

PIANO DI LOTTIZZAZIONE IN ZONA G.1.4

Comune di Loiri Porto San Paolo

Committente: GIVIERRE REAL ESTATE S.r.l. via Pietro Nenni, Loiri Porto San Paolo	Ubicazione dell'intervento: Zona G.1.4 Loiri Porto San Paolo (SS)	Dati catastali Foglio 229 Particelle 1294 - 1326 - 1265
---	---	---

progettisti :

Ing. Mario Olla
arch. Pier Paolo Perra

oggetto dell'elaborato:

Relazione di invarianza idraulica

progetto: Piano di lottizzazione	data: agosto 2022	elaborato n. A04
note /		

PIANO DI LOTTIZZAZIONE CONVENZIONATO COMPARTO G.1.4

Committente: GIVIERRE REAL ESTATE S.R.L.

arch. Pier Paolo PERRA

Ing. Mario OLLA

RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA

SOMMARIO

1.	PREMESSA.....	2
2.	INQUADRAMENTO TERRITORIALE E SISTEMA DRENANTE SUPERFICIALE.....	3
3.	STATO ATTUALE.....	5
4.	STATO DI PROGETTO.....	9
5.	STIMA DELL'IDROGRAMMA DI PIENA.....	11
6.	RISULTATI.....	17
7.	VERIFICA DEL RECETTORE FINALE.....	19
8.	OPERE DI COMPENSAZIONE.....	20
8.1	DIMENSIONAMENTO TEORICO DELLA VASCA DI LAMINAZIONE.....	23
8.2	DIMENSIONAMENTO REALE DELLA VASCA DI LAMINAZIONE.....	28

1. PREMESSA

Il presente documento è stato predisposto in ottemperanza all'articolo 47 delle NTA PAI, che definisce il principio dell'*Invarianza Idraulica* ed elaborato secondo le linee guida e gli indirizzi operativi per l'attuazione del principio di invarianza di cui alla deliberazione del CI n. 2 del 17.05.2017.

Si riassumono di seguito gli elementi essenziali dell'articolo 47 richiamati anche nelle Linee Guida:

1. *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.*
2. *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.*
3. *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.*
4. *Sono fatte salve eventuali normative già adottate dai comuni per l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica.*
5. *La Regione approva normative specifiche con l'obiettivo di incentivare il perseguimento del principio della invarianza idraulica anche per i contesti edificati esistenti.*

Per le finalità di cui al citato articolo 47, risulta, pertanto, necessario calcolare la portata di piena ed il corrispondente volume di deflusso, per tempi di ritorno significativi considerando due diverse configurazioni: stato attuale (*stato ante intervento*) e stato successivo alla realizzazione del Piano attuativo (*stato post-intervento*).

Scopo ultimo è quello di individuare, qualora necessario, le misure compensative per garantire l'invarianza idraulica nel passaggio ex ante – ex post.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E SISTEMA DRENANTE SUPERFICIALE

L'area oggetto di attività pianificatoria, di cui si riporta il perimetro nella immagine seguente (in rosso), ricade all'interno del territorio Comunale di Loiri Porto San Paolo e ha uno sviluppo complessivo di circa 0.8 ettari. (Figura 1).



Figura 1 Area intervento

Ai fini della ottemperanza al principio di invarianza idraulica si può considerare l'area come sistema **idraulicamente indipendente** il cui corpo recettore è rappresentato dallo stesso terreno, in quanto l'adiacente corpo idrico non presenta le caratteristiche sufficienti per accogliere le acque di deflusso.

Lo studio di invarianza ha lo scopo di studiare la trasformazione urbanistica prevedendo eventuali opere di mitigazione in modo che la modifica dei suoli indotta dall'intervento non aggravi il carico

idraulico sul corpo recettore attuale così da renderlo invariante rispetto alla trasformazione urbanistica stessa.

Secondo la classificazione degli interventi di trasformazione territoriale così come definiti dalle **“Linee Guida e Indirizzi operativi per l’attuazione del Principio della Invarianza Idraulica”** il Piano di Lottizzazione oggetto del presente studio avendo superficie compresa tra 0.5 e 10 ha, ricade nella **Classe di intervento C** con livello di impermeabilizzazione potenziale **“significativa”**.

Classe	Livello di impermeabilizzazione potenziale	Superficie territoriale
a	trascurabile	inferiore a 0.1 ha
b	modesta	compresa tra 0.1 e 0.5 ha
c	significativa	compresa tra 0.5 e 10 ha
d	sostanziale	superiore a 10 ha

Tabella 1 Classe degli interventi in funzione della superficie da trasformare

3. STATO ATTUALE

La superficie in oggetto, come detto, si estende per circa 0.8 ettari e ricade nella **Classe di intervento C**.

Con riferimento al metodo SCS-CN (Tabella 2) si può ragionevolmente assumere, visto lo stato dei luoghi, che l'area in oggetto presenti, allo stato attuale, un suolo classificato come "**Tipo C**". Questa scelta è avvalorata anche dalla analisi della carta del Curve Number (CN), sviluppata e prodotta dal Dipartimento Geologico dell'ARPAS, i cui valori di CN, tuttavia, non sono coerenti con quelli delle Linee Guida e pertanto non sono stati impiegati.

Impiegando la carta dell'uso del suolo della Regione Sardegna (Corine) viene stabilito l'uso del suolo che caratterizza il sito nella situazione attuale con i relativi codici.

I valori del CN-II associati all'uso del suolo (e quindi a quel codice) sono stabiliti in base a quanto riportato nella tabella 5 delle Linee Guida sull'Invarianza e sintetizzati in Tabella 3 (stralcio tabella 5 delle linee guida).

Tabella 2 Descrizione delle diverse classi in funzione dei gruppi di Tipo di suolo (metodo SCS-CN)

Tipo di suolo	Descrizione
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. 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. Appartengono a questo gruppo anche le rocce con alta permeabilità per fratturazione e/o carsismo
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. 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. Appartengono a questo gruppo anche le rocce con permeabilità, medio-alta e media, per fratturazione e/o carsismo
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. 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 Appartengono a questo gruppo anche le rocce con bassa e medio-bassa permeabilità per fratturazione e/o carsismo
D deflusso superficiale potenziale alto	I suoli di questo gruppo, quando sono completamente saturi, hanno deflusso superficiale potenziale (runoff) alto, e l'acqua attraversa il suolo con forti limitazioni. Sono caratterizzati da avere oltre il 40% di argilla e meno del 50% di sabbia e la tessitura è argillosa, talvolta anche espandibili. 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 Appartengono a questo gruppo anche le rocce con permeabilità molto bassa, le rocce impermeabili e le aree non rilevate o non classificate.

Tabella 3 Curve Number in funzione dell'uso del suolo (Corine) e del tipo di suolo (Elaborazione ADIS)

Codice Uso del Suolo (UDS)	UDS	A	B	C	D
(SIMILI)					
IMPIANTI A SERVIZIO DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE (TELECOMUNICAZIONI/ENERGIA/IDRICHE)	1224	92	93	94	95
DISCARICHE	1321	90	92	94	95
DEPOSITI DI ROTTAMI A CIELO APERTO, CIMITERI DI AUTOVEICOLI	1322	90	92	94	95
AREE RICREATIVE E SPORTIVE	1421	70	78	83	88
AREE ARCHEOLOGICHE	1422	49	69	79	84
SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	2111	58	72	81	85
PRATI ARTIFICIALI. COLTURE FORAGGERE OVE SI PUÒ RICONOSCERE UNA SORTA DI AVVICENDAMENTO CON I SEMINATIVI E UNA CERTA PRODUTTIVITÀ, SONO SEMPRE POTENZIALMENTE RICONVERTITI A SEMINATIVO, POSSONO ESSERE RICONOSCIBILI MURETTI O MANUFATTI	2112	67	71	81	89
SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	2121	66	77	85	89

La mappatura dei CN-II in funzione dell'uso del suolo è riportata in Figura 2.

