

COMUNE DI ORISTANO

**PIANO DI LOTTIZZAZIONE
“SU CUNGIAU DE SU BARROCCU”
ZONA C2RU**

Relazione rispetto principi di invarianza idraulica

Allegato:

Redatto da:

Responsabile della progettazione: **Ing. Tonino Mulas**

<i>Committente</i>	Consorzio Su Cungiau e su Barroccu		Il Legale Rappresentante Arch. Gianluca Boasso
27.04.2023			Ing. Tonino Mulas via Toniolo n.17 09170 — Oristano t.mulas@ording.or.it
DATA EMISSIONE	INDICE REVISIONI	DATA	

SOMMARIO

SOMMARIO.....	2
PREMESSA.....	3
INVARIANZA IDRAULICA.....	4
VALUTAZIONE DELLE CAPACITÀ DI DEFLUSSO DEI SUOLI ANTE E POST INTERVENTO.....	4
CALCOLO DELLA VARIAZIONE DI PORTATA TRA ANTE (QA) E POST (QP) PER TR = 50 ANNI.....	9
MISURE COMPENSATIVE: DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI ACCUMULO.....	10
DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI DRENO INTERNA.....	13
CONCLUSIONI.....	14

PREMESSA

La presente relazione si riferisce allo studio dei principi dell'invarianza idraulica, come previsto dall'art.47 delle N.A. del Piano di Assetto Idrogeologico per i piani attuativi, per il P.d.L. “Su Cungiau de su Barroccu” Zona C2ru. Soggetto proponente: Boasso, Unali, Angius-Arangino, Musinu, Fadda, Brai, Fadda, Mereu-Piras. L'intervento, secondo il progetto urbanistico, occupa una superficie di 11.324 mq.



Fig. 1 Inquadramento su ortofoto del piano di lottizzazione



Fig. 2 Inquadramento con stralcio del P.U.C.

INVARIANZA IDRAULICA

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

La valutazione dell’invarianza idraulica, tende a scongiurare situazioni per le quali le portate scaricate dalle aree edificate in seguito a trasformazioni urbanistiche incrementano le portate conferite nei recettori naturali o artificiali, rispetto alla situazione preesistente.

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

Ai fini delle valutazioni dell’invarianza idraulica, si precisa che l’area, come previsto dal progetto, presenta una superficie complessiva di 11.324 mq, pertanto la classe d’intervento di trasformazione territoriale secondo Le linee guida e gli indirizzi per il calcolo dell’invarianza idraulica ricade nella classe “C” con un livello di impermeabilizzazione potenziale, significativo e superficie territoriale interessata compresa tra 0,5 e 10 ha.

VALUTAZIONE DELLE CAPACITÀ DI DEFLUSSO DEI SUOLI ANTE E POST INTERVENTO

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

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

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

I suoli. I suoli sono stati classificati partendo dalla Carta geologica - elementi areali della Sardegna, disponibile sul sito www.sardegnegeoportale.it, nella quale sono stati suddivisi in quattro gruppi, come previsto dal metodo del Curve Number, in funzione delle caratteristiche geologiche delle aree in questione. La tipologia di suolo è stata classificata in collaborazione con il geologo che ha assegnato la classe di permeabilità dell’area in questione seguendo la classificazione definita dal metodo del Curv Nymber del Soil conservation service "hydrologic soil group", che brevemente e qui di seguito riassunta:

Tipo di suolo: - A: elevata infiltrazione, per suoli con strati sabbiosi o di loess profondi, a siltosi aggregati (diametro 0,002-0,05 mm); - B: infiltrazione moderata, per suoli con tessitura da moderatamente fine a moderatamente grossolana, quali limi sabbiosi; - C: infiltrazione lenta, per suoli con tessitura fine, quali

argille limose, deboli strati di limo sabbioso, suoli con debole contenuto organico; - D: infiltrazione molto lenta, per argille plastiche e compatte.

L'uso del suolo. Analogamente a quanto previsto per i suoli, il riferimento per l'uso del suolo è derivato dal database Unico del SITR per la parte di competenza, disponibile sul sito www.sardegnaeoportale.it. In particolare, è stato assegnato un valore di CN per ogni tipologia di copertura del territorio, come indicato nella classificazione della metodologia CIMA (Centro di Ricerca Interuniversitario in Monitoraggio Ambientale, Savona) per conto e in coordinamento della Protezione Civile Nazionale Protezione Civile Nazionale.

I valori di CN e le tipologie di superfici sono state ricavate dall'Allegato 1 alla Deliberazione del Comitato Istituzionale n.2 del 17.05.2017.

Tab. n. 1 – Valutazione della permeabilità dei suoli ante intervento.

