

COMUNE DI MANTOVA  
PROVINCIA DI MANTOVA

VARIANTE AL P.A. 3.6  
"STRALCIO NUOVO OSPEDALE"  
IN VARIANTE AL PGT

<b>Tavola</b>  R.5	<b>Oggetto</b>  RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA	
<b>Scala</b>  --	<b>Committente</b>  Soc. IMPRENDO S.R.L.	
<b>Data</b>  ottobre 2024	<b>Aggiornamenti</b>  novembre 2024	<b>Progettista</b>  Arch. Alfredo Paschetto
<b>Note:</b>		
STUDIO ARCHITETTURA L.O.A. S.R.L. Via Don Gregorio Segala, 55/A - 37139 Verona   tel. 0458905106 - Mail: alfredopaschetto@studioloa.it		

**SOMMARIO**

<b>1</b>	<b>Premesse .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Caratterizzazione idrogeologica .....</b>	<b>5</b>
2.1	Considerazioni sulle soluzioni adottabili.....	10
<b>3</b>	<b>Invarianza idrologica e idraulica.....</b>	<b>11</b>
3.1	Descrizione dell'area .....	11
3.2	Descrizione della soluzione progettuale di invarianza idraulica e idrologica .....	13
3.3	Definizione delle piogge di progetto .....	16
3.4	Metodologie di dimensionamento e verifica adottati .....	17
3.4.1	Requisiti minimi .....	17
3.4.2	Metodo analitico di dettaglio .....	17
3.5	Portate massime scaricabili .....	21
3.6	Tempo di svuotamento.....	21
<b>4</b>	<b>Risultati del dimensionamento e delle verifiche .....</b>	<b>22</b>
4.1	Dimensionamento del sistema di invarianza (Tr 50 anni) .....	23
4.1.1	Caratteristiche generali .....	23
4.1.2	Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica .....	23
4.1.3	Ietogramma di pioggia .....	25
4.1.4	Idrogramma di piena .....	29
4.1.5	Dimensionamento sistema d'invarianza .....	32
4.1.6	Calcolo dinamica invaso .....	32
4.1.7	Coerenza del dimensionamento .....	34
4.1.8	Variazione volume massimo invasato .....	36
4.2	Verifica del sistema di invarianza (Tr 100 anni) .....	37
4.2.1	Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica .....	37
4.2.2	Ietogramma di pioggia .....	38
4.2.3	Idrogramma di piena .....	43
4.2.4	Dimensionamento sistema d'invarianza .....	46
4.2.5	Calcolo dinamica invaso .....	46
4.2.6	Verifica del dimensionamento .....	49

<b>R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA EMISSIONE</b> OTTOBRE 2024	<b>AGGIORNAMENTO</b> NOVEMBRE 2024	<b>FOGLIO</b> 1
<b>CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA</b> Geol. Carlo Caleffi	<b>CONSULENTE ACUSTICA</b> Dott. Alberto Manganiello	<b>CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA</b> Dott. Gianluca Vicini	<b>CONSULENTE DEL PAESAGGIO</b> Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
<b>COMMITTENTE</b> IMPRENDI s.r.l.	<b>ISOLINA VALLE</b>	<b>STUDIO L.O.A.</b> <b>ARCH. ALFREDO PASQUETTO</b>	<b>ENGEO s.r.l.</b> – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



COMUNE DI MANTOVA

**VARIANTE AL P.A. 3.6  
"STRALCIO NUOVO OSPEDALE"  
IN VARIANTE AL PGT**

---

4.2.7 Variazione volume massimo invasato ..... 50

<b>R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA EMISSIONE</b> OTTOBRE 2024	<b>AGGIORNAMENTO</b> NOVEMBRE 2024	<b>FOGLIO</b> 2
<b>CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA</b> Geol. Carlo Caleffi	<b>CONSULENTE ACUSTICA</b> Dott. Alberto Manganiello	<b>CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA</b> Dott. Gianluca Vicini	<b>CONSULENTE DEL PAESAGGIO</b> Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
<b>COMMITTENTE</b> IMPRENDI s.r.l.	<b>ISOLINA VALLE</b>	<b>STUDIO L.O.A.</b> <b>ARCH. ALFREDO PASQUETTO</b>	<b>ENGE s.r.l.</b> – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@enge.it



## 1 Premesse

La presente relazione descrive lo studio di invarianza idrologica e idraulica redatto a supporto del progetto di variante al P.A. 36 "Stralcio nuovo ospedale" in variante al PGT".

L'area drenata oggetto d'intervento si estende su una superficie di 48.167 m<sup>2</sup>.

Nello specifico, scopo del presente lavoro è l'individuazione delle modifiche all'assetto idrogeologico dell'area, conseguenti alle trasformazioni in progetto, con l'obiettivo di definire le caratteristiche delle opere necessarie ad evitare l'aggravio delle condizioni idrauliche come da richiesta di norma.

Le verifiche del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica vengono condotte conformemente al R.R. 7/2017 di Regione Lombardia come integrato e modificato dal R.R. 8/2019 e normative correlate. Nello specifico verranno adottati i metodi di calcolo in essa richiamati.

Nel presente documento verranno descritte le soluzioni progettuali adottate, i metodi di calcolo utilizzati e verranno riportati i report dei calcoli eseguiti, con relativi grafici, e le verifiche effettuate.

Il Regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 contiene "criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n.12 (Legge per il governo del territorio)".

- ✓ **Invarianza idraulica:** principio in base al quale le portate massime di afflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione (articolo 58 bis, comma 1, lettera a) della l.r. 12/2005.
- ✓ **Invarianza idrologica:** principio in base al quale sia le portate che i volumi di afflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non devono essere maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione (articolo 58 bis, comma 1, lettera b) della l.r. 12/2005.

In particolare, con tale Regolamento, la Regione Lombardia definisce:

- gli interventi edilizi richiedenti le misure di invarianza idraulica e idrologica;
- gli ambiti territoriali di applicazione differenziati in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori;
- il valore massimo della portata meteorica scaricabile nei ricettori per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrologica nei diversi ambiti territoriali individuati;
- la classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica e le modalità di calcolo;
- le indicazioni tecniche costruttive e degli esempi di buone pratiche di gestione delle acque meteoriche in ambito urbano;
- la possibilità, per i comuni, di prevedere la monetizzazione come alternativa alla diretta realizzazione per gli interventi previsti in ambiti urbani caratterizzati da particolari condizioni urbanistiche o idrogeologiche.

A corredo dello studio di invarianza è stata redatta la seguente cartografia:

<b>R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA EMISSIONE</b> OTTOBRE 2024	<b>AGGIORNAMENTO</b> NOVEMBRE 2024	<b>FOGLIO</b> 3
<b>CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA</b> Geol. Carlo Caleffi	<b>CONSULENTE ACUSTICA</b> Dott. Alberto Manganiello	<b>CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA</b> Dott. Gianluca Vicini	<b>CONSULENTE DEL PAESAGGIO</b> Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
<b>COMMITTENTE</b> IMPRENDO s.r.l.	<b>ISOLINA VALLE</b>	<b>STUDIO L.O.A.</b> <b>ARCH. ALFREDO PASQUETTO</b>	<b>ENGEО s.r.l.</b> – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



COMUNE DI MANTOVA

**VARIANTE AL P.A. 3.6**  
**“STRALCIO NUOVO OSPEDALE”**  
**IN VARIANTE AL PGT**

---

- *Tav. R.5.1 – Invarianza idrologica e idraulica – drenaggio delle aree impermeabili alla scala 1:1.000*

Per la valutazione delle soluzioni progettuali adottate per lo smaltimento delle acque si rimanda, inoltre alle tavole 13c e 13d - Manufatti tipo delle reti di smaltimento delle acque meteoriche.

<b>R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA EMISSIONE</b> OTTOBRE 2024	<b>AGGIORNAMENTO</b> NOVEMBRE 2024	<b>FOGLIO</b> 4
<b>CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA</b> Geol. Carlo Caleffi	<b>CONSULENTE ACUSTICA</b> Dott. Alberto Manganiello	<b>CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA</b> Dott. Gianluca Vicini	<b>CONSULENTE DEL PAESAGGIO</b> Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
<b>COMMITTENTE</b> IMPRENDI s.r.l.	<b>ISOLINA VALLE</b>	<b>STUDIO L.O.A.</b> <b>ARCH. ALFREDO PASQUETTO</b>	<b>ENGE s.r.l.</b> – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



## 2 Caratterizzazione idrogeologica

Per valutare la migliore soluzione per il rispetto del principio di invarianza idrologica e idraulica sono state effettuate delle analisi preliminari in ordine alle caratteristiche idrogeologiche del sito, consistenti nella valutazione della soggiacenza della falda e della permeabilità dei depositi soggiacenti l'intervento.

Relativamente alla soggiacenza delle falda si è fatto riferimento allo studio geologico a corredo del presente Piano Attuativo ed in particolare alla carta idrogeologica di Tav. R.4.2, di cui in Figura 1 si riporta uno stralcio.

Come si può constatare la quota assoluta della falda è compresa tra 14.0 e 14.50 m s.l.m.; L'area oggetto di studio ha una quota attuale compresa tra 15.50 e 16.90 m s.l.m.; tuttavia l'intervento prevede l'innalzamento delle aree più depresse fino ad una quota minima di 16.35 m s.l.m.. La soggiacenza minima della falda una volta completato l'intervento è valutabile in circa 2.00 m da p.c.

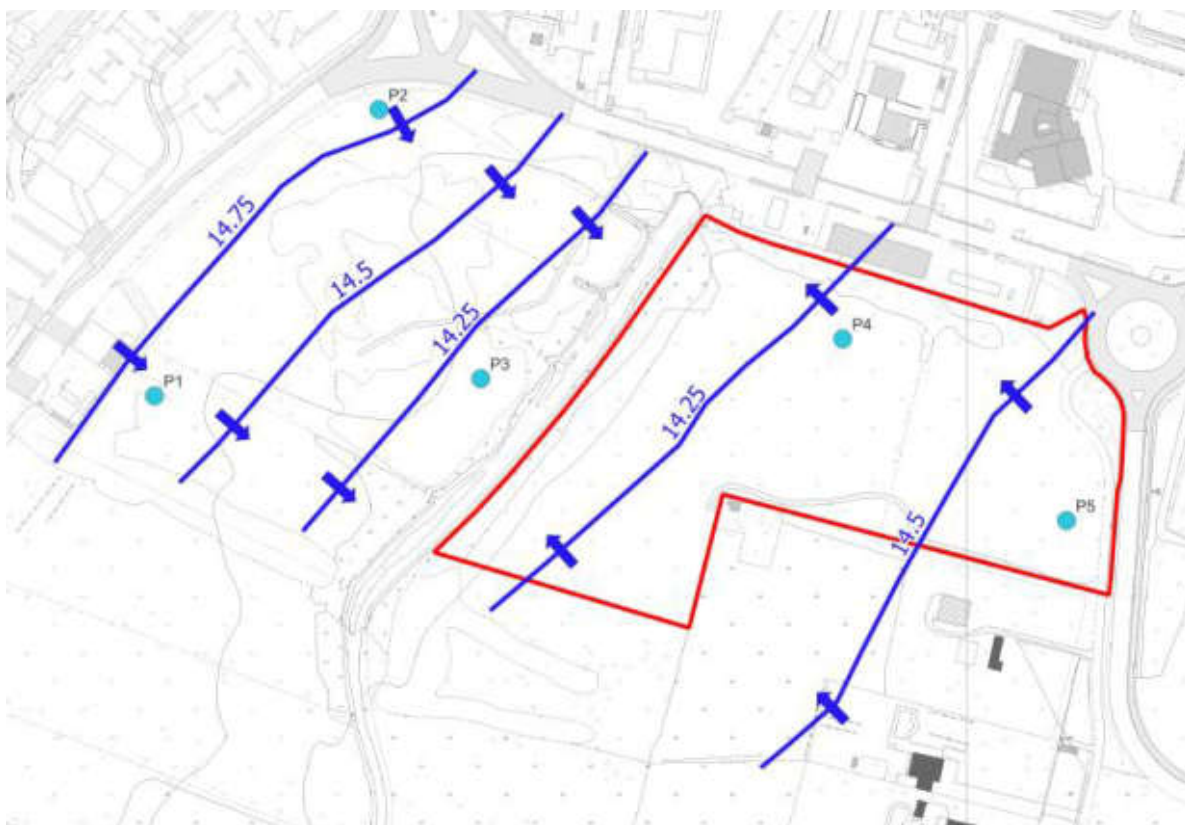


Figura 1 – Stralcio della Tav. R.4.2 – Carta idrogeologica – a corredo dello studio geologico per il presente P.A.

La litologia dei terreni di fondazione è stata indagata attraverso prove penetrometriche e pozzetti esplorativi che hanno confermato che sotto il suolo vegetale, peraltro con spessori molto modesti, sono presenti depositi francamente sabbiosi, costituiti da sabbie e sabbie fini.

<b>R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA EMISSIONE</b> OTTOBRE 2024	<b>AGGIORNAMENTO</b> NOVEMBRE 2024	<b>FOGLIO</b> 5
<b>CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA</b> Geol. Carlo Caleffi	<b>CONSULENTE ACUSTICA</b> Dott. Alberto Manganiello	<b>CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA</b> Dott. Gianluca Vicini	<b>CONSULENTE DEL PAESAGGIO</b> Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
<b>COMMITTENTE</b> IMPRENDI s.r.l.	<b>ISOLINA VALLE</b>	<b>STUDIO L.O.A.</b> <b>ARCH. ALFREDO PASQUETTO</b>	<b>ENGE s.r.l.</b> – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



I risultati delle indagini effettuate sono riportati in dettaglio nella Relazione geologica del presente studio – elaborato R.4.



Figura 2 – Sondaggio con escavatore P4 (cfr. Relazione geologica R.4)

Al fine di valutare la permeabilità dei depositi si è fatto riferimento ad indagini effettuate poco a monte del sito di indagine, dove la stratigrafia è la stessa riscontrata nel perimetro del P.A.. In tale area è stato prelevato un campione rimaneggiato delle sabbie. Su tale campione è stata effettuata, presso il laboratorio Studio MM di Traversetolo (PR) una prova di permeabilità a carico costante. Trattandosi di un materiale rimaneggiato il campione è stato ricostituito mediante una prova AASHTO standard.

La prova ha fornito una permeabilità di  $3.62 \cdot 10^{-3}$  cm/s ( $3.62 \cdot 10^{-5}$  m/s).

<b>R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA EMISSIONE</b> OTTOBRE 2024	<b>AGGIORNAMENTO</b> NOVEMBRE 2024	<b>FOGLIO</b> 6
<b>CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA</b> Geol. Carlo Caleffi	<b>CONSULENTE ACUSTICA</b> Dott. Alberto Manganiello	<b>CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA</b> Dott. Gianluca Vicini	<b>CONSULENTE DEL PAESAGGIO</b> Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
<b>COMMITTENTE</b> IMPRENDI s.r.l.	<b>ISOLINA VALLE</b>	<b>STUDIO L.O.A.</b> <b>ARCH. ALFREDO PASQUETTO</b>	<b>ENGEO s.r.l.</b> – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



COMUNE DI MANTOVA

VARIANTE AL P.A. 3.6  
"STRALCIO NUOVO OSPEDALE"  
IN VARIANTE AL PGT

<b>MM</b>	<b>Studio MM S.r.l.</b> Consulenza materie prime - Prove materiali di Michele Mazzoni	Pag.1 di 1
Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiato di Traversetolo (PR) Tel. 0521/844092 - Fax. 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it		Mod GT 409.1 - Rev 1 del 14/06/2012

DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI PERMEABILITA' K  
Metodo a Carico Costante (UNI EN 17892-11:2005)

Rapporto di prova N°	EN_116-2022_PECC1	Accettazione N°	116/2022
Committente	ENGEO S.r.l.		
Descrizione campione	Sabbia - Campione ricostruito AASHTO standard a umidità naturale di conferimento		
Identificazione campione	CR1 del 04/02/2022		
Cantiere/Opera	Ex scuola Kennedy, Mantova		
Data ricevimento	Data apertura	Data esecuzione prova	Data emissione
04/02/2022	10/02/2022	10/02/2022 - 14/02/2022	14/02/2022

Q	L	A	t	h	K
cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>2</sup>	s	cm	cm/s
171	11,62	10,16	600	90	3,62E-03

<b>Lo Sperimentatore</b>  Dott. Alex Orlandini	<b>La Direzione Tecnica</b>  Studio MM s.r.l. Strada Pedemontana 40/s 43029 MAMIATO DI TRAVERSETOLO (PR) Cod. Fisc. e Partita IVA 02417780349
--	--

<b>Strumentazione utilizzata per la prova</b>	Permeametri Matest (Codice interno PE 01)
---	---

Figura 3 – Certificato della prove di permeabilità sul campione

R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA EMISSIONE OTTOBRE 2024	AGGIORNAMENTO NOVEMBRE 2024	FOGLIO 7
CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA Geol. Carlo Caleffi	CONSULENTE ACUSTICA Dott. Alberto Manganiello	CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA Dott. Gianluca Vicini	CONSULENTE DEL PAESAGGIO Arch. Matteo Polesi - Arch. Camilla Pozzani
COMMITTENTE IMPRENDI s.r.l.	ISOLINA VALLE	STUDIO L.O.A. ARCH. ALFREDO PASQUETTO	ENGEO s.r.l. - Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma - Tel. 0521.233999 - info@engeo.it



La verifica della permeabilità è stata effettuata anche in sito, mediante una prova a carico variabile, realizzata attrezzando il sondaggio con un tubo in PVC appositamente fessurato.



Figura 4 – Attrezzatura per la prova di permeabilità in situ

Come illustrato in Figura 5 la prova ha fornito una permeabilità di  $1.44 \cdot 10^{-3}$  m/s, leggermente inferiore a quella stimata dalla prova sul campione.

In fase di progetto esecutivo delle opere di smaltimento delle acque verranno effettuate verifiche dirette sul sito della permeabilità dei terreni.

