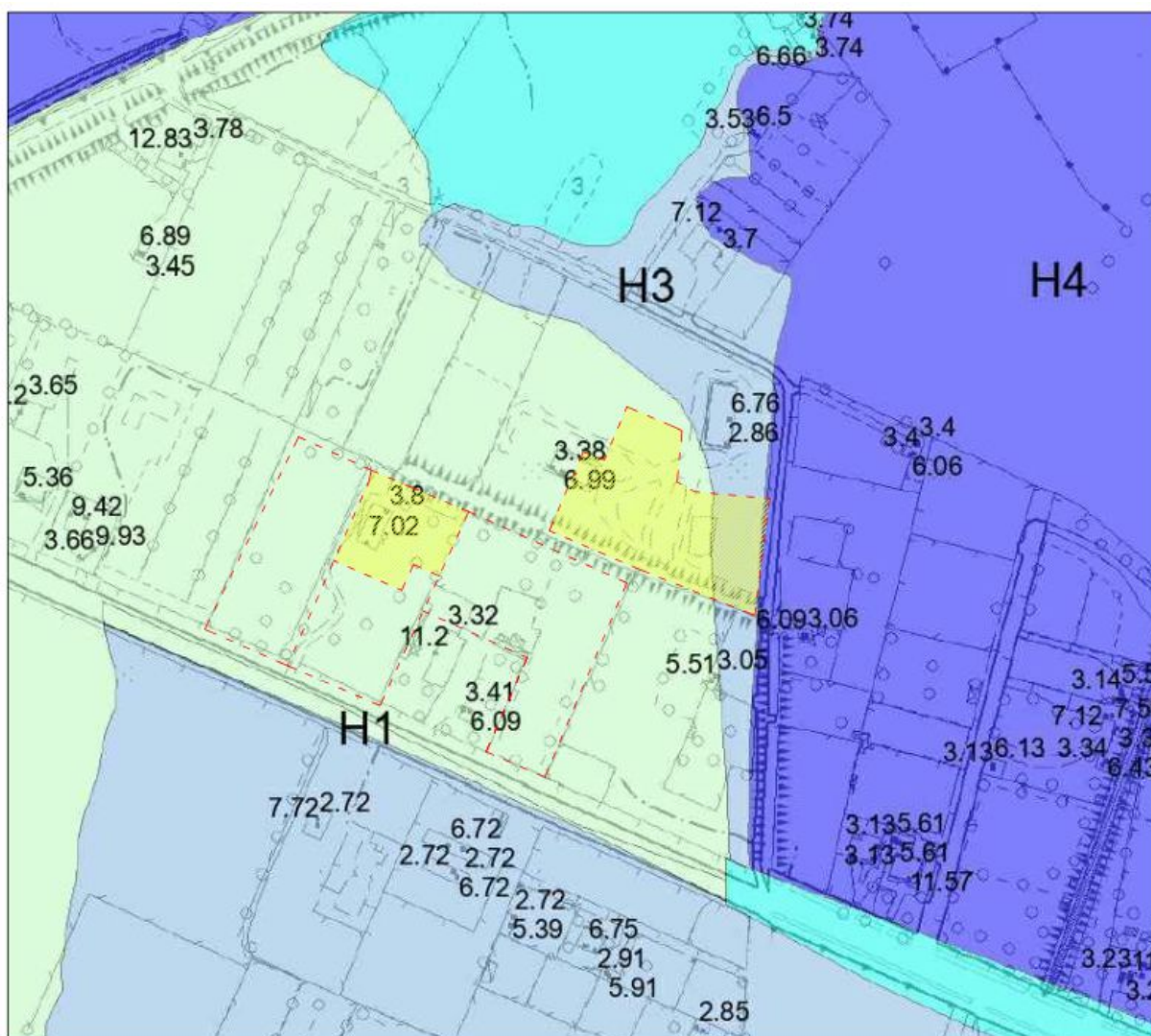


Da un accurato esame della cartografia, in particolare dalla Carta Tecnica dell'Italia Meridionale in scala 1:5000, si è potuto rilevare che nell'ambito dell'area interessata non grava nessun reticolo idrografico locale e minore che possa dare adito a qualsiasi rischio idraulico anche di minima entità.

8.4 Previsioni del Piano Urbanistico Comunale per l'area di interesse del progetto

Con deliberazione C.C. n.29 del 22.03.2016 il Comune di Oristano ha approvato lo studio di Compatibilità Idraulica, Geologica e Geotecnica che presenta variazioni rispetto a quanto approvato nel PUC.

