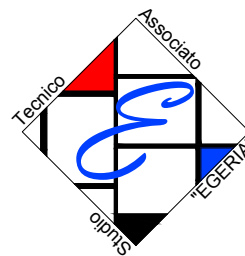


COMUNE DI ORISTANO

Provincia di Oristano



Via V. Alfieri 21, Oristano
Tel/Fax 078378797
E-mail : sa.egeria@tiscali.it
C.F./P.ta I.V.A. 01050050952

**PIANO DI LOTTIZZAZIONE IN
LOCALITA' SA RODIA**

ZONA C2ru

ELABORATO

G

I COMMITTENTI:

Feijoa Srl
Tekref Srl

**RELAZIONE
DI
INVARIANZA
IDRAULICA**

I PROGETTISTI:

- Dott. Ing. Andrea Lutz
- Dott. Ing. Alberto Lutz
- Dott. Ing. Simone Cuccu
- Dott. Geol. Antonello Frau



CUCCU SIMONE
16.09.2024 10:09:33
GMT+02:00

COLLABORATORI:

- Dott. Ing. Mauro Atzeni
- Dott. Arch. Francesco Cuozzo

IL DIRIG. - RESP.

IL SINDACO

Oristano, lì

SOMMARIO

PREMESSA E PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI	1
INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA DI INTERVENTO	2
Piano Urbanistico Comunale (PUC)	3
Inquadramento geologico, idrogeologico ed idrografico	3
L'INTERVENTO URBANISTICO	4
INVARIANZA IDRAULICA	6
Valutazione delle capacità di deflusso dei suoli	6
Calcolo del parametro CN	7
Calcolo della portata di massima piena: aspetti metodologici	10
Calcolo della variazione di portata tra ante (qa) e post (qp) per $t_r = 50$ anni	15
Misure compensative: dimensionamento del sistema di accumulo	16
Dimensionamento della rete di dreno interna	20
CONCLUSIONI	22

PREMESSA E PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI

La presente relazione riguarda allo studio sull'invarianza idraulica e delle conseguenti misure compensative relative al Piano di lottizzazione di iniziativa privata è posta in località *Sa Cungia de Ponti Mannu*, ai sensi delle<LINEE GUIDA E INDIRIZZI OPERATIVI PER L'ATTUAZIONE DEL PRINCIPIO DELLA INVARIANZA IDRAULICA (articolo 47 delle NTA del PAI)>.

Il piano di lottizzazione in oggetto, redatto dagli ingg. Alberto Lutz e Andrea Lutz, è relativo ai lotti contraddistinti con i mappali nn. 386 – 387 – 457 – 664 nel Foglio n. 5 di Oristano per una superficie complessiva di pari a 13.600,00 m², nel Comune di Oristano, e classificata C2ru secondo quanto indicato nel PUC del Comune di Oristano..

INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA DI INTERVENTO

Il sito interessato dal presente studio ricade nella porzione di abitato di Oristano a ovest dell'edificato. L'area, che misura 13.600,00 m², si trova in località *Sa Cungia de Ponti Mannu* racchiuso tra la circonvallazione nord del capoluogo e il prolungamento di viale Repubblica nella più vasta zona denominata *Sa Rodia*.

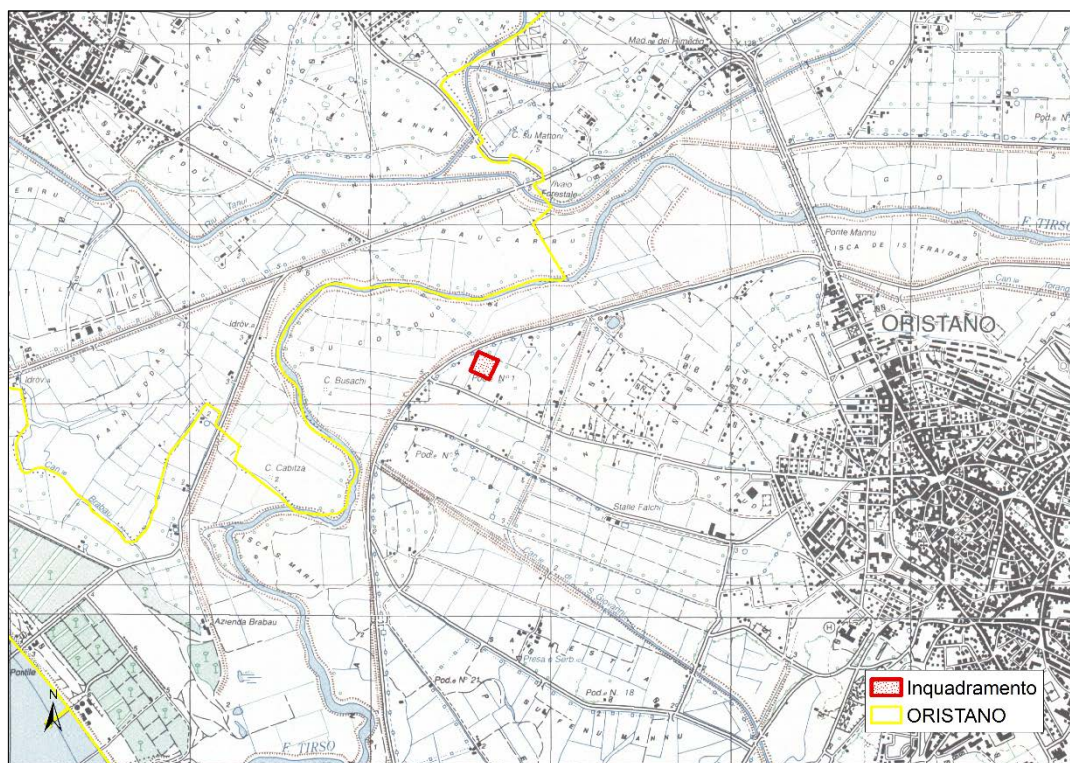


Fig. n. 1 – Inquadramento su carta IGM scala 1:50.000 della lottizzazione - in rosso – (elaborazione GIS)