<b>R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA EMISSIONE</b> OTTOBRE 2024	<b>AGGIORNAMENTO</b> NOVEMBRE 2024	<b>FOGLIO</b> 8
<b>CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA</b> Geol. Carlo Caleffi	<b>CONSULENTE ACUSTICA</b> Dott. Alberto Manganiello	<b>CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA</b> Dott. Gianluca Vicini	<b>CONSULENTE DEL PAESAGGIO</b> Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
<b>COMMITTENTE</b> IMPRENDIO s.r.l.	<b>ISOLINA VALLE</b>	<b>STUDIO L.O.A.</b> <b>ARCH. ALFREDO PASQUETTO</b>	<b>ENGEO s.r.l.</b> – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



COMUNE DI MANTOVA

VARIANTE AL P.A. 3.6  
"STRALCIO NUOVO OSPEDALE"  
IN VARIANTE AL PGT

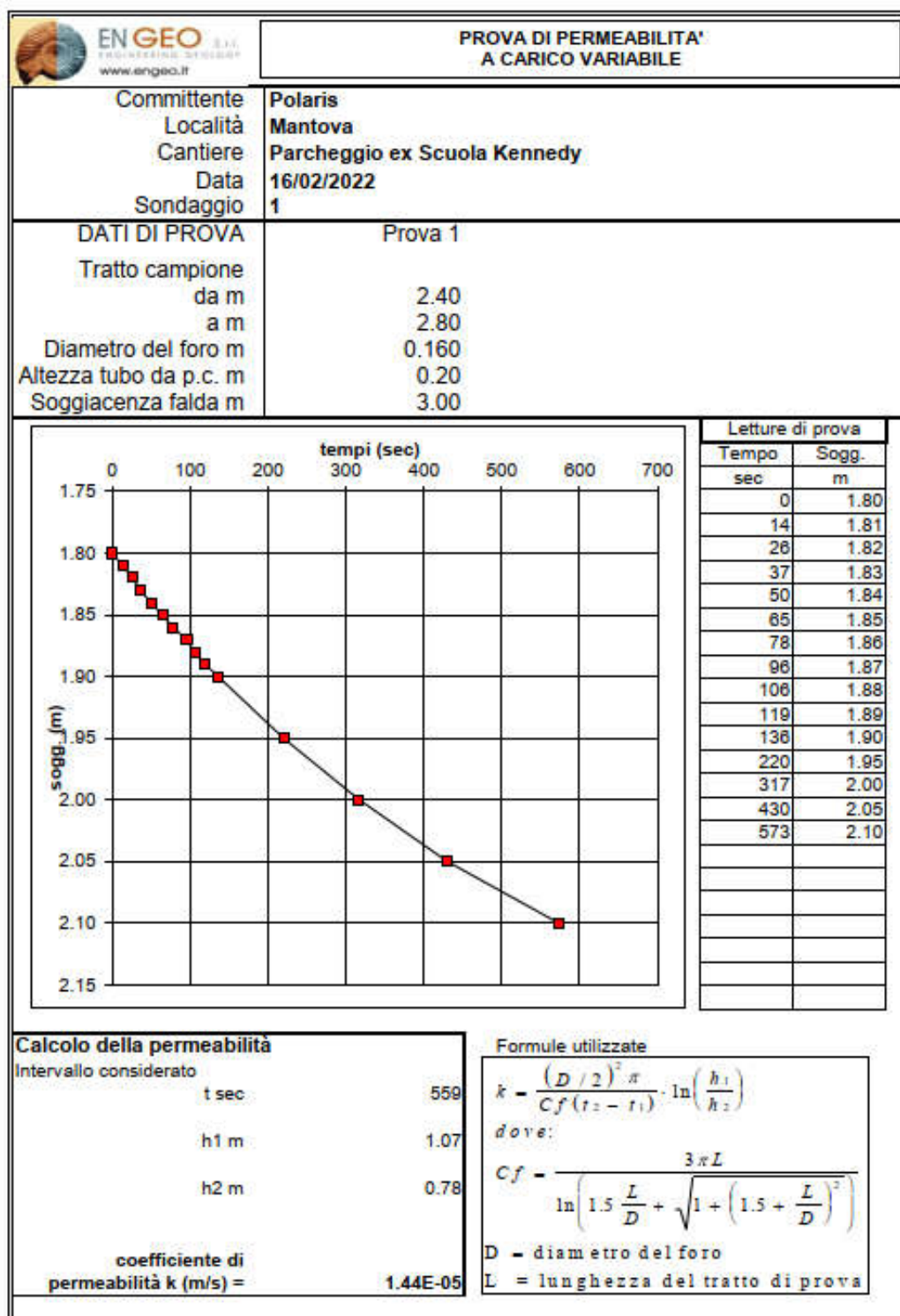


Figura 5 – Prova di permeabilità in situ

R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA EMISSIONE OTTOBRE 2024	AGGIORNAMENTO NOVEMBRE 2024	FOGLIO 9
CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA Geol. Carlo Caleffi	CONSULENTE ACUSTICA Dott. Alberto Manganiello	CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA Dott. Gianluca Vicini	CONSULENTE DEL PAESAGGIO Arch. Matteo Polesi - Arch. Camilla Pozzani
COMMITTENTE IMPRENDI s.r.l.	ISOLINA VALLE	STUDIO L.O.A. ARCH. ALFREDO PASQUETTO	ENGE s.r.l. – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



## 2.1 Considerazioni sulle soluzioni adottabili

Considerato:

- che il R.R. 7/2017 stabilisce il seguente ordine decrescente di priorità per lo smaltimento delle acque pluviali (Art. 5, comma 3):
  - a. *mediante il riuso dei volumi stoccati, in funzione dei vincoli di qualità e delle effettive possibilità, quali innaffiamento di giardini, acque grigie e lavaggio di pavimentazioni e auto;*
  - b. *mediante infiltrazione nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo, compatibilmente con le caratteristiche pedologiche del suolo e idrogeologiche del sottosuolo;*
  - c. *scarico in corpo idrico superficiale naturale o artificiale, con i limiti di portata di cui all'articolo 8;*
  - d. *scarico in fognatura, con i limiti di portata di cui all'articolo 8.*
- che il riuso dei volumi stoccati non è realizzabile nell'area oggetto di studio;
- che sussistono condizioni idrogeologiche che consentono l'infiltrazione del sottosuolo;

**si ritiene che la soluzione più idonea sia costituita dalla infiltrazione nel sottosuolo.**

<b>R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA EMISSIONE</b> OTTOBRE 2024	<b>AGGIORNAMENTO</b> NOVEMBRE 2024	<b>FOGLIO</b> 10
<b>CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA</b> Geol. Carlo Caleffi	<b>CONSULENTE ACUSTICA</b> Dott. Alberto Manganiello	<b>CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA</b> Dott. Gianluca Vicini	<b>CONSULENTE DEL PAESAGGIO</b> Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
<b>COMMITTENTE</b> IMPRENDI s.r.l.	<b>ISOLINA VALLE</b>	<b>STUDIO L.O.A.</b> <b>ARCH. ALFREDO PASQUETTO</b>	<b>ENGE s.r.l.</b> – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



### 3 Invarianza idrologica e idraulica

Il presente capitolo è relativo alle verifiche del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica, condotte conformemente al R.R. 7/2017 di Regione Lombardia come integrato e modificato dal R.R. 8/2019 e normative correlate e la soluzione progettuale adottata.

Le verifiche sono state effettuate mediante il programma “EC737 Invarianza idraulica e idrologica” v. 02.23.01 della Edilclima.

#### 3.1 Descrizione dell’area

Ai sensi del RR il Comune di Mantova è inserito tra i Comuni a media criticità (B) con portata limite di scarico  $u_{lim} = 20$  l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell’intervento (Figura 6). Tuttavia, considerato che l’intervento ricade in un’area inserita nel PGT comunale come piano attuativo previsto nel Piano delle Regole è obbligatorio, ai sensi del R.R. 7/2017 applicare i limiti delle aree A ad alta criticità con portata limite di scarico  $u_{lim} = 10$  l/s per ettaro di superficie scolante.

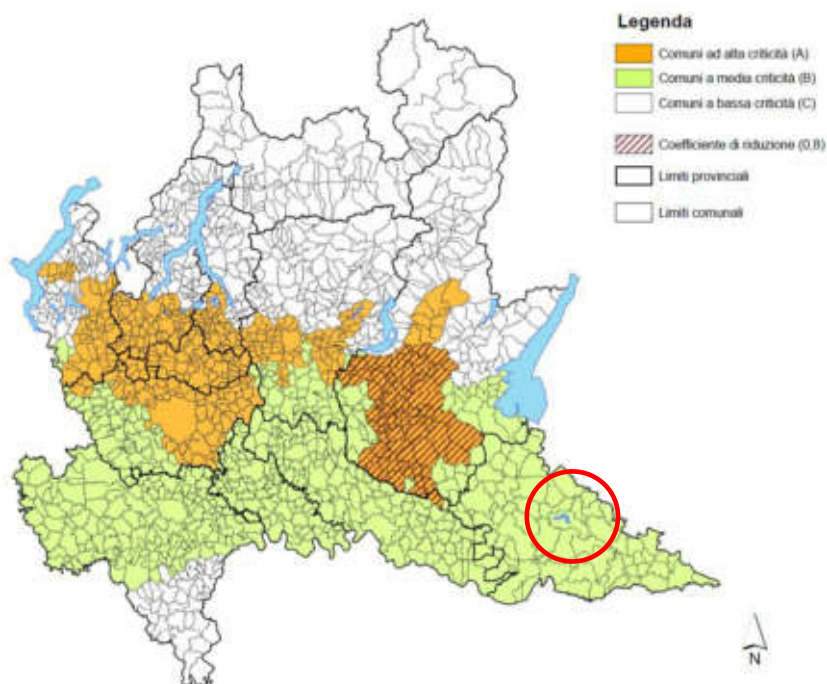


Figura 6 – Cartografia degli ambiti a diversa criticità idraulica

L’area di intervento complessiva e le relative superfici sono riportate Tab. 1 e in Figura 7. La superficie complessiva risulta di 48.167 m<sup>2</sup> con un coefficiente di afflusso medio ponderale = 0.7337.

<b>R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA EMISSIONE</b> OTTOBRE 2024	<b>AGGIORNAMENTO</b> NOVEMBRE 2024	<b>FOGLIO</b> 11
<b>CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA</b> Geol. Carlo Caleffi	<b>CONSULENTE ACUSTICA</b> Dott. Alberto Manganiello	<b>CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA</b> Dott. Gianluca Vicini	<b>CONSULENTE DEL PAESAGGIO</b> Arch. Matteo Polesi - Arch. Camilla Pozzani
<b>COMMITTENTE</b> IMPRENDI s.r.l.	<b>ISOLINA VALLE</b>	<b>STUDIO L.O.A.</b> <b>ARCH. ALFREDO PASQUETTO</b>	<b>ENGE s.r.l.</b> – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



Definizione aree				
Descrizione		Tipo area		Superficie [m <sup>2</sup> ]
Edifici e strade		Area impermeabile		23.112
Parcheggi		Area semi-impermeabile		9.268
Aree verdi		Area permeabile		15.787
Sup. totale intervento	48.167	m <sup>2</sup>	Coeff. afflusso medio ponderale $\phi_m$	
				0.7128

Tab. 1 – Caratteristiche dell'area



Figura 7 - Caratterizzazione delle superfici di intervento

Per una migliore comprensione della suddivisione delle diverse superfici è stata redatta la Tav. R.5.1 (di cui in Figura 7 è riportato uno stralcio), in cui vengono riportate tutte le superfici impermeabili, semipermeabili e permeabili suddivise per lotti con le relative misure.

La suddivisione in lotti risponde anche alla necessità di fornire soluzioni progettuali distinte in relazione alle future proprietà pubbliche e private ed alla ipotesi di successione della realizzazione dei diversi interventi.

Nella seguente tabella viene esposta la suddivisione delle superfici nei diversi lotti.

R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA EMISSIONE OTTOBRE 2024	AGGIORNAMENTO NOVEMBRE 2024	FOGLIO 12
CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA Geol. Carlo Caleffi	CONSULENTE ACUSTICA Dott. Alberto Manganiello	CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA Dott. Gianluca Vicini	CONSULENTE DEL PAESAGGIO Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
COMMITTENTE IMPRENDIO s.r.l.	ISOLINA VALLE	STUDIO L.O.A. ARCH. ALFREDO PASQUETTO	ENGE0 s.r.l. – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



	Superfici (mq)		
	Impermeabili	Semipermeabili	Verdi
Lotto 1	6,317	1,677	911
Lotto 2	3,041	1,670	2,254
Lotto 3	2,024	399	1,622
Lotto 4	1,161	409	1,475
Lotto 5	1,371	384	1,510
Lotto 6 strade	771	170	12
Lotto 6 strade	2,042	397	2,908
Aree pubbliche Est	2,611	1,309	830
Aree pubbliche Ovest	3,774	2,853	4,265
TOTALE	23,112	9,268	15,787

Tab. 2 – Superfici suddivise per Lotti

### 3.2 Descrizione della soluzione progettuale di invarianza idraulica e idrologica

Per lo smaltimento delle acque di pioggia il progetto prevede l'utilizzo di tra diverse soluzioni di infiltrazione nel sottosuolo delle acque meteoriche (cfr. Tav. R.5.1 e Tavv 13.c,d):

- trincee drenanti (Figura 8)
- bacini di accumulo e dispersione (vasche Figura 9)
- pozzetti disperdenti (Figura 10)

Per le aree pubbliche (strade e parcheggi) è stato previsto l'utilizzo sia di trincee drenanti che di vasche disperdenti, scelte in relazione alla disponibilità delle superfici. In particolare le vasche sono state utilizzate esclusivamente nel settore nord orientale dell'area, dove sono più ampie le aree verdi.

Per le aree private sono state adottate le trincee per i lotti 1, 2 e 3, interessate da aree commerciali o residenziali intensive. Per i lotti 5 e 6, in cui è prevista la realizzazione di villette, si è scelto di adottare i pozzetti disperdenti, che garantiscono maggiore elasticità di posizionamento.

A tale proposito, mentre le vasche e trincee sono state ubicate sulla planimetria di Tav. R.5.1, si è scelto di non rappresentare i pozzetti disperdenti, la cui ubicazione dipenderà da successive scelte progettuali.

Le diverse opere sono state progettate tenendo conto della quota di progetto dell'intervento (quote di sistemazione finale), garantendo sempre un adeguato franco sulla falda.

<b>R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA EMISSIONE</b> OTTOBRE 2024	<b>AGGIORNAMENTO</b> NOVEMBRE 2024	<b>FOGLIO</b> 13
<b>CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA</b> Geol. Carlo Caleffi	<b>CONSULENTE ACUSTICA</b> Dott. Alberto Manganiello	<b>CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA</b> Dott. Gianluca Vicini	<b>CONSULENTE DEL PAESAGGIO</b> Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
<b>COMMITTENTE</b> IMPRENDI s.r.l.	<b>ISOLINA VALLE</b>	<b>STUDIO L.O.A.</b> <b>ARCH. ALFREDO PASQUETTO</b>	<b>ENGE s.r.l.</b> – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it





COMUNE DI MANTOVA

**VARIANTE AL P.A. 3.6**  
**“STRALCIO NUOVO OSPEDALE”**  
**IN VARIANTE AL PGT**



Figura 9 – Sezione tipo vasche disperdenti

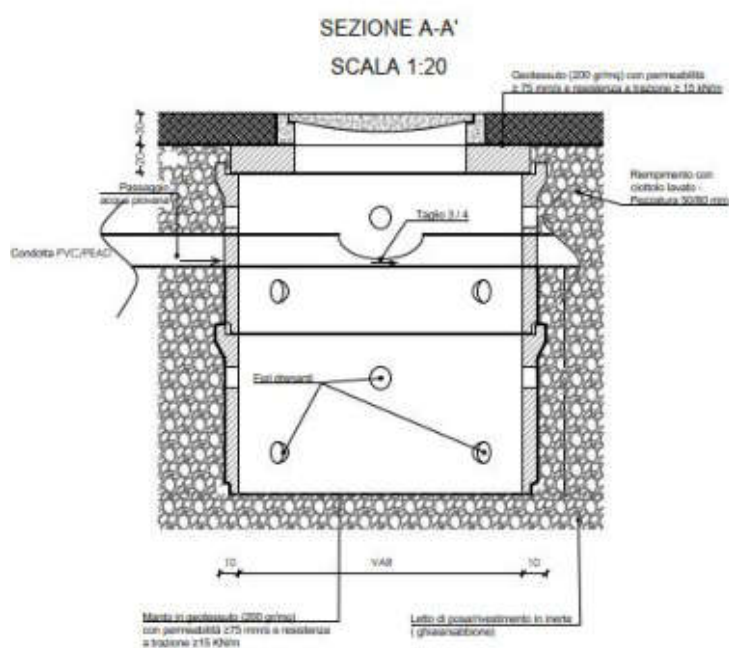


Figura 10 – Sezione tipo pozzi disperdenti

R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA EMISSIONE OTTOBRE 2024	AGGIORNAMENTO NOVEMBRE 2024	FOGLIO 15
CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA Geol. Carlo Caleffi	CONSULENTE ACUSTICA Dott. Alberto Manganiello	CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA Dott. Gianluca Vicini	CONSULENTE DEL PAESAGGIO Arch. Matteo Polesi - Arch. Camilla Pozzani
COMMITTENTE IMPRENDI s.r.l.	ISOLINA VALLE	STUDIO L.O.A. ARCH. ALFREDO PASQUETTO	ENGE s.r.l. – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



Nella stima dei volumi necessari per garantire l'invarianza per le trincee drenanti si è tenuto conto di una porosità (volume dei vuoti sul volume totale) del 50%, garantita da riempimento realizzato con ciottoli lavati con pezzatura 50/80 mm.

### 3.3 Definizione delle piogge di progetto

Al fine di dimensionare e verificare le opere d'invarianza idraulica in progetto devono essere definite preventivamente le precipitazioni di progetto.

A tal fine, per durate di precipitazione superiori ad un'ora, viene applicato il metodo della legge probabilistica GEV (Generalized Extreme Values).