ATTUALE	Area lotto [m ²]	Tipologia lotto	Ripartizione	Categoria di superficie	Area	Codice e tabella	CN	CN _{II} pesato	CN _{III}
	11.324			S3 - Incolto - sterrato - superfici naturali degradate 74-84	8437.24	S3	84	84	
	13280.00				13280.00			84.00	92.35

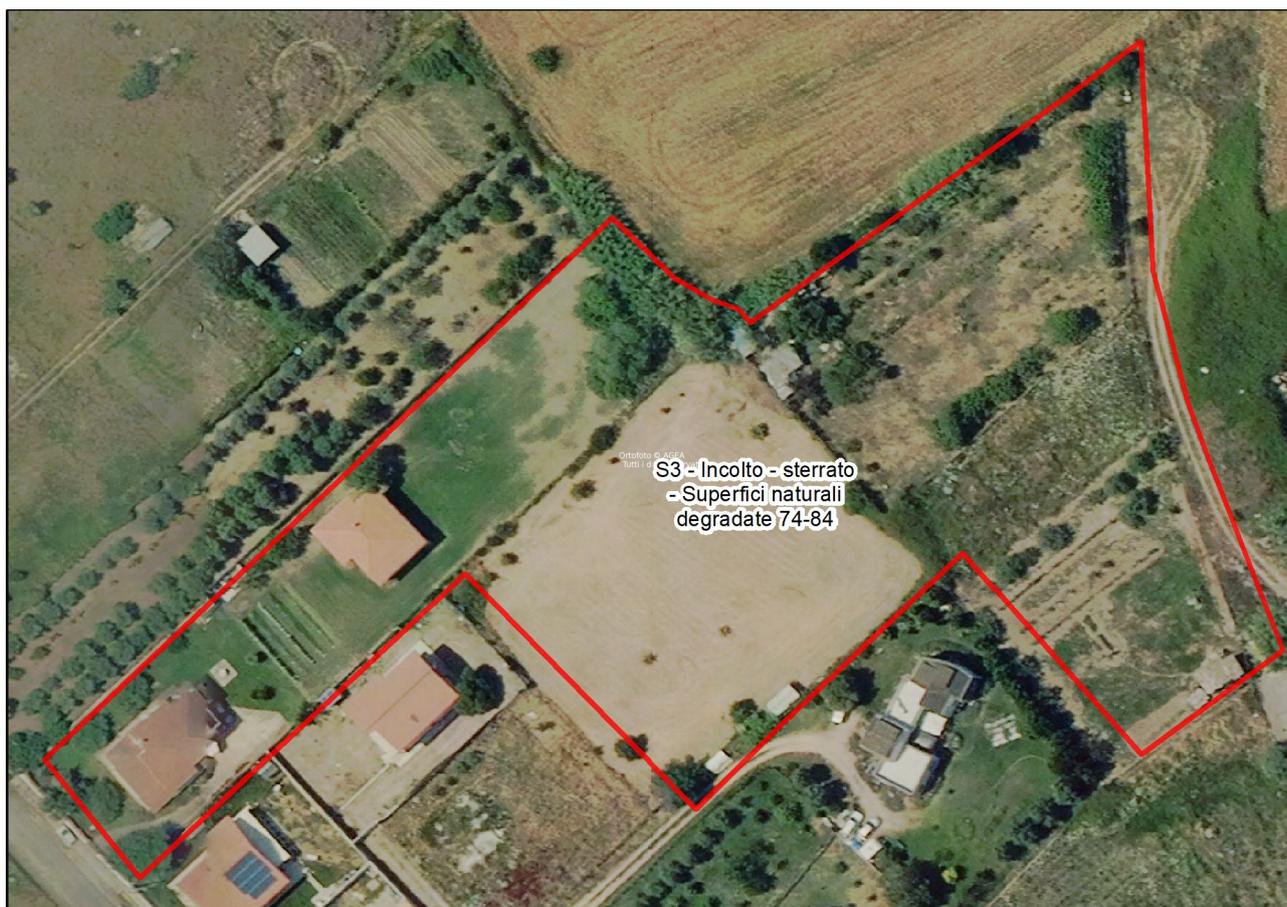


Fig. 3 CN stato attuale.

Tab. n. 2 – Valutazione della permeabilità dei suoli post intervento.

