

COMUNE DI CAPOTERRA



RICHIESTA DI AUTORIZZAZIONE A LOTTIZZARE

ai sensi dell'art. 41, R.E., P.U.C

Lottizzazione "Corte Ada" – Loc. "Su Suergiu" - comparto C3-1.2

STUDIO DI INVARIANZA IDRAULICA ai sensi dell'art.47 delle NTA del PAI

Committente: BAIRE Adalgisa

I Tecnici:

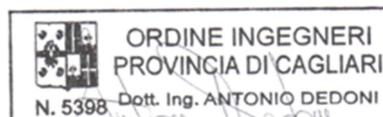
Dott.ssa Geol. Marta Camba

*Ordine dei Geologi della Sardegna Sez. A n°
827*



Dott. Ing. Antonio Dedoni

*Ordine degli Ingegneri della provincia di Cagliari
n°5398*



Sede legale: Via delle fontane 11, Capoterra (CA)
Piva: 03920410929
Mail: marta.camba@gmail.com
Pec: marta.camba@legalmail.it
Telefono: 3476210342

Gennaio 2025

INDICE

1. Premessa	2
2. Analisi del contesto territoriale coinvolto	3
3. Quadro di riferimento progettuale	8
4. Analisi del CN in condizione Ex-Ante	8
5. Analisi del CN in condizione Ex-Post	11
6. Analisi e stima dell'idrogramma di piena area intervento	12
7. Calcolo dello ietogramma di progetto	13
8. Invarianza Idraulica – Stima dell'idrogramma di piena	18

1. Premessa

Nell'ambito della richiesta di Autorizzazione a Lottizzare in un'area ricadente in loc." Su Suergiu", nel comparto C3_1.2 nel Comune di Capoterra (CA), è stato redatto uno studio di invarianza idraulica ai sensi dell'Art. 47 delle Norme di Attuazione del P.A.I., a firma dei professionisti Dott. Ing. Antonio Dedoni, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cagliari al n. 5398, e Dott.ssa Geol. Marta Camba, iscritta all'Ordine dei Geologi della Sardegna al n. 827.

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

L'art. 47 delle norme di attuazione del P.A.I., stabilisce che i Comuni in sede di redazione degli strumenti urbanistici generali o di loro varianti generali e in sede di redazione degli strumenti urbanistici attuativi, stabiliscono che le trasformazioni dell'uso del suolo rispettino il principio dell'invarianza idraulica.

Nella fattispecie, gli strumenti urbanistici generali ed attuativi individuano e definiscono le infrastrutture necessarie per soddisfare il principio dell'invarianza idraulica per gli ambiti di nuova trasformazione e disciplinano le modalità per il suo conseguimento, anche mediante la realizzazione di vasche di laminazione.

Nel contesto normativo generale, l'applicazione del principio di invarianza idraulica trova applicazione e coerenza con quanto previsto dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, in particolare con le misure non strutturali in quanto tale azione si configura come misura strategica di prevenzione dei luoghi e estrema riduzione dell'impatto idrogeologico che la trasformazione territoriale produce.

Le norme di attuazione del PAI stabiliscono che la valutazione ed approvazione degli studi redatti ai sensi dell'art. 47 "Invarianza Idraulica" delle Norme di Attuazione del PAI, è in capo al singolo Comune che è tenuto a vigilare sull'effettiva attuazione degli interventi atti a garantire il rispetto del principio dell'invarianza idraulica a seguito della trasformazione dei luoghi.

2. Analisi del contesto territoriale coinvolto

Il territorio comunale di Capoterra si sviluppa nella parte occidentale del Golfo di Cagliari e confina con i comuni di Assemini a Nord ed Ovest, Sarroch a Sud, Uta a Nord e Cagliari ad Est. Le principali vie di comunicazione che interessano il centro sono la Strada Provinciale n. 195, la Strada Consortile dell'agglomerato industriale di Macchiareddu. L'area interessata dalla richiesta di parere preventivo ai sensi dell'art. 23 del Regolamento edilizio Comunale si trova in località "Mitza Caria" prospiciente per la maggior parte della sua estensione la Via Emanuela Loi, una delle arterie secondarie d'accesso al centro abitato del Comune di Capoterra. L'area oggetto di studio si presenta delimitata in parte da viabilità comunale ovvero la via Emanuela Loi e le strada vicinale "Su Carroppu" a Ovest e la strada vicinale "Su Suergiu" a Est, mentre per il restante lato a Sud è delimitata dalla zona Agricola E2. L'inquadramento cartografico dell'area oggetto di intervento:

- I.G.M. Serie 25 foglio **565 I "Capoterra"**
- CTR – scala 1:10000 – **sez. 565040 "Capoterra"**
- Carta Geologica d'Italia – scala 1:100.000 – foglio **234 "Cagliari"**
- Carta Geologica d'Italia – scala 1:50.000 – foglio **565 "Capoterra"**