Tale metodo a partire dai parametri di riferimento  $a_1$  ed  $n$  della curva di possibilità pluviometrica, definito il tempo di ritorno  $TR$  dell'evento critico, ricalcola il parametro  $a$  per il caso specifico e calcola l'altezza di pioggia come segue:

$$h = a_1 \cdot w_T \cdot D^n$$

$h$  [mm]: altezza di pioggia

$a_1$  [mm/ora<sup>n</sup>]: coefficiente pluviometrico orario

$D$  [ore]: durata di pioggia

$n$  [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia

$w_T$  [-]: coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno  $TR$  [anni]

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \cdot \left\{ 1 - \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$$

$\varepsilon, \alpha, k$  [-]: parametri della legge probabilistica GEV

Per durate inferiori a un'ora si utilizzano tutti i parametri adottati per le durate superiori ad un'ora, tranne il parametro  $n$  che viene definito in modo specifico per tale durata.

In assenza di dati più precisi spesso, in letteratura tecnica idrologica, viene riportato un valore indicativo pari a  $n = 0,5$ .

I parametri caratteristici delle linee segnalatrici di pioggia sono stati estratti per il territorio regionale dal Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia:

<http://idro.arpalombardia.it/pmapper-4.0/map.phtml>.

Considerato che l'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica contribuisce in modo fondamentale alle misure di prevenzione dell'esondazione dei corsi d'acqua e delle reti di drenaggio urbano, il Regolamento regionale prevede che siano valutate le condizioni locali di rischio di allagamento residuo per eventi di tempo di ritorno alti, quelli cioè che determinano un superamento anche rilevante delle capacità di controllo assicurate dalle strutture fognarie; gli

R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA EMISSIONE OTTOBRE 2024	AGGIORNAMENTO NOVEMBRE 2024	FOGLIO 16
CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA Geol. Carlo Caleffi	CONSULENTE ACUSTICA Dott. Alberto Manganiello	CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA Dott. Gianluca Vicini	CONSULENTE DEL PAESAGGIO Arch. Matteo Polesi - Arch. Camilla Pozzani
COMMITTENTE IMPRENDI s.r.l.	ISOLINA VALLE	STUDIO L.O.A. ARCH. ALFREDO PASQUETTO	ENGE s.r.l. – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



interventi di contenimento e controllo delle acque meteoriche sono conseguentemente dimensionati in modo da rispettare i valori di portata limite di cui all'articolo 8, assumendo i seguenti valori di tempi di ritorno:

- TR = 50 [anni]: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere d'invarianza idraulica e idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani.
- TR = 100 [anni]: tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate; il medesimo tempo di ritorno è adottato anche per il dimensionamento e la verifica delle eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi.

### 3.4 Metodologie di dimensionamento e verifica adottati

#### 3.4.1 Requisiti minimi

Nel caso d'interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale bassa, indipendentemente dalla criticità dell'ambito territoriale in cui ricadono, e nel caso di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti nell'ambito territoriale di bassa criticità, il requisito minimo da soddisfare consiste nella realizzazione di uno o più invasi di laminazione, comunque configurati, dimensionati adottando i seguenti valori parametrici del volume minimo dell'invaso, o del complesso degli invasi, di laminazione:

- Aree A:  $w_{\min} = 800$  [m<sup>3</sup> per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]
- Aree B:  $w_{\min} = 500$  [m<sup>3</sup> per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]
- Aree C:  $w_{\min} = 400$  [m<sup>3</sup> per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]

\* Il valore va moltiplicato per il coefficiente di riduzione di cui alla tabella riportata nell'Allegato C del Regolamento.

Tali volumi sono da adottare anche nel caso d'interventi classificati a impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti negli ambiti territoriali ad alta e media criticità, qualora il volume risultante dai calcoli fosse minore.

Ulteriormente, il progetto prevede di ottemperare ai requisiti di invarianza mediante il solo utilizzo di strutture di infiltrazione, quindi il requisito minimo di cui sopra è ridotto del 30 per cento.

#### 3.4.2 Metodo analitico di dettaglio

La stima delle portate affluenti e dei volumi di laminazione viene effettuata anche mediante il “metodo analitico di dettaglio” ai sensi dell'Art. 11 e dell'allegato G del Regolamento regionale in quanto l'area di intervento presenta superficie superiore a 1 ha.

Il metodo analitico di dettaglio prevede di calcolare in modo analitico la curva della portata entrante nell'accumulo, minuto per minuto, l'altezza idrica nell'invaso e la contestuale portata uscente o infiltrata, per un evento meteorico di fissata durata e tempo di ritorno.

Noto il volume invasato istante per istante, si calcola il relativo valore massimo, che rappresenta il volume minimo che l'accumulo deve possedere al fine di garantire il vincolo di invarianza ed il rispetto della portata scaricata, per detto evento meteorico di fissata durata e tempo di ritorno.

La durata dell'evento meteorico ritenuto critico viene riportato nel report dei calcoli.

<b>R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA EMISSIONE</b> OTTOBRE 2024	<b>AGGIORNAMENTO</b> NOVEMBRE 2024	<b>FOGLIO</b> 17
<b>CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA</b> Geol. Carlo Caleffi	<b>CONSULENTE ACUSTICA</b> Dott. Alberto Manganiello	<b>CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA</b> Dott. Gianluca Vicini	<b>CONSULENTE DEL PAESAGGIO</b> Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
<b>COMMITTENTE</b> IMPRENDO s.r.l.	<b>ISOLINA VALLE</b>	<b>STUDIO L.O.A.</b> <b>ARCH. ALFREDO PASQUETTO</b>	<b>ENGE0 s.r.l.</b> – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



Per quanto attiene alla portata entrante nel serbatoio essa viene calcolata, mediante il modello cinematico, come somma delle portate generate dalle singole aree.

L'applicazione della procedura dettagliata prevede l'implementazione dei seguenti passaggi:

- calcolo ietogramma di pioggia di progetto lorda mediante lo ietogramma Chicago;
- depurazione delle piogge e calcolo dello ietogramma netto;
- calcolo dell'idrogramma in ingresso all'accumulo come somma degli idrogrammi generati dalla singola area;
- calcolo del bilancio del serbatoio e del battente idrico al suo interno minuto per minuto;
- calcolo del volume invasato e dell'idrogramma in uscita dall'invaso;
- calcolo del volume minimo di laminazione come valore massimo del volume invasato.

#### Ietogramma di pioggia di progetto

Per la definizione dell'evento di pioggia di progetto si può utilizzare lo ietogramma Chicago, sviluppato da Keifer e Chu nel 1957 con riferimento alla fognatura di Chicago. Tale ietogramma è caratterizzato da un picco d'intensità massima e da una intensità media per ogni durata, anche parziale, uguale a quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica. Analiticamente lo ietogramma Chicago è descritto da due equazioni, rispettivamente riferite al ramo crescente prima del picco e al successivo ramo decrescente dopo il picco.

Il calcolo dell'altezza di precipitazione  $h$  [mm], in funzione del tempo  $t$  [ore], viene calcolato con le seguenti.

$$h(t) = r \cdot a \left[ \left( \frac{t_r}{r} \right)^n - \left( \frac{t_r - t}{r} \right)^n \right] \quad \text{per } t \leq t_r$$
$$h(t) = r \cdot a \cdot \left( \frac{t_r}{r} \right)^n + a \cdot (1 - r) \cdot \left( \frac{t - t_r}{1 - r} \right)^n \quad \text{per } t_r < t \leq t_p$$

Per durate superiori alla durata della precipitazione  $t_p$  esso rimane costante.

$h$  [mm]: altezza di precipitazione

$a$  [mm/ora<sup>n</sup>]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

$n$  [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia

$r$  [-]: coefficiente di posizione del picco di precipitazione rispetto alla durata della pioggia

$t$  [ore]: generico istante di calcolo

$t_p$  [ore]: durata della precipitazione

$t_r$  [ore]: tempo del picco di precipitazione pari a  $t_p \cdot r$

I parametri  $a$  ed  $n$  adottati sono quelli che fanno riferimento alla durata della precipitazione di progetto.

R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA EMISSIONE OTTOBRE 2024	AGGIORNAMENTO NOVEMBRE 2024	FOGLIO 18
CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA Geol. Carlo Caleffi	CONSULENTE ACUSTICA Dott. Alberto Manganiello	CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA Dott. Gianluca Vicini	CONSULENTE DEL PAESAGGIO Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
COMMITTENTE IMPRENDI S.r.l.	ISOLINA VALLE	STUDIO L.O.A. ARCH. ALFREDO PASQUETTO	ENGE S.r.l. – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@enge.it



Il range di applicazione del coefficiente di posizione risulta  $0 \leq r \leq 1$ . La sua posizione all'interno della durata complessiva  $\theta$  dell'evento può essere scelta sulla base di indagini statistiche relative alla zona in esame, oppure in mancanza di informazioni si può porre  $r=0,4$  valore medio che risulta dagli studi in materia riportati in letteratura.

Sulla base di tali formule l'intensità di precipitazione  $i$  [mm/h], al generico istante  $t$  [ore], viene calcolato con la seguente.

$$i(t) = \frac{h(t) - h(t - \Delta t)}{\Delta t}$$

$i$  [mm/ora]: intensità di precipitazione

$\Delta t$  [ore]: passo di calcolo dell'intensità di precipitazione posto pari a 1 min.

### Ietogramma di pioggia netto

Lo ietogramma di pioggia netto viene calcolato mediante il metodo percentuale, esso risulta essere, pertanto, dato dalla seguente formula:

$$i_n(t) = \varphi \cdot i(t)$$

$i_n$  [mm/ora]: intensità di pioggia netta

$i$  [mm/ora]: intensità di pioggia lorda

$\varphi$  [-]: coefficiente di afflusso

### Idrogramma in ingresso all'invaso

L'idrogramma in ingresso all'invaso viene calcolato come somma degli idrogrammi delle singole aree. Nello specifico si adotta il modello cinematico, ipotizzando una curva area tempi lineare.

Il Regolamento Regionale n.7 del 23/11/2017 suggerisce di utilizzare come modello afflussi-deflussi per il calcolo dell'idrogramma in ingresso all'invaso il metodo della corrivazione.

Le equazioni generali di riferimento sono, in forma discretizzata, le seguenti.

$$\begin{cases} q_k = \sum_{j=1}^k p_j \cdot IUH_{k-j+1} \cdot \Delta t \\ p_j = \frac{2,78}{1000} \cdot i_{n,j} \cdot A \\ IUH_{k-j+1} = \frac{1}{A} \cdot \frac{A_{k-j+1}}{\Delta t} \end{cases}$$

$q_k$  [m<sup>3</sup>/s]: portata all'istante di tempo  $t = k \cdot \Delta t$

$p_j$  [m<sup>3</sup>/s]: volume di pioggia netta all'istante di tempo  $t = j \cdot \Delta t$

$i_{n,j}$  [mm/ora]: intensità di pioggia netta all'istante di tempo  $t = j \cdot \Delta t$

$\Delta t$  [ore]: intervallo di tempo considerato, pari ad 1 minuto

$IUH_{k-j+1}$  [-]: idrogramma istantaneo unitario all'istante di tempo  $t = (k - j + 1) \cdot \Delta t$

R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA EMISSIONE OTTOBRE 2024	AGGIORNAMENTO NOVEMBRE 2024	FOGLIO 19
CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA Geol. Carlo Caleffi	CONSULENTE ACUSTICA Dott. Alberto Manganiello	CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA Dott. Gianluca Vicini	CONSULENTE DEL PAESAGGIO Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
COMMITTENTE IMPRENDI S.r.l.	ISOLINA VALLE	STUDIO L.O.A. ARCH. ALFREDO PASQUETTO	ENGEO S.r.l. – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



$A_{k-j+1} [ha]$ : porzione di bacino alla sezione di chiusura all'istante di tempo  $t = (k - j + 1) \cdot \Delta t$

$A [ha]$ : area totale dell'intervento

In mancanza d'indicazioni specifiche, si consideri la curva aree-tempi lineare, caso particolare per cui l'idrogramma istantaneo unitario (IUH) risulta costante nel tempo e pari:

$$IUH_{k-j+1} = \frac{1}{t_c}$$

$t_c [ore]$ : tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione  $t_c$ , nelle reti di drenaggio urbano può essere calcolato come:

$$t_c = t_e + \frac{t_r}{1,5}$$

$t_e [ore]$ : tempo di entrata in rete

$t_r [ore]$ : tempo di rete del percorso idraulicamente più lungo a monte della sezione di calcolo

1,5: coefficiente di taratura

Il tempo di rete  $t_r$  si può calcolare come, il valore massimo di percorrenza di tutti i percorsi possibili:

$$t_r = \max_j \left\{ \sum_l \frac{L_{i,j}}{V_{r,i,j}} \right\}$$

$j [-]$ : j-esimo percorso possibile lungo la rete fino alla sezione di calcolo considerata

$i [-]$ : i-esimo ramo lungo il j-esimo percorso

$L_{ij} [m]$ : lunghezza dell'i-esimo ramo lungo il j-esimo percorso

$V_{rij} [m/s]$ : velocità a pieno riempimento dell'i-esimo ramo lungo il j-esimo percorso

La velocità a pieno riempimento  $V_r$  si può calcolare utilizzando l'equazione di Chezy-Strickler:

$$V_r = k_s \cdot R^{2/3} \cdot \sqrt{i}$$

$R [m]$ : raggio idraulico, che per condotte circolari risulta pari a:  $R = D/4$

$D [m]$ : diametro interno della condotta

$i [-]$ : pendenza della condotta

$k_s [m^{1/3}/s]$ : coefficiente di scabrezza della condotta di Strikler

Per piccole superfici, quali tetti e cortili interni, il tempo di corrivazione è generalmente molto piccolo e può essere assunto pari al tempo di ingresso in rete, per cui in assenza di dati specifici relativi al caso in esame, possono essere presi a riferimento i valori in tabella seguente.

Per il presente studio si è adottato il valore cautelativo  $t_e=6$

Tipi di bacini			$t_e [min]$
R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA EMISSIONE OTTOBRE 2024	AGGIORNAMENTO NOVEMBRE 2024	FOGLIO 20
CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA Geol. Carlo Caleffi	CONSULENTE ACUSTICA Dott. Alberto Manganiello	CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA Dott. Gianluca Vicini	CONSULENTE DEL PAESAGGIO Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
COMMITTENTE IMPRENDIO s.r.l.	ISOLINA VALLE	STUDIO L.O.A. ARCH. ALFREDO PASQUETTO	ENGEO s.r.l. – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



Centri urbani intensivi con tetti collegati direttamente alle canalizzazioni e con frequenti caditoie stradali	5 ÷ 7
Centri commerciali con pendenze modeste e caditoie meno frequenti	7 ÷ 10
Aree residenziali di tipo intensivo con piccole pendenze e caditoie poco frequenti	10 ÷ 15

Tab. 3 - Valori proposti in letteratura per la stima del tempo di entrata in rete

Il tempo di base dell'idrogramma di piena  $t_b$  si calcola come  $t_b = \vartheta + t_c$ , dove  $\vartheta$  è la durata della precipitazione.

### Calcolo portata infiltrata

La portata infiltrata viene calcolata adottando la formula di Darcy.

$$Q_{inf} = K_{calc} \cdot i \cdot A_f$$

$Q_{inf}$  [ $m^3/s$ ]: portata infiltrata

$K_{calc}$  [ $m/s$ ]: coefficiente di permeabilità di calcolo del terreno a lungo termine

$i$  [ $m/m$ ]: gradiente idraulico

$A_f$  [ $m^2$ ]: superficie d'infiltrazione di calcolo

Nel calcolo del processo di infiltrazione vengono adottati i seguenti valori cautelativi

- Permeabilità più bassa tra quelle verificate in situ e di laboratorio;
- Gradiente idraulico inferiore a  $\frac{1}{2}$  dell'altezza massima della trincea;
- Superficie di infiltrazione pari alla sola superficie di base della trincea.

## 3.5 Portate massime scaricabili

Ai sensi delle normative applicabili non è previsto nessun vincolo sul valore della portata scaricabile poiché non viene scaricata alcuna portata in corpi idrici ricettori.

## 3.6 Tempo di svuotamento

Il tempo di svuotamento  $T_{sv}$  [s] viene calcolato con la seguente formula

$$T_{sv} = \frac{W}{Q_{inf}}$$

$W$  [ $m^3$ ]: volume invasato massimo

$Q_{inf}$  [ $m^3/s$ ]: portata infiltrata

Il tempo di svuotamento dell'invaso non deve superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile.

<b>R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA EMISSIONE</b> OTTOBRE 2024	<b>AGGIORNAMENTO</b> NOVEMBRE 2024	<b>FOGLIO</b> 21
<b>CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA</b> Geol. Carlo Caleffi	<b>CONSULENTE ACUSTICA</b> Dott. Alberto Manganiello	<b>CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA</b> Dott. Gianluca Vicini	<b>CONSULENTE DEL PAESAGGIO</b> Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
<b>COMMITTENTE</b> IMPRENDI s.r.l.	<b>ISOLINA VALLE</b>	<b>STUDIO L.O.A.</b> <b>ARCH. ALFREDO PASQUETTO</b>	<b>ENGEO s.r.l.</b> – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



## 4 Risultati del dimensionamento e delle verifiche

Si riportano di seguito i risultati delle verifiche che giustificano l'utilizzo dei sistemi di drenaggio per il rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica.

Di seguito viene presentato il calcolo per l'intero Piano Attuativo, considerato come unitario sia in termini di precipitazioni che di smaltimento.

In realtà le verifiche sono state ripetute anche per i singoli lotti tenendo conto delle diverse soluzioni adottate. Nella seguente tabella si riporta l'articolazione dei lotti con le diverse soluzioni adottate che garantiscono complessivamente l'invarianza idrologica e idraulica. Le soluzioni indicate sono individuate planimetricamente in Tav. R.5.1 – Invarianza idrologica e idraulica – drenaggio delle aree impermeabili alla scala 1:1.000.