Id lotto	Tipologia lotto	Categoria di superficie	Area	Codice tabella	CN	CN _{II} pesato	CN _{III}
1	LOTTO	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	641	P4	82	4.639	
	CASA	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	216	C7	99	1.885	
2	LOTTO	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	648	P4	82	4.689	
	CASA	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	299	C7	99	2.616	
3	LOTTO	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	692	P4	82	5.011	
	CASA	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	255	C7	99	2.229	
4	LOTTO	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	723	P4	82	5.233	
	CASA	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	255	C7	99	2.229	
5	LOTTO	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	949	P4	82	6.873	
	CASA	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	255	C7	99	2.228	
6	LOTTO	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	403	P4	82	2.916	
	CASA	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	126	C7	99	1.105	
7	LOTTO	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	1460	P4	82	10.573	
	CASA	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	367	C7	99	3.206	
8	LOTTO	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	1684	P4	82	12.192	
	CASA	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	162	C7	99	1.419	
	CASA	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	154	C7	99	1.346	
9	CESSIONI VERDE	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	49	S1	78	0.335	
	CESSIONI VERDE	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	185	S1	78	1.271	
	CESSIONI VERDE	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	132	S1	78	0.906	
	CESSIONI VERDE	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	129	S1	78	0.887	
10	CESSIONI PARCHEGGI	P10 - Pavimentazioni in asfalto o cls 93-99	244	P10	99	2.131	

	Id lotto	Tipologia lotto	Categoria di superficie	Area	Codice tabella	CN	CN _{II} pesato	CN _{III}
PROGETTO		CESSIONI PARCHEGGI	P10 - Pavimentazioni in asfalto o cls 93-99	92	P10	99	0.803	
	11	CESSIONI STRADE	P10 - Pavimentazioni in asfalto o cls 93-99	1144	P10	99	9.999	
	12	VERDE PRIVATO	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	47	S1	78	0.327	
		VERDE PRIVATO	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	16	S1	78	0.109	
				11324			87.16	93.98

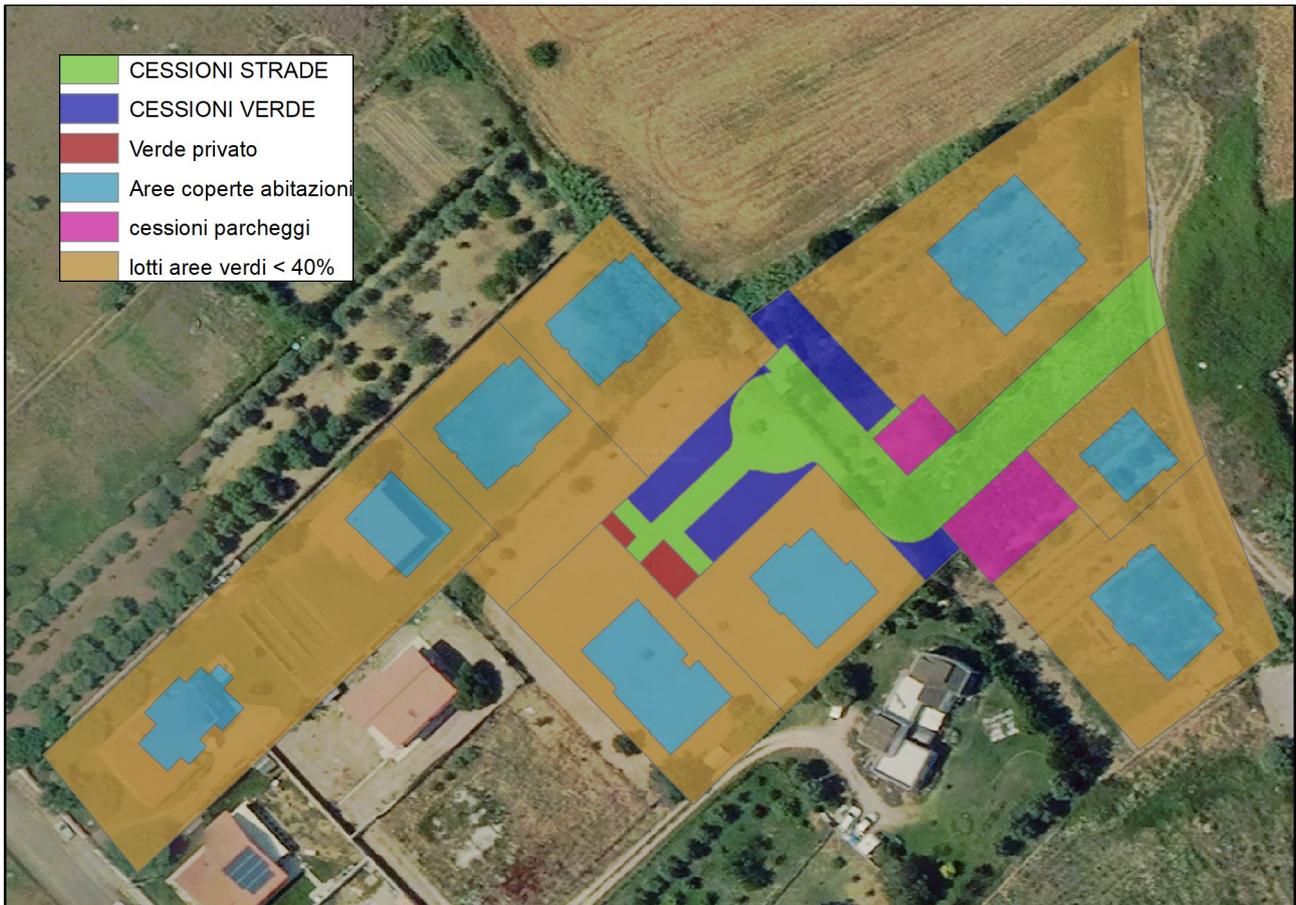


Fig. 4 CN Stato di progetto.