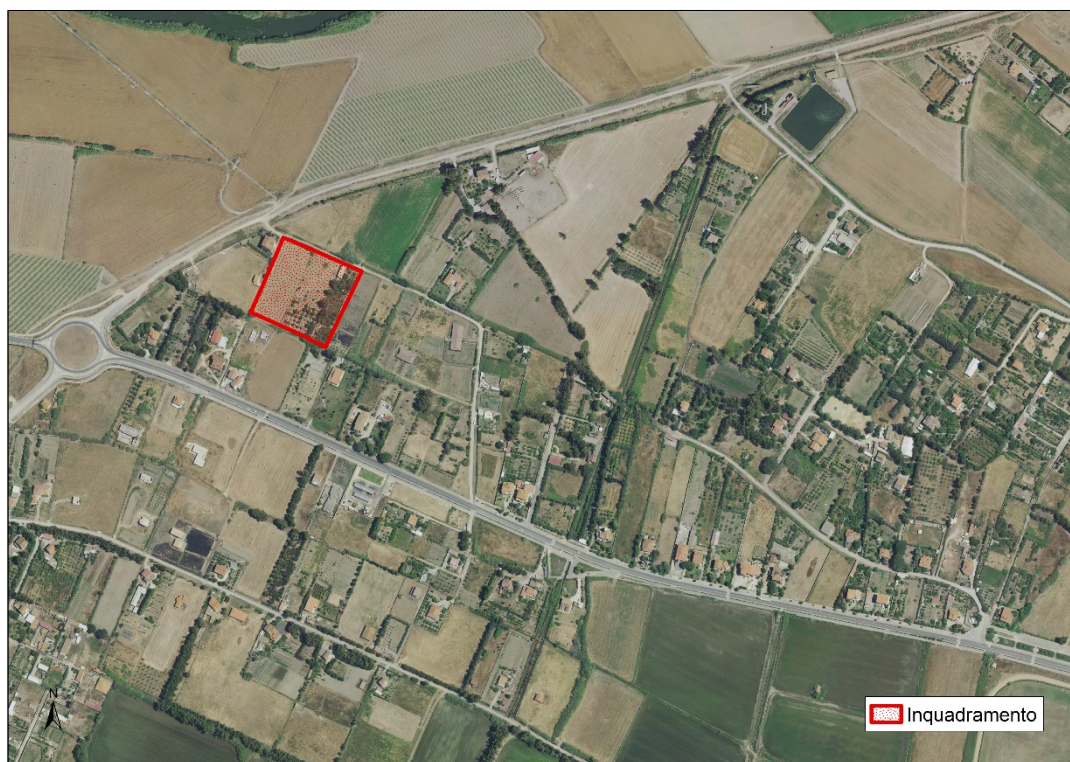


Fig. n. 2 – Inquadramento su ortofoto del 2016 - in rosso – (elaborazione GIS)

Per lo studio sono state considerate le seguenti carte di base:

- la Cartografia Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:10.000 – Foglio 528070 – Cabras e 528080 - Oristano;
- la carta I.G.M. scala 1:25.000 del territorio – Foglio 528 I - Oristano Nord;
- la Carta Tecnica dell'Italia Meridionale, commissionata dalla Cassa per il Mezzogiorno, in scala 1:5.000 - Foglio 528072 – Cabras e 528083 - Oristano;
- la cartografia catastale del territorio comunale.

Piano Urbanistico Comunale (PUC)

Il PUC è il principale strumento di gestione territoriale in termini urbanistici ed edilizi. In particolare, il piano vigente nel Comune di Oristano è stato adottato in via definitiva nel maggio 2010 e successivamente adeguato al PPR nel luglio 2015.

Indicazioni relative alla zona oggetto dello studio. Relativamente all'area in oggetto, la zonizzazione urbanistica dell'abitato è inquadrata nella zona C2ru - *Aree di Riqualificazione Urbanistica* per complessivi 13.600,00 m².