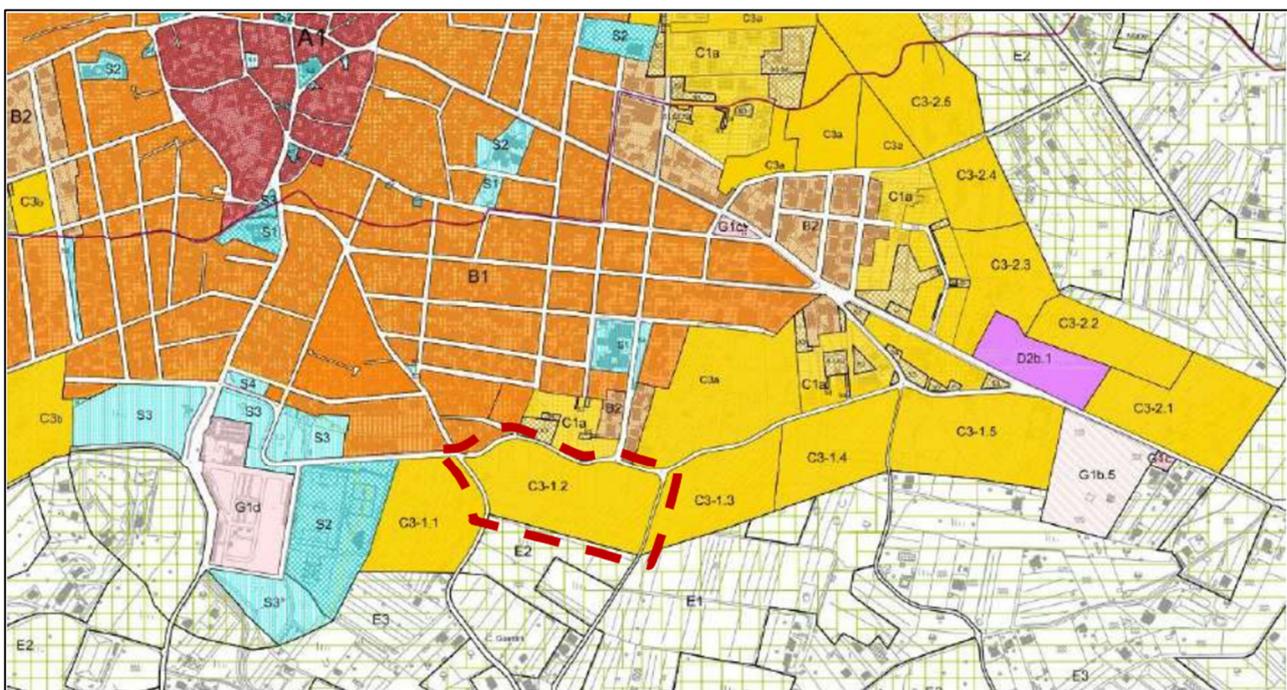


Le coordinate WGS84 dell'area interessata di interesse:

Latitudine	Longitudine
39° 10.136'N	8° 58.523'E

L'area oggetto di studio si presenta delimitata in parte da viabilità comunale ovvero la via Emanuela Loi e le strada vicinale "Su Carroppu" a Ovest e la strada vicinale "Su Suergiu" a Est, mentre per il restante lato a Sud è delimitata dalla zona Agricola E2.

I tre stralci funzionali verranno distribuiti lungo la via Emanuela Loi e verranno attraversati da un asse viario parallelo alla citata Via E. Loi, e completati dall'innesto ortogonale di ulteriori assi stradali.



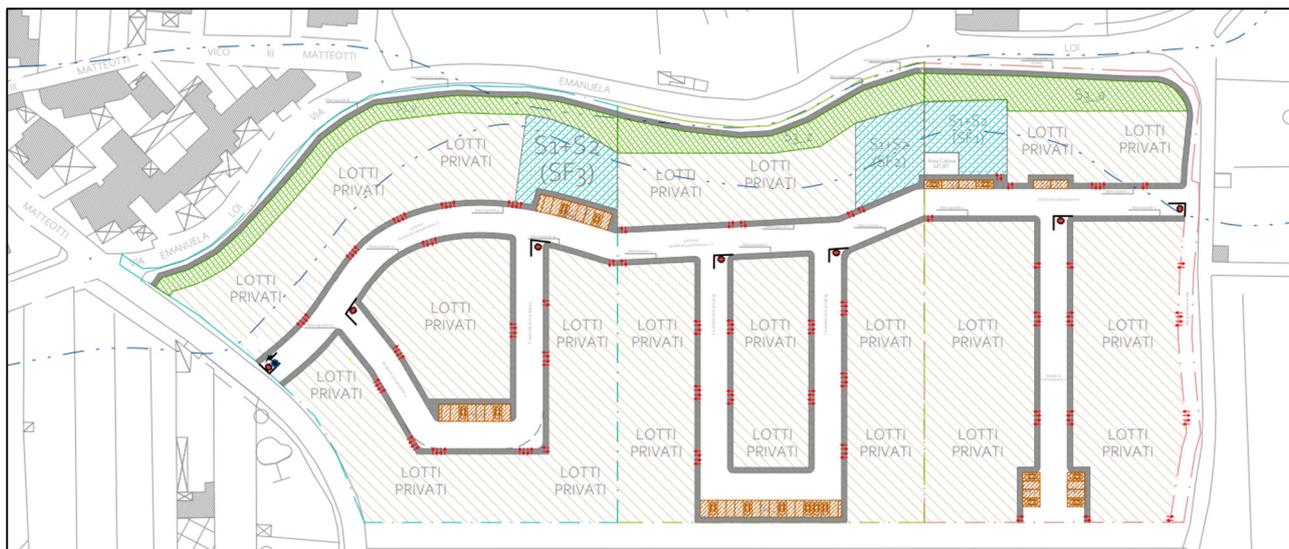
Il comparto C3-1.2 verrà suddiviso, vista la notevole superficie e vista l'esposizione economica totale dell'intervento, in 3 diversi stralci funzionali, tra loro funzionalmente e planimetricamente collegati.

STRALCIO FUNZIONALE 1: Foglio 12, particella 2131 (parte), superficie 10.400,00mq;

STRALCIO FUNZIONALE 2: Foglio 12, particella 2131 (parte), superficie 10.850,00mq;

STRALCIO FUNZIONALE 3: Foglio 12, particella 2131 (parte), superficie 12.550,00mq.

L'intervento di trasformazione urbanistica in oggetto è stato attentamente progettato con l'obiettivo di valorizzare al massimo le potenzialità delle aree interessate, garantendo un equilibrio tra sviluppo urbanistico e rispetto delle caratteristiche territoriali esistenti. La pianificazione tiene conto delle specificità del contesto, definendo una proposta organica e coerente che risponde alle esigenze funzionali, sociali e ambientali.



Stralcio funzionale 1

CALCOLI PLANOVOLUMETRICI DI PROGETTO STRALCIO FUNZIONALE 1			
Sup. da lottizzare		mq	10400,00
Superficie cessioni (S1+S2+S3+S4)		mq	1274,00
Superficie strade / marciapiedi		mq	2607,00
Cabina MT/BT		mq	65,00
SUPERFICIE FONDIARIA		mq	6454,00
Superficie Coperta	40% di Sup. Lotti	mq	2581,60
Indice territoriale		mc/mq	1,00
NUMERO ABITANTI			70,00
Volume realizzabile totale (Sup. * i.t)		mc	10400,00
Volume PUBBLICO (10% Vol. totale)		mc	1040,00
Volume LOTTI PRIVATI		mc	9360,00
Volume Servizi Connessi	5% di 10.400,00	mc	520,00
Volume Residenziale	85% di 10.400,00	mc	8840,00
Somma sup. cessioni + strade e marciapiedi+enel		mq	3946,00
PERCENTUALE CESSIONI			37,9423%
Superficie netta - cessioni		mq	6454,00
Indice fabbricabilità fondiario definitivo		mc/mq	1,4503

