





1. INTRODUZIONE	4
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
3. DESCRIZIONE AREA.....	4
3.1 INQUADRAMENTO URBANISTICO E MASTERPLAN DI PROGETTO	6
3.2 MASTERPLAN DI PROGETTO.....	6
4 CALCOLO PRECIPITAZIONI DI PROGETTO.....	8
4.1 CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA	8
5 SCELTA DEL METODO DI CALCOLO	13
6 METODO DELLE SOLE PIOGGE – RICHIAMI TEORICI.....	14
6.1 ONDA ENTRANTE	14
6.2 ONDA USCENTE.....	14
6.3 VOLUME DI LAMINAZIONE E DEL TEMPO DI SVUOTAMENTO DELL’INVASO.....	15
6.3.1 Volume minimo art.12	15
6.3.2 Verifica del tempo di svuotamento.....	16
7 DATI DI INPUT.....	16
7.1 BACINI SCOLANTI.....	16
7.2 SISTEMA DI LAMINAZIONE E INFILTRAZIONE	18
8 CALCOLO DEI VOLUMI DI LAMINAZIONE E TEMPI DI SVUOTAMENTO DEGLI INVASI ..	18
8.1 AREA DI INFILTRAZIONE 1 – AREE LOTTO 1	18
8.1.1 Determinazione dell’onda entrante q_e e dell’onda uscente Q_u	18
8.1.2 Determinazione dell’evento critico che massimizza il volume di laminazione.....	19
8.1.3 Calcolo del tempo di svuotamento dell’invaso di laminazione	20
8.1.4 Verifica del volume minimo	20



8.2 AREA DI INFILTRAZIONE A2 – AREA LOTTO 3 (POLIFUNZIONALE)	20
8.2.1 Determinazione dell’onda entrante q_e e dell’onda uscente Q_u	20
8.2.2 Determinazione dell’evento critico che massimizza il volume di laminazione.....	21
8.2.3 Calcolo del tempo di svuotamento dell’invaso di laminazione	21
8.2.4 Verifica del volume minimo	22
8.3 AREA DI INFILTRAZIONE A3 – AREA SPORTIVA – LOTTO 4	22
8.3.1 DETERMINAZIONE DELL’ONDA ENTRANTE q_e E DELL’ONDA USCENTE Q_u	22
8.3.2 Determinazione dell’evento critico che massimizza il volume di laminazione.....	23
8.3.3 Calcolo del tempo di svuotamento dell’invaso di laminazione	23
8.3.4 Verifica del volume minimo	24
8.4 MAXIPIPE – NUOVA VIABILITÀ	24
8.4.1 Determinazione dell’onda entrante Q_e e dell’onda uscente Q_u	24
8.4.2 Determinazione dell’evento critico che massimizza il volume di laminazione.....	25
8.4.3 Verifica del volume minimo	26
9 VERIFICA DELLE SOLUZIONI PROGETTUALI PROPOSTE	27
10 CONCLUSIONI	28
ALLEGATO 1	29
Calcoli volumi di laminazione Lotto 1	29
ALLEGATO 2	31
Calcolo volumi di laminazione Lotto 3	31
ALLEGATO 3	33
Calcolo volumi di laminazione Lotto 4	33
ALLEGATO 4	35
Calcolo volumi di laminazione tubazione sotto la nuova viabilità	35





1. INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la relazione di invarianza idraulica ai sensi del r.r.23 novembre 2017, n.7 e s.m.i. relativa agli interventi di attuazione del PA5 Piazzale Lugano a Milano.

Il presente documento è stato articolato, con riferimento art. 10 comma 1 del Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7 “Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)”, nelle seguenti sezioni:

- Calcolo delle precipitazioni di progetto;
- Scelta del metodo di calcolo;
- Descrizione del metodo di calcolo utilizzato;
- Presentazione dati di input utilizzati per calcoli e valutazioni;
- Calcolo dei volumi di laminazione nell’invaso e del tempo di svuotamento.
- Verifica delle soluzioni progettuali proposte per la laminazione delle acque meteoriche.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.Lgs n.152 del 03/04/2006 “Norme in materia ambientale” e ss.mm. ii..
- Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7 “Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)”,
- Aggiornamento del regolamento n. 7 del 2017 sull’invarianza idraulica e idrologica con il r.r. n. 7 del 29 giugno 2018,
- Aggiornamento del regolamento n. 7 del 2017 sull’invarianza idraulica e idrologica con il r.r. n. 8 del 19 aprile 2019,
- Aggiornamento del regolamento n. 7 del 2017 sull’invarianza idraulica e idrologica con l.r. 26 novembre 2019, n. 18, entrata in vigore il 11 dicembre 2019.

3. DESCRIZIONE AREA

L’area oggetto di trasformazione è un’area di cerniera tra la Bovisa più a nord e Scalo Farini più a sud, rappresentando dunque il primo tassello centrale di un futuro nuovo sistema della mobilità e di un’area in forte sviluppo.

L’area, di proprietà di EGI Europa Gestioni Immobiliare del gruppo Posteltaliane è stata utilizzata, fino a circa venti anni fa, come centro di smistamento pacchi e posta. In passato, i treni dello scalo Farini arrivavano fino all’interno dello stabilimento per lo smistamento dei pacchi postali e attraverso nastri trasportatori la posta veniva suddivisa per la distribuzione su gomma. Dal 2001 le attività sono cessate e parte dell’edificio è stato demolito.



L'ambito di intervento si presenta come un lotto stretto e lungo intercluso tra l'isolato urbano occupato dal Bodio Center e dal parco di piazzale Lugano da una parte e i binari dello scalo Farini dall'altra, mentre a ovest confina con il cavalcavia Bacula e un'area dismessa della Bovisa. L'area si affaccia ad est sullo scalo Farini e dall'altra parte, per una buona porzione, fronteggia il giardino pubblico di piazzale Lugano.

Quest'area verde, pur non avendo grandi dimensioni e grande fruizione a causa della posizione circondata da importanti viabilità urbane, è un'area di discreto interesse ambientale e di grande potenzialità per un possibile utilizzo fruitivo se correttamente finalizzato. L'area è caratterizzata da numerose alberature anche ad alto fusto di una certa importanza e al suo interno contiene una piccola area di gioco per bimbi e un'area cani.



Figura 1: Localizzazione intervento

L'area di intervento è attualmente accessibile unicamente dal nodo di piazzale Lugano, la cui particolare configurazione viabilistica non consente la connessione diretta all'area, da e per le possibili direzioni (Cavalcavia Bacula – Viale Bodio e via Scalvini).