Fig. 5 Simulazione fotografica intervento

Le specifiche delle superfici utilizzate per lo stato di progetto sono riportate nell'immagine seguente (figura 6).

	SEZIONE INDICATIVA O IMMAGINE TIPO	DESCRIZIONE SUPERFICIE	SPECIFICHE O VARIANTI	NORME DI RIFERIMENTO, VALORI LIMITE O INDICAZIONI	φ	CN	
S1		Superfici a verde su suolo profondo, prati, orti, superfici boscate ed agricole			0,1	71-78	
P4		Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico, riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto	Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale	Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 10 ² - 10 ⁵	0,4	82-90	
			Percentuale di superficie inerbita < 40% del totale	Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 10 ² - 10 ⁵	Valore da determinare analiticamente e documentare in funzione alla capacità ritenitiva del sottofondo		
			Qualsiasi tipologia	Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s < 10 ⁵	1	100	
P10		Pavimentazioni in asfalto o cls			0,9	93-99	
				Quando le superfici siano parte integrante di un sistema per il riutilizzo delle acque piovane	Valore da determinare analiticamente e documentare in funzione alla capacità ritenitiva del sottofondo		
C7		Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili)			0,90	93-99	
				Quando le superfici siano parte integrante di un sistema per il riutilizzo delle acque piovane	Valore da determinare analiticamente e documentare in funzione al sistema di riutilizzo		

Fig. 6 Specifiche tipologie di superfici in previsione nello stato di progetto.

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

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

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

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

AMC I: terreno poco saturo

AMC II: terreno mediamente saturo;

AMC III: terreno molto saturo.

In particolare la formula impiegata riguarda la cosiddetta condizione AMCIII, definita dalla formula

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

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

CALCOLO DELLA VARIAZIONE DI PORTATA TRA ANTE (QA) E POST (QP) PER TR = 50 ANNI

La metodologia impiegata per il calcolo delle altezze di pioggia nel comparto si basa sulla inferenza statistica del modello probabilistico TCEV esplicitato con le curve di possibilità pluviometrica di Deidda, Piga e Sechi (a. 1993). Applicando la metodologia di calcolo già descritta nel paragrafo “Calcolo delle portate di piena”.

Le *Linee guida*, ai fini del calcolo della portata di piena a per il dimensionamento delle misure di compensazione impongono un Tempo di ritorno pari a 50 anni ed uno ietogramma Chicago avente una durata di 30 minuti con posizione del picco $r = 0.4$. Mentre la portata per il dimensionamento della rete di drenaggio interna si considera un Tempo di ritorno pari a 20 anni ed uno ietogramma Chicago avente una durata di 30 minuti con posizione del picco $r = 0.4$.

Il modello di trasformazione afflussi deflussi e l'andamento dei corrispondenti idrogrammi di piena (ante e post intervento) è ricavato dal calcolo della pioggia netta con l'equazione del Soil Conservation Service (SCS) Curve Number (CN) che valuta la precipitazione come funzione della pioggia cumulata, la tipologia di suolo, il tipo di copertura, l'umidità antecedente. Mentre gli idrogrammi sono stati valutati sempre con l'equazione del Soil Conservation Service (SCS) dell' Idrogramma Unitario, il modello si basa sulla media della pioggia unitaria "UH" stimate dalle precipitazioni e dal deflusso calibrato di un campione di piccoli bacini idrografici agricoli campione.

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

Tab. n. 3 – Parametri per il calcolo della portata di progetto.

Tr	[anni]	50
μ_g	[mm]	50
SZO		1
durata ietogramma	[min]	30
d	[h]	0.5
a1	[adim]	20.6914
n1	[adim]	0.3157
a2	[adim]	2.2283
n2	[adim]	0.1107
H _m	[mm]	16.63
ARF	[adim]	1
superficie Lotto	[m ²]	11324
h	[mm]	34.3100
intensità costante	[mm/h]	68.6200

Tab. n. 4 –Valori di portata e volume alla base del calcolo per il dimensionamento della vasca di laminazione

Tr	[anni]	50
Q stato attuale	[m ³ /s]	0.114
Q post intervento	[m ³ /s]	0.131
Q stato attuale	[l/s]	114,0
Q post intervento	[l/s]	131,0
ΔQ	[l/s]	17,00