Di seguito si riporta la tavola relativa alle aree a pericolosità idraulica con le nuove perimetrazioni studiate.



- Hi4** Aree inondabili da piene con portate di colmo caratterizzate da tempi di ritorno di 50 anni
- Hi3** Aree inondabili da piene con portate di colmo caratterizzate da tempi di ritorno di 100 anni
- Hi2** Aree inondabili da piene con portate di colmo caratterizzate da tempi di ritorno di 200 anni
- Hi1** Aree inondabili da piene con portate di colmo caratterizzate da tempi di ritorno di 500 anni

L'area oggetto di redazione piano di lottizzazione ricade nella fascia "Aree allagabili con un tempo di ritorno pari a 500 anni " che corrisponde ad un rischio di compatibilità idraulica media Hi1 (art.30 N.T.A. del PAI).

9. Analisi idrologica

9.1 Metodologie di calcolo delle portate di piena

La determinazione delle portate di massima piena in Sardegna, data la necessità di stimare i valori in sezioni non osservate e come nel caso in esame, riferite al reticolo idrografico superficiale secondario, si deve basare sulla comparazione critica dei risultati ottenuti dalle diverse metodologie di calcolo disponibili e dal raffronto con i dati osservati, qualora disponibili.

Le metodologie di calcolo possono essere inquadrare in due grandi sottoinsiemi: la prima è nota sotto la generale definizione di Metodi Diretti, la seconda come Metodi Indiretti, in cui l'aggettivo diretto o indiretto specifica se la portata al colmo in qualunque sezione è ricavata direttamente da valori di portate calcolati, ovvero indirettamente tramite trasformazione afflussi– deflussi. I metodi diretti hanno applicabilità per bacini di estensione superiore a 60 Km. Nel caso in esame, viste le piccolissime dimensioni del bacino, l'unico metodo che appare utilizzabile è il metodo indiretto basato sulla formula razionale.

9.2 Il metodo razionale

Nel Metodo Razionale la portata di piena è espressa nella sua forma generale come prodotto tra l'intensità di precipitazione, i , di assegnata durata d e periodo di ritorno T , il coefficiente di assorbimento ϕ , la superficie del bacino A il coefficiente di laminazione $\epsilon(t)$:

$$Q = i[t, T, r(t, A)] \cdot \phi \cdot A \cdot \epsilon(t)$$

dove con t si è indicato il valore di durata critica, mentre $r(t, A)$, rappresenta il fattore di ragguaglio della precipitazione all'area del bacino, espresso in funzione della durata, t , e della superficie del bacino A . Correntemente la Formula razionale si utilizza nella seguente forma:

$$Q = \frac{\phi \cdot hc \cdot A}{3,6 \cdot t_c}$$

Q = portata di piena [mc/s]

Φ = coeff. di deflusso,

hc = altezza di pioggia [mm]

t_c = tempo di corrivazione [ore]

9.3 L'altezza di pioggia calcolata con la distribuzione TCEV

L'intensità di precipitazione, $i[t,T]$, che determina la massima portata di piena (intensità critica) è ottenuta dalla curva di possibilità pluviometrica che, com'è noto, esprime la legge di variazione dei massimi annuali di pioggia in funzione della durata della precipitazione, d , ad assegnata frequenza di accadimento o periodo di ritorno T .

Tale curva ha solitamente la seguente notazione:

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

Per la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica, in questo studio di compatibilità, si è utilizzato il modello probabilistico TCEV, infatti recenti studi per la Sardegna mostrano che il modello probabilistico ben interpreta le caratteristiche di frequenza delle serie storiche.

La metodologia regionale di calcolo si basa sull'inferenza statistica del modello TCEV della variabile Aleatoria dimensionale così definita:

$$h' = \frac{h(d)}{h(d)}$$

che è il massimo annuale di pioggia per assegnata durata, d , normalizzato rispetto alla media h e successivamente sul calcolo della $h(d)$ per le diverse durate.

L'equazione della curva di possibilità pluviometrica normalizzata è per ciascun tempo di ritorno T :

$$h'(T) = a \cdot d^n$$

dove i parametri della curva, $a(T)$ ed $n(T)$, vengono definiti per tre Sotto Zone Omogenee della Sardegna (SZO), per durate minori e maggiori di 1 ora e per tempi di ritorno maggiori di 10 anni.