Dai sopralluoghi eseguiti nell'area oggetto della trasformazione urbanistica, emerge che l'uso del suolo indicato nella carta Corine della RAS è coerente con quello riscontrabile in sito al 2022 (Figura 3), per cui non si rende necessario affinare ulteriormente lo scenario che rappresenta lo stato attuale.

Dunque, l'area oggetto di studio ricade interamente nella classe di UDS 2111, seminativi in aree non irrigue, e, con suolo tipo C, si ha un valore di CN pari a 81:

COD NUMBER	UDS DESCRIZIONE	USO	A	B	C	D	CN	AREA
CN_C	Seminativi in aree non irrigue	2111	58	72	81	85	81	7926

Noto il valore del CNII si può calcolare il valore del CNIII che va preso in considerazione nello studio di invarianza mediante la formula:

$$CNIII = \frac{CNII}{(0.43 + 0.0057 * CNII)}$$

In sintesi:

$$CN-II_a = \mathbf{81}$$

$$CN-III_a = \mathbf{90.84}$$



Figura 2 Lotto – Uso del suolo e CNII stato attuale



Figura 3 Foto dello stato attuale dell'area in esame

4. STATO DI PROGETTO

Ai fini della valutazione della invarianza si è proceduto a valutare la dimensione della trasformazione territoriale in base alle tipologie di superfici, pavimentazioni e coperture previste in progetto, con la precisazione che si tratta di una configurazione che potrebbe variare in fase attuativa nella sola disposizione delle varie superfici senza modifiche sulla tipologia e sulle quantità.

Per quanto riguarda il lotto di spettanza del Comune di Loiri Porto San Paolo e le altre zone servizi in cessione (ad eccezione dell'area per parcheggio) in questa fase sono state considerate come "area naturale non modificata" rimandando ad un successivo calcolo in funzione dell'effettiva trasformazione che sarà effettuata dal Comune.

Ad ogni tipologia di copertura o superficie è possibile associare il coefficiente di afflusso ϕ e un range di valori del CN di progetto ricavati dalla tabella dei coefficienti di afflusso e del CN per le diverse superfici di cui all' Allegato 1 alle linee guida.

Nel caso specifico per ogni tipologia di materiale sono stati utilizzati valori medi tra quelli indicati nella tabella di riferimento (Tabella 4 e Figura 4).

In base ai valori di CN II attribuiti a ciascuna superficie nella configurazione di progetto si è proceduto al calcolo del CN II medio pesato sull'area della lottizzazione e poi al relativo CN III (il pedice p sta per progetto):

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{(0.43 + 0.0057 * CN_{II})}$$

Di seguito il valore medio pesato del CNII e del CNIII che va preso in considerazione nello studio di invarianza.

$$CN-IIp \text{ MEDIO} = 85.78$$

$$CN-IIIp \text{ MEDIO} = 93.35$$

In definitiva il CN passa dal valore attuale di **90.84** a quello di progetto di **93.35**.

Tabella 4 Valore del Curve Number in funzione delle superfici di progetto

	DESCRIZIONE SUPERFICIE	DESTINAZIONE D'USO	SPECIFICHE O VARIANTI	NORME DI RIFERIMENTO	ψ	CN II	AREA [mq]
S3		Aree verdi - Superficie originaria			0.2	81	4851
P2	Pavimentazione in macadam, strade, cortili e piazzali	Percorsi carrabili interni		Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 10^{-4} - 10^{-5}	0.35	84.5	430
P7	Pavimentazioni in elementi drenanti, su sabbia	Parcheggi		Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 10^{-4} - 10^{-6}	0.5	89	405
P9	Pavimentazione in cubetti, pietre o lastre a fuga sigillata	Marciaiedi			0.8	95	474
C7	Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili)	Copertura edificio			0.9	96	1766



Figura 4 Lotto – Uso del suolo e CNII stato di progetto

5. STIMA DELL'IDROGRAMMA DI PIENA

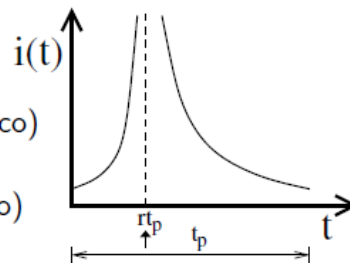
Per la stima della portata e dell'idrogramma di piena è stato considerato uno ietogramma Chicago avente una durata di 30 minuti con posizione del picco $r = 0.4$ e con passo temporale Δt di un minuto. Nel caso di comparti appartenenti alla **classe di intervento c** devono essere considerati due differenti tempi di ritorno (T) pari a 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.

Fissato il tempo di ritorno si calcolano i coefficienti della curva di possibilità pluviometrica $a(T)$ e $n(T)$ e quindi è possibile costruire lo ietogramma di Chicago:

Lo ietogramma Chicago ha equazione:

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

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



Nella pratica lo ietogramma è rappresentato in forma discreta.

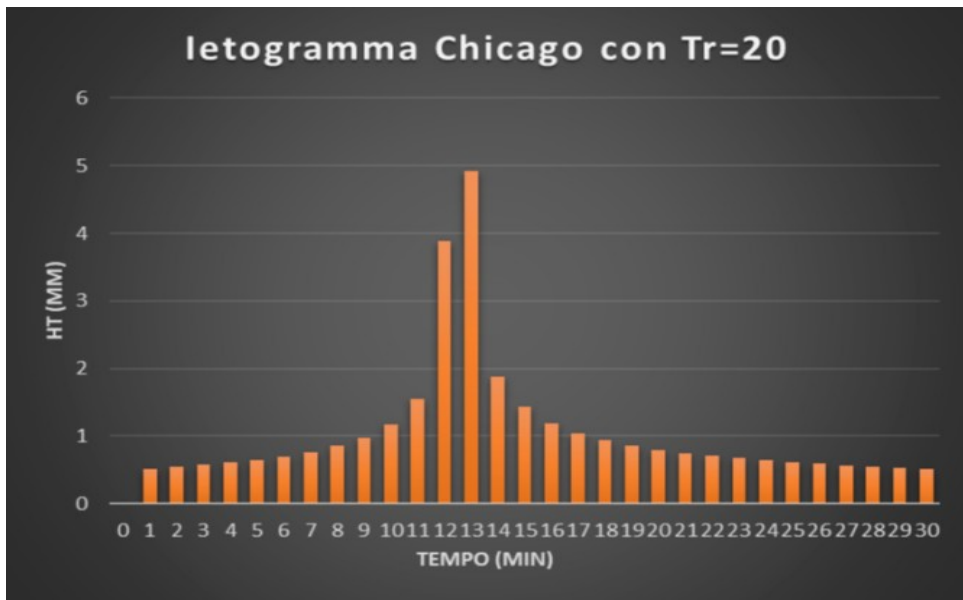
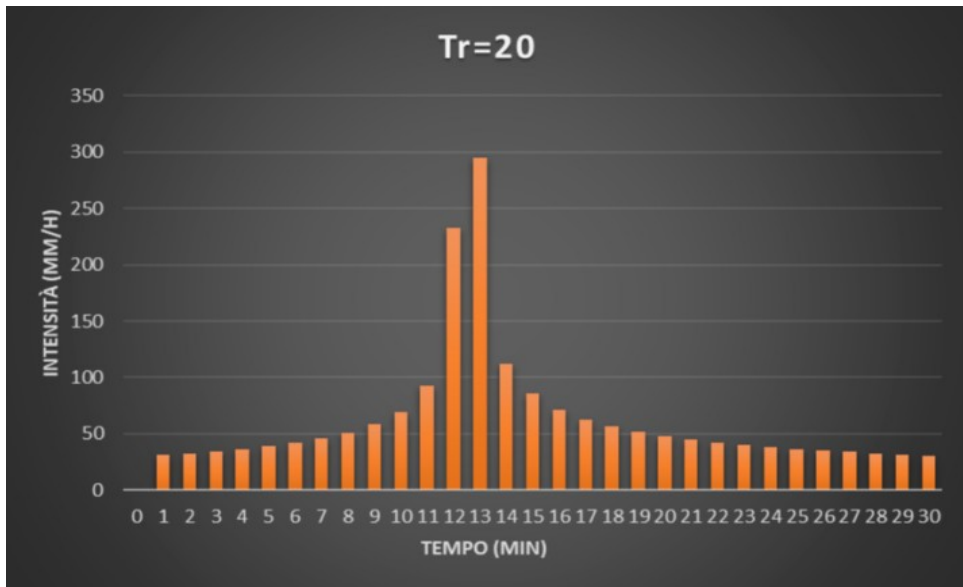
Nel caso specifico si ha:

T20

Tr	20
μg	77
SZO	2
a	44.3695
n	0.47448
CHICAGO	
dt (min)	1
durata Chicago tp (ore)	0.5
r	0.4
rtp	0.2
Δt (ore)	0.0167

letogramma

time step (min)	t (ore)	Hcum (mm)	i (mm/h)	ht (mm)
0	0.00	0	0	0
1	0.02	0.52	31.00	0.52
2	0.03	1.06	32.52	0.54
3	0.05	1.63	34.28	0.57
4	0.07	2.24	36.36	0.61
5	0.08	2.89	38.84	0.65
6	0.10	3.59	41.89	0.70
7	0.12	4.35	45.77	0.76
8	0.13	5.20	50.91	0.85
9	0.15	6.18	58.21	0.97
10	0.17	7.34	69.77	1.17
11	0.18	8.89	92.53	1.55
12	0.20	12.77	232.79	3.89
13	0.22	17.69	294.70	4.92
14	0.23	19.57	112.48	1.88
15	0.25	21.00	85.45	1.43
16	0.27	22.19	71.52	1.19
17	0.28	23.24	62.65	1.05
18	0.30	24.18	56.38	0.94
19	0.32	25.05	51.64	0.86
20	0.33	25.85	47.90	0.80
21	0.35	26.59	44.86	0.75
22	0.37	27.30	42.31	0.71
23	0.38	27.97	40.15	0.67
24	0.40	28.61	38.28	0.64
25	0.42	29.22	36.64	0.61
26	0.43	29.81	35.19	0.59
27	0.45	30.38	33.89	0.57
28	0.47	30.92	32.72	0.55
29	0.48	31.45	31.67	0.53
30	0.50	31.96	30.70	0.51

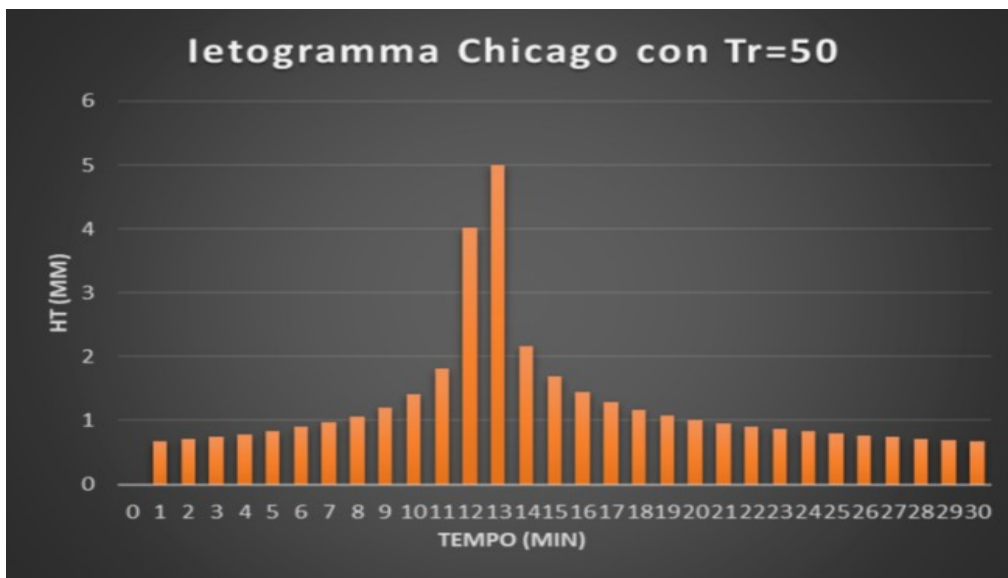
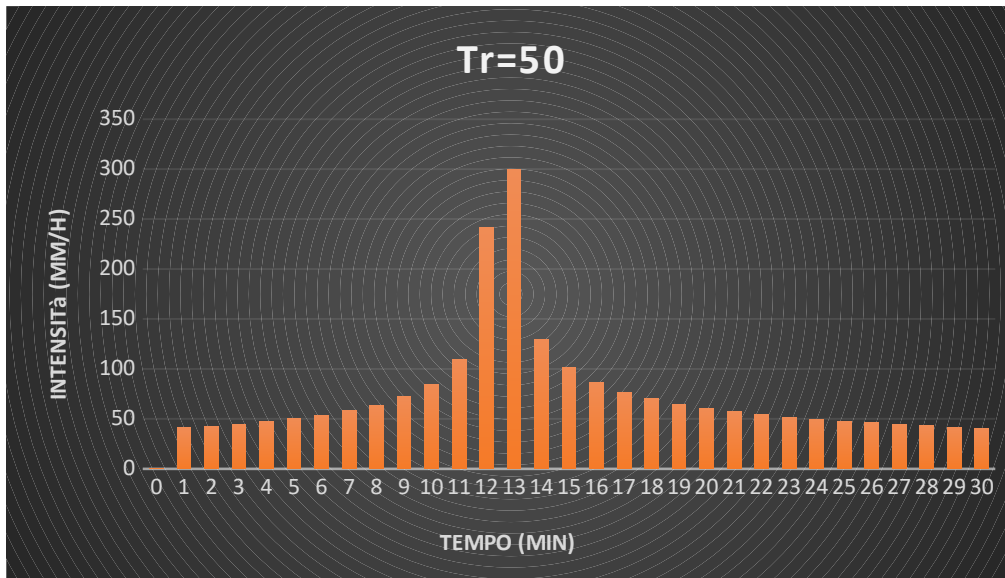


T50

Tr	50
μg	77
SZO	3
a	54.698
n	0.52889
CHICAGO	
dt (min)	1
durata Chicago tp (ore)	0.5
r	0.4
rtp	0.2
Δt (ore)	0.0167

letogramma

time step (min)	t (ore)	Hcum (mm)	i (mm/h)	ht (mm)
0	0.00	0	0	0
1	0.02	0.68	40.92	0.68
2	0.03	1.40	42.72	0.71
3	0.05	2.14	44.79	0.75
4	0.07	2.93	47.21	0.79
5	0.08	3.77	50.09	0.84
6	0.10	4.67	53.61	0.90
7	0.12	5.63	58.03	0.97
8	0.13	6.70	63.85	1.07
9	0.15	7.90	71.99	1.20
10	0.17	9.32	84.67	1.41
11	0.18	11.14	109.02	1.82
12	0.20	15.16	241.11	4.03
13	0.22	20.16	299.35	5.00
14	0.23	22.33	129.88	2.17
15	0.25	24.03	101.55	1.70
16	0.27	25.47	86.58	1.45
17	0.28	26.76	76.90	1.28
18	0.30	27.93	69.96	1.17
19	0.32	29.01	64.67	1.08
20	0.33	30.02	60.46	1.01
21	0.35	30.97	57.00	0.95
22	0.37	31.87	54.09	0.90
23	0.38	32.73	51.60	0.86
24	0.40	33.56	49.44	0.83
25	0.42	34.35	47.54	0.79
26	0.43	35.12	45.85	0.77
27	0.45	35.86	44.33	0.74
28	0.47	36.58	42.96	0.72
29	0.48	37.27	41.72	0.70
30	0.50	37.95	40.58	0.68



Utilizzando il valore del CN in AMCIII calcolato nello stato attuale e nello stato di progetto, è possibile definire lo ietogramma di pioggia netta e, utilizzando un modello di trasformazione afflussi-deflussi, l'andamento dei corrispondenti idrogrammi di piena.