3.1 INQUADRAMENTO URBANISTICO E MASTERPLAN DI PROGETTO

L'area oggetto di intervento è compresa nel Piano Urbanistico Attuativo obbligatorio PA5 e occupa un'area di circa 2,3 ettari. Il lotto si presenta di forma rettangolare di dimensioni 70m il lato corto e 320m il lato lungo.

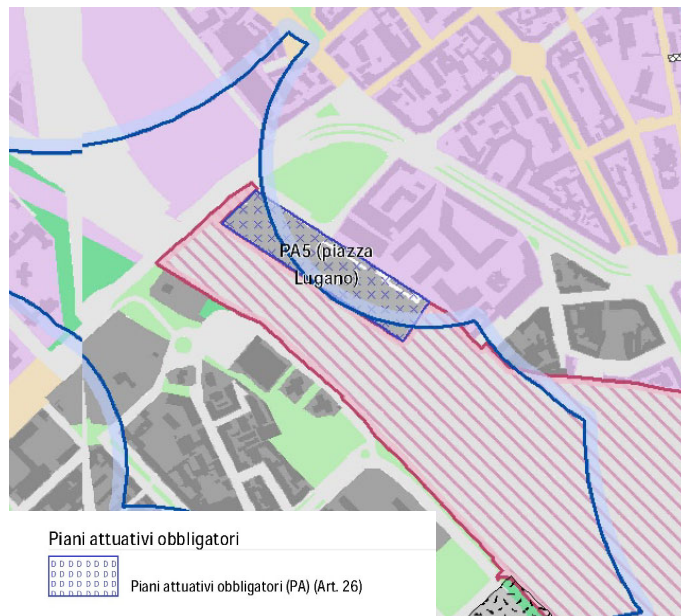


Figura 2: PGT - Tav. R02 Indicazioni urbanistiche

3.2 MASTERPLAN DI PROGETTO

Il progetto di trasformazione dell'area prevede di:

- Riqualificare l'area con la costruzione di tre nuovi edifici di cui:
 - uno a destinazione d'uso prevalentemente terziaria;
 - uno a destinazione commerciale in continuità al precedente;
 - uno a destinazione polifunzionale (terziario o ricettivo).
- Creare una nuova connessione viaria in grado di connettere i nuovi edifici alla rete stradale esistente. La nuova viabilità dovrà inoltre integrarsi col futuro tracciato che conetterà via Bovisasca, piazzale Lugano e via Lancetti.
- Assicurare la continuità dei percorsi ciclopedonali connettendo l'area di progetto con il parco urbano previsto nello scalo Farini e il sistema degli spazi pubblici di Bovisa.
- Assicurare il collegamento tra il verde di Piazzale Lugano e il vicino progetto del parco urbano di Farini.

I nuovi edifici sono collegati tra loro da spazi aperti, percorsi pedonali e aree a verde.



Il nuovo parco di Piazzale Lugano, infatti, invade il confine esistente avvicinandosi ai nuovi edifici e assicurando la continuità con il futuro parco urbano di scalo Farini.