L'altezza di pioggia giornaliera h_T con assegnato tempo di ritorno T in anni è data da :

$$\begin{aligned} \text{SZO 1} \quad h(T) &= \mu_0 K_T = \mu_0 [0.69319 + 0.72015 \text{Log}_{10}T + 3.1364 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10}T)^2] \\ \text{SZO 2} \quad h(T) &= \mu_0 K_T = \mu_0 [0.60937 + 0.91699 \text{Log}_{10}T + 3.9932 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10}T)^2] \\ \text{SZO 3} \quad h(T) &= \mu_0 K_T = \mu_0 [0.47839 + 1.22460 \text{Log}_{10}T + 5.3321 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10}T)^2] \end{aligned}$$

SZO sono le tre Sotto Zone Omogenee della Sardegna (FIG.1).

Il territorio di Oristano rientra nella sottozona 1 (SZO 1). (Fig. a)

La pioggia indice giornaliera μ_g è la media dei massimi annui di precipitazione giornaliera.

K_T è il coefficiente (adimensionale) di crescita espresso in funzione del tempo di ritorno T.

Il valore della pioggia indice giornaliera μ_g (espressa in mm), si ricava dalla carta delle isoiete sotto riportata. (Fig. b)

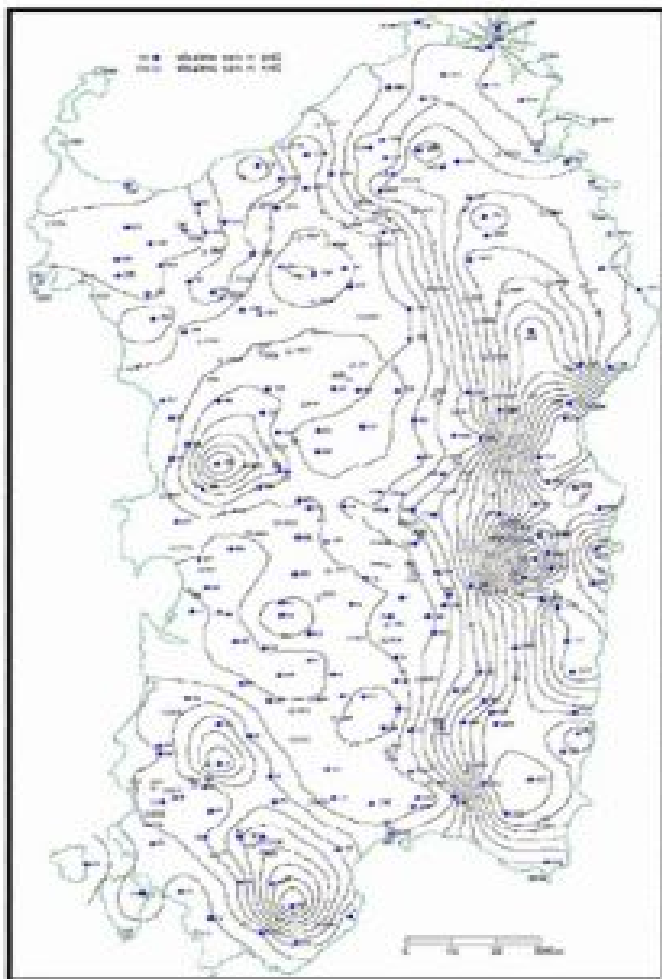


Figura a: Carta delle Sottozone Omogenee per le piogge brevi e intense

L'altezza di pioggia $h_T(\tau)$ di durata τ con assegnato tempo di ritorno T in anni si ottiene moltiplicando la pioggia indice $\mu(\tau)$ per un coefficiente di crescita $K_T(\tau) = a_2 \tau^{n_2}$:

$$h_T(\tau) = \mu(\tau) K_T(\tau) = (a_1 a_2) \tau^{(n_1+n_2)}$$

dove i coefficienti a_2 e n_2 si determinano con le relazioni seguenti per differenti T e τ

a) per tempi di ritorno T <= 10 ANNI

SZO 1	$a_2 = 0.66105 + 0.85994 \text{ Log}_{10} T$:	$n_2 = -1.3558 \cdot 10^{-4} - 1.3660 \cdot 10^{-2} \text{ Log}_{10} T$
SZO 2	$a_2 = 0.64767 + 0.89360 \text{ Log}_{10} T$:	$n_2 = -6.0189 \cdot 10^{-3} + 3.2950 \cdot 10^{-4} \text{ Log}_{10} T$
SZO 3	$a_2 = 0.62408 + 0.95234 \text{ Log}_{10} T$:	$n_2 = -2.5392 \cdot 10^{-2} + 4.7188 \cdot 10^{-2} \text{ Log}_{10} T$