	Superfici (mq)			Volume invaso richiesto (mc)		Altezza utile (m)	Superficie drenante richiesta (mq)	Soluzione		
	Imperm.	Semiperm.	Verdi	Vasca	Trincea			Codice	Sup. (mq)	Tot (mq)
<b>Lotto 1</b>	6,317	1,677	911		870	1.60	544	1A Trincea	305	552
								1B Trincea	122	
								1C Trincea	125	
<b>Lotto 2</b>	3,041	1,670	2,254		548	1.15	477	2A Trincea	200	484
								2B Trincea	142	
								2C Trincea	142	
<b>Lotto 3</b>	2,024	399	1,622		312	1.15	271	3A Trincea	280	280
<b>Lotto 4</b>	1,161	409	1,475	106		1.10	96	Pozzetti 1.50x1.50	N° 44	99
<b>Lotto 5</b>	1,371	384	1,510	118		1.10	107	Pozzetti 1.50x1.50	N° 48	108
<b>Lotto 6 strade</b>	771	170	12		98	1.05	93	6 Strade	96	96
<b>Lotto 6 strade</b>	2,042	397	2,908		356	1.25	285	Pozzetti 1.50x1.50	n° 127	286
<b>Aree pubbliche Est</b>	2,611	1,309	830	211		1.60	132	P-Est	180	180
<b>Aree pubbliche Ovest</b>	3,774	2,853	4,265		786	1.10	715	P-Ovest 1	218	719
								P-Ovest 2	159	
								P-Ovest 3	200	
								P-Ovest 4	142	

Tab. 4 – Superfici ed interventi suddivisi per lotti

R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA EMISSIONE OTTOBRE 2024	AGGIORNAMENTO NOVEMBRE 2024	FOGLIO 22
CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA Geol. Carlo Caleffi	CONSULENTE ACUSTICA Dott. Alberto Manganiello	CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA Dott. Gianluca Vicini	CONSULENTE DEL PAESAGGIO Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
COMMITTENTE IMPRENDO s.r.l.	ISOLINA VALLE	STUDIO L.O.A. ARCH. ALFREDO PASQUETTO	ENGE0 s.r.l. – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



COMUNE DI MANTOVA

**VARIANTE AL P.A. 3.6**  
**“STRALCIO NUOVO OSPEDALE”**  
**IN VARIANTE AL PGT**

#### 4.1 Dimensionamento del sistema di invarianza (Tr 50 anni)

##### 4.1.1 Caratteristiche generali

Comune di Mantova

Provincia Mantova

Livello di criticità Area B - criticità media

**Metodi di calcolo adottati**

Metodo analitico di dettaglio

**Portata massima scaricabile**

Portata massima scaricabile

10.00

 $l/(s \cdot ha_{imp})$ 

Origine del vincolo di portata: R.R. n° 7 del 23/11/2017.

**Definizione aree**

Descrizione	Tipo area	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Coeff. Afflusso $\phi$
Edifici e strade	Area impermeabile	23112.0	1.00
Parcheggi	Area semi-impermeabile	9268.0	0.70
Aree verdi	Area permeabile	15787.0	0.30

Sup. totale intervento

48.167

m<sup>2</sup>Coeff. afflusso medio ponderale  $\phi_m$ 

0.7128

##### 4.1.2 Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

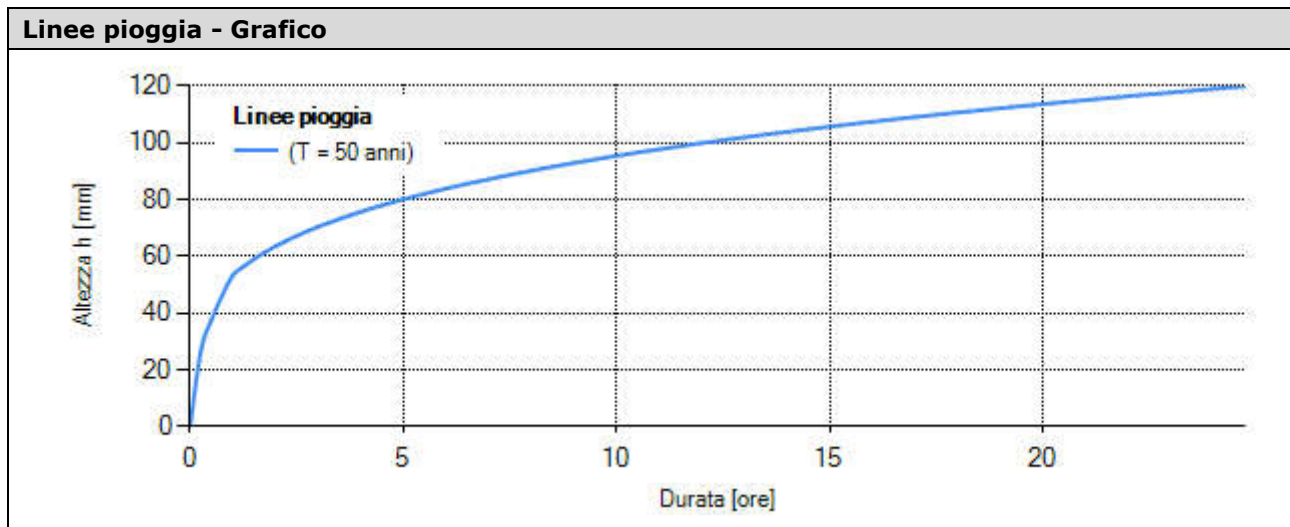
**Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica**

Coefficiente pluviometrico orario	$a_1$	26.53	mm/h <sup>n</sup>
Coefficiente di scala	$n$	0.2524	-
GEV - Parametro alfa	$\alpha$	0.2706	-
GEV - Parametro kappa	$k$	-0.0569	-
GEV - Parametro epsilon	$\epsilon$	0.8275	-
Coefficiente di scala (durata < 1 ora)	$n_1$	0.5000	-

<b>R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA EMISSIONE</b> OTTOBRE 2024	<b>AGGIORNAMENTO</b> NOVEMBRE 2024	<b>FOGLIO</b> 23
<b>CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA</b> Geol. Carlo Caleffi	<b>CONSULENTE ACUSTICA</b> Dott. Alberto Manganiello	<b>CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA</b> Dott. Gianluca Vicini	<b>CONSULENTE DEL PAESAGGIO</b> Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
<b>COMMITTENTE</b> IMPRENDI s.r.l.	<b>ISOLINA VALLE</b>	<b>STUDIO L.O.A.</b> <b>ARCH. ALFREDO PASQUETTO</b>	<b>ENGE s.r.l.</b> – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



Scelta tempo di ritorno			
Dimensionamento delle opere di invarianza idraulica ed idrologica			
Tempo di ritorno adottato		50	anni
Coefficiente probabilistico	$w_T$	2.010	-
Parametro pioggia	$a$	53.319	mm/h <sup>n</sup>



Linee pioggia - Risultati tabellari	
Durata[ore]	(T= 50 anni)h [mm]
0	0.00
1	53.32
2	63.51
3	70.36
4	75.66
5	80.04
6	83.81
7	87.13
8	90.12
9	92.84
10	95.34
11	97.66
12	99.83
13	101.87
14	103.79
15	105.62
16	107.35
17	109.00
18	110.59
19	112.11
20	113.57
21	114.98

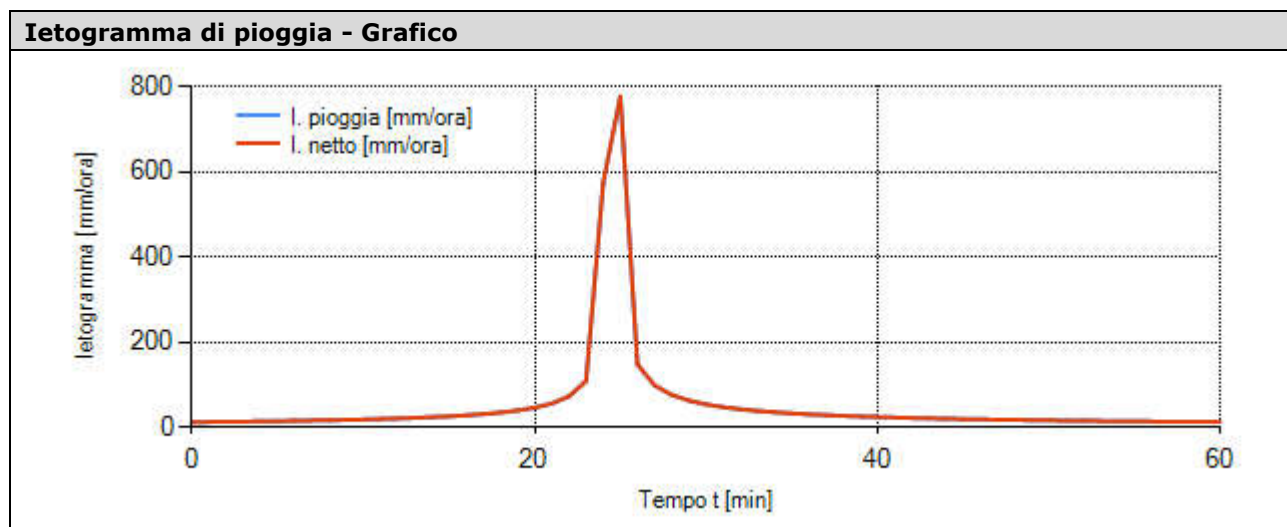
R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA EMISSIONE OTTOBRE 2024	AGGIORNAMENTO NOVEMBRE 2024	FOGLIO 24
CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA Geol. Carlo Caleffi	CONSULENTE ACUSTICA Dott. Alberto Manganiello	CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA Dott. Gianluca Vicini	CONSULENTE DEL PAESAGGIO Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
COMMITTENTE IMPRENDO s.r.l.	ISOLINA VALLE	STUDIO L.O.A. ARCH. ALFREDO PASQUETTO	ENGEO s.r.l. – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



22	116.33
23	117.65
24	118.92

#### 4.1.3 Ietogramma di pioggia

Definizione ietogramma di pioggia - Edifici e strade		
Durata pioggia di progetto ( $\theta$ )	1.00	ore
Coefficiente di posizione ( $r$ )	0.40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale	



Ietogramma di pioggia - Risultati tabellari		
Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	13.25	13.25
5	15.72	15.72
10	19.62	19.62
12	21.92	21.92
13	23.34	23.34
14	24.98	24.98
15	26.92	26.92
16	29.26	29.26
17	32.14	32.14
18	35.78	35.78
19	40.56	40.56
20	47.17	47.17
21	57.02	57.02
22	73.65	73.65
23	109.69	109.69
24	573.75	573.75
25	776.91	776.91

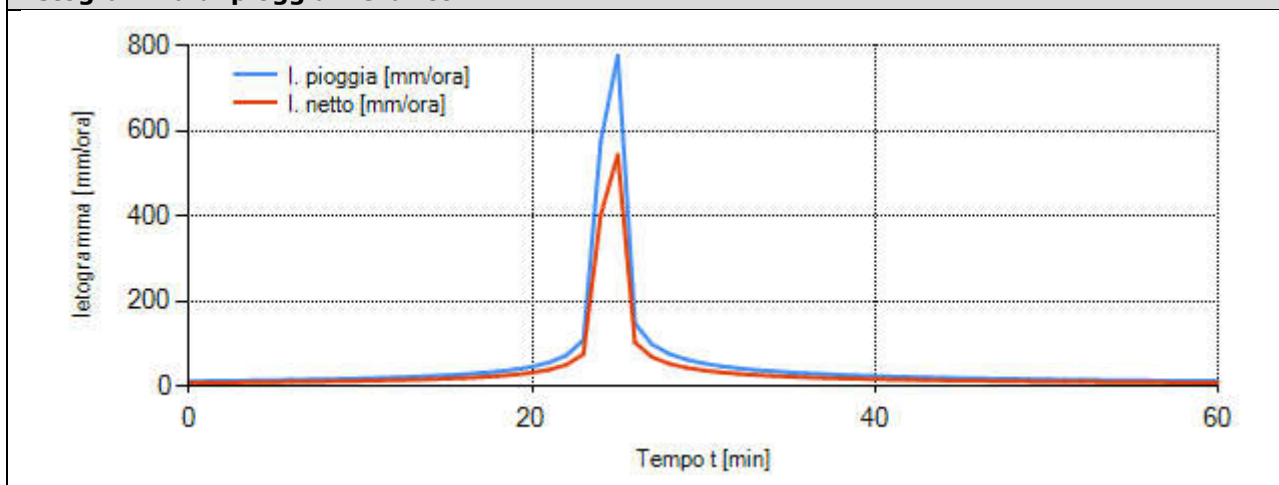
R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA EMISSIONE OTTOBRE 2024	AGGIORNAMENTO NOVEMBRE 2024	FOGLIO 25
CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA Geol. Carlo Caleffi	CONSULENTE ACUSTICA Dott. Alberto Manganiello	CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA Dott. Gianluca Vicini	CONSULENTE DEL PAESAGGIO Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
COMMITTENTE IMPRENDO s.r.l.	ISOLINA VALLE	STUDIO L.O.A. ARCH. ALFREDO PASQUETTO	ENGE s.r.l. – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



26	148.54	148.54
27	99.73	99.73
28	77.21	77.21
29	63.87	63.87
30	54.92	54.92
31	48.45	48.45
32	43.52	43.52
33	39.62	39.62
34	36.46	36.46
35	33.82	33.82
36	31.60	31.60
37	29.69	29.69
38	28.03	28.03
39	26.57	26.57
40	25.27	25.27
41	24.12	24.12
42	23.08	23.08
43	22.14	22.14
44	21.29	21.29
45	20.50	20.50
46	19.79	19.79
47	19.13	19.13
48	18.51	18.51
50	17.42	17.42
55	15.23	15.23
60	13.60	13.60

**Definizione ietogramma di pioggia - Parcheggio**

Durata pioggia di progetto ( $\theta$ )	1.00	ore
Coefficiente di posizione ( $r$ )	0.40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale	

**Ietogramma di pioggia - Grafico**

<b>R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA EMISSIONE</b> OTTOBRE 2024	<b>AGGIORNAMENTO</b> NOVEMBRE 2024	<b>FOGLIO</b> 26
<b>CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA</b> Geol. Carlo Caleffi	<b>CONSULENTE ACUSTICA</b> Dott. Alberto Manganiello	<b>CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA</b> Dott. Gianluca Vicini	<b>CONSULENTE DEL PAESAGGIO</b> Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
<b>COMMITTENTE</b> IMPRENDI s.r.l.	<b>ISOLINA VALLE</b>	<b>STUDIO L.O.A.</b> ARCH. ALFREDO PASQUETTO	<b>ENGE s.r.l.</b> – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@enge.it

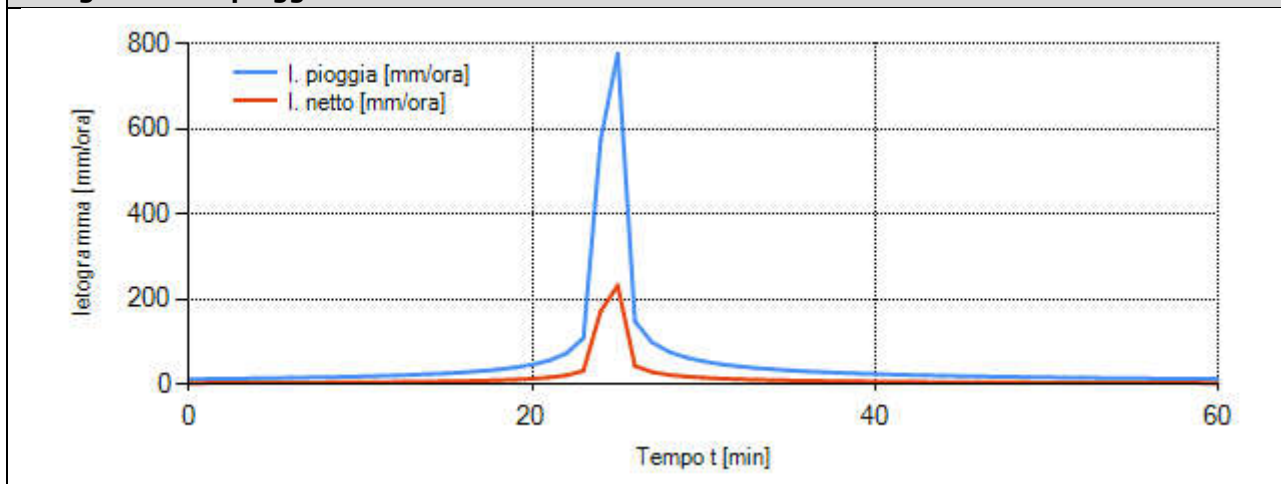


<b>Ietogramma di pioggia - Risultati tabellari</b>		
Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	13.25	9.28
5	15.72	11.00
10	19.62	13.73
12	21.92	15.35
13	23.34	16.33
14	24.98	17.49
15	26.92	18.85
16	29.26	20.48
17	32.14	22.50
18	35.78	25.05
19	40.56	28.39
20	47.17	33.02
21	57.02	39.91
22	73.65	51.55
23	109.69	76.79
24	573.75	401.63
25	776.91	543.84
26	148.54	103.97
27	99.73	69.81
28	77.21	54.05
29	63.87	44.71
30	54.92	38.45
31	48.45	33.91
32	43.52	30.46
33	39.62	27.74
34	36.46	25.52
35	33.82	23.68
36	31.60	22.12
37	29.69	20.78
38	28.03	19.62
39	26.57	18.60
40	25.27	17.69
41	24.12	16.88
42	23.08	16.16
43	22.14	15.50
44	21.29	14.90
45	20.50	14.35
46	19.79	13.85
47	19.13	13.39
48	18.51	12.96
50	17.42	12.19
55	15.23	10.66
60	13.60	9.52

<b>R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA EMISSIONE</b> OTTOBRE 2024	<b>AGGIORNAMENTO</b> NOVEMBRE 2024	<b>FOGLIO</b> 27
<b>CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA</b> Geol. Carlo Caleffi	<b>CONSULENTE ACUSTICA</b> Dott. Alberto Manganiello	<b>CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA</b> Dott. Gianluca Vicini	<b>CONSULENTE DEL PAESAGGIO</b> Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
<b>COMMITTENTE</b> IMPRENDI s.r.l.	<b>ISOLINA VALLE</b>	<b>STUDIO L.O.A.</b> <b>ARCH. ALFREDO PASQUETTO</b>	<b>ENGE s.r.l.</b> – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it

**Definizione ietogramma di pioggia - Aree verdi**

Durata pioggia di progetto ( $\theta$ )	1.00	ore
Coefficiente di posizione ( $r$ )	0.40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale	