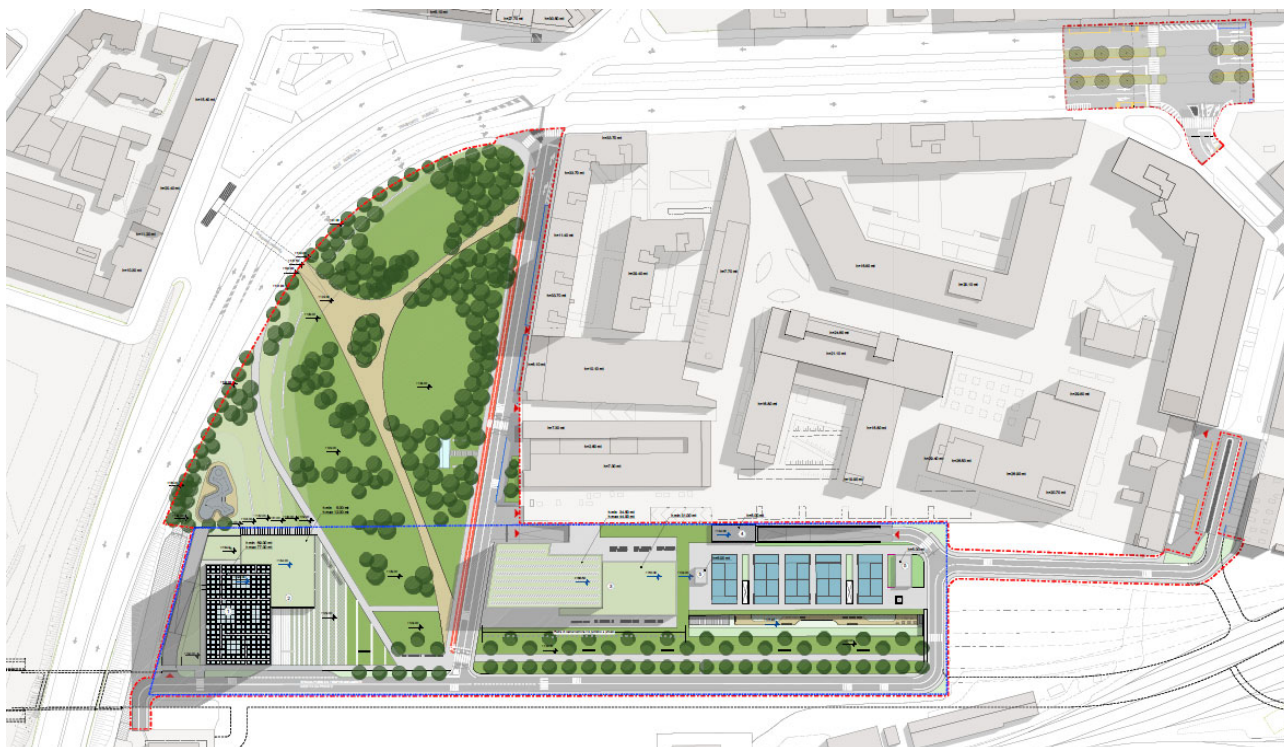


Figura 3: Nuovo assetto dell'area – planimetria di progetto

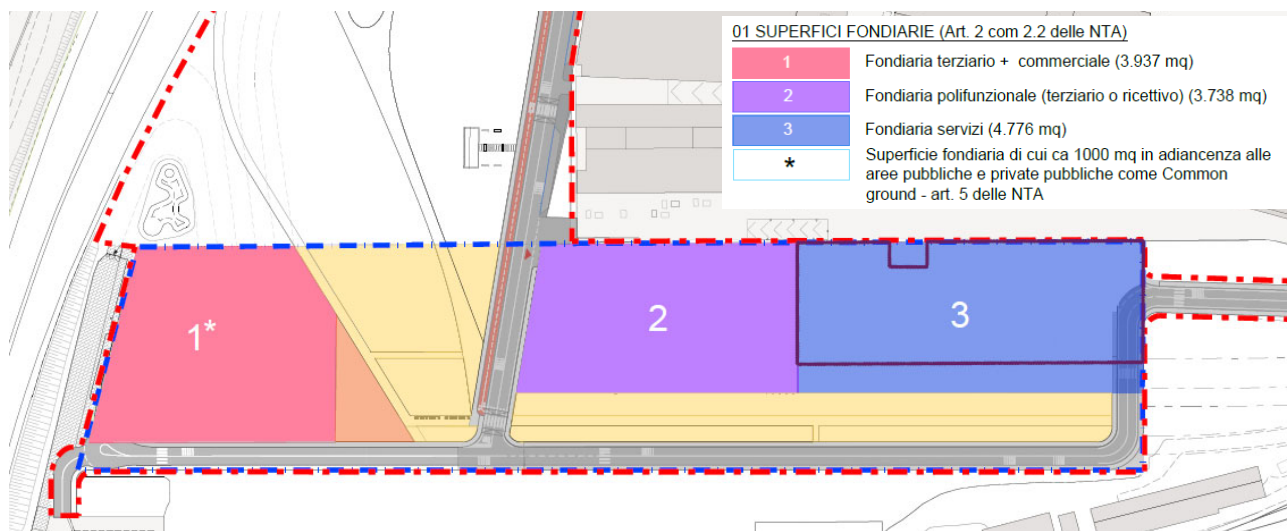


Figura 4.1: Planimetria superfici fondiarie e dotazioni territoriali

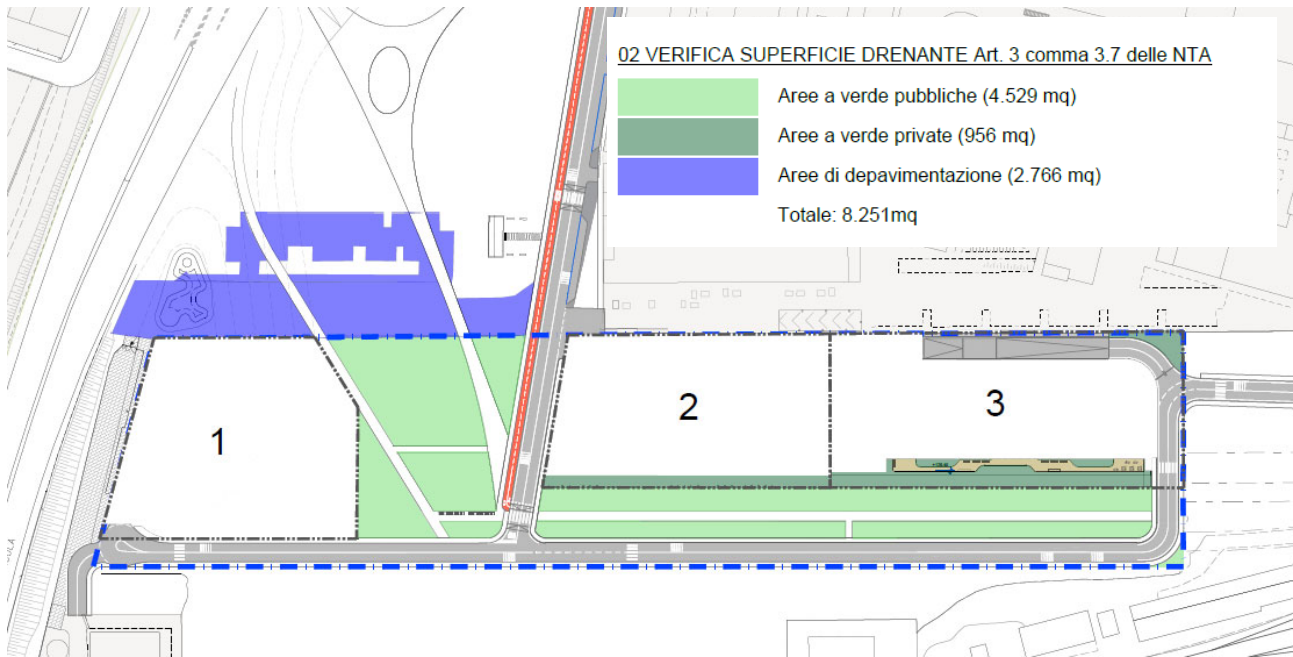


Figura 4.2: Planimetria verifica superficie drenante

La viabilità di progetto, a doppio senso a una corsia per senso di marcia, distribuisce gli accessi ai parcheggi interrati dei nuovi edifici e li connette pienamente al contesto urbano limitrofo.

4 CALCOLO PRECIPITAZIONI DI PROGETTO

4.1 CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

I parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica per la determinazione delle precipitazioni di progetto, validi per il sito in esame, sono stati individuati attraverso il “Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia”. Nel dettaglio, è stata individuata per l’area in esame la curva di possibilità pluviometrica espressa nella seguente forma:

$$h = a_1 \cdot w_T \cdot D^n$$
$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left(1 - \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right)$$

in cui:

- h è l’altezza di pioggia;
- D è la durata;
- a_1 è il coefficiente pluviometrico orario;
- w_T è il coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno T ;
- n è l’esponente della curva (parametro di scala);
- α, ε, k sono i parametri delle leggi probabilistiche GEV adottate.



Viene di seguito descritta la procedura per la determinazione dei parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica per il sito d'interesse articolata nei seguenti passaggi:

- individuazione dell'area interessata dal progetto e dei relativi parametri caratteristici delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica per durate di pioggia 1-24 ore (LSPP 1-24 ore) (Figura);