b) per tempi di ritorno $T > 10$ ANNI

SZO 1	$a_2 = 0.46378 + 1.0386 \text{ Log}_{10} T$ $n_2 = -0.18449 + 0.23032 \text{ Log}_{10} T - 3.3330 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10} T)^2$ (per $\tau \leq 1$ ora) $n_2 = -1.0563 \cdot 10^{-2} - 7.9034 \cdot 10^{-3} \text{ Log}_{10} T$ (per $\tau > 1$ ora)
SZO 2	$a_2 = 0.44182 + 1.0817 \text{ Log}_{10} T$ $n_2 = -0.18676 + 0.24310 \text{ Log}_{10} T - 3.5453 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10} T)^2$ (per $\tau \leq 1$ ora) $n_2 = -5.6593 \cdot 10^{-3} - 4.0872 \cdot 10^{-3} \text{ Log}_{10} T$ (per $\tau > 1$ ora)
SZO 3	$a_2 = 0.41273 + 1.1370 \text{ Log}_{10} T$ $n_2 = -0.19055 + 0.25937 \text{ Log}_{10} T - 3.8160 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10} T)^2$ (per $\tau \leq 1$ ora) $n_2 = 1.5878 \cdot 10^{-2} + 7.6250 \cdot 10^{-3} \text{ Log}_{10} T$ (per $\tau > 1$ ora)

Per quanto riguarda la pioggia indice di breve durata è stata definita una legge monomia i cui parametri dipendono unicamente dalla pioggia indice giornaliera del medesimo sito, ed in particolare: la pioggia media per diverse durate, detta anche pioggia indice, $\bar{h}(d)$, è funzione dalla pioggia media giornaliera, \bar{h}_g , secondo le espressioni:

$$\bar{h}(d) = \frac{\bar{h}_g}{0.886 \cdot 24^{[-0.493+0.476 \text{ Log}(\bar{h}_g)]}} \cdot d^{[-0.493+0.476 \text{ Log}(\bar{h}_g)]}$$

dove \bar{h}_g si ricava dalla distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia giornaliera sull'intera Sardegna.

9.4 Il coefficiente di deflusso

Il valore del coefficiente di afflusso Φ presente nella Formula Razionale, può essere calcolato con il metodo del SCS-Curve Number. Detto metodo, messo a punto dal Soil Conservation Service - United States Department of Agriculture, permette di ricavare la pioggia netta in base all'espressione

$$h_{netta} = \frac{(h_{torida} - I)^2}{(h_{torida} + S - I)} \quad (*)$$

dove h_{torida} è la pioggia stimata per assegnata distribuzione di probabilità, S (in mm) rappresenta l'assorbimento del bacino, espresso dalla relazione

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

dove

I è l'assorbimento iniziale

CN è un indice con valori compresi tra [0 - 100]:

- *CN = 0 indica superficie totalmente permeabile;*
- *CN =100 indica superficie completamente impermeabile.*

Per quanto riguarda la tipologia litologica del suolo, l'SCS ha classificato i vari tipi di suolo in quattro gruppi, riportati nella tabella seguente, sulla base della capacità di assorbimento del terreno nudo a seguito di un prolungato adacquamento.

Tipo idrologico di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarso limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza delle superfici.

Figura 9: Gruppi di suolo in base alla capacità di assorbimento.

9.5 Il tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione t_c rappresenta il tempo che impiega a raggiungere la sezione di chiusa del bacino l'acqua che cade nelle parti più lontane dello stesso. La massima concentrazione delle acque di deflusso nella sezione considerata, cioè la massima portata, avviene proprio dopo un tempo $t = t_c$ dall'inizio della precipitazione.

Il tempo di corrivazione è un elemento di valutazione assai difficile in quanto dipende dalla estensione e dalla configurazione del bacino, dalle cadenti, dal grado di sistemazione sia delle campagne che dei canali, dalle colture, ecc., tutti elementi di difficile valutazione.

Le Linee Guida del PAI riportano, in via non esaustiva, varie formule per il calcolo del tempo di corrivazione quali Giandotti, Ventura, Pasini, Kirpich ecc.