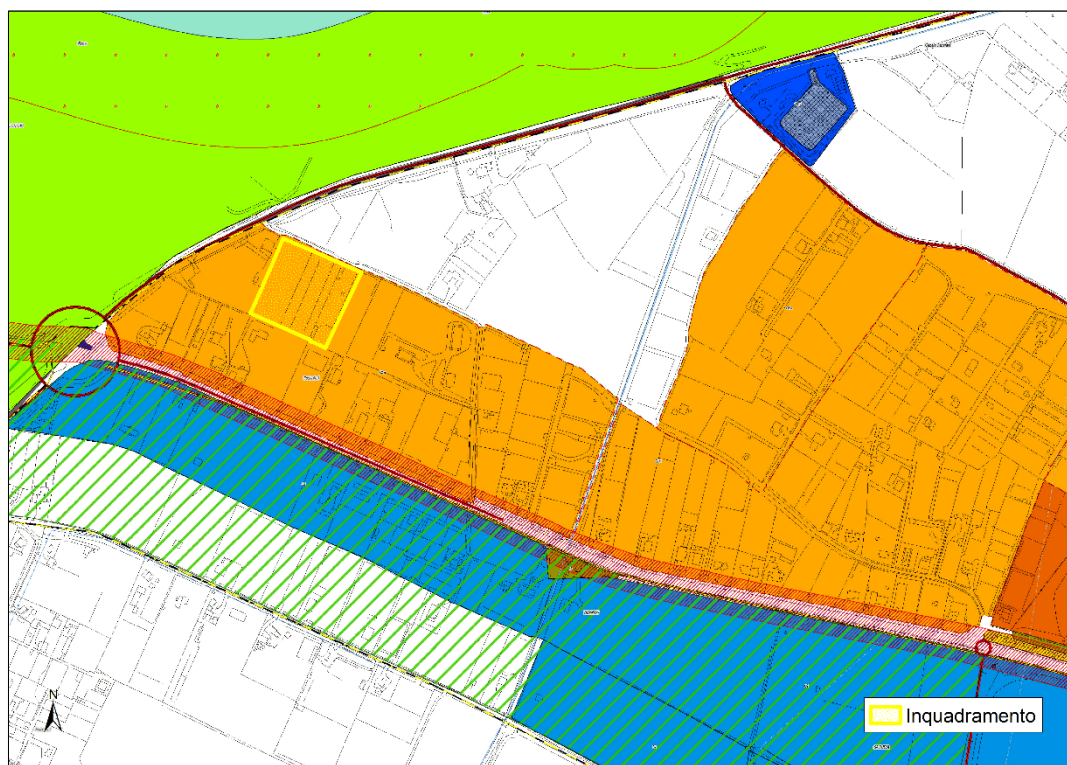


Fig. n. 3 – PUC di Oristano con l'ubicazione della lottizzazione - in giallo - (elaborazione GIS)

Inquadramento geologico, idrogeologico ed idrografico

Relativamente alla geologia all'idrogeologia del territorio e al suo inquadramento si veda nell'apposito capitolo quanto riportato nella *Relazione Geologica e Geotecnica* a firma del geol. Enrico Paliaga, redatta nel dicembre 2023 e alla quale si rimanda.

L'INTERVENTO URBANISTICO

L'area interessata dall'intervento è, come precedentemente indicato, collocata nella porzione ovest del centro abitato in un'area che risulta circoscritta dall'edificato e da una serie di infrastrutturazioni, alcune delle quali di recente realizzazione, che risultano tali nel loro complesso, da rendere depressa rispetto ai piani viabili una buona parte dell'area in studio.



Fig. n. 4 – Ortofoto con individuazione dell'area di intervento (in rosso) in sovrapposizione alla planimetria catastale (elaborazione GIS)

Allo stato attuale l'area risulta ineditata, viene infatti utilizzata come terreno agricolo per coltivazioni stagionali. L'intervento d'attuazione in progetto, come compiutamente riportato negli elaborati progettuali cui si rimanda, prevede un'estensione totale 21.462,43 m², di cui 15.859,70 m² classificati area di espansione C3 - **NUOVA ESPANSIONE** e 5.602,73 m² classificati G1 1 – **ATTREZZATURE DI SERVIZIO**

L'area interessata dal piano attuativo, attualmente ineditata, è accessibile sui tre lati, seppure la nuova viabilità interna preceda una nuova circolazione con gli accessi dalle vie Carboni e Segni. La viabilità di piano prevede la posa dei principali sottoservizi e i relativi allacciamenti alle reti esistenti (compresa la rete delle acque bianche, interessata dal presente studio), se del caso con il prolungamento delle stesse fino al punto di conferimento.

Dal punto di vista idraulico l'intervento comporta una importante impermeabilizzazione del suolo trasformando aree attualmente con permeabilità medio buona (terreni coltivati) in superfici meno permeabili o impermeabili quali strada e coperture.

Di seguito è indicata la planimetria dell'impianto pianificatorio con i principali riferimenti dimensionali urbanistici.



ZONA URBANISTICA C2ru

TABELLA DI VERIFICA

SUPERFICIE TERRITORIALE	St = mq	13.600,00
INDICE TERRITORIALE	It = mc/mq	0,50
INDICE VOLUMETRICO	Iv = mc/ab	150,00
BONUS VOLUMETRICO AMBITI IMPATTO ZERO	BV = 20% = coeff.	1,20

VOLUME MASSIMO REALIZZABILE:	$V_{max} (St \cdot It \cdot BV) =$	13.600,00	x	0,50	x	1,20	= mc	8.160,00
NUMERO ABITANTI INSEDIABILI:	$N_{ab} (V_{max}/Iv) =$	8.160,00	:	150,00	= Nab	54		

ART. 31 NTA - PARAMETRI ZONA URBANISTICA C2ru

- Intervento minimo	ha =	1,00,00
- Indice di fabbricabilità fondiaria	If =	3 mc/mq
- Rapporto di copertura	Rc =	1/2
- Altezza massima	Hm = m	7,00
- Distanza minima dai confini	m 5,00 (salva la possibilità di costruire in aderenza)	
- Distanza tra pareti finestrate di edifici antistanti	m 10,00	
- Distanza dal filo stradale	m 3,00	

Standards Urbanistici D.A. 2266/U del 20/12/1983 art. 6, per i Comuni di I^a Classe S = 18 mq/ab

Parametro	Abitanti	Standards	Monetizzabili
S1 = mq/ab	4,50	243,00	Monetizzabili
S2 = mq/ab	2,00	108,00	Monetizzabili
S3 = mq/ab	9,00	486,00	Monetizzabili
S4 = mq/ab	2,50	135,00	Monetizzabili
S = S1 + S2 + S3 + S4 = mq			972,00

VERIFICHE

VOLUME REALIZZABILE DI PROGETTO	Vpr = mc	8160,00
---------------------------------	----------	---------

VIABILITA', SOSTA e VERDE DI PROGETTO

Superficie strada di progetto	Sstr/pr = mq	1394,77
Superficie marciapiedi di progetto	Smar/pr = mq	206,65
Parcheggi pubblici di progetto	S4pr = mq	138,59
Verde attrezzato	S3pr = mq	693,13
SOMMANO mq		2433,14

Strade private= mq. 324,37

Verde privato= mq. 439,70

STANDARDS DI PROGETTO (Spr)

Progetto	Richiesti	Da monetizzare
S1pr = mq	243,00	243,00
S2pr = mq	108,00	108,00
S3pr = mq	486,00	0,00
S4pr = mq	135,00	0,00
SOMMANO mq	972,00	351,00

VIABILITA' E CESSIONI DI PROGETTO (V/C)

$(Sstr + Smar + S1 + S2 + S3 + S4)pr$	V/C = mq	2.433,14
---------------------------------------	----------	----------

SUPERFICIE FONDIARIA (Sf)

Superficie territoriale	St = mq	13.600,00
-------------------------	---------	-----------

a dedurre:

Viabilità (pubblica e privata), verde privato comune e cessioni di progetto	V/C* = mq	3.197,21
---	-----------	----------

	$Sf = St - V/C* = mq$	10.402,79
--	-----------------------	-----------

INDICE FONDIARIO (If)	$Vpr/Sf = mc/mq$	0,78440
-----------------------	------------------	---------

Fig. n. 5 – Stralcio planimetrico del comparto e elementi di dimensionamento urbanistico

INVARIANZA IDRAULICA

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.