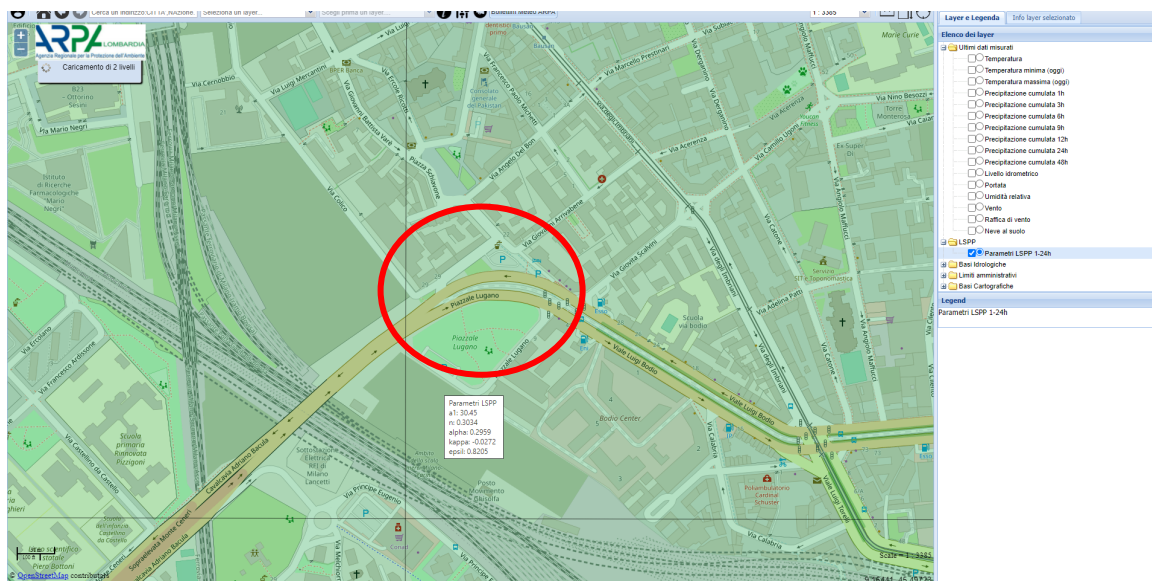


Figura 5 Individuazione dell'area interessata dal progetto (ovale rosso) con associati parametri caratteristici delle LSPP 1-24 ore.

In Tabella 1 viene riportato un prospetto riepilogativo dei parametri caratteristici delle LSPP 1-24 ore per l'area di progetto.

a1 (coefficiente pluviometrico orario)	n (1-24h) (Coefficiente di scala)	n (<1h) (coefficiente di scala)	α (GEV)	k (GEV)	ε (GEV)
30,45	0,3034	0,5	0,2959	-0,0272	0,82058

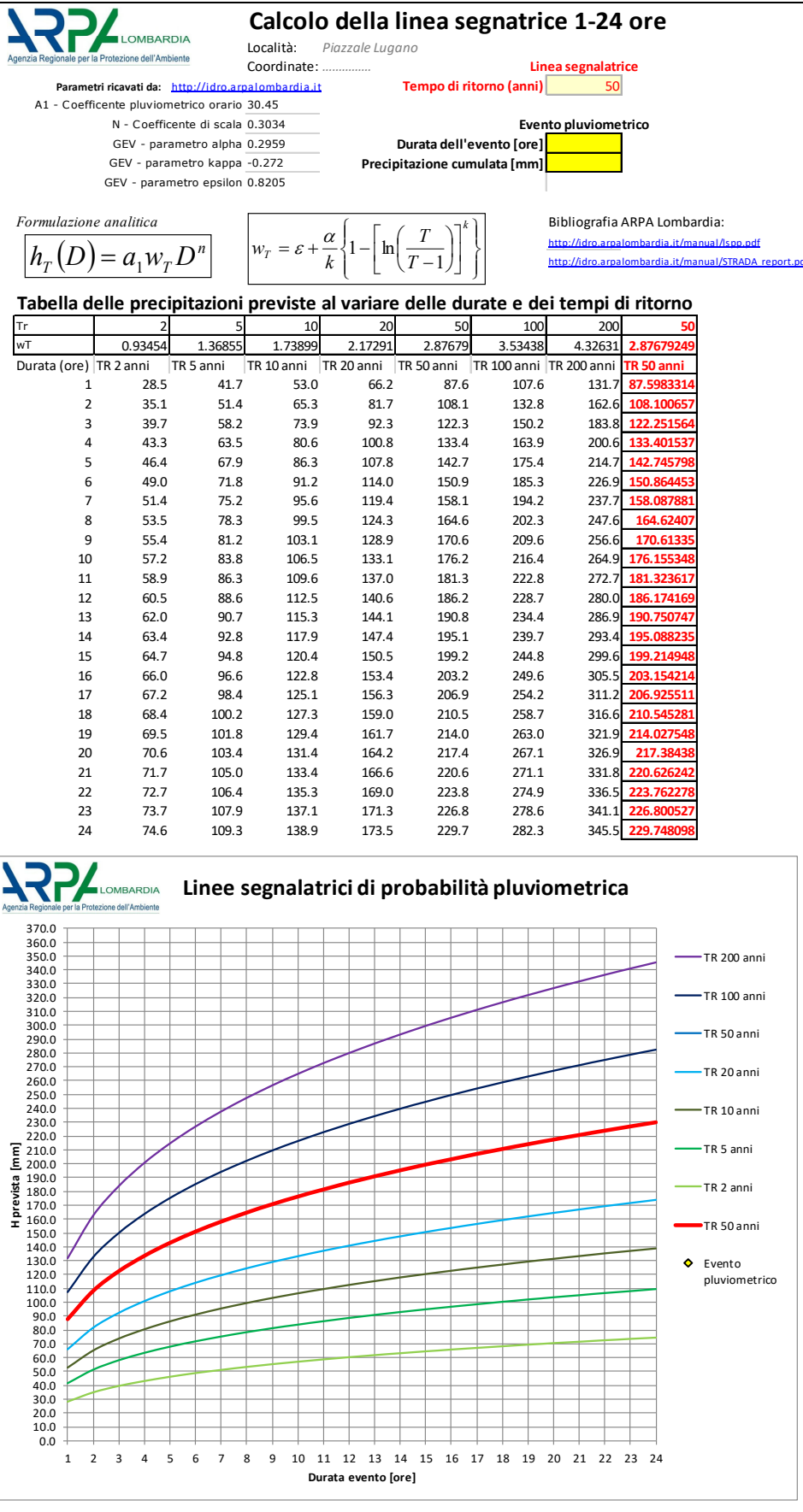
Tabella 1 Parametri caratteristici delle LSPP 1 -24 ore per l'area di progetto

- Determinazione, attraverso l'applicativo proposto da ARPA Lombardia a cui si ha accesso dal "Portale Idrologico Geografico", le LSPP 1-24 ore per i tempi di ritorno adottabili per dimensionamento e verifica idraulica delle opere previste da progetto. In particolare, sono stati considerati i seguenti valori tempi di ritorno di riferimento per le opere idrauliche previste da progetto:



- Tr = 50 anni: tempo di ritorno adottato per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica al fine di ottenere un accettabile grado di sicurezza delle stesse;
- Tr = 100 anni: tempo di ritorno adottato per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere di invarianza idraulica e idrologica.

Si riporta nelle pagine a seguire il risultato dell'applicazione della procedura per il calcolo delle curve di possibilità pluviometrica per i due tempi di ritorno di cui sopra.