Tenuto conto che l'area di intervento è inserita in un contesto totalmente pianeggiante diventa poco realistico utilizzare le formule classiche per superfici di versante, come la formula di Giandotti e le altre suggerite dal PAI anche perché, comunque, l'area è molto piccola se confrontata con le superfici per le quali la formula ha valore.

9.6 Coefficiente di deflusso nell'area di progetto

Come evidenziato precedentemente l'area in cui ricade l'intervento è ricompresa all'interno del Bacino Idrografico Del Tirso e ricade all'interno di aree esondabili a pericolosità idraulica H_{i1} , ossia aree inondabili da piene con portate al colmo caratterizzate da tempi di ritorno di 500 anni.

Va inoltre precisato che nell'ambito dell'area interessata non grava nessun reticolo idrografico locale e minore che possa dare adito a qualsiasi rischio idraulico anche di minima entità.

Tale studio si limita quindi al bacino costituito dalla superficie di lottizzazione e dalle superfici limitrofe a detta lottizzazione che, per gravità, insistono su quest'area, ed è quindi volto a non peggiorare la situazione attuale, e non a migliorare eventuali carenze idrauliche dell'intero bacino.

La determinazione delle frazioni di pioggia "efficace", cioè della parte di volume idrico meteorico che effettivamente affluisce alla rete scolante comporta la determinazione del coefficiente di deflusso dell'area in oggetto.

In pratica il coefficiente di deflusso è il parametro che determina la trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi: è infatti il rapporto tra il volume di pioggia defluito attraverso una assegnata sezione in un determinato intervallo di tempo e il volume di pioggia precipitato nello stesso intervallo.

I valori del coefficiente di deflusso Φ cui fare riferimento, sono facilmente reperibili nella bibliografia tecnica, dipendono dal tipo di superficie scolante e dalla durata oraria della pioggia considerata.

Per la valutazione dei coefficienti di deflusso delle varie superfici si è fatto riferimento al testo "Fognature" di Datei – Da Deppo di cui si riporta la tabella dei coefficienti di deflusso.

Valori del coefficiente di deflusso relativi a una pioggia avente durata oraria	
Tipi di superficie scolante	ϕ
Tetti metallici	0,95
Tetti a tegole	0,90
Tetti piani con rivestimento in calcestruzzo	0,70÷0,80
Tetti piani ricoperti di terra	0,30÷0,40
Pavimentazioni asfaltate	0,90
Pavimentazioni in pietra	0,80
Massicciate in strade ordinarie	0,40÷0,80
Strade in terra	0,40÷0,60
Zone con ghiaia non compressa	0,15÷0,25
Boschi	0,10÷0,30
Parti centrali di città completamente edificate	0,70÷0,90
Quartieri urbani con pochi spazi liberi	0,50÷0,70
Quartieri urbani con fabbricati radi	0,25÷0,50
Tratti scoperti	0,10÷0,30
Giardini e cimiteri	0,00÷0,25
Terreni coltivati	0,20÷0,60

(Tratto dal volume "Fognature" - Luigi Da Deppo e Claudio Datei)

Nel caso in esame, si sono prese in considerazione le due configurazioni , attuale e di progetto, assegnando ad ogni tipo di superficie della lottizzazione un idoneo coefficiente di deflusso. Si è proceduto quindi calcolando il coefficiente di deflusso equivalente, ovvero un coefficiente di deflusso calcolato come media ponderata sulle aree:

$$\bar{\Phi} = \frac{\sum S_i \cdot \Phi_i}{S}$$

ossia la superficie S attuale è composta da aree S_i caratterizzate da un omogeneo coefficiente di deflusso Φ , mentre quella di progetto sarà formata da diversi coefficienti di deflusso Φ_i .