**Ietogramma di pioggia - Grafico****Ietogramma di pioggia - Risultati tabellari**

Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	13.25	3.98
5	15.72	4.72
10	19.62	5.89
12	21.92	6.58
13	23.34	7.00
14	24.98	7.49
15	26.92	8.08
16	29.26	8.78
17	32.14	9.64
18	35.78	10.73
19	40.56	12.17
20	47.17	14.15
21	57.02	17.11
22	73.65	22.09
23	109.69	32.91
24	573.75	172.13
25	776.91	233.07
26	148.54	44.56
27	99.73	29.92
28	77.21	23.16
29	63.87	19.16
30	54.92	16.48
31	48.45	14.53
32	43.52	13.06

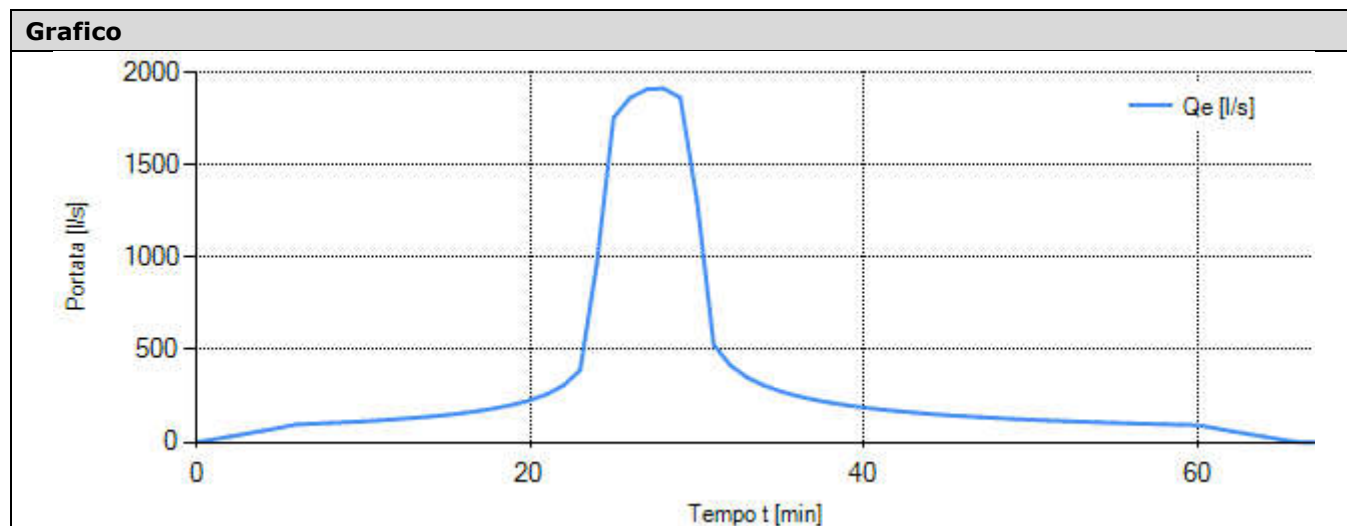
R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA EMISSIONE OTTOBRE 2024	AGGIORNAMENTO NOVEMBRE 2024	FOGLIO 28
CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA Geol. Carlo Caleffi	CONSULENTE ACUSTICA Dott. Alberto Manganiello	CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA Dott. Gianluca Vicini	CONSULENTE DEL PAESAGGIO Arch. Matteo Polesi - Arch. Camilla Pozzani
COMMITTENTE IMPRENDO s.r.l.	ISOLINA VALLE	STUDIO L.O.A. ARCH. ALFREDO PASQUETTO	ENGE0 s.r.l. – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



33	39.62	11.89
34	36.46	10.94
35	33.82	10.15
36	31.60	9.48
37	29.69	8.91
38	28.03	8.41
39	26.57	7.97
40	25.27	7.58
41	24.12	7.24
42	23.08	6.92
43	22.14	6.64
44	21.29	6.39
45	20.50	6.15
46	19.79	5.94
47	19.13	5.74
48	18.51	5.55
50	17.42	5.23
55	15.23	4.57
60	13.60	4.08

**4.1.4 Idrogramma di piena**

Area Edifici e strade			
Tipo area	Area impermeabile		
Superficie	23112.0	m <sup>2</sup>	
Coefficiente di afflusso	$\varphi$	1.00	-
Tempo corrivazione	$t_c$	6	min



Risultati tabellari										
Tempo [min]	0	5	10	12	13	14	15	16	17	18
Portata $Q_e$ [l/s]	0.00	78.45	112.66	123.96	130.70	138.38	147.22	157.54	169.79	184.64

R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA EMISSIONE OTTOBRE 2024	AGGIORNAMENTO NOVEMBRE 2024	FOGLIO 29
CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA Geol. Carlo Caleffi	CONSULENTE ACUSTICA Dott. Alberto Manganiello	CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA Dott. Gianluca Vicini	CONSULENTE DEL PAESAGGIO Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
COMMITTENTE IMPRENDI s.r.l.	ISOLINA VALLE	STUDIO L.O.A. ARCH. ALFREDO PASQUETTO	ENGEO s.r.l. – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



COMUNE DI MANTOVA

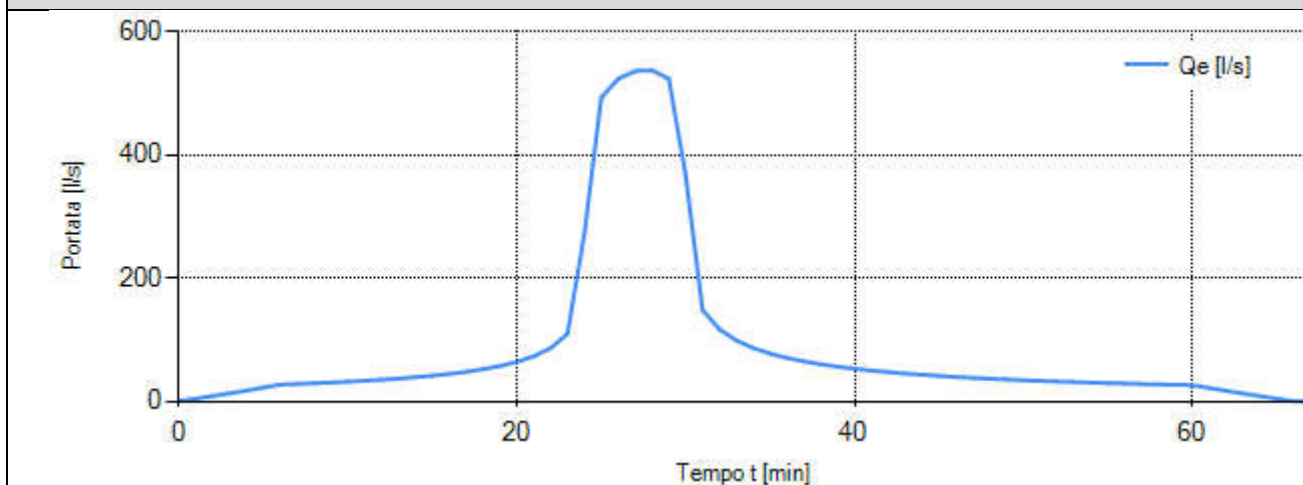
VARIANTE AL P.A. 3.6  
"STRALCIO NUOVO OSPEDALE"  
IN VARIANTE AL PGT

Tempo [min]	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Portata $Q_e$ [l/s]	203.08	226.84	259.07	306.61	389.65	965.74	1754.27	1862.82	1908.55	1912.37
Tempo [min]	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
Portata $Q_e$ [l/s]	1863.30	1307.71	527.63	415.17	350.80	307.16	274.99	250.01	229.92	213.34
Tempo [min]	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Portata $Q_e$ [l/s]	199.36	187.38	176.99	167.87	159.78	152.56	146.06	140.20	134.85	129.96
Tempo [min]	50	55	60	65						
Portata $Q_e$ [l/s]	121.33	104.60	92.44	14.56						

Area Parcheggio

Tipo area	Area semi-impermeabile		
Superficie		9268	m <sup>2</sup>
Coefficiente di afflusso	$\varphi$	0.70	-
Tempo corrivazione	$t_c$	6	min

Grafico



Risultati tabellari

Tempo [min]	0	5	10	12	13	14	15	16	17	18
Portata $Q_e$ [l/s]	0.00	22.02	31.63	34.80	36.69	38.85	41.33	44.23	47.67	51.83
Tempo [min]	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Portata $Q_e$ [l/s]	57.01	63.68	72.72	86.06	109.38	271.09	492.43	522.90	535.74	536.81
Tempo [min]	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
Portata $Q_e$ [l/s]	523.03	367.08	148.11	116.54	98.47	86.22	77.19	70.18	64.54	59.89
Tempo [min]	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48

R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA EMISSIONE OTTOBRE 2024	AGGIORNAMENTO NOVEMBRE 2024	FOGLIO 30
CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA Geol. Carlo Caleffi	CONSULENTE ACUSTICA Dott. Alberto Manganiello	CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA Dott. Gianluca Vicini	CONSULENTE DEL PAESAGGIO Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
COMMITTENTE IMPRENDIO s.r.l.	ISOLINA VALLE	STUDIO L.O.A. ARCH. ALFREDO PASQUETTO	ENGEO s.r.l. – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it

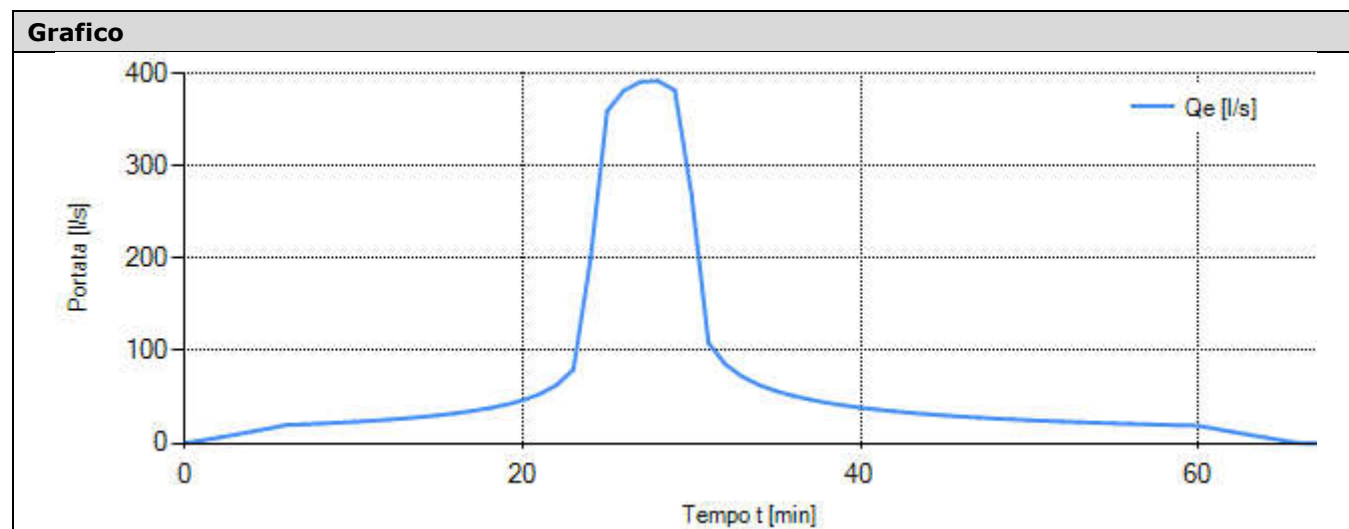


COMUNE DI MANTOVA

VARIANTE AL P.A. 3.6  
"STRALCIO NUOVO OSPEDALE"  
IN VARIANTE AL PGT

Portata $Q_e$ [l/s]	55.96	52.60	49.68	47.12	44.85	42.83	41.00	39.35	37.85	36.48
<b>Tempo [min]</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>60</b>	<b>65</b>						
Portata $Q_e$ [l/s]	34.05	29.36	25.95	4.09						

Area Aree verdi			
Tipo area		Area permeabile	
Superficie		15787.0	m <sup>2</sup>
Coefficiente di afflusso		$\phi$ 0.30	-
Tempo corrivazione		$t_c$ 6	min



Risultati tabellari										
<b>Tempo [min]</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>
Portata $Q_e$ [l/s]	0.00	16.08	23.09	25.40	26.79	28.36	30.17	32.29	34.80	37.83
<b>Tempo [min]</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>
Portata $Q_e$ [l/s]	41.61	46.48	53.09	62.83	79.85	197.90	359.49	381.73	391.10	391.88
<b>Tempo [min]</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>
Portata $Q_e$ [l/s]	381.82	267.97	108.12	85.08	71.89	62.95	56.36	51.24	47.13	43.73
<b>Tempo [min]</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>
Portata $Q_e$ [l/s]	40.86	38.40	36.27	34.40	32.74	31.26	29.93	28.73	27.63	26.63
<b>Tempo [min]</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>60</b>	<b>65</b>						
Portata $Q_e$ [l/s]	24.86	21.45	18.94	2.98						

R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA EMISSIONE OTTOBRE 2024	AGGIORNAMENTO NOVEMBRE 2024	FOGLIO 31
CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA Geol. Carlo Caleffi	CONSULENTE ACUSTICA Dott. Alberto Manganiello	CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA Dott. Gianluca Vicini	CONSULENTE DEL PAESAGGIO Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
COMMITTENTE IMPRENDO s.r.l.	ISOLINA VALLE	STUDIO L.O.A. ARCH. ALFREDO PASQUETTO	ENGEО s.r.l. – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it

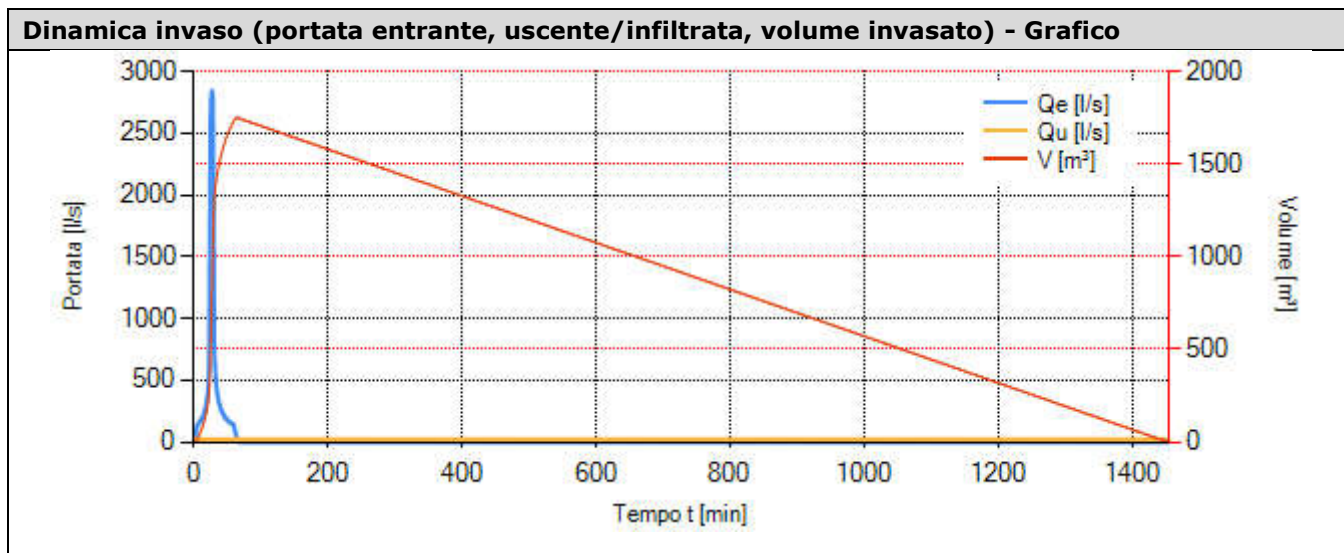


## 4.1.5 Dimensionamento sistema d'invarianza

Metodo dei requisiti minimi			
Volume specifico minimo	$W_0$	560.00	$\text{m}^3/\text{ha}_{\text{imp}}$
Volume invaso minimo	$W_0$	1922.80	$\text{m}^3$
Nota: Requisito minimo ridotto del 30% in quanto si adottano sole strutture d'infiltrazione e non si prevedono scarichi in corpi idrici ricettori.			

Metodo analitico di dettaglio			
Durata critica	$D_W$	1.00	ore
Battente idrico massimo	$H_{\text{max}}$	0.69	m
Volume invaso minimo	$W$	1750.18	$\text{m}^3$
Metodologia: Modello cinematico, mediante integrale di convoluzione, con curva area tempi lineare e ietogramma tipo Chicago.			