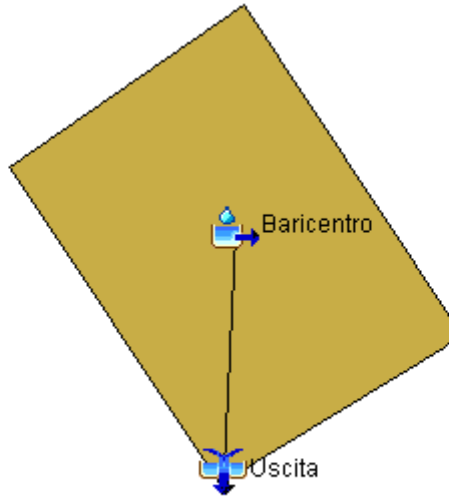
Per la generazione dell'idrogramma di piena si è utilizzato l'approccio modellistico e il software Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) della U.S. Army Corps of Engineers.

I parametri di input del modello del sistema idraulico indipendente nella situazione attuale e in quella di progetto sono riassunti di seguito:

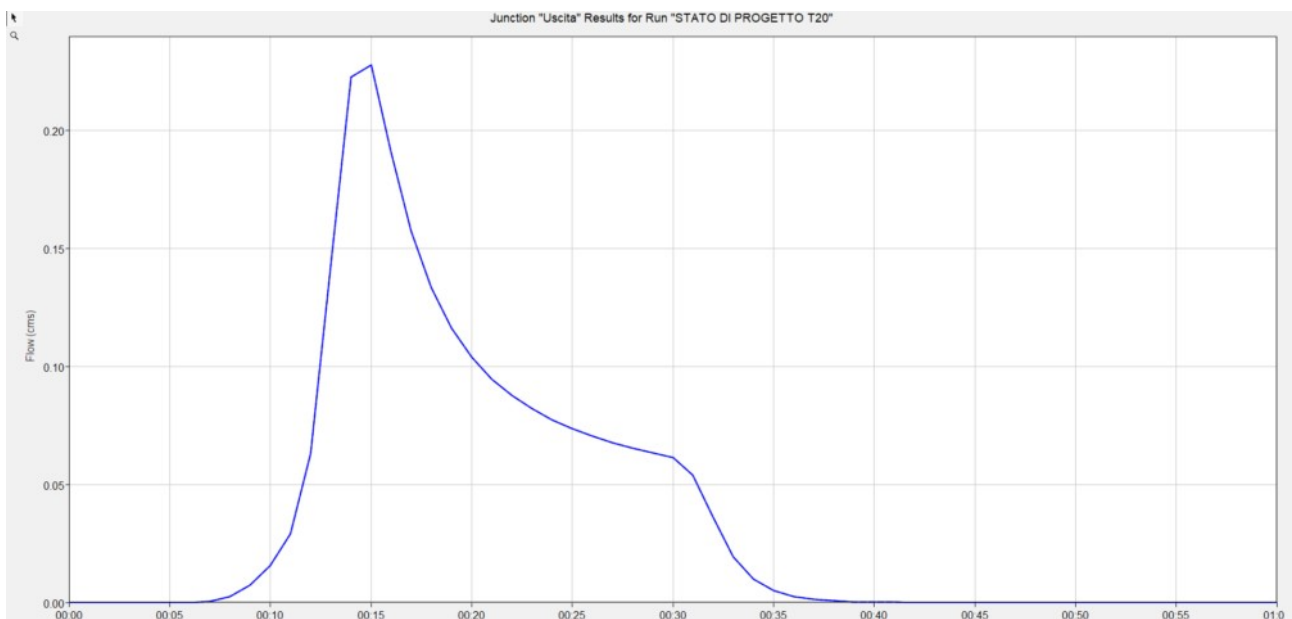
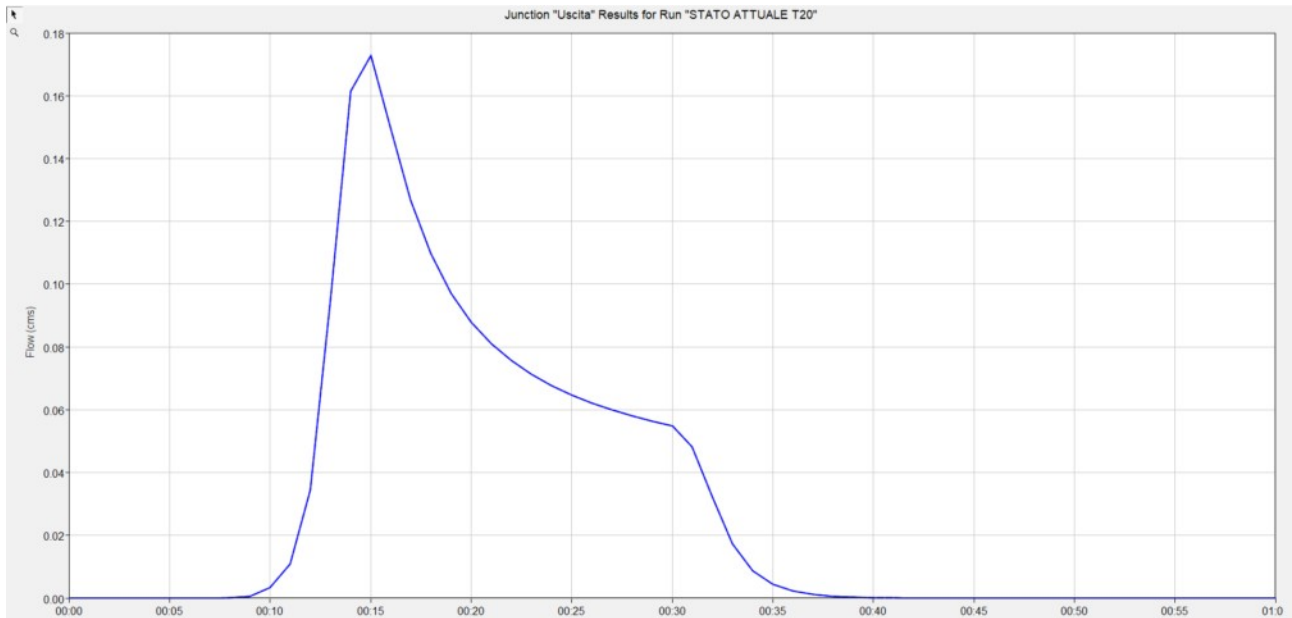
ATTUALE	CN AM CIII	90.84	Storativity S	25.620	initial abstraction Ia	5.124
PROGETTO	CN AM CIII	93.35	Storativity S	18.109	initial abstraction Ia	3.622

I risultati di output nella situazione attuale e in quella di progetto sono riassunti di seguito sia in termini di idrogrammi che in forma tabellare di sintesi.