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

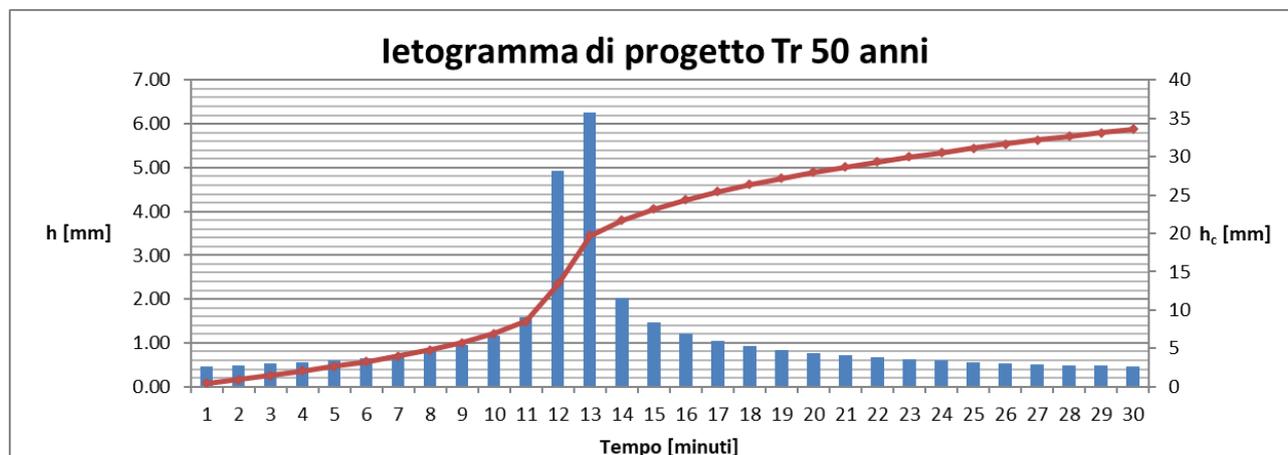


Fig. 7 Ietogramma Chicago della portata di progetto ($Tr = 50$ anni)

L’andamento dell’idrogramma relativo alla due condizioni (stato attuale e stato di progetto) mette in evidenza i dati indicati nella precedente tabella.

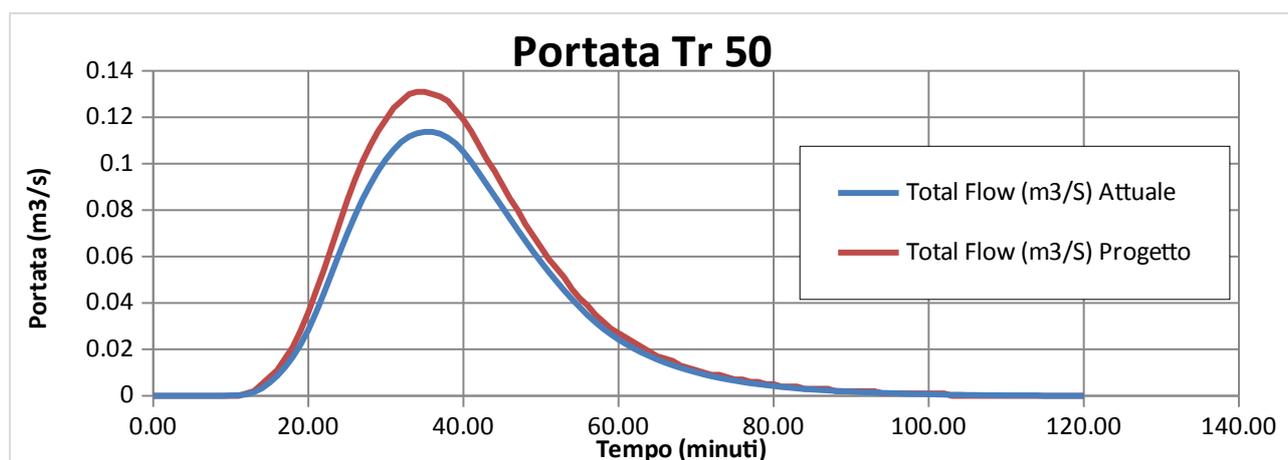


Fig. 8 Idrogramma di piena nel caso della delle portate dello stato attuale (in blu) e di progetto (in rosso) per $Tr = 50$ anni

MISURE COMPENSATIVE: DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI ACCUMULO

Nel caso di specie, viste le caratteristiche dell’intervento, e i risultati analitici del calcolo, la misura compensativa individuata prevede di realizzare un volume accessorio che attraverso una laminazione consenta di trasferire nel tempo la consegna dei deflussi al corpo ricettore.