## 4.1.6 Calcolo dinamica invaso



Risultati tabellari				
Tempo [min]	Portata entrante $Q_e$ [l/s]	Portata scaricata/infiltrata $Q_u$ [l/s]	Vol. utile invasato $W$ [ $\text{m}^3$ ]	Battente idrico $H$ [m]
0	0.00	0.00	0.00	0.00
5	116.55	21.03	11.32	0.00
10	167.38	21.03	49.80	0.02
12	184.17	21.03	68.34	0.02
13	194.17	21.03	78.43	0.03
14	205.58	21.03	89.16	0.03
15	218.72	21.03	100.63	0.04
16	234.06	21.03	112.95	0.04

R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA EMISSIONE OTTOBRE 2024	AGGIORNAMENTO NOVEMBRE 2024	FOGLIO 32
CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA Geol. Carlo Caleffi	CONSULENTE ACUSTICA Dott. Alberto Manganiello	CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA Dott. Gianluca Vicini	CONSULENTE DEL PAESAGGIO Arch. Matteo Polesi - Arch. Camilla Pozzani
COMMITTENTE IMPRENDI s.r.l.	ISOLINA VALLE	STUDIO L.O.A. ARCH. ALFREDO PASQUETTO	ENGE s.r.l. – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



COMUNE DI MANTOVA

**VARIANTE AL P.A. 3.6**  
**“STRALCIO NUOVO OSPEDALE”**  
**IN VARIANTE AL PGT**

17	252.26	21.03	126.28	0.05
18	274.30	21.03	140.81	0.05
19	301.70	21.03	156.83	0.06
20	337.00	21.03	174.73	0.06
21	384.88	21.03	195.12	0.07
22	455.50	21.03	219.07	0.08
23	578.88	21.03	248.84	0.09
24	1434.73	21.03	307.99	0.11
25	2606.18	21.03	427.95	0.15
26	2767.44	21.03	587.90	0.21
27	2835.39	21.03	754.72	0.27
28	2841.06	21.03	923.76	0.33
29	2768.16	21.03	1090.77	0.39
30	1942.76	21.03	1230.84	0.44
31	783.86	21.03	1311.37	0.47
32	616.79	21.03	1352.13	0.48
33	521.16	21.03	1385.01	0.49
34	456.34	21.03	1413.07	0.50
35	408.54	21.03	1437.76	0.51
36	371.43	21.03	1459.89	0.52
37	341.59	21.03	1480.02	0.53
38	316.95	21.03	1498.52	0.53
39	296.18	21.03	1515.65	0.54
40	278.38	21.03	1531.62	0.55
41	262.94	21.03	1546.60	0.55
42	249.39	21.03	1560.71	0.56
43	237.38	21.03	1574.05	0.56
44	226.65	21.03	1586.71	0.57
45	217.00	21.03	1598.76	0.57
46	208.28	21.03	1610.25	0.57
47	200.34	21.03	1621.25	0.58
48	193.07	21.03	1631.79	0.58
50	180.24	21.03	1651.65	0.59
55	155.41	21.03	1695.48	0.60
60	137.33	21.03	1732.96	0.62
65	21.64	21.03	1750.18	0.62
70	0.00	21.03	1744.52	0.62
75	0.00	21.03	1738.21	0.62
80	0.00	21.03	1731.90	0.62
85	0.00	21.03	1725.59	0.62
90	0.00	21.03	1719.28	0.61
95	0.00	21.03	1712.97	0.61
100	0.00	21.03	1706.66	0.61
105	0.00	21.03	1700.35	0.61
110	0.00	21.03	1694.04	0.60
120	0.00	21.03	1681.43	0.60
150	0.00	21.03	1643.57	0.59
180	0.00	21.03	1605.72	0.57
210	0.00	21.03	1567.86	0.56
240	0.00	21.03	1530.01	0.55
270	0.00	21.03	1492.16	0.53
300	0.00	21.03	1454.30	0.52

<b>R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA EMISSIONE</b> OTTOBRE 2024	<b>AGGIORNAMENTO</b> NOVEMBRE 2024	<b>FOGLIO</b> 33
<b>CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA</b> Geol. Carlo Caleffi	<b>CONSULENTE ACUSTICA</b> Dott. Alberto Manganiello	<b>CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA</b> Dott. Gianluca Vicini	<b>CONSULENTE DEL PAESAGGIO</b> Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
<b>COMMITTENTE</b> IMPRENDI s.r.l.	<b>ISOLINA VALLE</b>	<b>STUDIO L.O.A.</b> <b>ARCH. ALFREDO PASQUETTO</b>	<b>ENGE s.r.l.</b> – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



COMUNE DI MANTOVA

**VARIANTE AL P.A. 3.6**  
**“STRALCIO NUOVO OSPEDALE”**  
**IN VARIANTE AL PGT**

330	0.00	21.03	1416.45	0.51
360	0.00	21.03	1378.59	0.49
390	0.00	21.03	1340.74	0.48
420	0.00	21.03	1302.89	0.46
450	0.00	21.03	1265.03	0.45
480	0.00	21.03	1227.18	0.44
510	0.00	21.03	1189.32	0.42
540	0.00	21.03	1151.47	0.41
570	0.00	21.03	1113.62	0.40
600	0.00	21.03	1075.76	0.38
630	0.00	21.03	1037.91	0.37
660	0.00	21.03	1000.05	0.36
690	0.00	21.03	962.20	0.34
720	0.00	21.03	924.35	0.33
750	0.00	21.03	886.49	0.32
780	0.00	21.03	848.64	0.30
810	0.00	21.03	810.78	0.29
840	0.00	21.03	772.93	0.28
870	0.00	21.03	735.08	0.26
900	0.00	21.03	697.22	0.25
930	0.00	21.03	659.37	0.24
960	0.00	21.03	621.51	0.22
990	0.00	21.03	583.66	0.21
1020	0.00	21.03	545.81	0.19
1050	0.00	21.03	507.95	0.18
1080	0.00	21.03	470.10	0.17
1110	0.00	21.03	432.24	0.15
1140	0.00	21.03	394.39	0.14
1170	0.00	21.03	356.54	0.13
1200	0.00	21.03	318.68	0.11
1230	0.00	21.03	280.83	0.10
1260	0.00	21.03	242.97	0.09
1290	0.00	21.03	205.12	0.07
1320	0.00	21.03	167.27	0.06
1350	0.00	21.03	129.41	0.05
1380	0.00	21.03	91.56	0.03
1410	0.00	21.03	53.70	0.02
1440	0.00	21.03	15.85	0.01
1454	0.00	0.00	0.00	0.00

**4.1.7 Coerenza del dimensionamento**

Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	A <sub>inv</sub>	2804.00	m <sup>2</sup>

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	1.49	≥	0.69	m	Positiva

R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA EMISSIONE OTTOBRE 2024	AGGIORNAMENTO NOVEMBRE 2024	FOGLIO 34
CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA Geol. Carlo Caleffi	CONSULENTE ACUSTICA Dott. Alberto Manganiello	CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA Dott. Gianluca Vicini	CONSULENTE DEL PAESAGGIO Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
COMMITTENTE IMPRENDO s.r.l.	ISOLINA VALLE	STUDIO L.O.A. ARCH. ALFREDO PASQUETTO	ENGE0 s.r.l. – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



Volume utile invaso	W	4177.96	$\geq$	1922.80	m <sup>3</sup>	<b>Positiva</b>
Tempo di svuotamento	T <sub>sv</sub>	25.4	$\leq$	48.0	ore	<b>Positiva</b>
Portata massima scaricata	Q	0.00	$\leq$	34.34	l/s	<b>Positiva</b>

Sistema di scarico			
Tipologia di svuotamento	Infiltrazione a portata costante		
Portata massima scaricabile	Q <sub>u,max</sub>	21.03	l/s
Coeff. permeabilità di calcolo	K <sub>calc</sub>	1.50	m/s * 10 <sup>-5</sup>
Gradiente idraulico	i	0.5	m/s
Area di infiltrazione	A <sub>f</sub>	2.804	m <sup>2</sup>

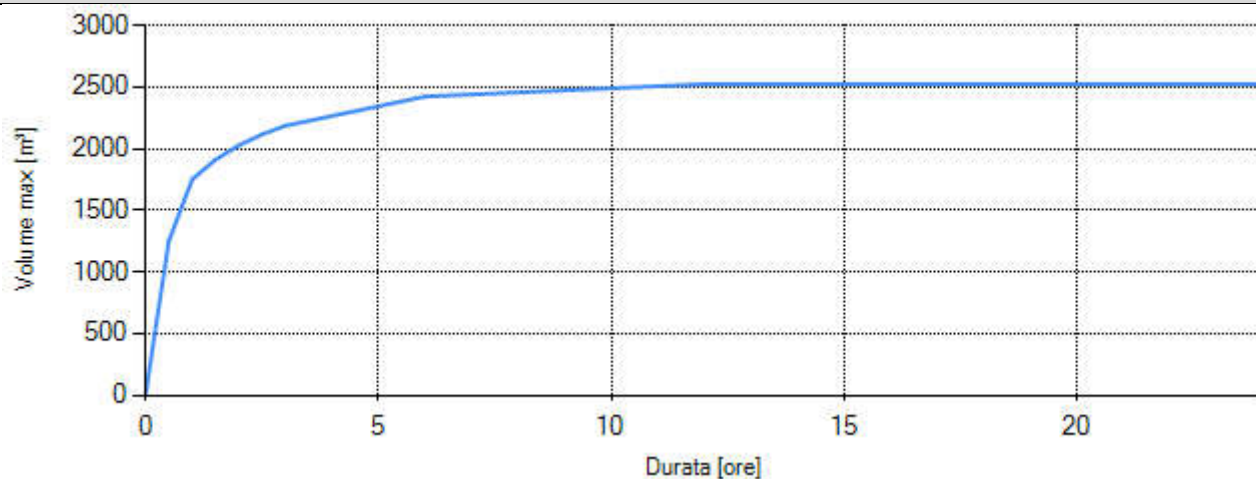
Considerato che il tempo di svuotamento è inferiore alle 48 ore il sistema di progetto garantisce il rispetto del principio di invarianza idrologica e idraulica.

<b>R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA EMISSIONE</b> OTTOBRE 2024	<b>AGGIORNAMENTO</b> NOVEMBRE 2024	<b>FOGLIO</b> 35
<b>CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA</b> Geol. Carlo Caleffi	<b>CONSULENTE ACUSTICA</b> Dott. Alberto Manganiello	<b>CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA</b> Dott. Gianluca Vicini	<b>CONSULENTE DEL PAESAGGIO</b> Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
<b>COMMITTENTE</b> IMPRENDI s.r.l.	<b>ISOLINA VALLE</b>	<b>STUDIO L.O.A.</b> <b>ARCH. ALFREDO PASQUETTO</b>	<b>ENGEO s.r.l.</b> – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



## 4.1.8 Variazione volume massimo invasato

Variazione volume massimo invasato in funzione della durata della pioggia - Grafico



Risultati tabellari	
Durata pioggia [ore]	Volume [m³]
0.0	0.00
0.5	1250.76
1.0	1750.18
1.5	1910.24
2.0	2025.62
2.5	2114.56
3.0	2185.81
6.0	2422.82
12.0	2523.33
24.0	2523.33

R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA EMISSIONE OTTOBRE 2024	AGGIORNAMENTO NOVEMBRE 2024	FOGLIO 36
CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA Geol. Carlo Caleffi	CONSULENTE ACUSTICA Dott. Alberto Manganiello	CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA Dott. Gianluca Vicini	CONSULENTE DEL PAESAGGIO Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
COMMITTENTE IMPRENDIO s.r.l.	ISOLINA VALLE	STUDIO L.O.A. ARCH. ALFREDO PASQUETTO	ENGEO s.r.l. – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it

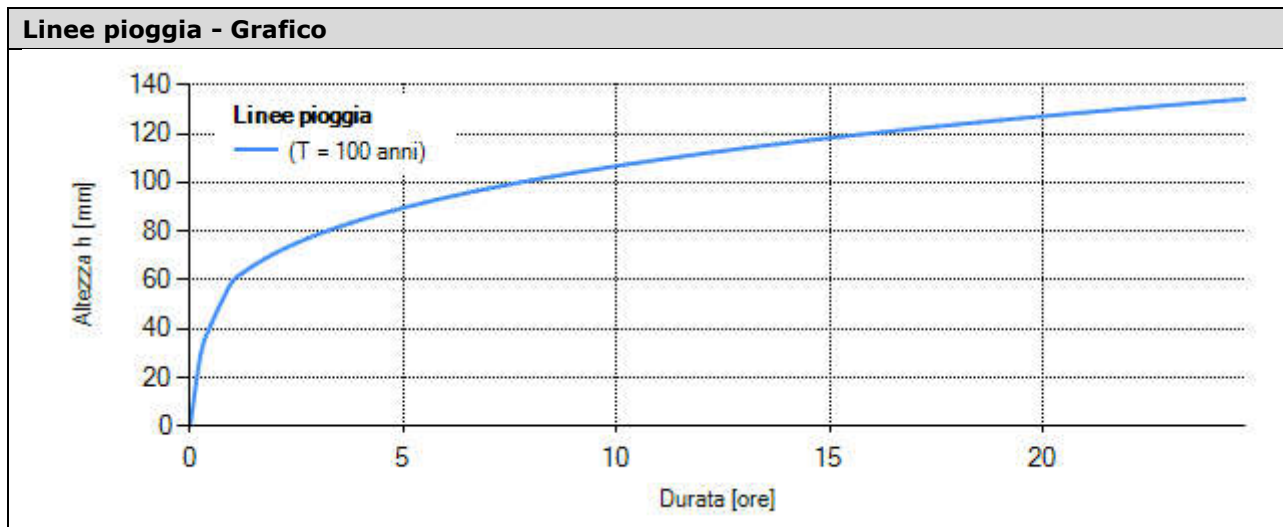


## 4.2 Verifica del sistema di invarianza (Tr 100 anni)

### 4.2.1 Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica			
Coefficiente pluviometrico orario	$a_1$	26.53	mm/h <sup>n</sup>
Coefficiente di scala	$n$	0.2524	-
GEV - Parametro alfa	$\alpha$	0.2706	-
GEV - Parametro kappa	$k$	-0.0569	-
GEV - Parametro epsilon	$\epsilon$	0.8275	-
Coefficiente di scala (durata < 1 ora)	$n_1$	0.5000	-

Scelta tempo di ritorno			
Dimensionamento delle opere di invarianza idraulica ed idrologica			
Tempo di ritorno adottato		100	anni
Coefficiente probabilistico	$w_T$	2.250	-
Parametro pioggia	$a$	59.703	mm/h <sup>n</sup>



Linee pioggia - Risultati tabellari	
Durata [ore]	( $T = 100$ anni) $h$ [mm]
0	0.00
1	59.70
2	71.12
3	78.78
4	84.71
5	89.62

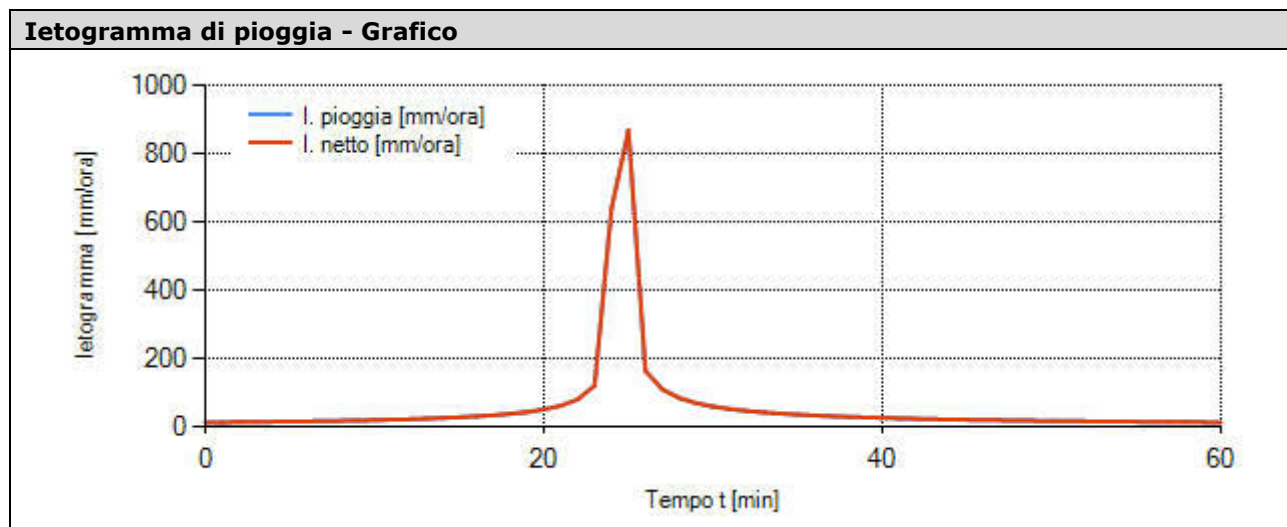
R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA EMISSIONE OTTOBRE 2024	AGGIORNAMENTO NOVEMBRE 2024	FOGLIO 37
CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA Geol. Carlo Caleffi	CONSULENTE ACUSTICA Dott. Alberto Manganiello	CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA Dott. Gianluca Vicini	CONSULENTE DEL PAESAGGIO Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
COMMITTENTE IMPRENDI s.r.l.	ISOLINA VALLE	STUDIO L.O.A. ARCH. ALFREDO PASQUETTO	ENGE s.r.l. – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



6	93.84
7	97.57
8	100.91
9	103.96
10	106.76
11	109.36
12	111.79
13	114.07
14	116.22
15	118.26
16	120.20
17	122.06
18	123.83
19	125.53
20	127.17
21	128.74
22	130.26
23	131.73
24	133.16

## 4.2.2 Ietogramma di pioggia

Definizione ietogramma di pioggia - Edifici e strade		
Durata pioggia di progetto ( $\theta$ )	1.00	ore
Coefficiente di posizione ( $r$ )	0.40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale	



Ietogramma di pioggia - Risultati tabellari		
Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	14.84	14.84
5	17.60	17.60

R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA EMISSIONE OTTOBRE 2024	AGGIORNAMENTO NOVEMBRE 2024	FOGLIO 38
CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA Geol. Carlo Caleffi	CONSULENTE ACUSTICA Dott. Alberto Manganiello	CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA Dott. Gianluca Vicini	CONSULENTE DEL PAESAGGIO Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
COMMITTENTE IMPRENDO s.r.l.	ISOLINA VALLE	STUDIO L.O.A. ARCH. ALFREDO PASQUETTO	ENGE0 s.r.l. – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



COMUNE DI MANTOVA

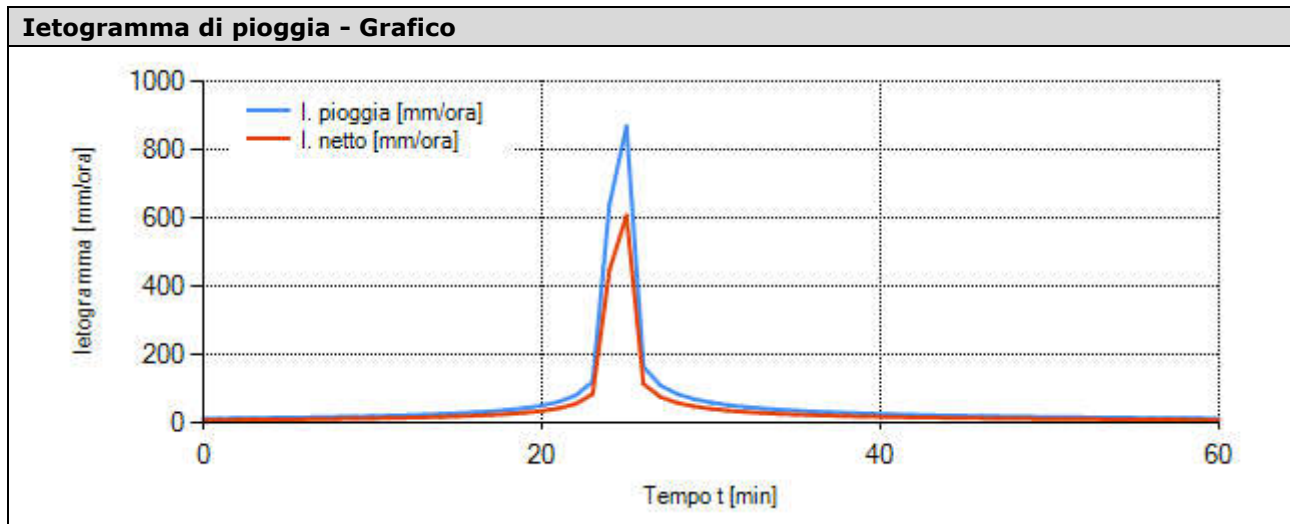
**VARIANTE AL P.A. 3.6**  
**“STRALCIO NUOVO OSPEDALE”**  
**IN VARIANTE AL PGT**