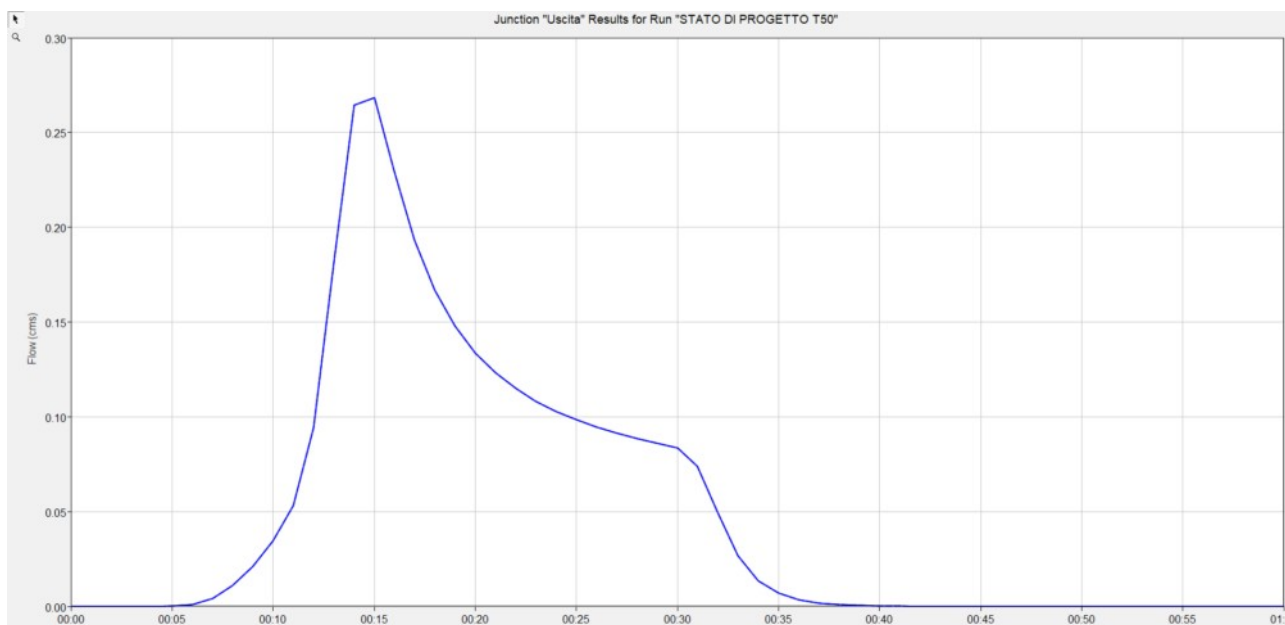
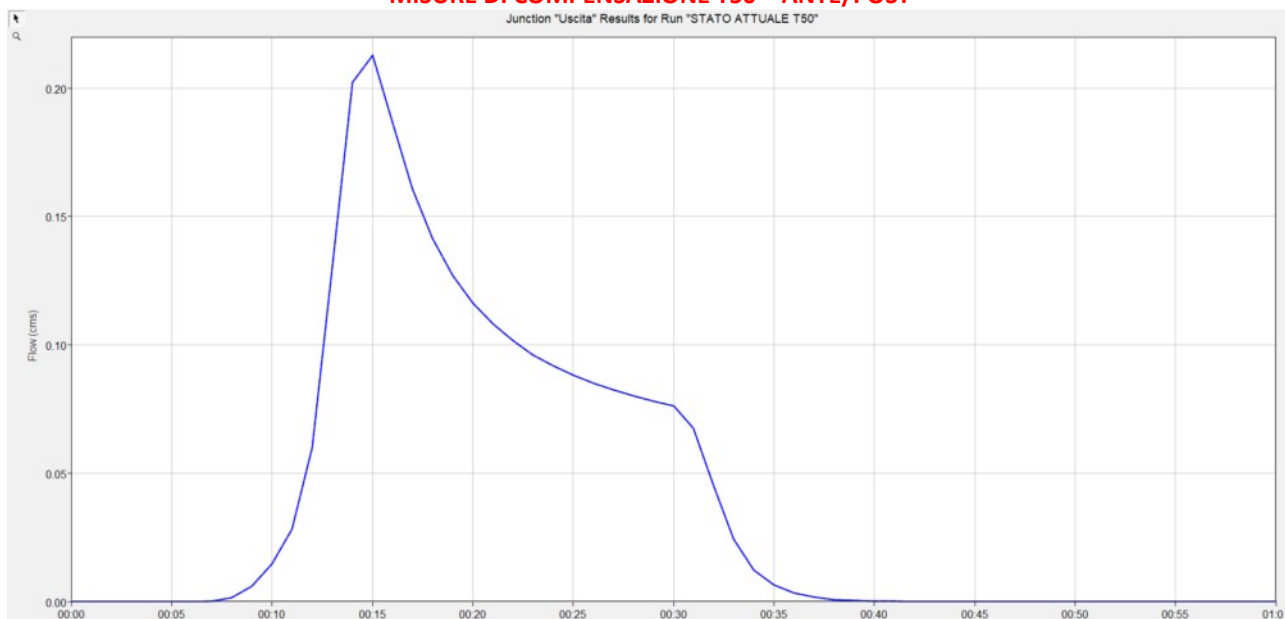
6. RISULTATI



RETE DI DRENAGGIO INTERNA T20 – ATT/PRJ



MISURE DI COMPENSAZIONE T50 – ANTE/POST



Portata di picco[mc/ s]		
	Tr 20 anni	Tr 50 anni
Stato attuale	0.173	0.213
Stato di progetto	0.228	0.268
Differenza	0.055	0.055
Volume di piena [1000 mc]		
	Tr 20 anni	Tr 50 anni
Stato attuale	0.109	0.146
Stato di progetto	0.137	0.178
Differenza 1000 m ³	0.028	0.032
Differenza m ³	28	32

7. VERIFICA DEL RECETTORE FINALE

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. Le norme classificano gli elementi recettori sulla base di tre 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-III; Tr 50), sulla base della Tabella seguente.

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

da cui

$$Q_{a\ corr} = Q_a k$$

Poiché il recettore finale è il suolo, si assume cautelativamente il valore correttivo $k= 0.5$ ipotizzando dunque una bassa capacità di smaltimento da parte del recettore.

La portata massima defluente allo stato attuale al recettore (Q_a) è pari a 0.213 m³/s, applicando il fattore correttivo (k) la portata **massima ammissibile** al recettore ($Q_{a\ corr}$) è pari a 0.107 m³/s.

8. OPERE DI COMPENSAZIONE

Le opere di compensazione possono essere realizzate secondo diverse tipologie costruttive, come riportato nell'allegato 4 delle Linee Guida (vedi tabella), in funzione dei volumi in gioco (Figura 5) e soprattutto delle portate massimi ammissibili nel corpo recettore, che nel caso in oggetto, sono pari alla metà di quelle prodotte dalla trasformazione territoriale.

Si riassumono di seguito i volumi di progetto e il valore della portata ammissibile in uscita.

ΔV (T20)	ΔV (T50)
28	32

$$Q_{a \text{ corr}} = 0.107 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Considerando i volumi in gioco, la classe di intervento (tipo C) e gli spazi disponibili si ritiene di poter adottare come opera di compensazione la tipologia **T3**: INVASI SOTTERRANEI -VASCA DI LAMINAZIONE (Figura 6).

La vasca deve raccogliere i deflussi generati dalle diverse superfici permeabili e impermeabili dell'area e deve essere posizionata a monte della immissione nel corpo idrico recettore (Figura 7).

Classe di intervento				Processo				Destinazione d'uso					Spazio disponibile		Tipo di suolo		Rischio idraulico		Qualità		Costi	
a	b	c	d	Infiltrazione	Detenzione	Trasporto	Riutilizzo	Residenzia/servizi	Strade e parcheggi	Commerciale	Industriale	Riqualificazione urbana	Basso	Alto	A, B - Permeabile	C, D - Impermeabile	Riduzione picchi di deflusso	Riduzione del volume	Valore figurativo	Valore ecologico	Realizzazione	Manutenzione
●	●	●	●	●	●		●	●		●	●	●	●	●	●	●	+++	++++	+	+	++++	++++
Intensità di precipitazione								++					Tempo max svuotamento invaso				++++					



1, 2 - Invaso sotterraneo

Figura 6 Esempio di Invaso sotterraneo/Vasca di laminazione

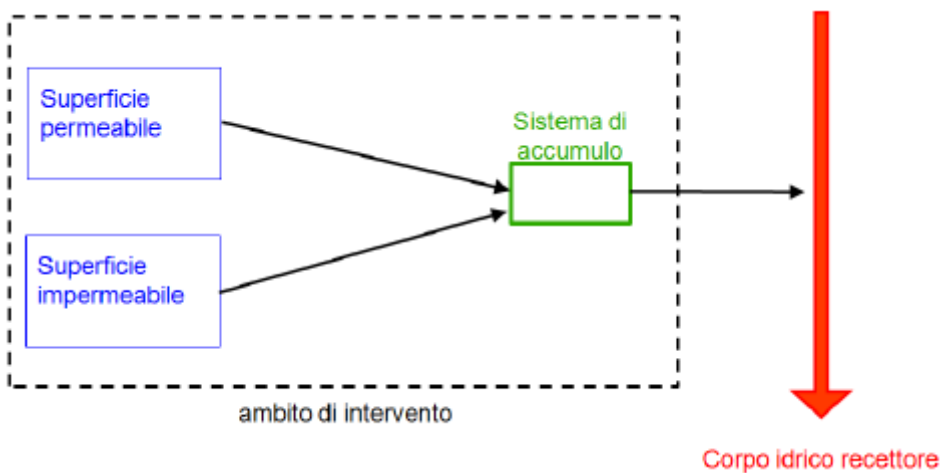


Figura 7 Schema funzionamento vasca

8.1 DIMENSIONAMENTO TEORICO DELLA VASCA DI LAMINAZIONE

Il metodo di analisi adottato per la valutazione delle dimensioni della vasca è il metodo di Runge Kutta del terzo ordine; che consiste nel suddividere ogni intervallo di tempo in tre incrementi e calcolare valori successivi di altezza della superficie dell'acqua e di portata effluente per ogni incremento.