Il volume della vasca deve essere tale (date le caratteristiche geometriche dello scarico di fondo della vasca) da garantire che il massimo valore di portata che viene rilasciato a valle non sia superiore alla portata che defluisce attualmente per eventi meteorologici con tempo di ritorno 50 anni.

Nel dimensionamento delle misure compensative per rispettare il principio dell’invarianza idraulica si è tenuto conto delle caratteristiche idrauliche del corpo ricettore. Nello studio in oggetto il corpo ricettore è la rete fognaria urbana, la quale è stata considerata **una capacità di smaltimento bassa** applicando parametro correttivo pari a 0,5, che implica che il dimezzamento della massima portata trasferibile al corpo ricettore.

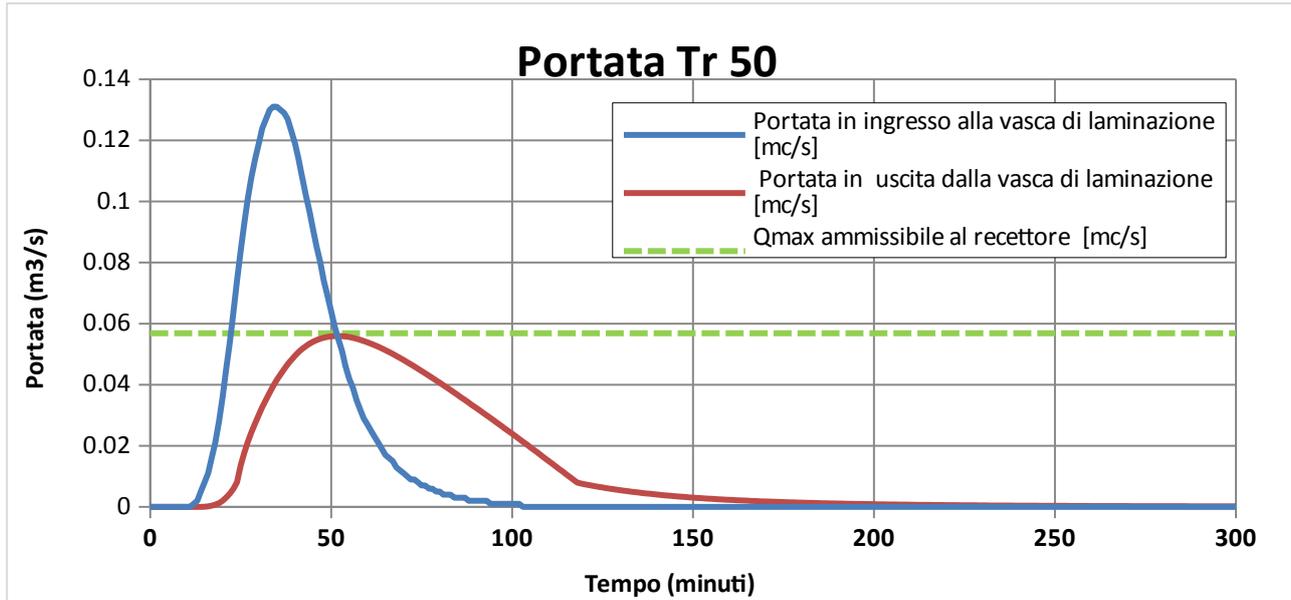


Fig. 9 Idrogramma di piena nel caso della delle portate dello stato attuale (in blu) e di progetto (in rosso) per Tr = 50 anni. In verde il valore di portata massima raggiungibile

Per poter laminare il picco di portata, che deve essere uguale alla portata massima attualmente, è necessario accumulare un volume di circa **121,33 m³**.

Il criterio di calcolo impiegato per il dimensionamento del volume di laminazione è quello di Runge Kutta in base al quale

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

in cui

ΔV è la variazione di volume;

ΔH rappresenta la variazione di altezza;

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

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

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

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

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

$$d = L \cdot B.$$

Il risultato ottenuto è quello dunque di una vasca rettangolare di dimensione **m 10 x 12 x 1,01** (1,01 corrisponde al massimo tirante idraulico che si registra nella vasca durante la laminazione della piena) sufficiente alla laminazione della portata massima, con uno scarico a battente ubicato sul fondo di forma rettangolare e dimensioni **0,15 x 0,15 m**.

La vasca prismatica a base rettangolare dovrà essere dotata di una luce a battente sul fondo come da dimensioni indicate sopra collegata alla rete di raccolta delle acque bianche cittadina, inoltre dovrà possedere uno sfioro per il troppo pieno. La soglia di sfioro che per portate superiori a tempo di ritorno di 50 anni consenta alle portate di scorrere in superficie è stata preliminarmente pensata come una soglia sfiorante larga 1 metro posta alla quota di 1,20 m dal fondo.