Stralcio funzionale 2

CALCOLI PLANOVOLUMETRICI DI PROGETTO STRALCIO FUNZIONALE 2			
Sup. da lottizzare		mq	10850,00
Superficie cessioni (S1+S2+S3+S4)		mq	1337,00
Superficie strade / marciapiedi		mq	3139,00
SUPERFICIE FONDIARIA		mq	6374,00
Superficie Coperta	40% di Sup. Lotti	mq	2549,60
Indice territoriale		mc/mq	1,00
NUMERO ABITANTI			73,00
Volume realizzabile totale (Sup. * i.t)		mc	10850,00
Volume PUBBLICO (10% Vol. totale)		mc	1085,00
Volume LOTTI PRIVATI		mc	9765,00
Volume Servizi Connessi	5% di 10.850,00	mc	542,50
Volume Residenziale	85% di 10.850,00	mc	9222,50
Somma sup. cessioni + strade e marciapiedi		mq	4476,00
PERCENTUALE CESSIONI			41,2535%
Superficie netta - cessioni		mq	6374,00
Indice fabbricabilità fondiario definitivo		mc/mq	1,5320

Stralcio funzionale 3

CALCOLI PLANOVOLUMETRICI DI PROGETTO STRALCIO FUNZIONALE 3			
Sup. da lottizzare		mq	12550,00
Superficie cessioni (S1+S2+S3+S4)		mq	1601,00
Superficie strade / marciapiedi		mq	3248,00
SUPERFICIE FONDIARIA		mq	7701,00
Superficie Coperta	40% di Sup. Lotti	mq	3080,40
Indice territoriale		mc/mq	1,00
NUMERO ABITANTI			84,00
Volume realizzabile totale (Sup. * i.t)		mc	12550,00
Volume PUBBLICO (10% Vol. totale)		mc	1255,00
Volume LOTTI PRIVATI		mc	11295,00
Volume Servizi Connessi	5% di 12.550,00	mc	627,50
Volume Residenziale	85% di 12.550,00	mc	10667,50
Somma sup. cessioni + strade e marciapiedi		mq	4849,00
PERCENTUALE CESSIONI			38,6375%
Superficie netta - cessioni		mq	7701,00
Indice fabbricabilità fondiario definitivo		mc/mq	1,4667

L'area di intervento si inserisce in un contesto urbanizzato consolidato nel tempo, nel quale risultano presenti le principali reti di servizio, quali la rete fognaria per acque nere, la rete fognaria per acque bianche, la rete per l'illuminazione pubblica, la rete elettrica, rete telefonica e la rete idrica.

Sulla base di queste premesse, in considerazione della presenza di una rete di dreno delle acque meteoriche, dovrà essere eseguita comunque una verifica di invarianza idraulica ai sensi dell'Art.47 delle N.A. del P.A.I. per dimostrare il non peggioramento delle condizioni di deflusso esistenti (stato ex-ante).

Le linee guida per l'applicazione del principio di invarianza idraulica hanno individuato quattro classi di intervento in funzione della superficie totale territoriale coinvolta (Superficie totale del Piano attuativo).

Come si evince dalla tabella seguente, le classi di intervento vengono suddivise in quattro gruppi o categorie: Categoria "A", categoria "B", categoria "c" e categoria "D".

	Classe di intervento	Definizione
a	Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	Intervento di superficie < 0.1 ha
b	Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento di superficie compresa tra 0.1 ha e 0.5 ha
c	Significativa impermeabilizzazione potenziale	Intervento di superficie compresa tra 0.5 ha e 10 ha
d	Sostanziale impermeabilizzazione potenziale	Intervento di superficie > 10 ha

Considerato che l'area interessata dall'intervento ha una superficie complessiva di 33796.6 m² (3.38 ha), l'intervento previsto in progetto rientra all'interno della categoria "C" – "Aree di significativa impermeabilizzazione".

Relativamente a quanto disciplinato dalle linee guida per il calcolo dell'invarianza idraulica, nel caso di interventi di trasformazione territoriale ricadenti nella classe di intervento c), il calcolo del volume di compenso dovrà necessariamente essere più articolato e dovrà essere fatta una approfondita analisi del territorio sia nelle condizioni ex-ante sia nelle condizioni ex-post.

3. Quadro di riferimento progettuale

Con la presente relazione si avrà cura di dimostrare che l'intervento previsto in progetto è tale da non modificare le condizioni di deflusso esistenti, nonostante l'intervento di trasformazione previsto.

A tal fine, l'intervento edificatorio prevede la formazione delle seguenti nuove superfici:

Tipologia trasformazione	Tipologia di superficie	Superficie (mq)
Coperture, strade, marciapiedi e parcheggi	Impermeabile	22926.6
Superfici a verde	Permeabile	10870.0
TOTALE		33796.6

4. Analisi del CN in condizione Ex-Ante

Preliminarmente alla valutazione degli aspetti idrologici e idraulici, è necessaria la caratterizzazione geologica e geo-pedologica dell'area in esame mediante uno studio di dettaglio realizzato nell'ambito della progettazione dell'intervento di trasformazione territoriale per il quale alcune informazioni di base sono deducibili dalle attività svolte direttamente in campo.

TIPO DI SUOLO	DESCRIZIONE
A	
Deflusso superficiale potenziale basso	<p>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.</p> <p>La conducibilità idraulica (Ksat) è maggiore di 14,4 cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è maggiore di 50 cm, e la profondità della falda superficiale è superiore a 60 cm.</p> <p>Appartengono a questo gruppo anche le rocce con alta permeabilità per fratturazione e/o carsismo</p>
B	
deflusso superficiale potenziale moderatamente basso	<p>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.</p> <p>La conducibilità idraulica (Ksat) varia tra 3,6 e 14,4 cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è maggiore di 50 cm, e la profondità della falda superficiale è superiore a 60 cm.</p> <p>Appartengono a questo gruppo anche le rocce con permeabilità, medio-alta e media, per fratturazione e/o carsismo</p>
C	

<p>Deflusso superficiale potenziale Moderatamente alto</p>	<p>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-argilloso, e franco-argilloso-limosa.</p> <p>La conducibilità idraulica (Ksat) varia tra 0,36 e 3,6 cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è maggiore di 50 cm, e la profondità della falda superficiale è superiore a 60 cm</p> <p>Appartengono a questo gruppo anche le rocce con bassa e medio-bassa permeabilità per fratturazione e/o carsismo</p>
<p>D</p>	
<p>deflusso superficiale potenziale alto</p>	<p>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.</p> <p>La conducibilità idraulica (Ksat) è $\leq 0,36$ cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è compresa tra 50 cm e 100 cm, e la profondità della falda superficiale è entro i 60 cm.</p> <p>Appartengono a questo gruppo anche le rocce con permeabilità molto bassa, le rocce impermeabili e le aree non rilevate o non classificate.</p>