Linee segnatrici di probabilità pluviometrica

ARPA LOMBARDIA
Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente

The graph plots predicted precipitation (H prevista [mm]) on the y-axis (0.0 to 370.0) against event duration (Durata evento [ore]) on the x-axis (1 to 24). Multiple curves represent different return periods (TR): TR 200 anni (purple), TR 100 anni (dark blue), TR 50 anni (light blue), TR 20 anni (cyan), TR 10 anni (green), TR 5 anni (light green), and TR 2 anni (yellow-green). A red curve is also shown, which corresponds to the TR 50 anni data from the table above. A legend indicates that a diamond symbol represents an 'Evento pluviometrico'.

Figura 6 Curve di possibilità pluviometrica – dettaglio si TR=50 anni

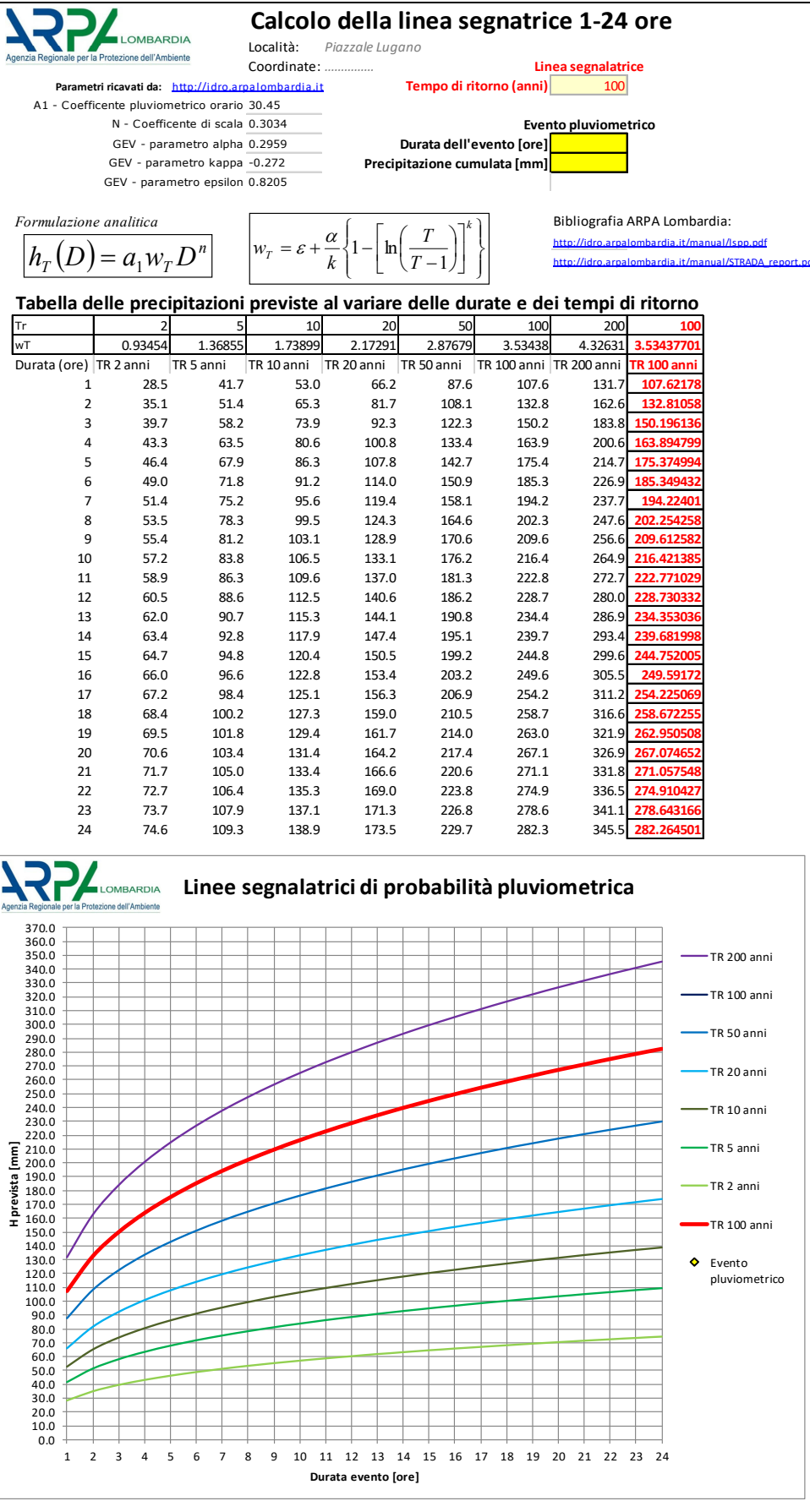


Figura 7 Curve di possibilità pluviometrica – dettaglio si TR=100 anni

5 SCELTA DEL METODO DI CALCOLO

Ai fini dell'individuazione della modalità di calcolo del volume da gestire per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica, con riferimento all'art. 9 comma 3 del Regolamento regionale 23 novembre 2017, è stata effettuata una classificazione degli interventi di progetto secondo le classi d'intervento riportate nella tabella di seguito.

CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO		
			AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)		
			Area A, B	Area C	
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0,03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	≤ 0,4	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq)	> 0,4	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		da > 0,1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	> 0,4	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	
		> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi		

Figura 8 Modalità di calcolo dei volumi di laminazione in funzione di classe d'intervento ed ambito territoriale (criticità idraulica)

L'intervento in oggetto ricade nella classe di intervento "impermeabilizzazione potenziale MEDIA", in quanto l'area complessiva di nuova impermeabilizzazione è pari a 23000 mq.

Il comune di Milano ricade nelle aree A (Allegato G del RR), ovvero aree a criticità alta. Per questi motivi ai fini del calcolo dei volumi di laminazione necessari, la norma suggerisce l'applicazione del Metodo delle SOLE PIOGGE.