Svolgendo i calcoli si ottengono quindi due coefficienti, uno valido per lo stato attuale e uno per lo stato di progetto. Nella suddivisione delle aree della lottizzazione e nell'individuazione dei rispettivi coefficienti di deflusso si sono fatte le seguenti considerazioni:

Comune di Oristano
Estensione Piano di Lottizzazione convenzionato Borgo Verde Sa Rodia
Studio di Compatibilità Idraulica

- Area occupata dagli edifici e dalle superfici asfaltate, o comunque assimilabili è stato attribuito un coefficiente di deflusso pari a 0.9
- Area occupata da superfici semipermeabile è stato attribuito un coefficiente di deflusso pari a 0.55 (accessi privati, pavimentazioni in pietra, ecc.)
- Alle aree a verde privato è stato attribuito un coefficiente di deflusso pari a 0.25

Con l'edificazione del comparto le superfici saranno ripartite nel modo seguente:

Superficie Totale	21.559,27	mq
<i>Camminamenti privati</i>	1362,00	mq
<i>Totale superfici semipermeabili</i>	1362,00	mq
<i>Superficie totale edificata</i>	7.186,42	mq
<i>Superficie strade e marciapiedi</i>	2794,37	mq
<i>Totale superfici impermeabili</i>	9.980,79	mq
<i>Verde privato</i>		
<i>Totale superfici permeabili</i>	10.216,48	mq
ϕ' =	0,57	

La zona interessata dal progetto è attualmente adibita ad uso agrario. Pertanto, nella situazione ante operam, il coefficiente di deflusso (Φ) è stato posto pari a 0,20. Di seguito viene riportata la tabella riassuntiva delle superfici scolanti post operam e dei relativi coefficienti di deflusso utilizzati a cui fare riferimento per il calcolo delle portate meteoriche massime.

STATO ANTE OPERAM				
<i>Tipo di superficie</i>	<i>superficie mq</i>	φ	$Si*\varphi$	
<i>permeabile</i>	21559,27	0,2	4311,854	mq
STATO POST OPERAM				
<i>Tipo di superficie</i>	<i>superficie mq</i>	φ	$Si*\varphi$	
<i>permeabile</i>	10.216,48	0,25	2554,12	mq
<i>semipermeabile</i>	1.362,00	0,55	749,10	mq
<i>impermeabile</i>	9.980,79	0,9	8982,71	mq

9.7 Calcolo della portata

Tra i molti modelli di tipo analitico di trasformazione afflussi /deflussi disponibili in letteratura si è optato, come già evidenziato nei paragrafi precedenti, il metodo Razionale basandosi sulle seguenti assunzioni:

- *la precipitazione è uniformemente distribuita sul bacino,*
- *la portata stimata ha lo stesso tempo di ritorno Tr di quello dell'intensità di pioggia,*

➤ *l'intensità di pioggia ha una durata pari a quella del tempo di corrivazione Tc.*

La portata massima che affluisce alla sezione di chiusura del bacino è data dalla seguente espressione:

$$Q = I \cdot A \cdot \psi$$

A = area del bacino

$I = \frac{h}{t}$ intensità di pioggia con t durata dell'evento piovoso e h altezza della precipitazione

$\psi =$ coefficiente di deflusso

Per l'applicazione corretta del metodo è necessario pertanto valutare accuratamente tutte le grandezze descritte ed in primo luogo l'altezza di pioggia, attraverso le curve di possibilità pluviometrica. Per la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica si è utilizzato il modello probabilistico TCEV già descritto all'interno del capitolo 11.3. Si sono quindi determinate le altezze e di precipitazione più probabili in funzione della durata e del tempo di ritorno dell'evento considerato.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti per l'area studiata relativi a piogge brevi ed intense, di durata compresa tra 1 ora e 24 ore e con tempi di ritorno di 10, 30, 50, 100 e 200 anni.

T_r		$t = 1 h$	$t = 3 h$	$t = 6 h$	$t = 12 h$	$t = 24 h$
10 anni	$h_{max} =$	24,76	31,08	44,58	55,97	70,02
30 anni	$h_{max} =$	31,35	41,33	64,06	84,54	111,33
50 anni	$h_{max} =$	34,31	46,10	73,65	98,97	132,99
100 anni	$h_{max} =$	38,26	52,57	87,01	119,56	164,30
200 anni	$h_{max} =$	42,19	59,04	100,56	140,72	196,91

In base a quanto sopra scritto, si esegue il calcolo della portata totale d'acqua di deflusso eccedente rispetto alle condizioni di suolo originario precedenti la realizzazione della lottizzazione, in quanto è questa eccedenza che va a costituire il picco di piena.