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

Ai fini delle valutazioni dell'invarianza idraulica, si precisa che l'area, come previsto dal progetto, presenta una superficie complessiva di 13.600 m², 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

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

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

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

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

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

deflusso superficiale potenziale alto	SUPERFICIALE POTENZIALE (RUNOFF) ALTO, E L'ACQUA ATTRAVERSA IL SUOLO CON FORTI LIMITAZIONI. SONO CARATTERIZZATI DA AVERE OLTRE IL 40% DI ARGILLA E MENO DEL 50% DI SABBIA E LA TESSITURA È ARGILLOSA, TALVOLTA ANCHE ESPANDIBILI
--	--

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

L'uso del suolo. Il riferimento per l'uso del suolo è derivato dal database Unico del SITR per la parte di competenza (*usoSuolo2008*), disponibile sul sito www.sardegna.geoportale.it. In particolare, è stato assegnato un valore di CN per ogni tipologia di copertura del territorio, come indicato nella classificazione della metodologia CIMA (Centro di Ricerca Interuniversitario in Monitoraggio Ambientale, Savona) per conto e in coordinamento della Protezione Civile Nazionale.

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

Calcolo del parametro CN

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

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

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

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

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

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

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

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

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

individuando in tal modo un valore del parametro significativamente più cautelativo, essendo associato alla

condizione di *terreno molto saturo*, quindi con un maggiore deflusso superficiale.

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

ATTUALE	Area lotto	Tipologi a lotto	Ripartizione	Categoria di superficie	Area	Codice tabella	CN	CN _{II} pesato	CN _{III}
	13.600,00		1,000	S3 - Incolto - sterrato - Superfici naturali degradate 74-84	13.600,00	S3	84	84,00	
	13.600,00				13.600,00			84,00	92,35

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

	Lotto	Tipologia lotto	Categoria di superficie	Area	Codice tabella	CN	CN _{II} pesato	CN _{III}
PROGETTO	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 10 ⁰ - 10 ⁻⁵ - 82-90	433,88	P4	82	2,616	
		CASA	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	146,97	C7	99	1,070	
	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 10 ⁰ - 10 ⁻⁵ - 82-90	440,82	P4	82	2,658	
		CASA	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	149,33	C7	99	1,087	
	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 10 ⁰ - 10 ⁻⁵ - 82-90	441,70	P4	82	2,663	
		CASA	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	149,62	C7	99	1,089	
	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 10 ⁰ - 10 ⁻⁵ - 82-90	448,33	P4	82	2,703	
		CASA	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	151,87	C7	99	1,106	
	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 10 ⁰ - 10 ⁻⁵ - 82-90	444,95	P4	82	2,683	
		CASA	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	150,73	C7	99	1,097	
	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 10 ⁰ - 10 ⁻⁵ - 82-90	441,38	P4	82	2,661	
		CASA	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	149,51	C7	99	1,088	
	7	LOTTO	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di	544,08	P4	82	3,280	

		supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 10 ⁰ - 10 ⁻⁵ - 82-90					
	CASA	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	184,31	C7	99	1,342	
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 10 ⁰ - 10 ⁻⁵ - 82-90	329,01	P4	82	1,984	
	CASA	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	111,45	C7	99	0,811	
9	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 10 ⁰ - 10 ⁻⁵ - 82-90	329,01	P4	82	1,984	
	CASA	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	111,45	C7	99	0,811	
10	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 10 ⁰ - 10 ⁻⁵ - 82-90	477,10	P4	82	2,877	
	CASA	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	161,62	C7	99	1,176	
11	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 10 ⁰ - 10 ⁻⁵ - 82-90	294,91	P4	82	1,778	
	CASA	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	99,90	C7	99	0,727	
12	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 10 ⁰ - 10 ⁻⁵ - 82-90	296,69	P4	82	1,789	
	CASA	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	100,51	C7	99	0,732	
13	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 10 ⁰ - 10 ⁻⁵ - 82-90	601,44	P4	82	3,626	
	CASA	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	203,87	C7	99	1,484	
14	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 10 ⁰ - 10 ⁻⁵ - 82-90	478,10	P4	82	2,883	
	CASA	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	161,96	C7	99	1,179	
15	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 10 ⁰ - 10 ⁻⁵ - 82-90	1898,37	P4	82	11,446	
	CASA	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	469,92	C7	99	3,421	
9	CESSIONI VERDE	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati	693,13	S1	78	3,975	

		orti Superfici boscate ed agricole 71-78					
	CESSIONI VERDE	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	324,37	S1	78	1,860	
	CESSIONI VERDE	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	439,70	S1	78	2,522	
10	CESSIONI PARCHEGGI	P10 - Pavimentazioni in asfalto o cls 93-99	138,59	P10	99	1,009	
	CESSIONI MARCIAPIEDI	P10 - Pavimentazioni in asfalto o cls 93-99	206,65	P10	99	1,504	
11	CESSIONI STRADE	P10 - Pavimentazioni in asfalto o cls 93-99	1394,77	P10	99	10,153	
			13.600,00			86,88	93,84

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

Le specifiche delle superfici utilizzate per lo stato di progetto e riprese dalle *Linee guida* sono riportate nell'immagine seguente.