L'incremento di volume ΔV dovuto ad un incremento di altezza Δh può essere espresso dalla seguente formula

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

dove $A(h)$ è la superficie dell'acqua corrispondente all'altezza h .

È possibile esprimere la relazione che lega la superficie dell'acqua all'altezza h tramite la seguente relazione:

$$A = ah^3 + bh^2 + ch + d$$

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

Nel caso specifico si prevede di realizzare una vasca con sezione di base rettangolare di dimensioni $L \times B$. La relazione che lega la variazione del volume di invaso V al livello h è rappresentata da una retta che si mantiene a pendenza costante. Per la vasca a pianta rettangolare i parametri a , b e c sono uguali a zero mentre $d = LxB$.

Nelle figure seguenti sono riportate la planimetria e le sezioni della vasca di laminazione in cui gli organi di scarico sono costituiti da uno scarico di fondo di forma rettangolare di dimensioni $a \times b$ e da uno sfioratore di superficie avente larghezza L_s ed altezza H_s .

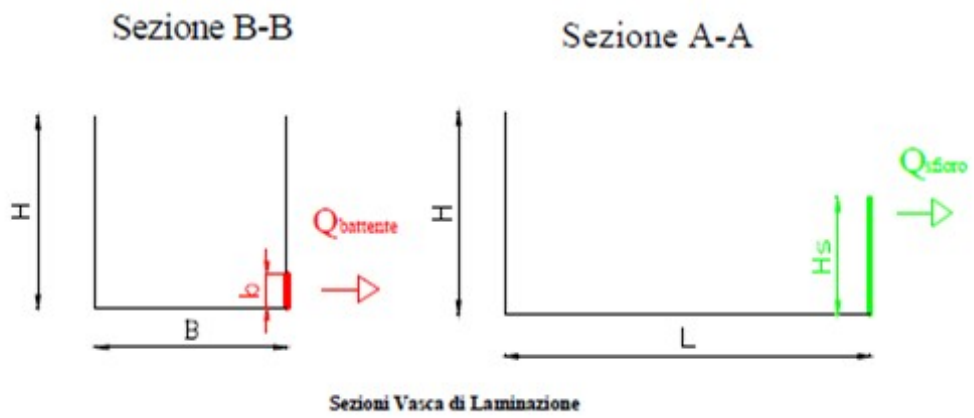
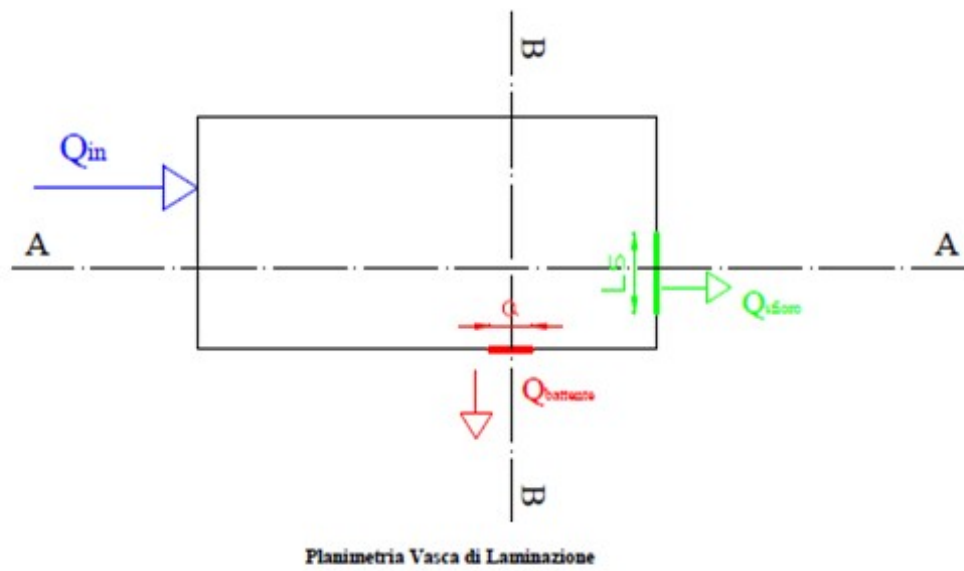


Figura 8 Schema funzionamento vasche di laminazione

La vasca di laminazione a servizio del sistema, anche tenendo conto della necessità di posizionare le opere nelle aiuole di fronte al parcheggio di larghezza massima 2.50 metri, ha come **caratteristiche dimensionali teoriche nette**

$$L = 28.5 \text{ m}$$

$$B = 2.05 \text{ m}$$

$$H = 1.20 \text{ m} \text{ essendo il livello idrico massimo di } 1.19 \text{ m}$$

In sintesi:

Geometria battente	
m battente	0.60
Cc	0.900
Larghezza a (m)	0.20
Altezza b (m)	0.20
Area effettiva (m ²)	0.04

Geometria sfiori	
Altezza H _s (m)	1.20
Larghezza L _s (m)	0.40
m stramazzo	0.40

Vasca	
Pendenza fondo vasca	0.001
c (Strickler)	80
L (m)	28.5
B (m)	2.05

Si riportano di seguito gli idrogrammi, le curve di invaso e l'andamento dei livelli che si hanno con questa vasca di laminazione.

Dall'idrogramma (Figura 9) si apprezza l'effetto della laminazione: dalla vasca esca al più una portata pari a $Q_p = 0.106 \text{ m}^3/\text{s}$ (picco linea rossa) inferiore a quella massima ammissibile per il corpo recettore $Q_{a, \text{corr}} = 0.107 \text{ m}^3/\text{s}$ rappresentata dalla linea arancione.

L'andamento dei livelli idrici rispetto all'altezza della luce a battente e della luce si sfioro (Figura 10) mostra che lo stramazzo non si attiva mai (linea rossa); in effetti, per la corretta laminazione è sufficiente lo scarico di fondo a battente.

Dal punto di vista teorico è possibile, quindi, non ricorrere alla luce di sfioro; di fatto è sempre preferibile dotare la vasca di uno scarico superficiale anche per ragioni di sicurezza.

Portata Tr 50 (mc/s)