Nel calcolo sono stati considerati i seguenti valori:

Superficie Totale **$S = 21559,27 \text{ mq}$**

Tempo di ritorno **$Tr = 50 \text{ anni}$**

Coefficiente di deflusso attuale **$\phi = 0,20$**

Coefficiente di deflusso attuale **$\phi' = 0,57$**

PORTATE DI DEFLUSSO ANTE OPERAM					
$\phi = 0,20$	[mm]	[mc]	[mc]	[mc]	[mc]/[h]
Durata ore	h	Vol. tot. Pioggia	vol. deflusso		Vol. un. Tempo
1	34,31	739,70	147,94		147,94
3	46,10	993,88	198,78		66,26
6	73,65	1587,84	317,57		52,93
12	98,97	2133,72	426,74		35,56
24	132,99	2867,17	573,43		23,89
PORTATE DI DEFLUSSO POST OPERAM					
$\phi = 0,57$	[mm]	[mc]	[mc]	[mc]	[mc]/[h]
Durata ore	h	Vol. tot. Pioggia	vol. deflusso		Vol. un. Tempo
1	34,31	739,70	421,53		421,53
3	46,10	993,88	566,38		188,79
6	73,65	1587,84	904,86		150,81
12	98,97	2133,72	1215,94		101,33
24	132,99	2867,17	1633,91		68,08

Come si può ricavare dalla tabella le eccedenze attuali in caso di precipitazione eccezionale con durata oraria sono:

Durata ore	Differenza Con situazione attuale	Differenza Con situazione attuale
h	[mc]/[h]	[litri]/[sec]
1	273,59	76,00
3	122,54	34,04
6	97,88	27,19
12	65,77	18,27
24	44,19	12,27

La portata critica di eccedenza come si può ricavare dalle tabelle si ha per piogge di un'ora, con tempo di ritorno di cinquanta anni, pari a 273,59 mc/h. Tale valore di portata rappresenta il valore massimo ammissibile, ossia il riferimento oltre il quale non sarà possibile scaricare dal nuovo insediamento e rappresenta un vincolo progettuale tale da imporre l'adozione di volumi di invaso variamente localizzati al fine di contenere le portate meteoriche in esubero. In questo studio nel calcolo dei volumi delle acque scaricate dal nuovo insediamento (volume compensativo di invaso) non verranno prese in considerazione le aliquote provenienti dalle coperture dei tetti e quelle perse per evapotraspirazione. Infatti le acque meteoriche defluenti dalle coperture verranno recuperate in apposite cisterne o vani di accumulo ed utilizzata per scopi non potabili, in particolare per l'irrigazione del verde delle strutture e ricettive attraverso l'alimentazione di sistemi di irrigazione automatici.

9.8 Invarianza idraulica

Come noto uno dei maggiori effetti dell'urbanizzazione è il consumo di territorio. Il consumo di territorio si concretizza, dal punto di vista idrologico, nell'aumento dell'impermeabilizzazione dei suoli; una delle prime conseguenze è la diminuzione complessiva dei volumi dei piccoli invasi, ovvero di tutti i volumi che le precipitazioni devono riempire prima della formazione dei deflussi. I piccoli invasi, in terreni naturali, sono costituiti dalle irregolarità della superficie e da tutti gli spazi delimitati da ostacoli casuali che consentono l'accumulo dell'acqua. Sotto determinate condizioni, la presenza stessa di un battente d'acqua sulla superficie (dell'ordine di pochi millimetri) costituisce un invaso che può avere effetti non trascurabili dal punto di vista idrologico. In senso del tutto generale, si può dire che i volumi di invaso sono la principale causa del fenomeno della laminazione dei deflussi.

L'impermeabilizzazione delle superfici e la loro regolarizzazione contribuiscono in modo determinante all'incremento del coefficiente di afflusso (la percentuale di pioggia netta che giunge in deflusso superficiale) e all'aumento conseguente del coefficiente udometrico (la portata per unità di superficie drenata) delle aree trasformate.

Il principio dell'invarianza idraulica sancisce che la portata al colmo di piena risultante dal drenaggio di un'area deve essere costante prima e dopo la trasformazione dell'uso del suolo in quell'area. La portata in eccesso, derivata dall'impermeabilizzazione dell'area, o la quota parte che non può essere recepita dal collettore, deve essere trattenuta momentaneamente all'interno dell'area oppure va allontanata in altra maniera, tipo dispersione nel sottosuolo. Questo risultato si può ottenere agevolando l'infiltrazione nel terreno dei volumi idrici in eccesso, rispetto alle condizioni pre-trasformazione, o laminando le portate. In quest'ultimo caso si opera praticamente realizzando vasche di accumulo temporaneo, la cui funzione è quella di trattenere l'acqua che defluisce in superficie durante gli eventi meteorici, per rilasciarla quindi gradualmente con una portata prestabilita, non superiore a quella caratteristica dell'area prima della trasformazione.