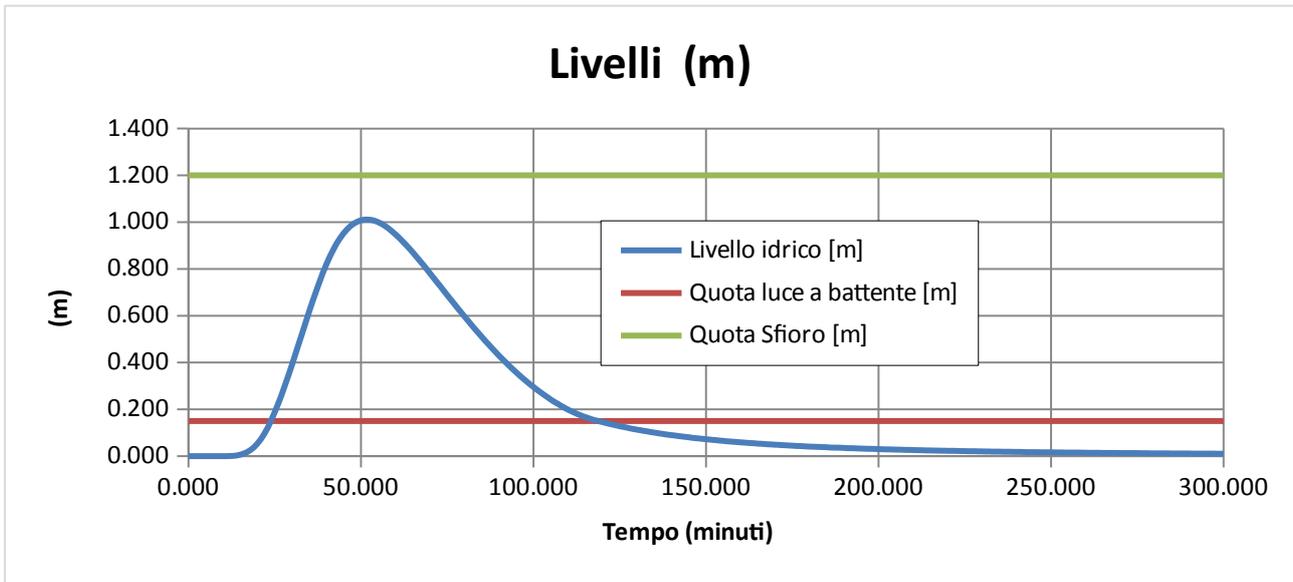


Fig. 10 Andamento dei livelli idrici all'interno della vasca di accumulo; livello idrico (in blu) livello massimo luce a battente (in rosso) per $T_r = 50$ anni. In verde il valore della soglia sfiorante di troppo pieno.

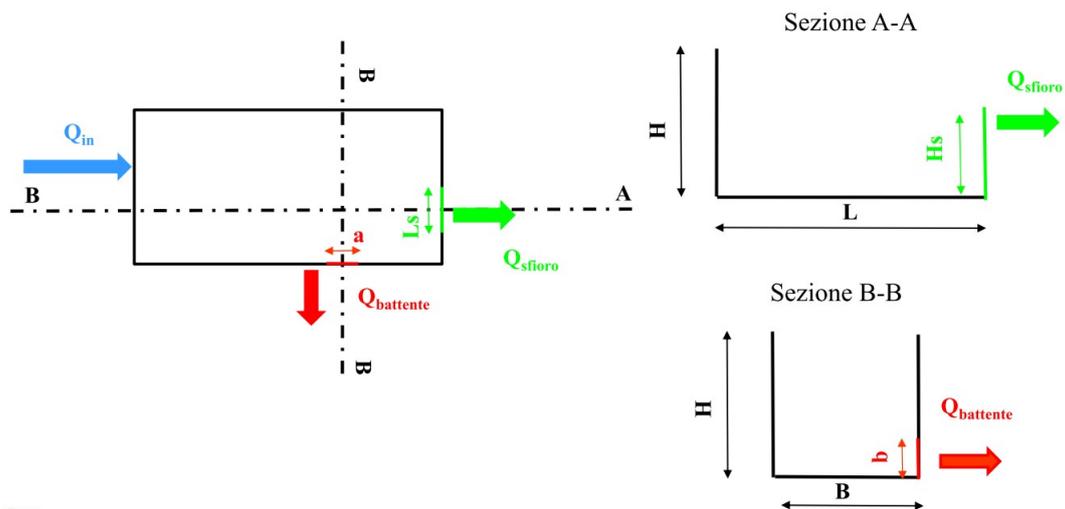


Fig. 11 Schema tipo vasca di accumulo

Nel caso vengano previsti vasche di raccolta delle acque di prima pioggia si ricorda che gli stessi sono normati dalla Direttiva Regionale 69/25 del 10/12/2008 Disciplina degli scarichi, e si illustra in figura 24 lo schema idraulico di connessione tra gli accumuli delle acque di prima pioggia e le vasche di laminazione.