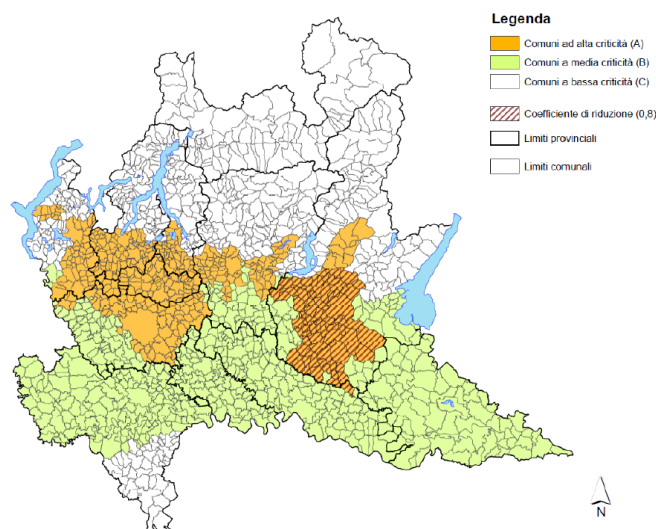


Figura 9 Cartografia degli ambiti a diversa criticità



6 METODO DELLE SOLE PIOGGE – RICHIAMI TEORICI

6.1 ONDA ENTRANTE

L'onda entrante dovuta alla precipitazione piovosa $Q_0(f)$ nell'invaso di laminazione è un'onda rettangolare avente durata D e portata costante Q_0 pari al prodotto dell'intensità media di pioggia, dedotta dalla curva di possibilità pluviometrica valida per l'area oggetto di calcolo in funzione della durata di pioggia, per la superficie scolante impermeabile dell'intervento afferente all'invaso; con questa assunzione si ammette che, data la limitata estensione del bacino scolante, sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante afferente all'invaso. Conseguentemente l'onda entrante nell'invaso coincide con la precipitazione piovosa sulla superficie scolante impermeabile dell'intervento. La portata costante entrante (Q_e) e il volume di pioggia complessivamente entrante (W_e) sono pari a:

$$Q_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^{n-1} \qquad W_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n$$

in cui:

- S è la superficie scolante del bacino complessivamente afferente all'invaso
- D è la durata di pioggia
- $a = a_1 W_T$ e n sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica (desunti da ARPA Lombardia)
- φ è il coefficiente di deflusso medio ponderale del bacino.

6.2 ONDA USCENTE

L'onda uscente $Q_u(t)$ è anch'essa un'onda rettangolare caratterizzata da una portata costante $Q_{u,lim}$. La portata costante uscente e il volume complessivamente uscito nel corso della durata D dell'evento sono pari a:

$$Q_{u,lim} = \frac{k}{2} \cdot J \cdot A_f \qquad W_u = Q_{u,lim} \cdot D$$

in cui

- k è la permeabilità del terreno
- J è la cadente piezometrica
- A_f è l'area filtrante

In mancanza di più recenti prove in sito il coefficiente di permeabilità è stato desunto dal documento "Revisione dell'Analisi di Rischio ai sensi del Decreto Legislativo 152/2006 a seguito

della CdS del 27/09/2018" redatto da Stantec S.p.A. per conto di Europa Gestioni Immobiliari S.p.A ed è pari a $4,05E-05$ m/sec.

6.3 VOLUME DI LAMINAZIONE E DEL TEMPO DI SVUOTAMENTO DELL'INVASO

Sulla base delle precedenti considerazioni, il volume di laminazione ΔW è dato, per ogni durata di pioggia D considerata, dalla differenza tra i volumi dell'onda entrante e dell'onda uscente calcolati al termine della durata di pioggia.

Conseguentemente, il volume di dimensionamento della vasca è pari al volume critico di laminazione (W_0), cioè quello calcolato per l'evento di durata critica che rende massimo il volume di laminazione.

$$\Delta W = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n - S \cdot u_{\text{lim}} \cdot D$$

La figura seguente mostra graficamente la curva $W_e(D)$, concava verso l'asse delle ascisse, in aderenza alla curva di possibilità pluviometrica, e la retta $W_u(D)$ e indica come la distanza verticale ΔW tra tali due curve ammetta una condizione di massimo che individua così l'evento di durata D_w critica per la laminazione.

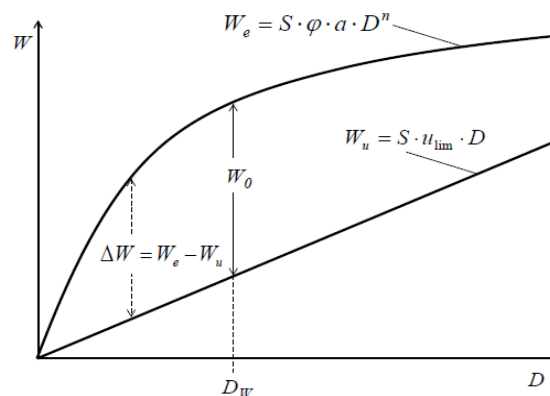


Figura 10 Individuazione con il metodo delle sole piogge dell'evento critico D_w e del corrispondente volume critico W_0 di laminazione, ovvero quello che massimizza il volume invasato.

Esprimendo matematicamente la condizione di massimo, ossia derivando rispetto alla durata D la differenza $\Delta W = W_e - W_u$, si ricava la durata critica D_w per l'invaso di laminazione e di conseguenza il volume W_0 , che coincide con il volume minimo considerato per la progettazione dell'invaso:

$$D_w = \left(\frac{Q_{u,\text{lim}}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad W_0 = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - Q_{u,\text{max}} \cdot D_w$$

6.3.1 Volume minimo art.12

L'art.12 del regolamento prevede che le opere di laminazione sia dimensionate assumendo come volume minimo di laminazione il massimo tra quelli derivanti dall'applicazione del metodo di calcolo previsto per l'intervento in questione e il minimo previsto da normativa.

Per il caso in esame il volume minimo di laminazione, definito in funzione del tipo di criticità in cui ricade l'area e dalla superficie scolante complessiva, è calcolato come 800 mc per ettaro di

superficie scolante impermeabile moltiplicato per il coefficiente P indicato nell'allegato C dello stesso regolamento. Per il comune di Milano, il coefficiente è pari a 1.

6.3.2 Verifica del tempo di svuotamento

Inoltre, in conformità all'art.11 comma 2 lettera "f" del regolamento, il sistema di laminazione dimensionato con la procedura sopra descritta deve garantire lo svuotamento completo del bacino di laminazione in un intervallo temporale di massimo 48 ore.

7 DATI DI INPUT

7.1 BACINI SCOLANTI

L'area oggetto di trasformazione è suddivisa in lotti a diversa destinazione d'uso composti da superfici impermeabili (edifici e viabilità) e aree a verde.

Le fasce verdi permeabili che affiancano la nuova pavimentazione sono ideate per un miglior stoccaggio delle acque meteoriche, soprattutto in previsione all'aumento dei casi estremi di piogge intense, prevedendo depressioni che consentano il convogliamento del deflusso in aree specifiche che hanno funzioni simili a vasche di laminazione contribuendo in modo non strutturale al rispetto dell'invarianza idraulica di cui alla presente.

Con riferimento alla figura 10, in tabella 4 si riporta l'elenco dei "bacini scolanti" individuati con l'indicazione della relativa superficie (mq) e dell'area individuata per infiltrazione delle relative acque.

Il Lotto 5 (viabilità definitiva di accesso ai siti) sarà dotato di un sistema di allontanamento delle acque lineare mentre il Lotto 2, ovvero l'area a verde non è soggetta a verifica di invarianza idraulica in quanto riqualficata da area impermeabile ad area a verde, ripristinando pertanto il suo assetto originario.