10	21.97	21.97
12	24.55	24.55
13	26.13	26.13
14	27.97	27.97
15	30.15	30.15
16	32.77	32.77
17	35.99	35.99
18	40.06	40.06
19	45.42	45.42
20	52.82	52.82
21	63.85	63.85
22	82.47	82.47
23	122.83	122.83
24	642.46	642.46
25	869.94	869.94
26	166.32	166.32
27	111.67	111.67
28	86.45	86.45
29	71.52	71.52
30	61.50	61.50
31	54.25	54.25
32	48.73	48.73
33	44.37	44.37
34	40.82	40.82
35	37.88	37.88
36	35.38	35.38
37	33.24	33.24
38	31.38	31.38
39	29.75	29.75
40	28.30	28.30
41	27.01	27.01
42	25.84	25.84
43	24.79	24.79
44	23.83	23.83
45	22.96	22.96
46	22.16	22.16
47	21.42	21.42
48	20.73	20.73
50	19.50	19.50
55	17.06	17.06
60	15.23	15.23

<b>R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA EMISSIONE</b> OTTOBRE 2024	<b>AGGIORNAMENTO</b> NOVEMBRE 2024	<b>FOGLIO</b> 39
<b>CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA</b> Geol. Carlo Caleffi	<b>CONSULENTE ACUSTICA</b> Dott. Alberto Manganiello	<b>CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA</b> Dott. Gianluca Vicini	<b>CONSULENTE DEL PAESAGGIO</b> Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
<b>COMMITTENTE</b> IMPRENDIO s.r.l.	<b>ISOLINA VALLE</b>	<b>STUDIO L.O.A.</b> <b>ARCH. ALFREDO PASQUETTO</b>	<b>ENGE0 s.r.l.</b> – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



Definizione ietogramma di pioggia - Parcheggi		
Durata pioggia di progetto ( $\theta$ )	1.00	ore
Coefficiente di posizione ( $r$ )	0.40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale	



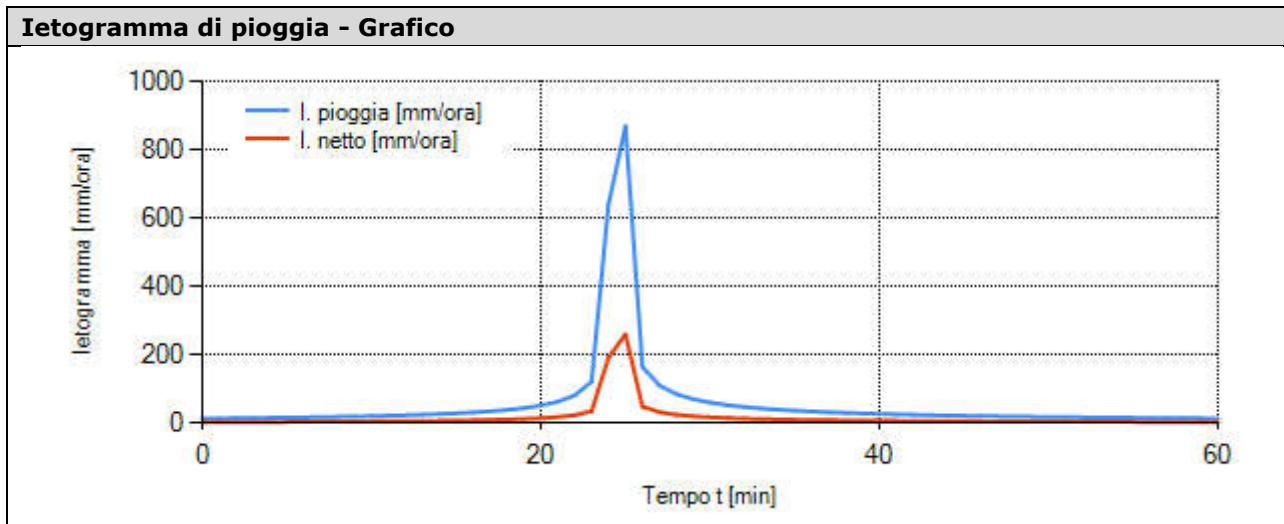
Ietogramma di pioggia - Risultati tabellari		
Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	14.84	10.39
5	17.60	12.32
10	21.97	15.38
12	24.55	17.18
13	26.13	18.29
14	27.97	19.58
15	30.15	21.10
16	32.77	22.94
17	35.99	25.19
18	40.06	28.05
19	45.42	31.79
20	52.82	36.97
21	63.85	44.69
22	82.47	57.73
23	122.83	85.98
24	642.46	449.72
25	869.94	608.96
26	166.32	116.43
27	111.67	78.17
28	86.45	60.52
29	71.52	50.06
30	61.50	43.05
31	54.25	37.98

R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA EMISSIONE OTTOBRE 2024	AGGIORNAMENTO NOVEMBRE 2024	FOGLIO 40
CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA Geol. Carlo Caleffi	CONSULENTE ACUSTICA Dott. Alberto Manganiello	CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA Dott. Gianluca Vicini	CONSULENTE DEL PAESAGGIO Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
COMMITTENTE IMPRENDI s.r.l.	ISOLINA VALLE	STUDIO L.O.A. ARCH. ALFREDO PASQUETTO	ENGE s.r.l. – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



32	48.73	34.11
33	44.37	31.06
34	40.82	28.58
35	37.88	26.51
36	35.38	24.77
37	33.24	23.27
38	31.38	21.97
39	29.75	20.82
40	28.30	19.81
41	27.01	18.90
42	25.84	18.09
43	24.79	17.35
44	23.83	16.68
45	22.96	16.07
46	22.16	15.51
47	21.42	14.99
48	20.73	14.51
50	19.50	13.65
55	17.06	11.94
60	15.23	10.66

Definizione ietogramma di pioggia - Aree verdi		
Durata pioggia di progetto ( $\theta$ )	1.00	ore
Coefficiente di posizione ( $r$ )	0.40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale	



Ietogramma di pioggia - Risultati tabellari		
Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	14.84	4.45
5	17.60	5.28

R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA EMISSIONE OTTOBRE 2024	AGGIORNAMENTO NOVEMBRE 2024	FOGLIO 41
CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA Geol. Carlo Caleffi	CONSULENTE ACUSTICA Dott. Alberto Manganiello	CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA Dott. Gianluca Vicini	CONSULENTE DEL PAESAGGIO Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
COMMITTENTE IMPRENDO s.r.l.	ISOLINA VALLE	STUDIO L.O.A. ARCH. ALFREDO PASQUETTO	ENGEIO s.r.l. – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeio.it



COMUNE DI MANTOVA

**VARIANTE AL P.A. 3.6**  
**“STRALCIO NUOVO OSPEDALE”**  
**IN VARIANTE AL PGT**

10	21.97	6.59
12	24.55	7.36
13	26.13	7.84
14	27.97	8.39
15	30.15	9.04
16	32.77	9.83
17	35.99	10.80
18	40.06	12.02
19	45.42	13.63
20	52.82	15.84
21	63.85	19.15
22	82.47	24.74
23	122.83	36.85
24	642.46	192.74
25	869.94	260.98
26	166.32	49.90
27	111.67	33.50
28	86.45	25.94
29	71.52	21.46
30	61.50	18.45
31	54.25	16.28
32	48.73	14.62
33	44.37	13.31
34	40.82	12.25
35	37.88	11.36
36	35.38	10.61
37	33.24	9.97
38	31.38	9.41
39	29.75	8.92
40	28.30	8.49
41	27.01	8.10
42	25.84	7.75
43	24.79	7.44
44	23.83	7.15
45	22.96	6.89
46	22.16	6.65
47	21.42	6.42
48	20.73	6.22
50	19.50	5.85
55	17.06	5.12
60	15.23	4.57

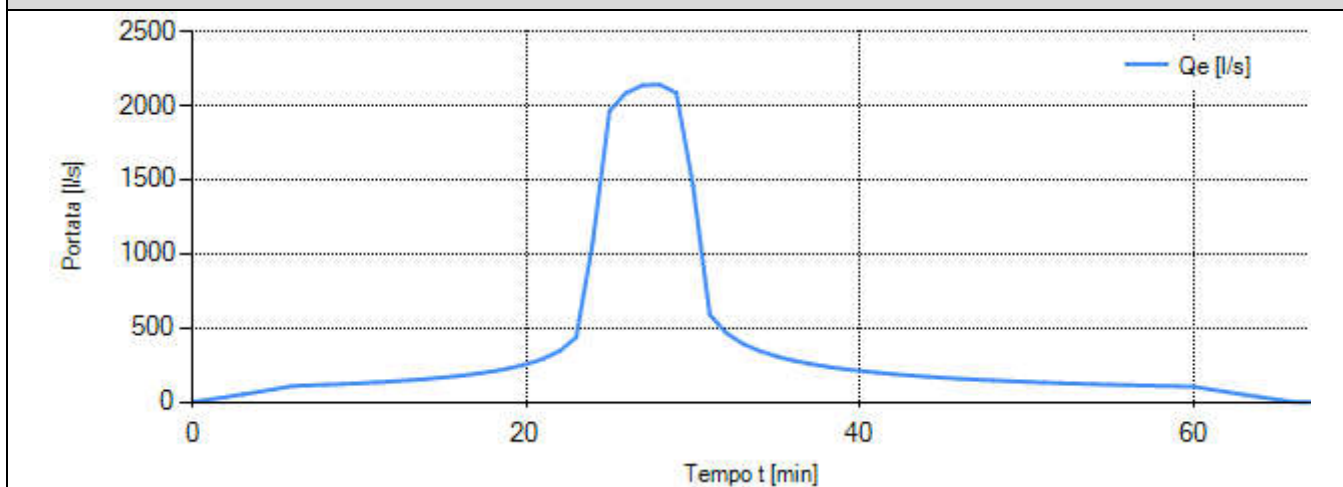
<b>R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA EMISSIONE</b> OTTOBRE 2024	<b>AGGIORNAMENTO</b> NOVEMBRE 2024	<b>FOGLIO</b> 42
<b>CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA</b> Geol. Carlo Caleffi	<b>CONSULENTE ACUSTICA</b> Dott. Alberto Manganiello	<b>CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA</b> Dott. Gianluca Vicini	<b>CONSULENTE DEL PAESAGGIO</b> Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
<b>COMMITTENTE</b> IMPRENDI s.r.l.	<b>ISOLINA VALLE</b>	<b>STUDIO L.O.A.</b> <b>ARCH. ALFREDO PASQUETTO</b>	<b>ENGE s.r.l.</b> – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



#### 4.2.3 Idrogramma di piena

Area Edifici e strade			
Tipo area	Area impermeabile		
Superficie		23112.0	m <sup>2</sup>
Coefficiente di afflusso	$\phi$	1.00	-
Tempo corrivazione	$t_c$	6	min

#### Grafico



Risultati tabellari										
Tempo [min]	0	5	10	12	13	14	15	16	17	18
Portata $Q_e$ [l/s]	0.00	87.86	126.16	138.82	146.35	154.95	164.86	176.42	190.14	206.75
Tempo [min]	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Portata $Q_e$ [l/s]	227.41	254.02	290.11	343.33	436.32	1081.40	1964.35	2085.89	2137.10	2141.36
Tempo [min]	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
Portata $Q_e$ [l/s]	2086.41	1464.29	590.80	464.88	392.81	343.95	307.92	279.95	257.46	238.88
Tempo [min]	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Portata $Q_e$ [l/s]	223.22	209.81	198.17	187.96	178.91	170.82	163.55	156.98	150.99	145.52
Tempo [min]	50	55	60	65						
Portata $Q_e$ [l/s]	135.85	117.13	103.52	16.31						

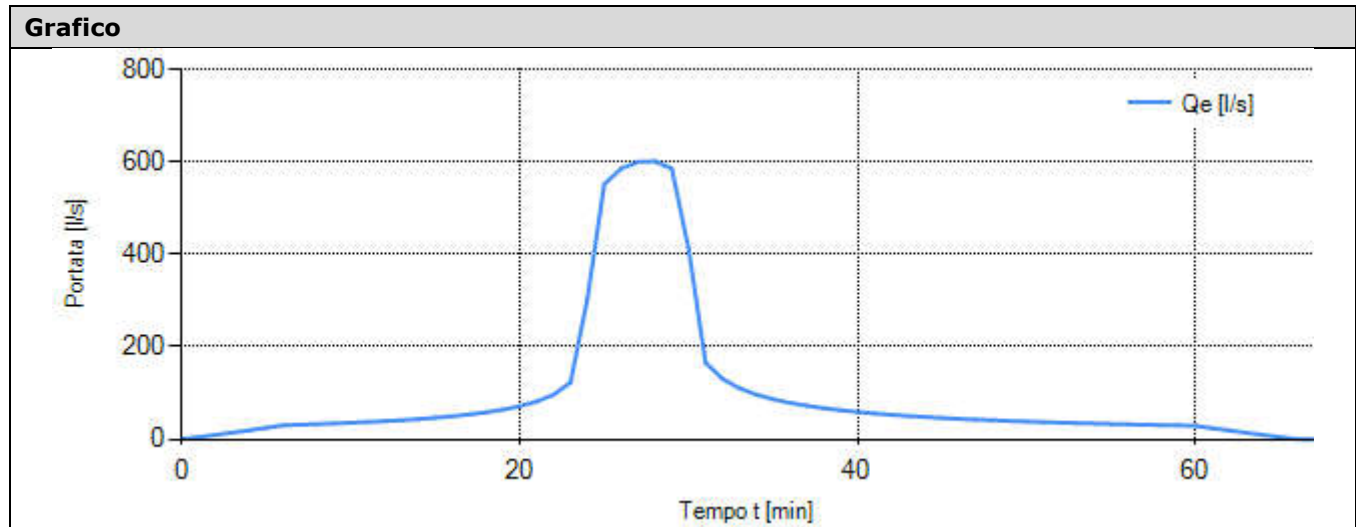
R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA EMISSIONE OTTOBRE 2024	AGGIORNAMENTO NOVEMBRE 2024	FOGLIO 43
CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA Geol. Carlo Caleffi	CONSULENTE ACUSTICA Dott. Alberto Manganiello	CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA Dott. Gianluca Vicini	CONSULENTE DEL PAESAGGIO Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
COMMITTENTE IMPRENDIO s.r.l.	ISOLINA VALLE	STUDIO L.O.A. ARCH. ALFREDO PASQUETTO	ENGEO s.r.l. – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



COMUNE DI MANTOVA

VARIANTE AL P.A. 3.6  
"STRALCIO NUOVO OSPEDALE"  
IN VARIANTE AL PGT

Area Parcheggio			
Tipo area	Area semi-impermeabile		
Superficie	9268.0	m <sup>2</sup>	
Coefficiente di afflusso	$\varphi$	0.70	-
Tempo corrivazione	$t_c$	6	min



Risultati tabellari										
Tempo [min]	0	5	10	12	13	14	15	16	17	18
Portata $Q_e$ [l/s]	0.00	24.66	35.41	38.96	41.08	43.49	46.27	49.52	53.37	58.04
Tempo [min]	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Portata $Q_e$ [l/s]	63.83	71.30	81.43	96.37	122.47	303.55	551.39	585.51	599.89	601.09
Tempo [min]	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
Portata $Q_e$ [l/s]	585.67	411.03	165.85	130.50	110.27	96.55	86.44	78.59	72.27	67.06
Tempo [min]	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Portata $Q_e$ [l/s]	62.66	58.89	55.63	52.76	50.22	47.94	45.90	44.06	42.38	40.84
Tempo [min]	50	55	60	65						
Portata $Q_e$ [l/s]	38.13	32.87	29.06	4.58						

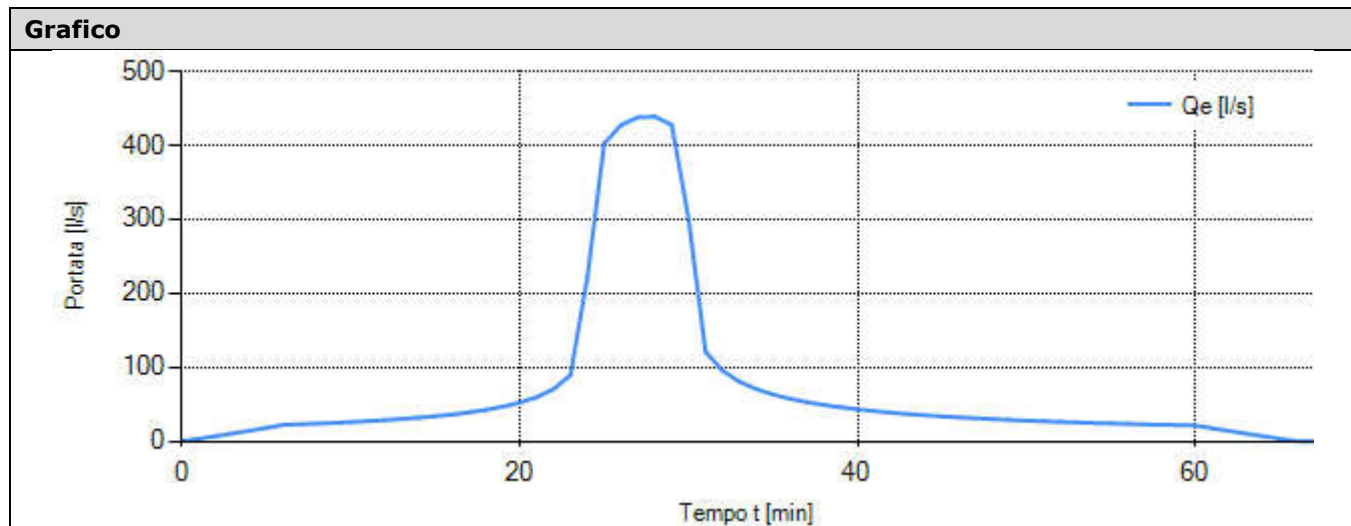
R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA EMISSIONE OTTOBRE 2024	AGGIORNAMENTO NOVEMBRE 2024	FOGLIO 44
CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA Geol. Carlo Caleffi	CONSULENTE ACUSTICA Dott. Alberto Manganiello	CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA Dott. Gianluca Vicini	CONSULENTE DEL PAESAGGIO Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
COMMITTENTE IMPRENDO s.r.l.	ISOLINA VALLE	STUDIO L.O.A. ARCH. ALFREDO PASQUETTO	ENGEО s.r.l. – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