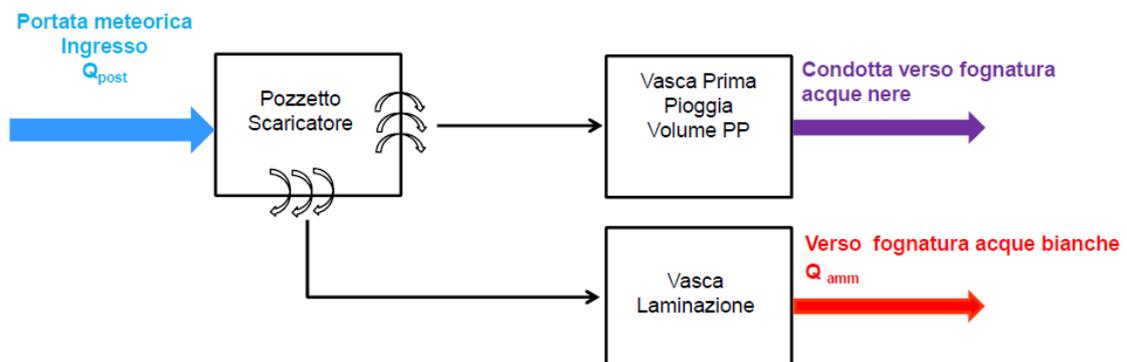


Fig. 12 Schema idraulico vasca prima pioggia vasca di laminazione.

DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI DRENO INTERNA

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

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

Tab. n. 5 – Parametri per il calcolo della portata di progetto per il dimensionamento della rete di dreno.

Tr	[anni]	20
μ_g	[mm]	50
SZO		1
durata ietogramma	[min]	30
d	[h]	0.5
a1	[adim]	20.6914
n1	[adim]	0.3157
a2	[adim]	1.8150
n2	[adim]	0.0588
H_m	[mm]	16.63
ARF	[adim]	1
superficie Lotto	[m ²]	11324.000
h	[mm]	28.9700
intensità costante	[mm/h]	57.9400

Tab. n. 6 – Valori di portata alla base del calcolo per il dimensionamento della rete di dreno

Tr	[anni]	20
Q post intervento	[m ³ /s]	0.102

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

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

in cui

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

dove c è l'indice di scabrezza di Bazin (per il PVC $c = 0,01 \text{ m}^{0.5}$ sia nuovo che in condizione di servizio da più anni).

Al tratto in questione è stata attribuita una pendenza della condotta pari allo 0,2%, valore rispetto alla quale è stata definita la scala delle portate seguente.

Tab. n. 7 – Scala delle portate per condotta a riempimento parziale – tubo PVC DN 450, SN4 -

diametro [mm]	450	spessore [mm]	11,0								
diametro interno [mm]	428										
pendenza ‰	2	scabrezza [m ^{0.5}]	0,01								
Tratto	DN	D comm [m]	r comm [m]	Vr	Qr	Qc/Qr	V/Vr	V	h/r	h [m] riemp.	f [m] franco
1 - 2	450	0.428	0.214	0.958	0.138	0.740	1.094	1.048	1.281	0.274	0.154

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

a) Velocità. La velocità dovrebbe essere compresa nell'intervallo [0,5; 5] m/s, come riportato nella Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 11633. Nel caso in questione le velocità (considerando il reale riempimento della condotta) raggiungerebbe il valore massimo di circa 1,05 m/s in concomitanza dell'evento critico associato ad un tempo di ritorno $T_r = 20$ anni. Tuttavia anche per portate significativamente inferiori (quelle relative all'esercizio in condizioni normali) risulta superiore al limite minimo previsto dalla normativa e dalla letteratura garantendo pertanto che non vi siano sedimentazioni e azioni abrasive nei confronti del tubo.

b) Grado di riempimento della condotta. L'effettivo grado di riempimento del collettore dovrebbe essere pari al più al 70 % (per diametri superiori ai 30 cm), quindi con un tirante idraulico di circa $2/3$, al fine di evitare (come si desume dalla scala delle portate) che la portata transitabile all'interno della condotta si riduca rispetto alle previsioni di progetto. Il grado di riempimento a seguito della portata associata all'evento ventennale è intorno al 64,07%.

CONCLUSIONI

Verifica complessiva del principio di invarianza idraulica

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

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

- 1 l'invarianza del punto di recapito;
- 2 l'invarianza delle quote altimetriche;
- 3 l'invarianza della capacità di dreno delle aree limitrofe;
- 4 il dimensionamento della rete di dreno interna

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

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

Pertanto, in conclusione, sulla base delle considerazioni suesposte, si può concludere che la proposta progettuale di attuazione del Piano di Lottizzazione rispetta il principio dell'invarianza idraulica.