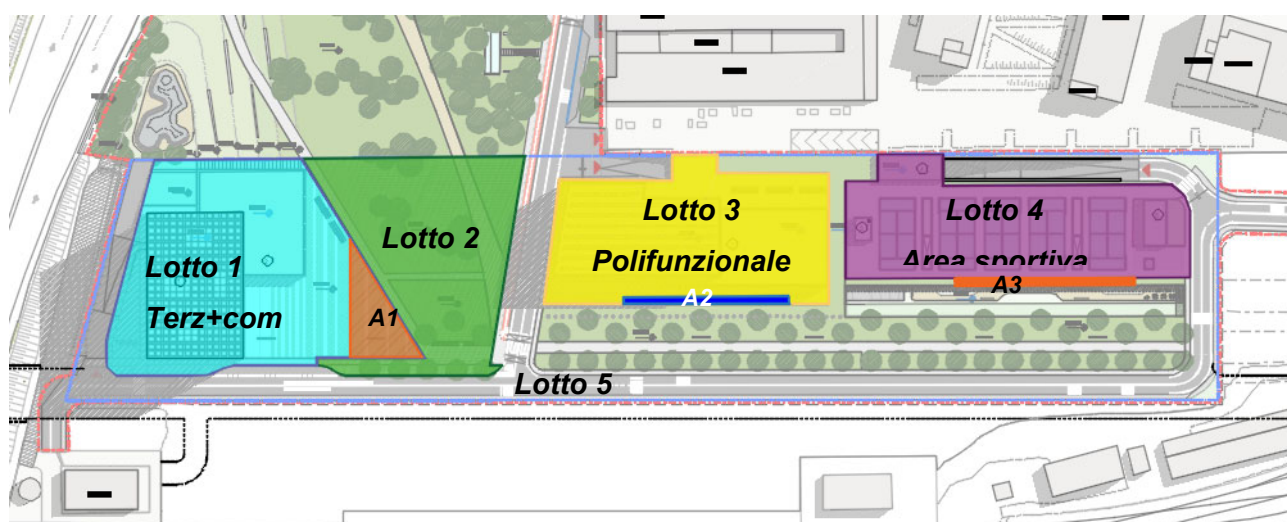


Figura 9: Individuazione bacini scolanti

area scolante	m ²	Recapito	Descrizione area scolante
Lotto 1	3937	A1	Edificio a destinazione terziario
			Edificio a destinazione commerciale
Lotto 2	-	-	Area a verde non soggetta a verifica di invarianza idraulica
Lotto 3	3738	A2	Edificio a destinazione polifunzionale
Lotto 4	4776	A3	Area sportiva
Lotto 5	5183	Maxipipe	Strada di accesso ai vari lotti costituenti l'intervento

Tabella 2 Descrizione bacini scolanti

Con riferimento all'art. 11, comma 2 del Regolamento, per il calcolo della superficie scolante impermeabile S_i e per il calcolo del coefficiente di deflusso medio ponderale C_{mp} si possono adottare i valori standard del coefficiente di deflusso:

- 1,0 per tutte le sub-aree interessate da tetti, coperture e pavimentazioni continue di strade, vialetti, parcheggi;
- 0,7 per tetti verdi, giardini pensili e le aree verdi sovrapposte a solette comunque costituite, per le aree destinate all'infiltrazione delle acque gestite ai sensi del Regolamento e per le pavimentazioni discontinue drenanti o semipermeabili di strade, vialetti, parcheggi;
- 0,3 per le aree permeabili di qualsiasi tipo, comprese le aree verdi munite di sistemi di raccolta e collettamento delle acque ed escludendo dal computo le superfici incolte e quelle di uso agricolo.

Di conseguenza, per le aree impermeabili si è considerato un coefficiente di deflusso pari a 1.

Il coefficiente di deflusso medio ponderale C_{mp} utilizzato per la stima della portata è dato dalla media dei coefficienti di deflusso delle singole superfici, pesata sulla loro area. Nella seguente tabella sono elencati i valori di C_{mp} delle aree afferenti alle diverse aree di infiltrazione:

Area scolante	Descrizione area scolante	m ²	Coefficiente di efflusso medio ponderale:	Recapito
Lotto 1	Edificio a destinazione terziario/commerciale.	3937	0.95	B1
Lotto 3	Edificio a destinazione polifunzionale	3738	0.87	B2
Lotto 4	Area sportiva	4776	0.89	B3
Lotto 5	Strada	5183	1	maxipipe

Tabella 3 Coefficienti di efflusso medi ponderali



7.2 SISTEMA DI LAMINAZIONE E INFILTRAZIONE

Come da figura n.9, sono stati previste n.3 aree da destinarsi all'invaso e dispersione in sottosuolo. La scelta di suddetta soluzione, rispetto ad altri sistemi di laminazione delle piogge di tipo naturalistico, è dettata dalla limitata disponibilità di aree verdi e dal significativo volume da laminare.

Nella tabella di seguito sono riportati i dati geometrici delle aree di infiltrazione ipotizzate, tra cui:

- *L'area in pianta*, cioè l'area della superficie di infiltrazione alla quota di piano campagna;
- *Il perimetro in pianta*;
- *L'altezza drenante* pari all'altezza effettivamente occupata dall'acqua;
- *Cadente piezometrica j*.

	Aree di infiltrazione		
	A1	A2	A3
Area pianta [mq]	225	220	310
Altezza drenante [m]	2	1.5	1.5
Cadente piezometrica	1,091	1,070	1,070

Tabella 4 Dati geometrici delle aree di infiltrazione

8 CALCOLO DEI VOLUMI DI LAMINAZIONE E TEMPI DI SVUOTAMENTO DEGLI INVASI

8.1 AREA DI INFILTRAZIONE 1 – AREE LOTTO 1

L'area A1 deve garantire l'infiltrazione delle acque meteoriche relative al Lotto 1.

La sua posizione è ipotizzata nell'area a verde prospiciente il Lotto 1, in una posizione tale da consentirne la facile manutenzione.

Il predimensionamento prevede un'area di infiltrazione di superficie pari a 225 mq per un'altezza drenante pari a 2 metri.

8.1.1 Determinazione dell'onda entrante q_e e dell'onda uscente Q_u

I parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica per T_r pari a 50 e 100 anni, utilizzate per il calcolo del volume entrante sono:

- $T_r = 50$ anni: $a = 62,07$ mm/h $n = 0,3034$ ($D > 1h$) / $0,5$ ($D < 1h$)
- $T_r = 100$ anni: $a = 69,14$ mm/h $n = 0,3034$ ($D > 1h$) / $0,5$ ($D < 1h$)



Per la determinazione del volume uscente si considera una portata effluente dal sistema è costante nel tempo e corrisponde alla portata di infiltrazione nel terreno.