Gruppo idrologico di suolo	Classe tessiturale	Profondità dello strato impermeabile all'acqua (cm)	Profondità della superficie piezometrica (cm)	Ksat dello strato meno permeabile (cm/h)	Grado di permeabilità
A	S	> 50	> 60	> 14,4	Alto
B	SF - FS	> 50	> 60	3,5 – 14,4	Medio-alto Media
C	F - FL – FAS FA – FAL - L	> 50	> 60	0,36 – 3,6	Medio-basso Basso
D	A – AS - AL	$\geq 50 \leq 100$	< 60	< 0,36	Molto basso
D	qualsiasi	< 50	< 60	< 0,0036	Impermeabile
D	NR /NC				

Legenda:

S = sabbiosa;

SF = sabbiosa-franca;

FS = franco-sabbiosa;

F = franca;

FL = franco-limoso;

FAS = franco-argillosa-sabbiosa;

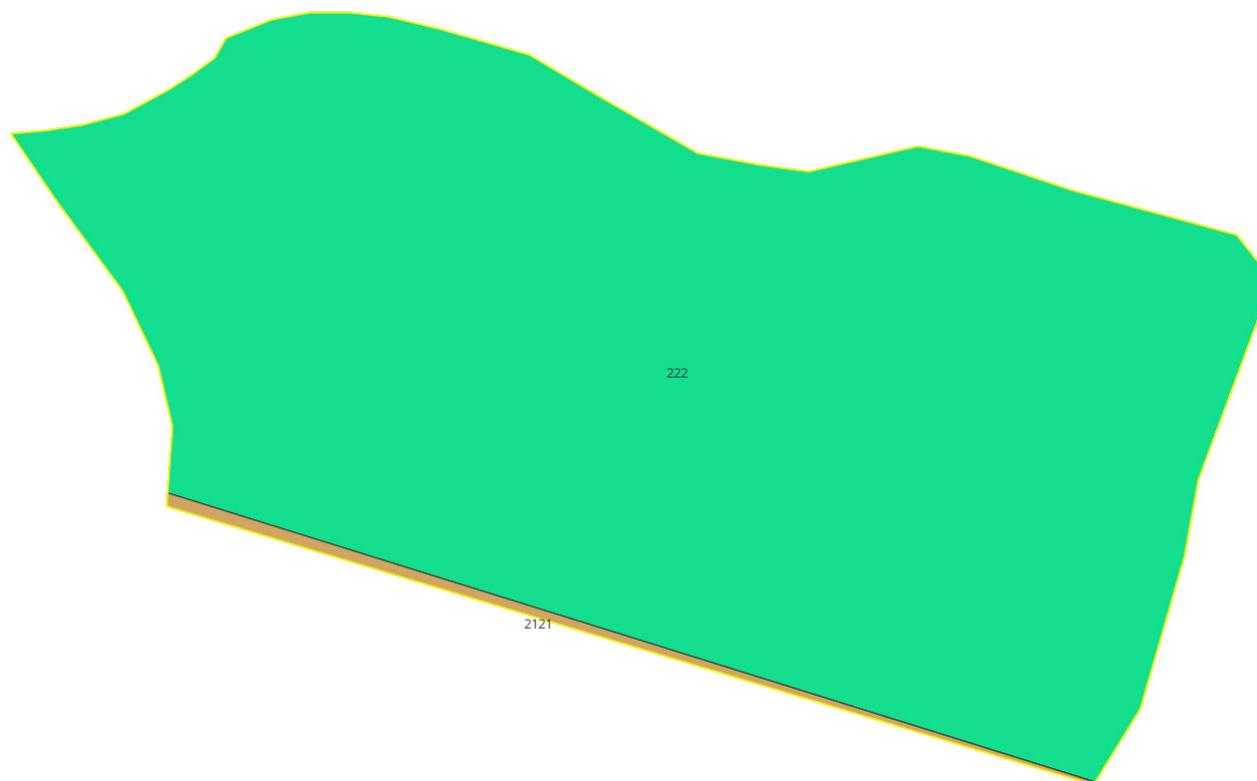
FA = franco-argillosa;

Il passo successivo consiste nell'individuare le diverse classi di uso del suolo in condizioni ex-ante sulla base della classificazione dei suoli attribuiti dalle schede contenute nelle linee guida (Allegato 1) – Coefficienti di afflusso ϕ e valori CN (aggiornamento 2017)

Secondo la classificazione fornita dalla RAS, che costituisce un preliminare riferimento, devono quindi essere condotte integrazioni ed ulteriori attribuzioni effettuate sulla base di rilievi e di analisi specialistiche per la definizione dell'uso attuale del territorio, da effettuare in situ e da documentare in modo adeguato.

Il tipo di permeabilità dei substrati presenti è classificabile come medio alta per porosità. Tuttavia, tali depositi sono costituiti da eteropia laterale, caratterizzati dunque da una distribuzione disomogenea di ghiaie sabbie limi e argille. Pertanto localmente il grado di permeabilità può nettamente variare in relazione alla classazione del deposito presente. Per tale motivo, ai fini di ottenere dei calcoli cautelativi, è stata utilizzata la categoria idrologica di suolo B.

Dalla mappa dell'uso del suolo della Regione Sardegna (Corine Land Cover RAS - 2008) sono state ricavate le tipologie, codifiche ed estensioni che possono essere suddivise nelle seguenti classi:



USO DEL SUOLO	DESCRIZIONE	TIPO DI SUOLO CN II	TIPO DI SUOLO CN III	AREA [mq ²]	AREA [%]	Fs
222	FRUTTETI E FRUTTI MINORI	71.00	84.92	33317.00	98.58	45.11
2121	SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	73.00	86.15	479.00	1.42	40.85
	CURVE NUMBER PONDERATO	69.99	83.72	33796.00	100.00	49.41

Figura 4-1 Carta uso del suolo Regione Sardegna e tabella calcolo CN stato ex-ante

5. Analisi del CN in condizione Ex-Post

Per il calcolo del CN – Post Intervento, sulla base dell’analisi delle trasformazioni previste devono essere individuate le diverse tipologie di copertura, ciascuna delle quali può essere realizzata utilizzando diverse categorie di superficie di cui alle schede delle misure compensative contenute negli allegati di cui alla Delibera del C.I. n° 2 del 23.11.2016 e n° 2 del 17.05.2017.