Le tipologie d'intervento per ottenere l'invarianza idraulica sono diverse tra cui:

- creazione di un invaso concentrato a cielo aperto o interrato;
- creazione di un invaso diffuso sotterraneo (sovradimensionamento rete fognaria);
- dispersione nel sottosuolo (pozzi drenanti)

Nel caso in esame, considerato la presenza di volumi idrici da smaltire non eccessivi, si ritiene che si possa intervenire mediante la realizzazione di condotte sovradimensionate, in modo che, quando la portata entrante supera quella uscente, si abbia un progressivo riempimento della rete che funge da serbatoio diffuso nell'area. L'adozione di tale tecnica privilegia principalmente le situazioni nelle quali gli spazi per altre opere compensative risultano limitati come appunto nella lottizzazione in progetto e ben si presta ad utilizzare come sede di invaso quella sottostante alla rete stradale ed ai piazzali. Si ipotizza di concentrare i volumi d'acqua da invasare in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino corrispondente all'area in esame.

9.9 Calcolo del collettore

Il dimensionamento del collettore di scarico in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino viene determinato ponendoci nell'ipotesi di moto uniforme.

In condizioni di moto uniforme la velocità media all'interno della condotta è legata alle caratteristiche della stessa (pendenza, scabrezza, dimensioni) e dalla corrente (raggio idraulico, area della sezione bagnata) dalla legge del moto uniforme che si esprime tramite la ben nota formula di Chezy:

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

dove:

χ = è il coefficiente di scabrezza

A = area del bacino

R = è il raggio idraulico

i = la pendenza di fondo

Il coefficiente di scabrezza viene calcolato con la formula di Bazin

$$\chi = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} \quad \gamma = \text{indice di scabrezza}$$

Fissata la pendenza i , il problema si riduce alla definizione della dimensione della sezione in modo che il tirante idrico h connesso con la portata Q di progetto, assicuri un prefissato franco minimo di sicurezza. Nel caso di condotti chiusi la portata massima di un collettore non corrisponde al grado di riempimento massimo della condotta. Infatti la presenza di un franco, deve consentire una completa ed efficace aerazione della canalizzazione ed evitare che i fenomeni ondosi, che possono innescarsi sulla superficie libera, occidano momentaneamente lo speco provocando fenomeni di battimento pericolosi per la durata e la stabilità della condotta.

Il riempimento massimo deve essere inferiore a quello a cui corrisponde la massima velocità di moto uniforme (per condotte circolari quindi $h_{\max} < 0,8 D$).

La velocità massima in condotta non dovrà superare di norma i 2 m/s, in casi eccezionali i 4 m/s;

Considerando una tubazioni a sezione circolare in PVC (UNI EN 1401-1) , tipo Classe SN 4,

diametro \varnothing 300 con pendenza longitudinale del 0.02% , la portata in corrispondenza della sezione di chiusura risulta essere di 41.55 lt/sec. A tale valore corrisponde un' altezza idrica $h = 16$ cm, con una velocità in condotta di 1.53 m/sec e un grado di riempimento pari al 78%.

Il valore ottenuto verifica la portata massima in condizioni di pioggia critica di progetto con un tempo di ritorno di 50 anni.

10. Conclusioni

Alla luce di quanto esposto, la realizzazione delle opere in progetto porterà quindi ad un aumento della quantità d'acqua defluita, in quanto aumenta il coefficiente di deflusso delle superfici rispetto alla situazione attuale. Per questo motivo si ritiene indispensabile la realizzazione di sistemi di accumulo che permettano la laminazione degli eventi di piena. Nel caso specifico aumentando la capacità d'invaso, mediante il sovradimensionamento delle tubazioni della linea fognaria della lottizzazione, si riuscirà a ritardare gli eventi di piena conseguenti la precipitazione. In questo modo le acque verranno convogliate verso il corpo ricettore finale (sistema fognario comunale) solo quando questo sia in grado di riceverle, evitando di mandare in crisi il sistema idraulico. Gli interventi previsti, una volta attuati e le misure compensative d'invarianza idraulica, non comporteranno quindi un aggravio delle condizioni di deflusso idrico rispetto allo stato esistente.

Novembre 2023

I Tecnici

Dott. Geologo Angelo Giuseppe Zancudi



Dott. Ing. Piergiuseppe Sechi