	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 inerbenti posati su apposita stratificazione di supporto	Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale	Con coefficiente di permeabilità del sottofondo k_f in m/s 10^{-5} - 10^{-6}	0,4	82-90
			Percentuale di superficie inerbita < 40% del totale	Con coefficiente di permeabilità del sottofondo k_f in m/s 10^{-5} - 10^{-6}	Valore da determinare analiticamente e documentare in funzione alla capacità ritenitiva del sottofondo	
			Qualsiasi tipologia	Con coefficiente di permeabilità del sottofondo k_f in m/s $< 10^{-5}$	1	100
P10		Pavimentazioni in asfalto o cls			0,9	93-99
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. n. 6 – Specifiche tipologie di superfici in previsione nello stato di progetto

Calcolo della portata di massima piena: aspetti metodologici

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

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

In particolare, nel caso della zona oggetto di osservazione nel presente studio non si ha a disposizione una serie storica che caratterizzi l'analisi idrologica, anche perché le stazioni di rilevamento cui si può fare riferimento non

sono particolarmente significative nel dettaglio del presente reticolo idrografico in studio. Si è dunque fatto riferimento esclusivamente al metodo indiretto indicato nel Rapporto Regionale Sardegna “Valutazione delle piene in Sardegna”, il quale si basa sul metodo razionale (o metodo cinematico) con curva di possibilità pluviometrica TCEV.

Metodo razionale con curva di possibilità pluviometrica TCEV

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

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

in cui:

- φ è il coefficiente di afflusso che rappresenta l'aliquota di precipitazione che scorre sulla superficie in occasione della piena;
- ARF è il coefficiente di riduzione areale e riguarda il rapporto tra la pioggia media su tutto il bacino e l'altezza di pioggia del centro di scroscio al suo interno, valutati a parità di durata e di tempo di ritorno;
- S è la superficie di intervento [km²];
- h è l'altezza di precipitazione che cade in un punto del bacino in una durata τ con l'assegnato tempo di ritorno [mm];
- τ durata della pioggia [h].

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

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

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

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

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

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

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

in cui

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

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

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

massimi annui di precipitazione giornaliera.

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

- per $T \leq 10$ anni

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

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

- per $T > 10$ anni

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

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

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

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

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

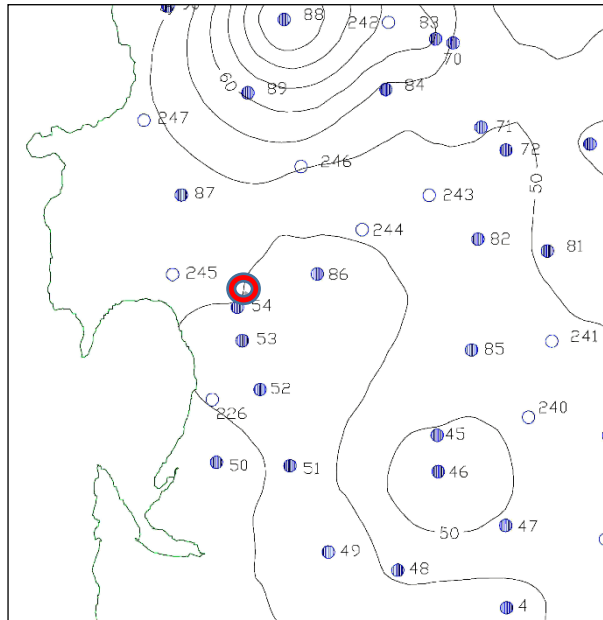
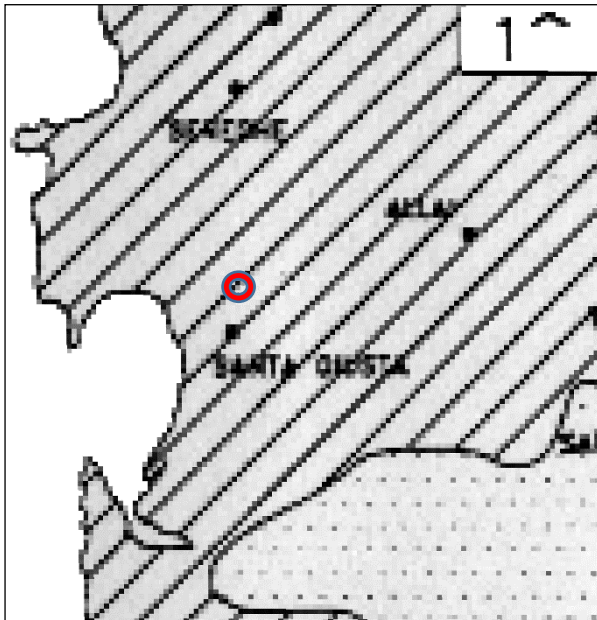


Fig. n. 7 e n. 8 - Sottozona di competenza e massime precipitazioni giornaliere nella zona di studio

I riferimenti numerici da inserire nelle relative relazioni si ricavano dallo "Studio regionale delle massime precipitazioni giornaliere in Sardegna" di Deidda, Piga e Sechi (a. 1993), secondo il quale la pioggia media giornaliera $\bar{h}_g$ è stata calcolata effettuando la media pesata, sull'intera superficie del bacino in oggetto, di tutte

le altezze di pioggia ricadenti su quel territorio.

La pioggia indice giornaliera, data per il territorio interessato e appartenente alla sottozona omogenea SZO 1 della Sardegna, è assunto pari a 50 mm.

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

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

dove

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

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

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

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

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

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

in cui:

h = pioggia stimata per assegnata distribuzione di probabilità;

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

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

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

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

con

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

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

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

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

Tempo di corrivazione t_c . Nell'ambito della invarianza idraulica le *Linee guida*, ai fini del calcolo della portata di piena, impongono lo studio dello ietogramma avente una durata di 30 minuti, aspetto che consente di ovviare al problema della determinazione del tempo di corrivazione da impiegare, che in tal modo viene assunto anch'esso pari a 30 minuti.