Calcolando, come in precedenza, una media pesata dei valori corrispondenti alle diverse superfici e tipi di copertura, è stimato il valore del CN-IIp (p sta per post-intervento) medio

dell'intero comparto nello stato di Post intervento. Il valore del CN-IIp (AMC II) deve essere opportunamente convertito in CN-IIIp (AMC III) per il calcolo della precipitazione netta.

Codice	DESCRIZIONE	TIPO DI SUOLO CN II	TIPO DI SUOLO CN III	AREA [mq ²]	AREA [%]	F _s
P2	PAVIMENTAZIONI IN MACADAM, STRADE, CORTILI, PIAZZALI	100.00	100.00	14715.00	43.54	0.00
C7	COPERTURE DISCONTINUE (TEGOLE IN LATERIZIO O SIMILI)	95.00	97.76	8211.60	24.30	5.81
S1	SUPERFICI A VERDE SU SUOLO PROFONDO, PRATI, ORTI, SUPERFICI BOSCADE ED AGRICOLE	79.00	89.64	10870.00	32.16	29.36
	CURVE NUMBER PONDERATO	92.03	96.12	33796.60	100.00	10.24

6. Analisi e stima dell'idrogramma di piena area intervento

Sulla base delle Curve di possibilità pluviometrica regionalizzate per la Regione Sardegna, è possibile calcolare l'altezza di precipitazione h corrispondente alla durata e ed al Tempo di ritorno (T_r) considerato. Nel caso di comparti come quello in esame, devono essere considerati due differenti tempi di ritorno di 20 e 50 anni che verranno utilizzati rispettivamente per il dimensionamento della rete di drenaggio interno alla lottizzazione e per il dimensionamento della vasca o sistema di accumulo dei deflussi e la laminazione della portata massima scaricata nel recettore finale.

Per la stima della portata e dell'idrogramma di piena deve essere considerato uno ietogramma Chicago avente una durata di 30 minuti con posizione del picco $r = 0.40$.

Utilizzando il valore del CN calcolato nello stato attuale CN-IIIa e nello stato post intervento CN- IIIp, è possibile definire lo ietogramma di pioggia netta e, utilizzando un modello di trasformazione afflussi-deflussi, l'andamento dell'idrogramma di piena.

E' quindi possibile conoscere il valore ai diversi istanti delle portate e dei corrispondenti volumi di deflusso.

7. Calcolo dello ietogramma di progetto

Come si evince dall'analisi idrologica, l'area d'intervento rientra nella sottozona 2 (SZO 2) nella carta delle sottozone omogenee per le piogge brevi e intense in Sardegna.

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

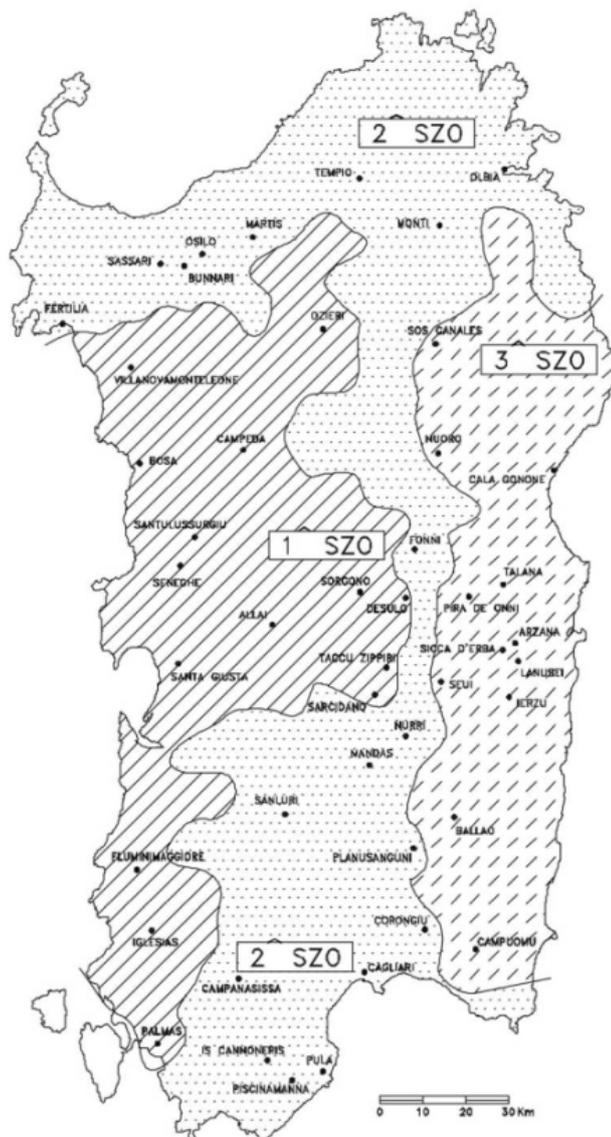


Figura 7-1 Sottozone Omogenee Sardegna

Oltre a individuare la sottozona omogenea deve essere individuata la cosiddetta pioggia indice giornaliera Hg, ovvero la media dei massimi annui di precipitazione giornaliera, sulla seguente figura in funzione della posizione del sito in esame.