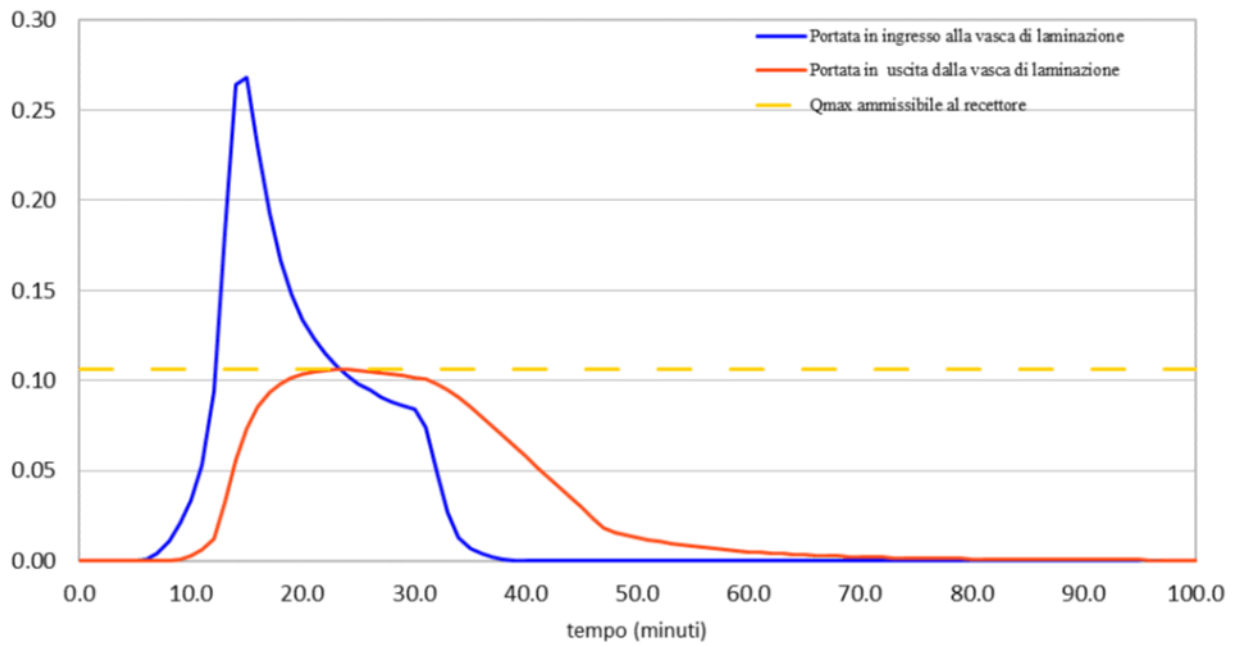


Figura 9 Idrogramma di piena

Livelli (m)

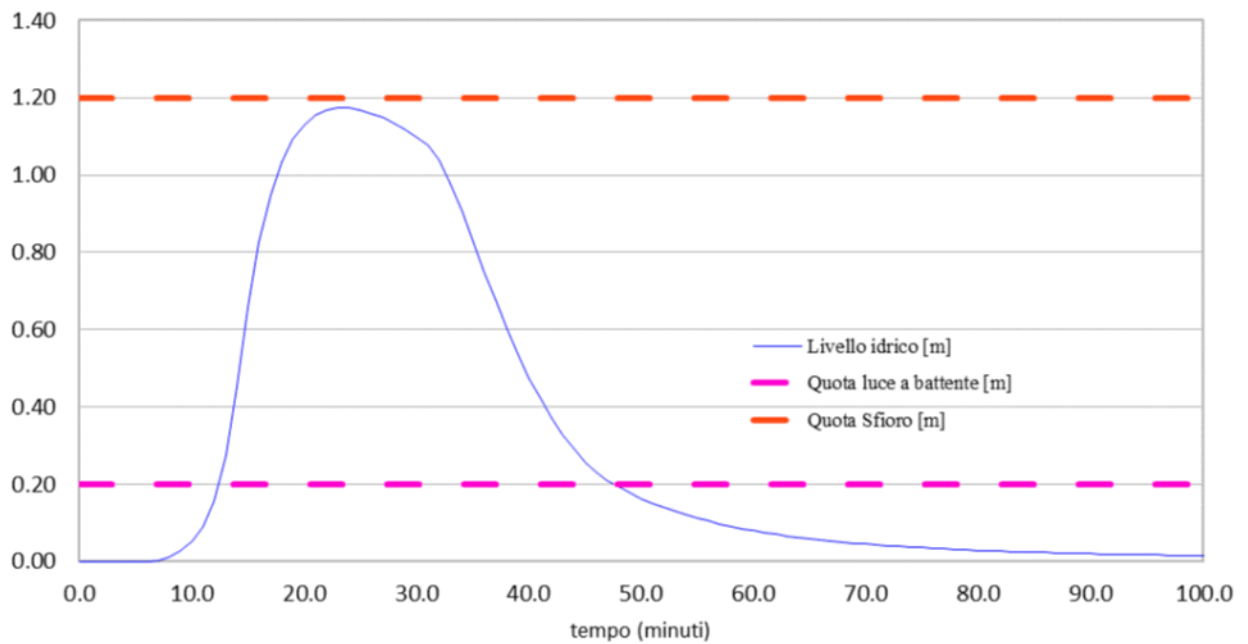


Figura 10 Livelli idrici e luci

Volumi cumulati e andamento del livello in vasca

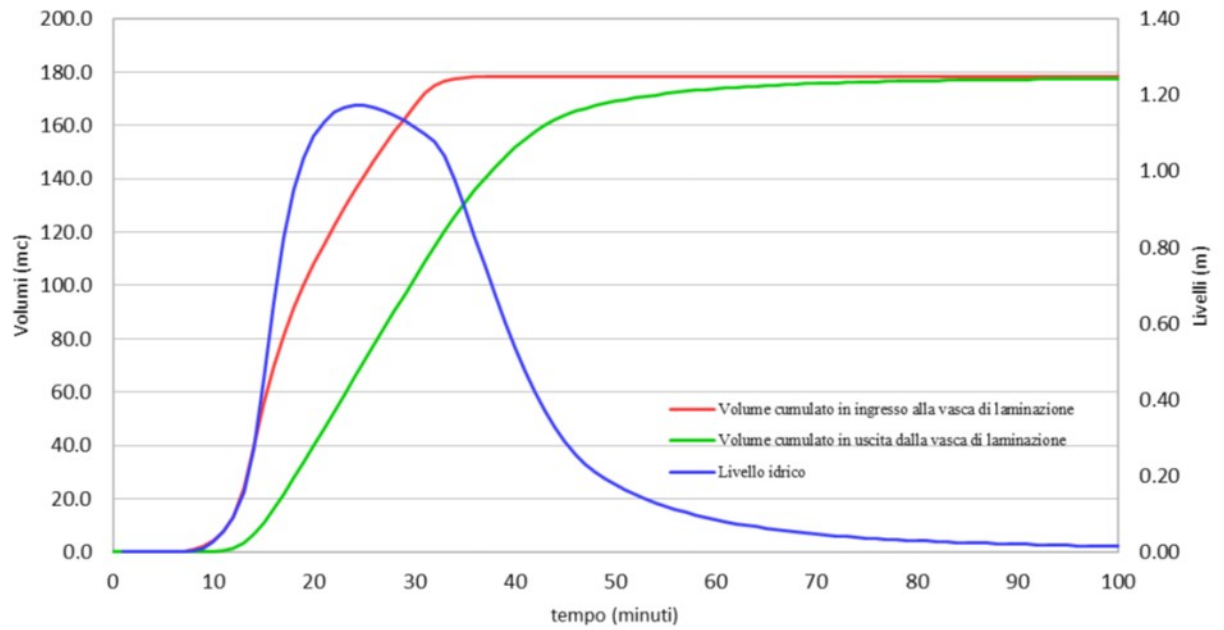


Figura 11 Volumi cumulati e livelli idrici

8.2 DIMENSIONAMENTO REALE DELLA VASCA DI LAMINAZIONE

Come stabilito nel precedente paragrafo la vasca di laminazione teorica ha le seguenti dimensioni:

$$L = 28.5 \text{ m}$$

$$B = 2.05 \text{ m}$$

$$H = 1.20 \text{ m}$$

Nella pratica, in ragione degli spazi disponibili, della esigenza di sistemare l'opera di laminazione nelle aiuole tra i parcheggi e l'edificio e, soprattutto, della tipologia di vasche commerciali disponibili, non si intende realizzare un'unica grande vasca, ma un sistema di serbatoi in serie collegati fra loro e in grado di avere lo stesso effetto della vasca da 28.5 metri.

Allo scopo potranno essere impiegate indicativamente, in funzione di quanto reperibile in commercio, **8 vasche** in serie aventi lunghezza interna pari a 3.25 m ciascuna, larghezza netta 2.05 m e altezza netta 2.02 (Figura 12).

Il sistema avrà un volume complessivo di circa 108 mc, in grado di garantire non solo la corretta laminazione per un volume di 70 mc, ma anche un accumulo di acqua utile per irrigare aiuole e giardini per altri 38 mc circa.

Naturalmente ai fini di una corretta laminazione la luce a battente dovrà essere aperta ad un'altezza dal fondo della vasca pari a $2.02 - 1.20 = 82$ cm, in questo modo l'acqua che sta sotto questo livello sarà conservata e la laminazione inizierà solo al di sopra di 82 cm, quando si attiverà la luce a battente, e fino all'altezza di 2.02, quando dall'unico scarico di fondo delle vasche potrà uscire al più la portata massima ammissibile per il corpo recettore.