Inoltre, gli elementi principali in cui si concretizza lo studio della invarianza idraulica riguardano:

- dimensionamento della rete di dreno interna per la quale si considera un tempo di ritorno $Tr = 20$ anni;
- verifica complessiva del principio di invarianza idraulica, per la quale si considera un tempo di ritorno $Tr = 50$ anni.

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.

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 massima 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 anche in questo caso 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.

Per quanto attiene al comparto in questione si hanno:

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]	13.600,00
h	[mm]	34,3100
intensità costante	[mm/h]	68,6200

Tab. n. 4 - Parametri per il calcolo della portata di progetto

Tr	[anni]	50
Q stato attuale	[m ³ /s]	0,1365
Q post intervento	[m ³ /s]	0,1522
Q stato attuale	[l/s]	13,65
Q post intervento	[l/s]	15,52
ΔQ	[l/s]	1,86

Tab. n. 5 - Valori di portata e volume alla base del calcolo per il dimensionamento della vasca di laminazione

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 $R = 0,4$.

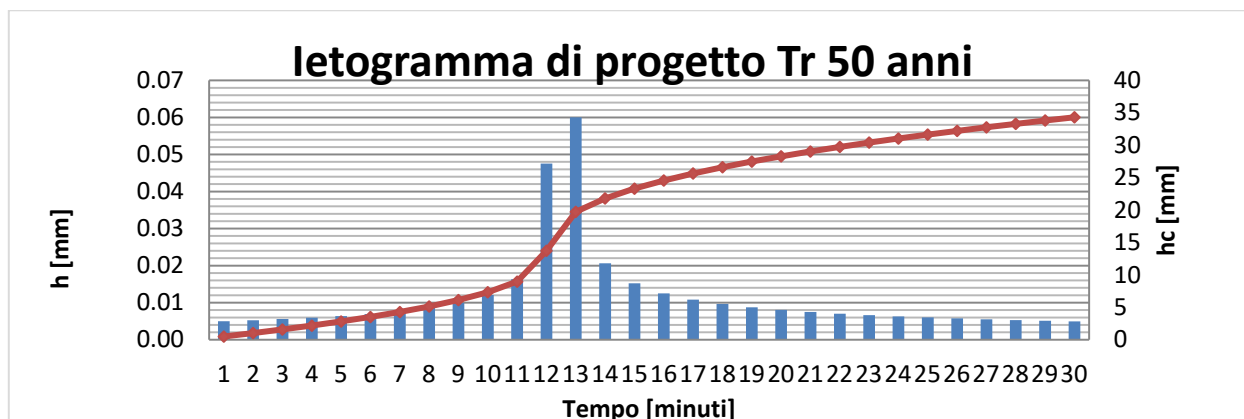


Fig. n. 9 – Ietogramma *Chicago* della portata di progetto ($Tr = 50$ anni)

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

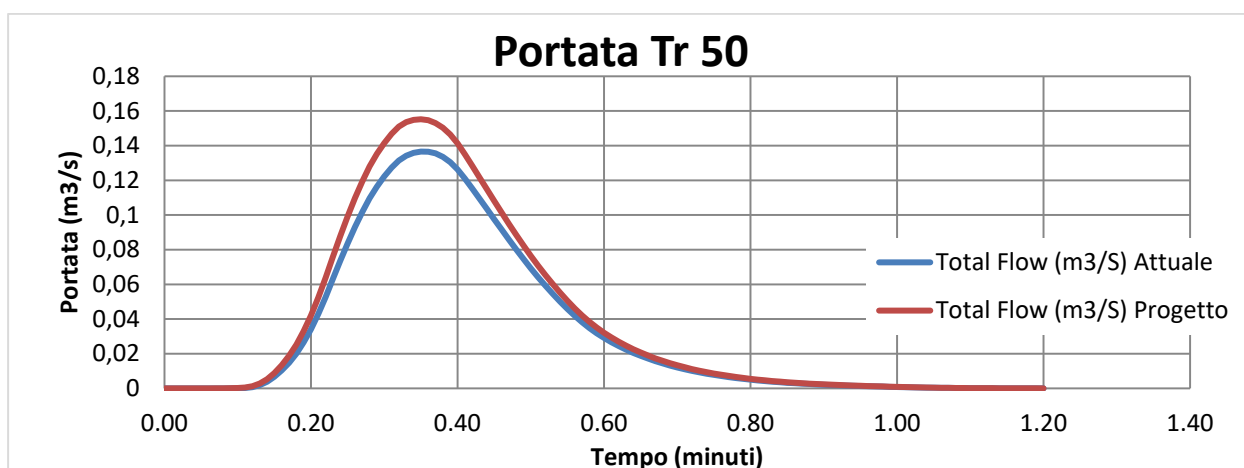


Fig. n. 10 – Idrogramma di piena nel caso delle portate dello stato attuale (in blu) e di progetto (in rosso) per $Tr = 50$ anni

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 la realizzazione di un volume accessorio che, attraverso un processo di 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 con una capacità alta (parametro correttivo $k=1$) di smaltire la portata del macro bacino scolante derivante da piogge con tempo di ritorno di 50 anni.