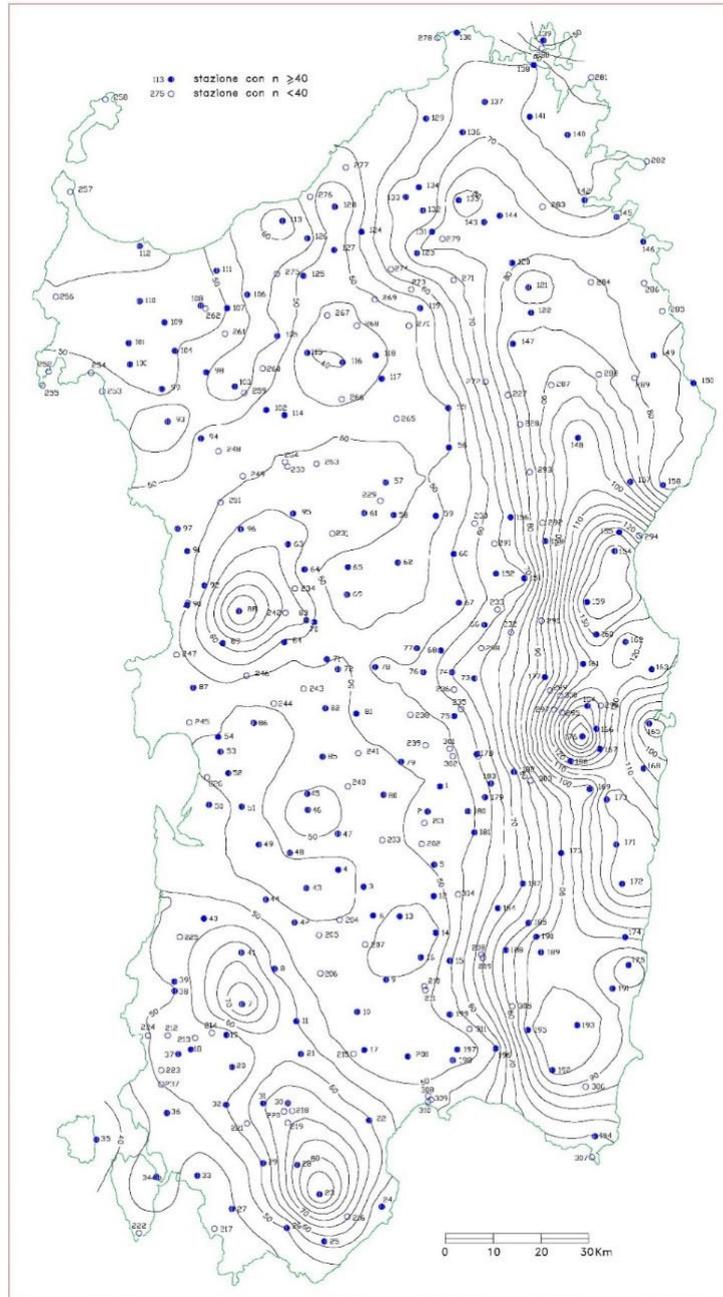


Figura 7-2 Altezze medie di precipitazione Hg in Sardegna

Nel caso oggetto di studio, ci si trova nella condizione di SZO 2 e Hg = 60 mm.

A partire da questi parametri, dal tempo di corrvazione del bacino o di pioggia e dai tempi di ritorno di interesse previsti, si possono calcolare le altezze di precipitazione lorde di

progetto attraverso la curva di possibilità pluviometrica secondo la formula di Deidda et al. (2000):

$$h_{Tr}(t_c) = H_m(t_c) a t_c^n$$

Nella quale

$$H_m(t_c) = 1.1287 H_g(t_c/24)^{-0.493+0.467\text{Log}(H_g)}$$

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

per la sottozona I:

$$a_2 = 0.4642 + 1.0376 \text{Log}_{10}(Tr)$$

$$n_2 = -0.18488 + 0.22960 \text{Log}_{10}(Tr) - 3.3216 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10}(Tr))^2 \quad (\text{per } T_c \leq 1 \text{ ora})$$

$$n_2 = -1.469 \cdot 10^{-2} - 0.0078505 \text{Log}_{10}(Tr) \quad (\text{per } T_c \geq 1 \text{ ora})$$

per la sottozona II:

$$a_2 = 0.43797 + 1.089 \text{Log}_{10}(Tr)$$

$$n_2 = -0.18722 + 0.24862 \text{Log}_{10}(Tr) - 3.36305 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10}(Tr))^2 \quad (\text{per } T_c \leq 1 \text{ ora})$$

$$n_2 = -6.3887 \cdot 10^{-3} - 4.542 \cdot 10^{-3} \text{Log}_{10}(Tr) \quad (\text{per } T_c \geq 1 \text{ ora})$$

per la sottozona III:

$$a_2 = 0.40926 + 1.1441 \text{Log}_{10}(Tr)$$

$$n_2 = -0.1906 + 0.264438 \text{Log}_{10}(Tr) - 3.8969 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10}(Tr))^2 \quad (\text{per } T_c \leq 1 \text{ ora})$$

$$n_2 = 1.4929 \cdot 10^{-2} + 7.1973 \cdot 10^{-3} \text{Log}_{10}(Tr) \quad (\text{per } T_c \geq 1 \text{ ora}).$$

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

Nel caso di interventi appartenenti alla classe di intervento c), per il dimensionamento della vasca di accumulo e della portata massima scaricabile nel recettore finale, deve essere considerato un tempo di ritorno pari a 50 anni.

Da quanto appena descritto si ottiene quanto segue:

tp (ore)	0.50	
SZO	2	
Hg (mm)	60	
Hm (tp)	17.24	
Tr (Anni)	20	50
a	1.85	2.29
n	0.08	0.14
HTr (tc)	30.27	35.85

Figura 7-3 Tabella determinazione altezze di precipitazione lorde

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

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

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

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

Di seguito si riportano gli ietogrammi ottenuti per i due tempi di ritorno previsti, ossia $Tr=20$ Anni e $Tr=50$ Anni:

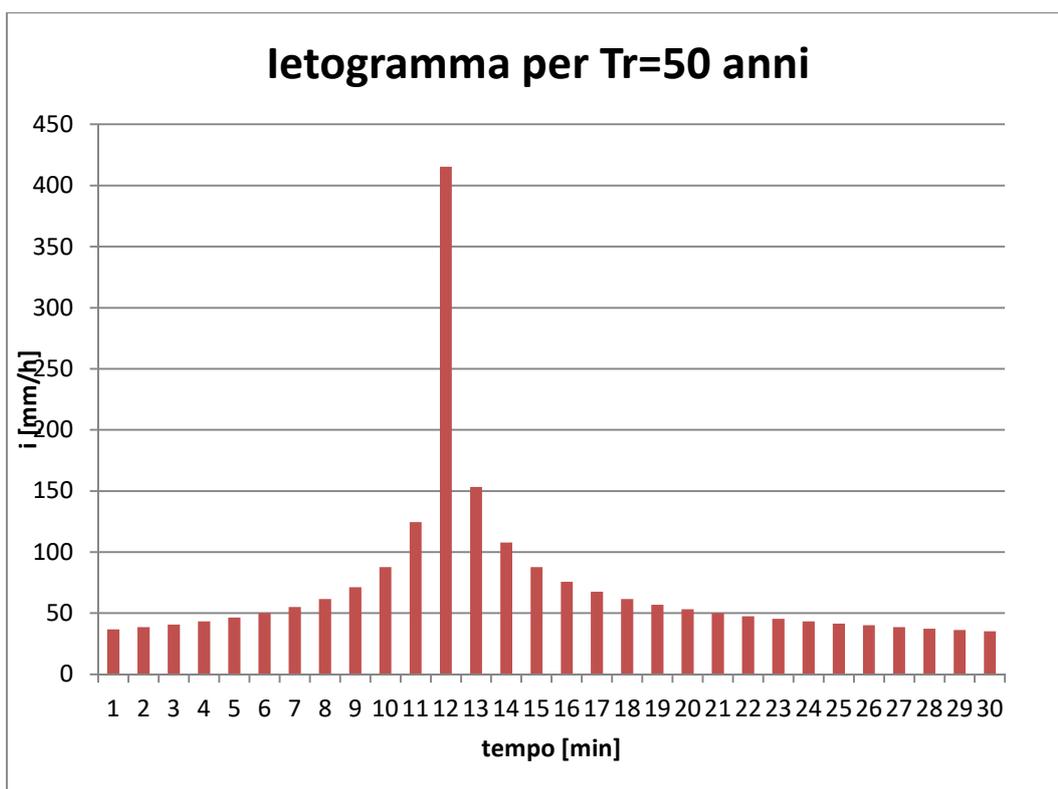
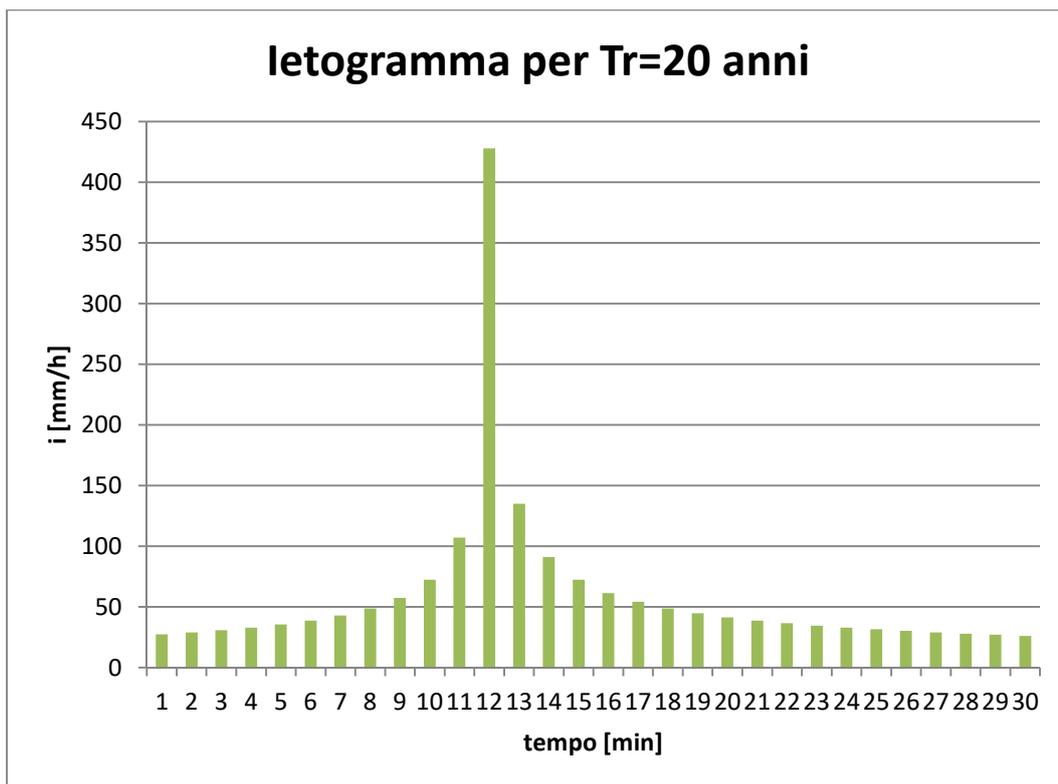


Figura 7-4 Ietogramma per Tr = 20 Anni e Tr = 50 Anni

8. Invarianza Idraulica – Stima dell'idrogramma di piena

Per la generazione degli idrogrammi di piena si è utilizzato, come nell'allegato 3 delle linee guida, l'approccio modellistico e il software Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) della U.S. Army Corps of Engineers versione 4.8.

Questo software per il calcolo idrologico si basa sul metodo CN-SCS, ovvero sull'utilizzo del parametro CN calcolato in precedenza e di alcuni parametri direttamente correlabili ad esso quali:

S: Storage, ossia il volume specifico che può assorbire il terreno

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

I_a: Initial Abstraction, ossia le perdite dovute alla presenza di vegetazione, all'evaporazione e altri fattori (c.d. formazione delle prime pozzanghere)

$$I_a = 0.2 \cdot S$$

	CN IIa	CN IIIa	S (mm)	I _a (mm)
Stato attuale	69.99	83.72	41.35	8.27
Stato di progetto	92.03	96.12	9.86	1.97

Figura 8-1 Tabella parametrica per calcolo della portata

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

Si riportano di seguito i risultati dell'elaborazione condotta:

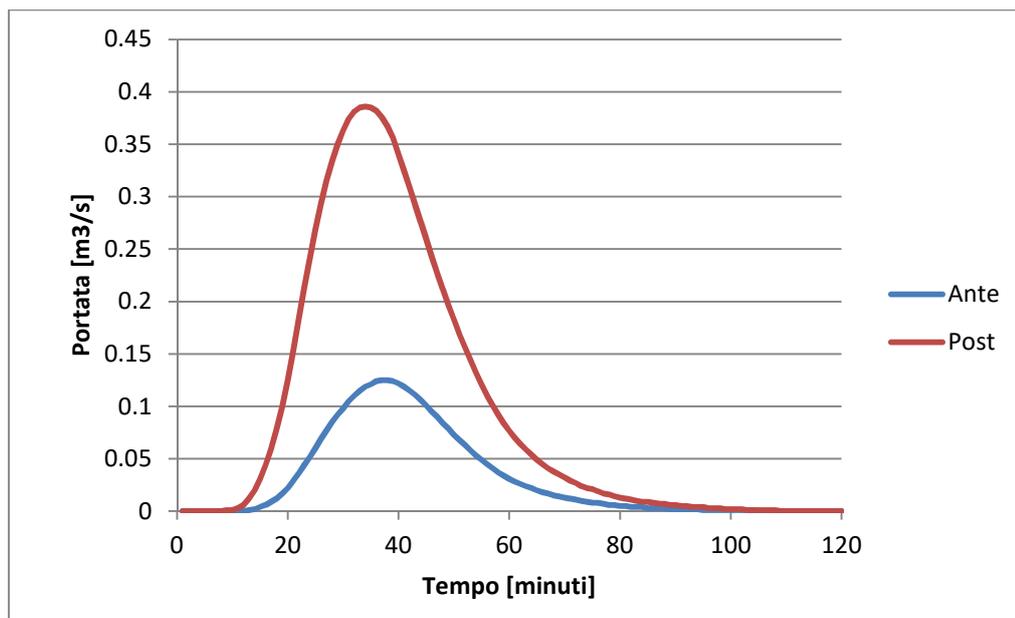


Figura 8-2 Idrogramma di piena condizione ex-ante / ex-post per TR=20 Anni

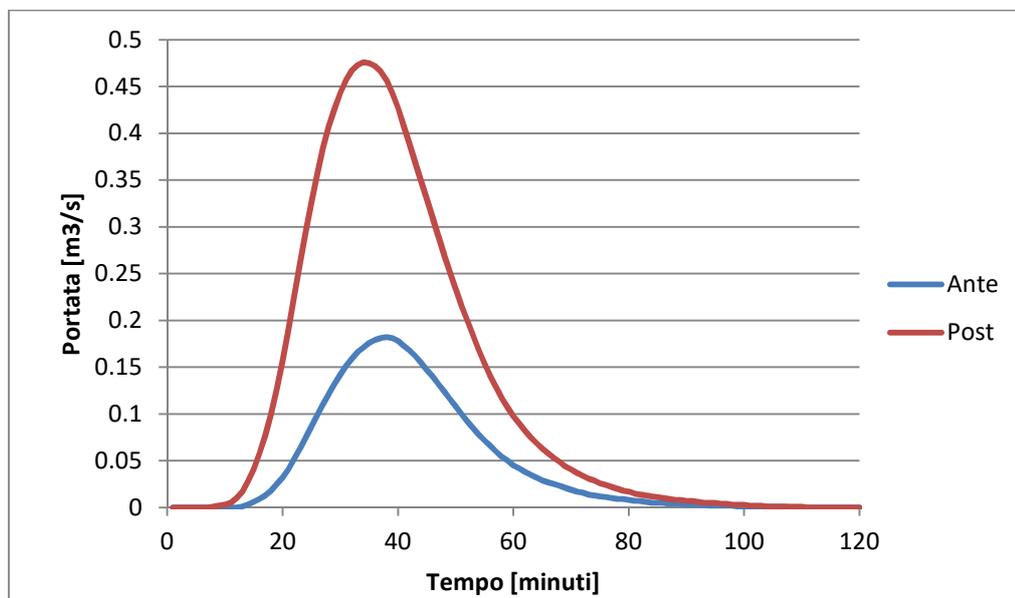


Figura 8-3 Idrogramma di piena condizione ex-ante / ex-post per TR=50 Anni

		Tr 20 Anni	Tr 50 Anni
Portata di picco (mc/s)	Configurazione attuale	0.125	0.182
	Configurazione progetto	0.386	0.476
	Differenza	0.261	0.294
Volume di piena (mc)	Configurazione attuale	225	328
	Configurazione progetto	695	857
	Differenza	470	529

Figura 8-4 Sintesi analisi svolta

Si rileva che nel caso in esame la differenza tra i volumi di piena con $Tr=50$ anni è pari a 218 mc. Mentre la differenza tra le portate, con lo stesso tempo di ritorno, è di 0.121 mc/s.

Una volta valutate le portate ed i volumi di progetto è necessario verificare che il recettore finale sia in grado di smaltire questi nuovi contributi generati dalla nuova area in trasformazione. In particolare è compito del Comune individuare lo stato del recettore, classificandolo sulla base di 3 differenti categorie: Alta, Media e Bassa capacità di smaltimento di ulteriori portate. A seconda della categoria di appartenenza possono essere applicati dei coefficienti correttivi alla portata massima defluente dall'intera area in trasformazione nella situazione attuale (valori Q_a CN-IIIa; Tr 50) sulla base della tabella di seguito riportata.

Capacità di smaltimento del recettore	Parametro correttivo K
Alta	1
Media	0.8
Bassa	0.5

$$Q_{a\ corr} = Q_a \cdot K$$

Nel caso specifico, sono previste delle vasche di laminazione ubicate in ogni singolo lotto (proporzionali alla superficie del lotto) e nelle aree a cessione; tali vasche andranno a scaricare nelle fognature in progetto della lottizzazione e successivamente si ricollegheranno alla rete fognaria comunale. Si è assunta una capacità alta del corpo recettore pari a $K=1.00$.

I volumi minimi netti da laminare di competenza dei singoli lotti delle aree edificabili e delle aree di cessione più le superfici delle strade, marciapiedi e parcheggi sono riportati nella tabella seguente:

Stralcio funzionale 1		
N.Lotto	Superficie lotto (mq)	Volume da laminare
1	262	4.10
2	262	4.10
3	263	4.12
4	263	4.12
5	461	7.22
6	461	7.22
7	461	7.22
8	461	7.22
9	461	7.22
10	436	6.82
11	394	6.17
12	461	7.22
13	461	7.22
14	444	6.95
15	445	6.96
16	458	7.17
Superfici cessioni + strade e marciapiedi + enel	3946	61.76
TOTALE	10400 mq	162.77 mc

Stralcio funzionale 2		
N.Lotto	Superficie lotto (mq)	Volume da laminare
18	451	7.06
19	451	7.06
20	450	7.04
21	468	7.32
22	468	7.32
23	468	7.32
24	469	7.34
25	362	5.67
26	360	5.63
27	362	5.67
28	361	5.65
29	426	6.67
30	426	6.67
31	426	6.67
32	426	6.67
Superfici cessioni + strade e marciapiedi + enel	4476	70.05
TOTALE	10850	169.81

Stralcio funzionale 3		
N.Lotto	Superficie lotto (mq)	Volume da laminare
33	300	4.70
34	300	4.70
35	278	4.35
36	278	4.35
37	530	8.29
38	503	7.87
39	471	7.37
40	360	5.63
41	360	5.63
42	557	8.72
43	595	9.31
44	483	7.56
45	565	8.84
46	540	8.45
47	533	8.34
48	526	8.23
49	522	8.17
Superfici cessioni + strade e marciapiedi + enel	4849	75.89
TOTALE	12550	196.42

TOTALE COMPLESSIVO (STRALCIO FUNZIONALE 1 + STRALCIO FUNZIONALE 2 + STRALCIO FUNZIONALE 3)	33800.00 mq
---------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------

Nel complesso, dalle verifiche eseguite emerge che per l'intervento previsto in progetto è rispettato il principio di invarianza idraulica coerentemente a quanto disposto dall'art.47 delle N.A. del PAI.

Capoterra, 27/01/2025

Dott. Geol. Marta Camba

Ordine dei Geologi della Sardegna sez.A n°827

Dott. Ing. Antonio Dedoni

Ordine degli Ingegneri della provincia di Cagliari n°5398