COMUNE DI MANTOVA

**VARIANTE AL P.A. 3.6**  
**“STRALCIO NUOVO OSPEDALE”**  
**IN VARIANTE AL PGT**

Area Aree verdi			
Tipo area		Area permeabile	
Superficie		15787.0	m <sup>2</sup>
Coefficiente di afflusso		$\varphi$ 0.30	-
Tempo corrivazione		$t_c$ 6	min



Risultati tabellari										
Tempo [min]	0	5	10	12	13	14	15	16	17	18
Portata Q <sub>e</sub> [l/s]	0.00	18.00	25.85	28.44	29.98	31.75	33.77	36.14	38.96	42.37
Tempo [min]	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Portata Q <sub>e</sub> [l/s]	46.60	52.05	59.45	70.35	89.41	221.60	402.52	427.44	437.94	438.81
Tempo [min]	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
Portata Q <sub>e</sub> [l/s]	427.56	300.07	121.08	95.27	80.50	70.49	63.10	57.37	52.75	48.94
Tempo [min]	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Portata Q <sub>e</sub> [l/s]	45.73	42.98	40.60	38.50	36.65	35.00	33.52	32.17	30.94	29.82
Tempo [min]	50	55	60	65						
Portata Q <sub>e</sub> [l/s]	27.84	24.00	21.22	3.34						

R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA EMISSIONE OTTOBRE 2024	AGGIORNAMENTO NOVEMBRE 2024	FOGLIO 45
CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA Geol. Carlo Caleffi	CONSULENTE ACUSTICA Dott. Alberto Manganiello	CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA Dott. Gianluca Vicini	CONSULENTE DEL PAESAGGIO Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
COMMITTENTE IMPRENDO s.r.l.	ISOLINA VALLE	STUDIO L.O.A. ARCH. ALFREDO PASQUETTO	ENGEO s.r.l. – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@enggeo.it

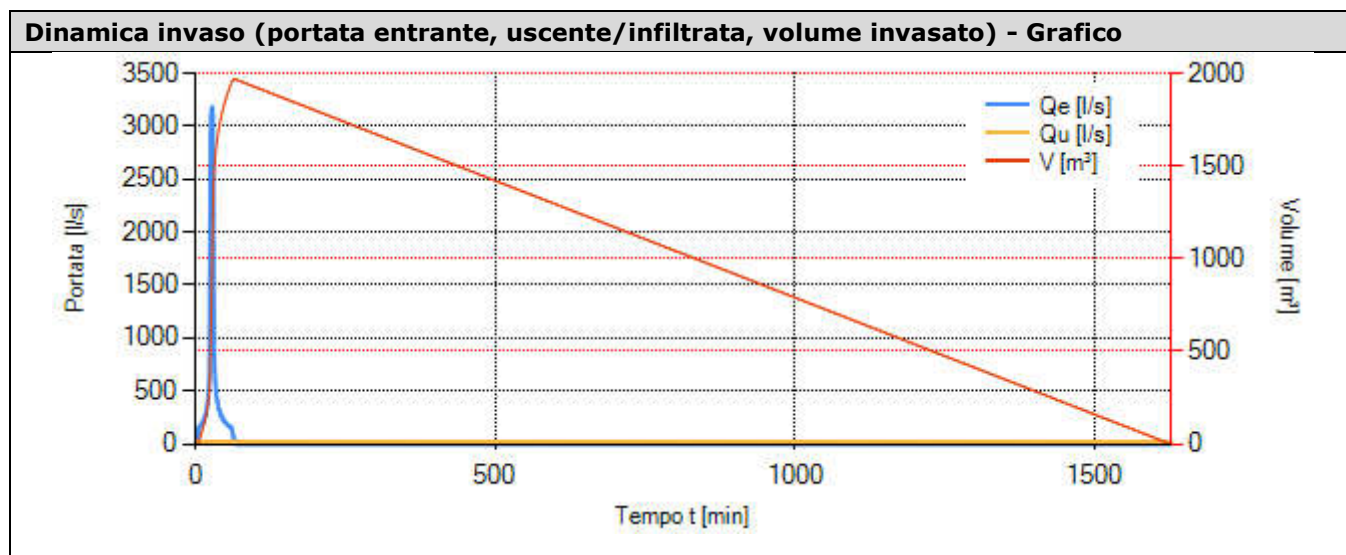


## 4.2.4 Dimensionamento sistema d'invarianza

Metodo dei requisiti minimi			
Volume specifico minimo	$W_0$	560.00	$\text{m}^3/\text{ha}_{\text{imp}}$
Volume invaso minimo	$W_0$	1922.80	$\text{m}^3$
Nota: Requisito minimo ridotto del 30% in quanto si adottano sole strutture d'infiltrazione e non si prevedono scarichi in corpi idrici ricettori.			

Metodo analitico di dettaglio			
Durata critica	$D_W$	1.00	ore
Battente idrico massimo	$H_{\text{max}}$	0.70	m
Volume invaso minimo	$W$	1969.49	$\text{m}^3$
Metodologia: Modello cinematico, mediante integrale di convoluzione, con curva area tempi lineare e ietogramma tipo Chicago.			

## 4.2.5 Calcolo dinamica invaso



Risultati tabellari				
Tempo [min]	Portata entrante $Q_e$ [l/s]	Portata scaricata/infiltrata $Q_u$ [l/s]	Vol. utile invasato $W$ [ $\text{m}^3$ ]	Battente idrico $H$ [m]
0	0.00	0.00	0.00	0.00
5	130.53	21.03	13.35	0.00
10	187.42	21.03	57.20	0.02
12	206.22	21.03	78.27	0.03
13	217.41	21.03	89.71	0.03
14	230.19	21.03	101.88	0.04
15	244.90	21.03	114.87	0.04
16	262.08	21.03	128.82	0.05

R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA EMISSIONE OTTOBRE 2024	AGGIORNAMENTO NOVEMBRE 2024	FOGLIO 46
CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA Geol. Carlo Caleffi	CONSULENTE ACUSTICA Dott. Alberto Manganiello	CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA Dott. Gianluca Vicini	CONSULENTE DEL PAESAGGIO Arch. Matteo Polesi - Arch. Camilla Pozzani
COMMITTENTE IMPRENDO s.r.l.	ISOLINA VALLE	STUDIO L.O.A. ARCH. ALFREDO PASQUETTO	ENGE s.r.l. – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



COMUNE DI MANTOVA

**VARIANTE AL P.A. 3.6**  
**“STRALCIO NUOVO OSPEDALE”**  
**IN VARIANTE AL PGT**

17	282.47	21.03	143.89	0.05
18	307.15	21.03	160.32	0.06
19	337.84	21.03	178.41	0.06
20	377.37	21.03	198.60	0.07
21	430.98	21.03	221.59	0.08
22	510.05	21.03	248.56	0.09
23	648.20	21.03	282.05	0.10
24	1606.55	21.03	348.43	0.12
25	2918.26	21.03	482.91	0.17
26	3098.84	21.03	662.16	0.24
27	3174.92	21.03	849.11	0.30
28	3181.26	21.03	1038.54	0.37
29	3099.63	21.03	1225.70	0.44
30	2175.39	21.03	1382.69	0.49
31	877.73	21.03	1473.02	0.53
32	690.65	21.03	1518.81	0.54
33	583.58	21.03	1555.78	0.55
34	510.99	21.03	1587.35	0.57
35	457.47	21.03	1615.14	0.58
36	415.91	21.03	1640.08	0.58
37	382.48	21.03	1662.77	0.59
38	354.88	21.03	1683.63	0.60
39	331.61	21.03	1702.96	0.61
40	311.69	21.03	1721.00	0.61
41	294.40	21.03	1737.92	0.62
42	279.22	21.03	1753.87	0.63
43	265.78	21.03	1768.96	0.63
44	253.77	21.03	1783.28	0.64
45	242.97	21.03	1796.92	0.64
46	233.20	21.03	1809.95	0.65
47	224.31	21.03	1822.41	0.65
48	216.18	21.03	1834.36	0.65
50	201.82	21.03	1856.90	0.66
55	174.00	21.03	1906.73	0.68
60	153.80	21.03	1949.45	0.70
65	24.23	21.03	1969.49	0.70
70	0.00	21.03	1963.91	0.70
75	0.00	21.03	1957.60	0.70
80	0.00	21.03	1951.29	0.70
85	0.00	21.03	1944.98	0.69
90	0.00	21.03	1938.67	0.69
95	0.00	21.03	1932.36	0.69
100	0.00	21.03	1926.05	0.69
105	0.00	21.03	1919.74	0.68
110	0.00	21.03	1913.44	0.68
120	0.00	21.03	1900.82	0.68
150	0.00	21.03	1862.96	0.66
180	0.00	21.03	1825.11	0.65
210	0.00	21.03	1787.26	0.64
240	0.00	21.03	1749.40	0.62
270	0.00	21.03	1711.55	0.61
300	0.00	21.03	1673.69	0.60

<b>R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA EMISSIONE</b> OTTOBRE 2024	<b>AGGIORNAMENTO</b> NOVEMBRE 2024	<b>FOGLIO</b> 47
<b>CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA</b> Geol. Carlo Caleffi	<b>CONSULENTE ACUSTICA</b> Dott. Alberto Manganiello	<b>CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA</b> Dott. Gianluca Vicini	<b>CONSULENTE DEL PAESAGGIO</b> Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
<b>COMMITTENTE</b> IMPRENDI s.r.l.	<b>ISOLINA VALLE</b>	<b>STUDIO L.O.A.</b> <b>ARCH. ALFREDO PASQUETTO</b>	<b>ENGE s.r.l.</b> – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



COMUNE DI MANTOVA

**VARIANTE AL P.A. 3.6**  
**“STRALCIO NUOVO OSPEDALE”**  
**IN VARIANTE AL PGT**

330	0.00	21.03	1635.84	0.58
360	0.00	21.03	1597.99	0.57
390	0.00	21.03	1560.13	0.56
420	0.00	21.03	1522.28	0.54
450	0.00	21.03	1484.42	0.53
480	0.00	21.03	1446.57	0.52
510	0.00	21.03	1408.72	0.50
540	0.00	21.03	1370.86	0.49
570	0.00	21.03	1333.01	0.48
600	0.00	21.03	1295.15	0.46
630	0.00	21.03	1257.30	0.45
660	0.00	21.03	1219.45	0.43
690	0.00	21.03	1181.59	0.42
720	0.00	21.03	1143.74	0.41
750	0.00	21.03	1105.88	0.39
780	0.00	21.03	1068.03	0.38
810	0.00	21.03	1030.18	0.37
840	0.00	21.03	992.32	0.35
870	0.00	21.03	954.47	0.34
900	0.00	21.03	916.61	0.33
930	0.00	21.03	878.76	0.31
960	0.00	21.03	840.91	0.30
990	0.00	21.03	803.05	0.29
1020	0.00	21.03	765.20	0.27
1050	0.00	21.03	727.34	0.26
1080	0.00	21.03	689.49	0.25
1110	0.00	21.03	651.64	0.23
1140	0.00	21.03	613.78	0.22
1170	0.00	21.03	575.93	0.21
1200	0.00	21.03	538.07	0.19
1230	0.00	21.03	500.22	0.18
1260	0.00	21.03	462.37	0.16
1290	0.00	21.03	424.51	0.15
1320	0.00	21.03	386.66	0.14
1350	0.00	21.03	348.80	0.12
1380	0.00	21.03	310.95	0.11
1410	0.00	21.03	273.10	0.10
1440	0.00	21.03	235.24	0.08
1470	0.00	21.03	197.39	0.07
1500	0.00	21.03	159.53	0.06
1530	0.00	21.03	121.68	0.04
1560	0.00	21.03	83.83	0.03
1590	0.00	21.03	45.97	0.02
1620	0.00	21.03	8.12	0.00
1627	0.00	0.00	0.00	0.00

<b>R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>DATA EMISSIONE</b> OTTOBRE 2024	<b>AGGIORNAMENTO</b> NOVEMBRE 2024	<b>FOGLIO</b> 48
<b>CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA</b> Geol. Carlo Caleffi	<b>CONSULENTE ACUSTICA</b> Dott. Alberto Manganiello	<b>CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA</b> Dott. Gianluca Vicini	<b>CONSULENTE DEL PAESAGGIO</b> Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
<b>COMMITTENTE</b> IMPRENDI s.r.l.	<b>ISOLINA VALLE</b>	<b>STUDIO L.O.A.</b> <b>ARCH. ALFREDO PASQUETTO</b>	<b>ENGE s.r.l.</b> – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



## 4.2.6 Verifica del dimensionamento

Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	$A_{inv}$	2804.00	$m^2$

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	1.49	$\geq$	0.70	m	Positiva
Volume utile invaso	W	4177.96	$\geq$	1969.49	$m^3$	Positiva
Tempo di svuotamento	$T_{sv}$	26.0	$\leq$	48.0	ore	Positiva
Portata massima scaricata	Q	0.00	$\leq$	34.34	l/s	Positiva

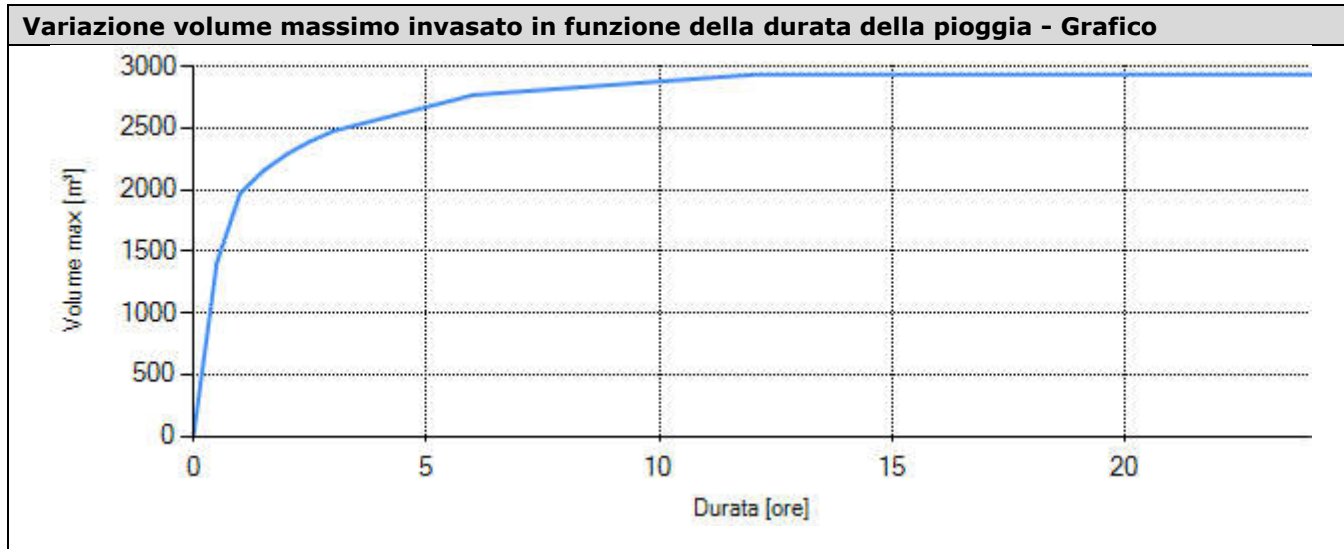
Sistema di scarico			
Tipologia di svuotamento	Infiltrazione a portata costante		
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	21.03	l/s
Coeff. permeabilità di calcolo	$K_{calc}$	1.50	$m/s * 10^{-5}$
Gradiente idraulico	i	0.5	m/s
Area di infiltrazione	$A_f$	2.804	$m^2$

Considerato che il tempo di svuotamento è inferiore alle 48 ore il sistema di progetto è verificato.

R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA EMISSIONE OTTOBRE 2024	AGGIORNAMENTO NOVEMBRE 2024	FOGLIO 49
CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA Geol. Carlo Caleffi	CONSULENTE ACUSTICA Dott. Alberto Manganiello	CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA Dott. Gianluca Vicini	CONSULENTE DEL PAESAGGIO Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
COMMITTENTE IMPRENDI s.r.l.	ISOLINA VALLE	STUDIO L.O.A. ARCH. ALFREDO PASQUETTO	ENGE s.r.l. – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it



## 4.2.7 Variazione volume massimo invasato



Risultati tabellari	
Durata pioggia [ore]	Volume [m³]
0.0	0.00
0.5	1405.90
1.0	1969.49
1.5	2153.09
2.0	2286.71
2.5	2390.80
3.0	2474.97
6.0	2767.14
12.0	2932.27
24.0	2935.47

R.5 – RELAZIONE DI INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA	DATA EMISSIONE OTTOBRE 2024	AGGIORNAMENTO NOVEMBRE 2024	FOGLIO 50
CONSULENTE INVARIANZA IDRAULICA Geol. Carlo Caleffi	CONSULENTE ACUSTICA Dott. Alberto Manganiello	CONSULENTE IN ECOLOGIA APPLICATA Dott. Gianluca Vicini	CONSULENTE DEL PAESAGGIO Arch. Matteo Poesi - Arch. Camilla Pozzani
COMMITTENTE IMPRENDIO s.r.l.	ISOLINA VALLE	STUDIO L.O.A. ARCH. ALFREDO PASQUETTO	ENGEO s.r.l. – Via Suor Maria Adorni, 2 43121 Parma – Tel. 0521.233999 – info@engeo.it