Per quanto attiene al comparto in questione si hanno:

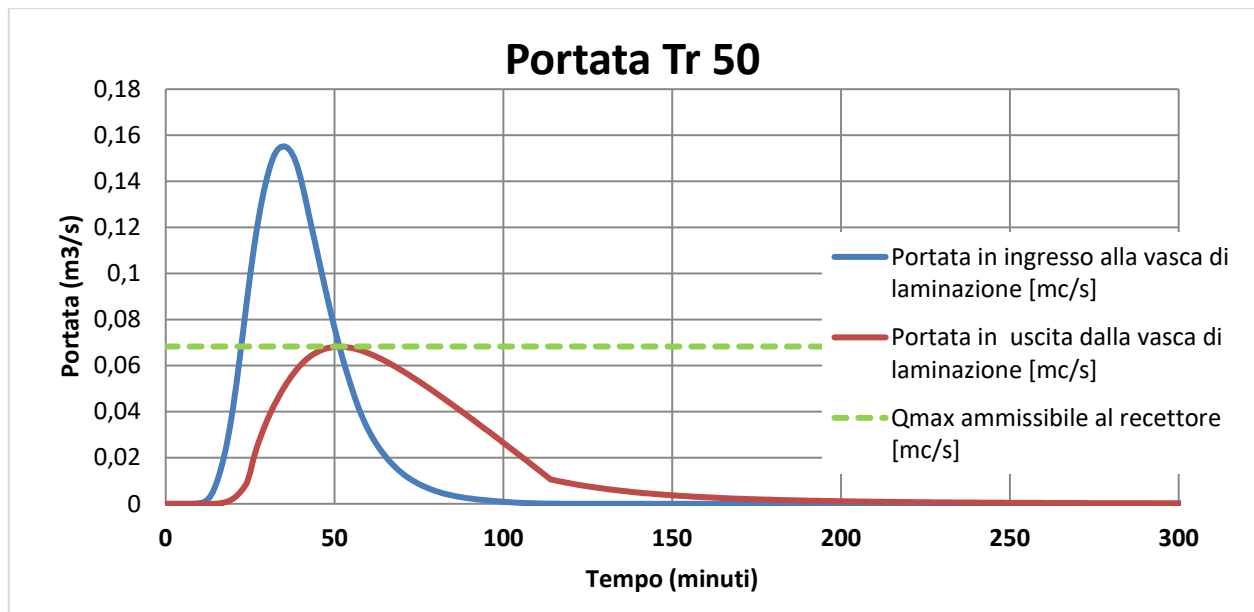


Fig. n. 11 – Idrogramma di piena nel caso delle portate dello stato attuale (in blu) e di progetto (in rosso) per $Tr = 50$ anni; valore di portata massima raggiungibile (in verde)

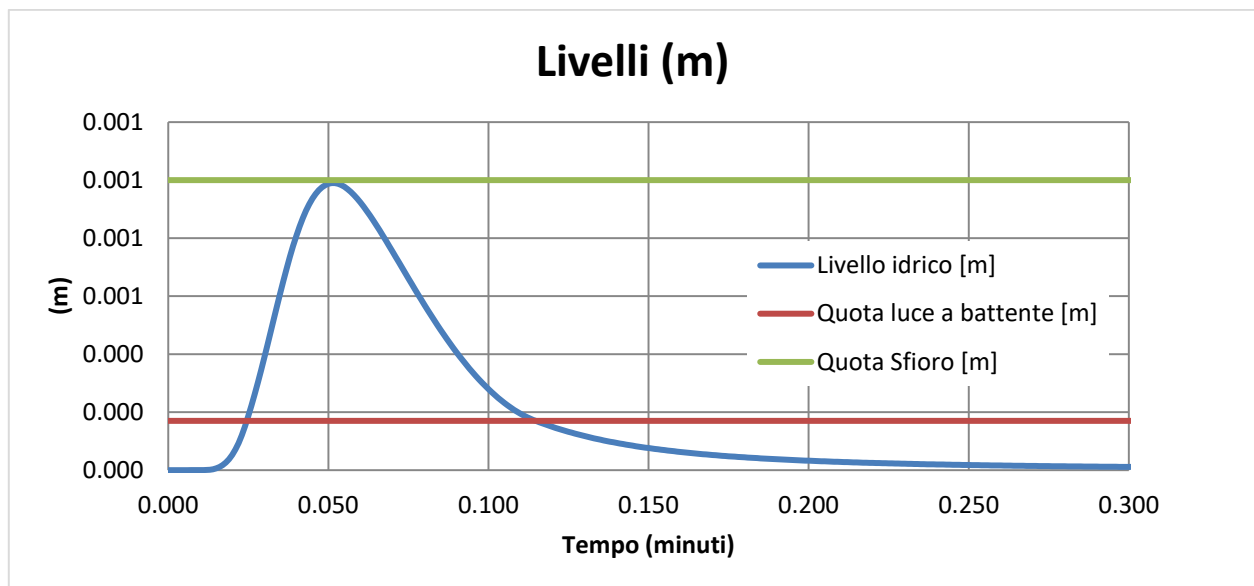


Fig. n. 12 – Andamento dei livelli idrici all'interno della vasca di accumulo; livello idrico (in blu) livello massimo luce a battente (in rosso) per $Tr = 50$ anni; valore della soglia sfiorante di troppo pieno (in verde)

Per poter laminare il picco di portata, che deve essere uguale alla portata massima attualmente, è necessario accumulare un volume di circa **142,52 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 quadrata di dimensione **m 12 x 12 x 1,00** (0,99 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 **0,165 x 0,17 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 1,00 m dal fondo.