Il sistema sarà un po' sovradimensionato, ma a vantaggio della sicurezza.

La posizione delle vasche è indicata in Figura 13.

A valle dello scarico delle vasche è ipotizzata una trincea drenante larga 1 metro che impegna quasi tutta la lunghezza del parcheggio (in senso longitudinale).

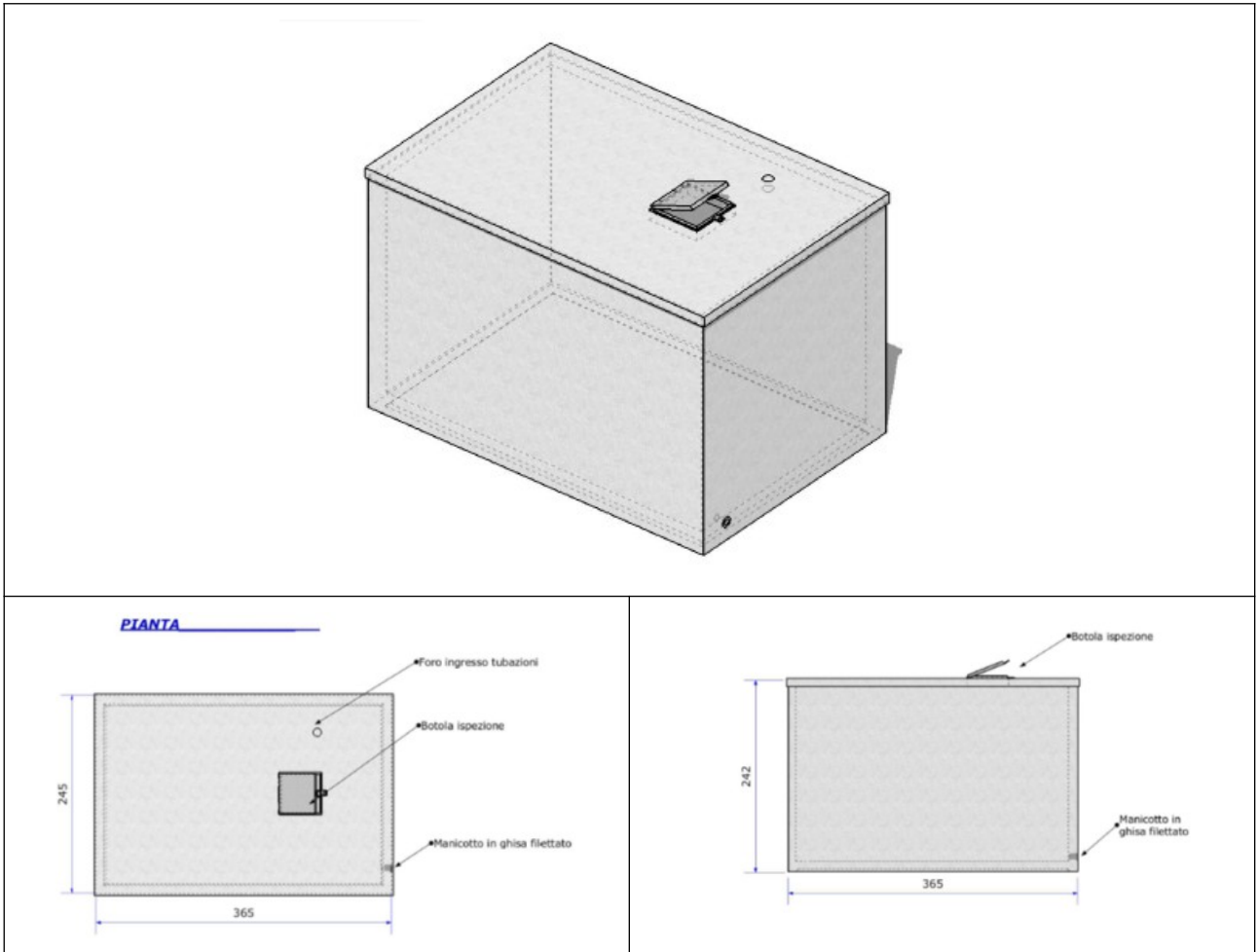


Figura 12 Schema vasche di laminazione in progetto

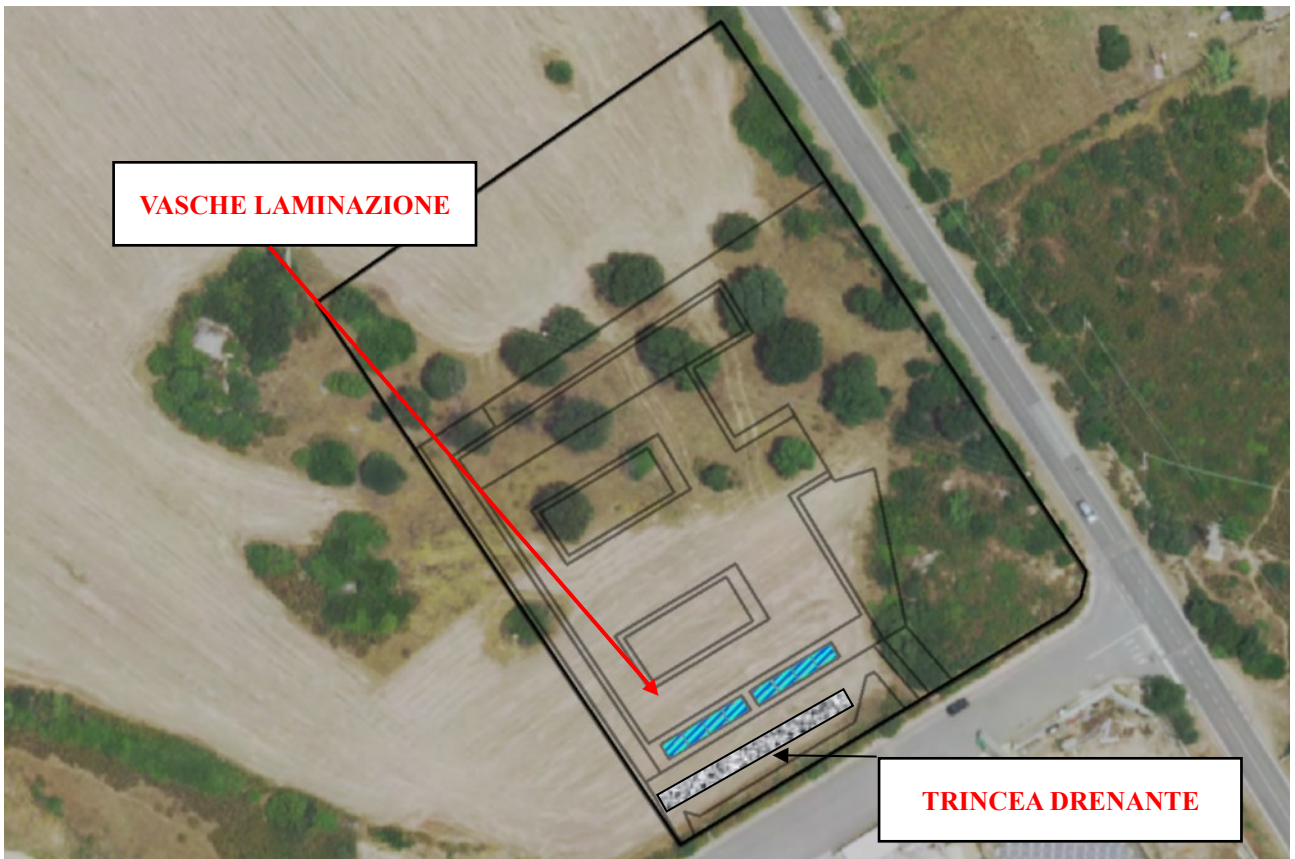


Figura 13 Lotto – Proposta posizionamento vasca di laminazione e trincea drenante