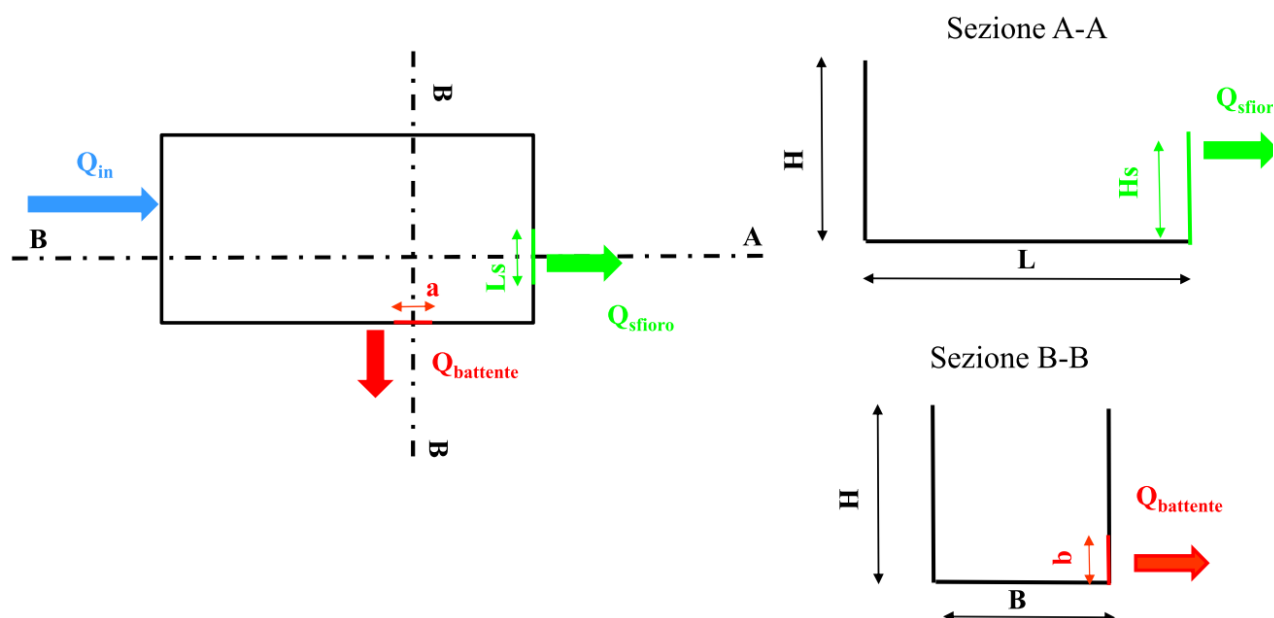


Fig. n. 13 – Schema tipo vasca di accumulo

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 recante <Disciplina degli scarichi>, e si illustra nella figura seguente lo schema idraulico di connessione tra gli accumuli delle acque di prima pioggia e le vasche di laminazione.

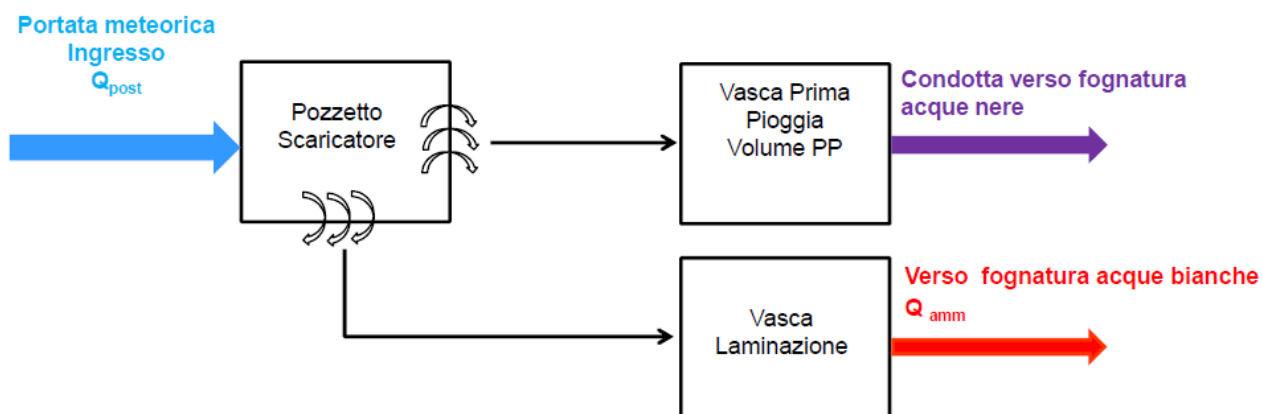


Fig. n. 14 – Schema idraulico vasca prima pioggia vasca di laminazione

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.

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]	13.600,00
h	[mm]	28,97
intensità costante	[mm/h]	56,94

Tab. n. 8 - Parametri per il calcolo della portata di progetto per il dimensionamento della rete di dreno

Tr	[anni]	20
Q post intervento	[m ³ /s]	0,102

Tab. n. 9 - Valori di portata alla base del calcolo per il dimensionamento della rete di dreno

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).

Ai diversi tratti in questione sono stati attribuiti i diversi valori di portata e di pendenza, la fine di determinare il diametro commerciale da mettere in opera mediante l'impiego della scala delle portate. Il dettaglio delle varie tratte è di seguito riportato.

450 spessore [mm] 11,0
428 scabrezza [m^{0,5}] 0,01

DN [mm]	%	D comm [m]	r comm [m]	Vr	Qr	Qc/Qr	V/Vr	V	h/r	h [m] riemp.	f [m] franco
450	0,20	0,396	0,214	0,958	0,138	0,740	1,094	1,048	1,281	0,274	0,154

Tab. n. 10 - Scala delle portate per condotta a riempimento parziale – tubo PVC DN mm 450, SN4



Fig. n. 15 – Rete delle acque bianche e posizionamento delle vasche

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 è compresa nell'intervallo $[0,5; 5]$ m/s, come riportato nella Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 11633.
- b) Grado di riempimento della condotta. L'effettivo grado di riempimento del collettore dovrebbe essere pari al più a circa il 70% (per diametri superiori ai 30 cm), quindi con un tirante idraulico di circa $1/3$, 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. I valori di riempimento sono inferiori al 70%, pertanto sostanzialmente adeguato a quanto richiede la normativa.

CONCLUSIONI

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

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

- l'invarianza del punto di recapito, nei limiti del fatto che il punto della rete alla quale connettersi nasce da una scelta obbligata di carattere urbanistico e soprattutto altimetrico, per quanto si debba procedere all'allungamento del collettore fognario attualmente esistente;
- l'invarianza delle quote altimetriche;
- l'invarianza della capacità di dreno delle aree limitrofe;
- il dimensionamento della rete di dreno interna;

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

Alla luce di quanto precedentemente esposto, 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.