Superficie totale (S)	3937m ²	a (TR=100)	69,14
Coef. di deflusso (Φ)	0.95	a (TR=50)	62,07
Superficie scolante (S)	3743 m ²	n (D>1h)	0,3034
Portata infiltrata (Qu,lim)	17.19 l/s	n (D<1h)	0,5

Tabella 5 Riepilogo coefficienti per determinazione dell'onda entrante (Qe) e dell'onda uscente (Qu) – area di laminazione A1

Inserendo i coefficienti nelle formule riportate nei paragrafi 6.1e 6.26.2 è possibile tracciare l'andamento delle funzioni $W_e(D)$ e $W_u(D)$ al variare della durata della pioggia D.

8.1.2 Determinazione dell'evento critico che massimizza il volume di laminazione

Nel grafico seguente sono raffigurati gli andamenti delle curve caratteristiche del volume entrante $W_e(D)$ e del volume uscente $W_u(D)$ in funzione della durata della pioggia D, considerando un tempo di ritorno di 50 anni.

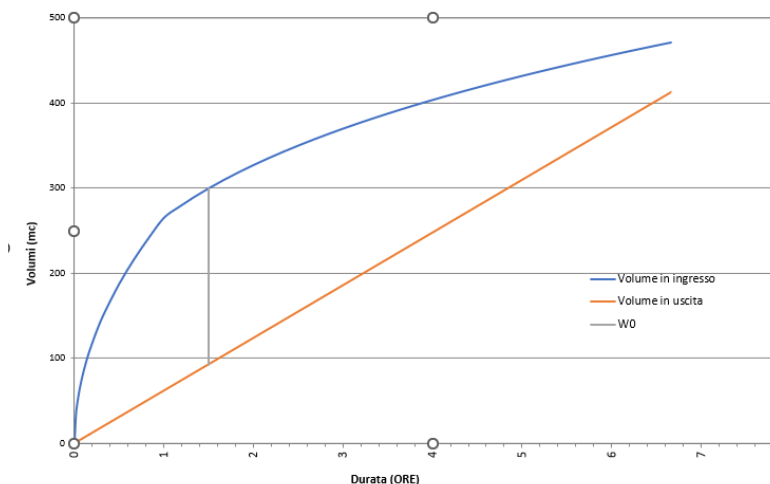


Figura 10 Determinazione dell'evento critico D_w e del corrispondente volume critico W_0 di laminazione –Area A1

Dal grafico si ricava che la durata dell'evento critico D_w che massimizza il volume di invaso (ossia la differenza tra W_e e W_u ; individuata tale durata, pari a 160 minuti, è possibile determinare i valori di volume entrante e uscente associati:

$$W_e(D_w) = 300.00 \text{ mc} \quad W_u(D_w) = 92.81$$

$$W_0 = W_e(D_w) - W_u(D_w) = 207.19 \text{ mc}$$



8.1.3 Calcolo del tempo di svuotamento dell'invaso di laminazione

Il tempo di svuotamento viene calcolato mediante il rapporto tra il volume di massimo invaso e la portata filtrante.

Nel caso dell'area A1:

$$W_0 = 207.05 \text{ mc}$$

$$Q_{u,lim} = 17.19 \text{ l/s}$$

$$T_s = 3.35 \text{ h}$$

Il valore del tempo di svuotamento dell'invaso di laminazione è inferiore a 48 ore e pertanto la condizione dell'art.11, comma 2, lettera f) del Regolamento Regionale n.7/2017 risulta verificata.

8.1.4 Verifica del volume minimo

Il volume minimo richiesto dalla normativa per il lotto in esame è pari a 341.88 mc. Trattandosi però di opera di infiltrazione questo volume può essere ridotto del 30% e pertanto è pari a 239.32 mc.

8.1.5 Verifica del franco di sicurezza

L'art.10 del regolamento regionale prevede che le opere di laminazione, dimensionate con $Tr=50$ anni siano successivamente verificate per $TR=100$ anni.

Tale verifica è mirata a valutare che, in presenza di un evento con $T100$, non si determinino esondazioni che arrechino danni a persone o a cose, siano esse le opere stesse o le strutture presenti nell'intorno.

Nel caso dell'area A1 il W_0 da garantire è pari a $W_0 = 241,87 \text{ mc}$.

I dettagli relativi al calcolo dei volumi sono riportati in allegato 1.

8.2 AREA DI INFILTRAZIONE A2 – AREA LOTTO 3 (POLIFUNZIONALE)

L'area A2 deve garantire l'infiltrazione delle acque meteoriche relative al Lotto 3 (polifunzionale).

La sua posizione è ipotizzata nell'area a verde prospiciente il Lotto 3.

Il predimensionamento prevede un'area di superficie pari a 220 mq per un'altezza drenante pari a 1.5 metri.

8.2.1 Determinazione dell'onda entrante q_e e dell'onda uscente Q_u

I parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica per Tr pari a 50 e 100 anni, utilizzate per il calcolo del volume entrante sono:

– $Tr = 50$ anni: $a = 62,07 \text{ mm/h}$ $n = 0,3034 (D > 1h) / 0,5 (D < 1h)$

– $Tr = 100$ anni: $a = 69,14 \text{ mm/h}$ $n = 0,3034 (D > 1h) / 0,5 (D < 1h)$

Per la determinazione del volume uscente si considera una portata effluente dal sistema è costante nel tempo e corrisponde alla portata di infiltrazione nel terreno per l'area di laminazione considerata.



Superficie totale (S)	3738 m ²	a (TR=100)	69,14
Coef. Di deflusso (Φ)	0.87	a (TR=50)	62,07
Superficie scolante (S)	3263 m ²	n (D>1h)	0,3034
Portata infiltrata (Qu,lim)	17.14 l/s	n (D<1h)	0,5

Tabella 6 Riepilogo coefficienti per determinazione dell'onda entrante (Qe) e dell'onda uscente (Qu) – area di infiltrazione A2

Inserendo i coefficienti nelle formule riportate nei paragrafi 6.1e 6.2 è possibile tracciare l'andamento delle funzioni $W_e(D)$ e $W_u(D)$ al variare della durata della pioggia D.

8.2.2 Determinazione dell'evento critico che massimizza il volume di laminazione

Nel grafico seguente sono raffigurati gli andamenti delle curve caratteristiche del volume entrante $W_e(D)$ e del volume uscente $W_u(D)$ in funzione della durata della pioggia D, considerando un tempo di ritorno di 50 anni.

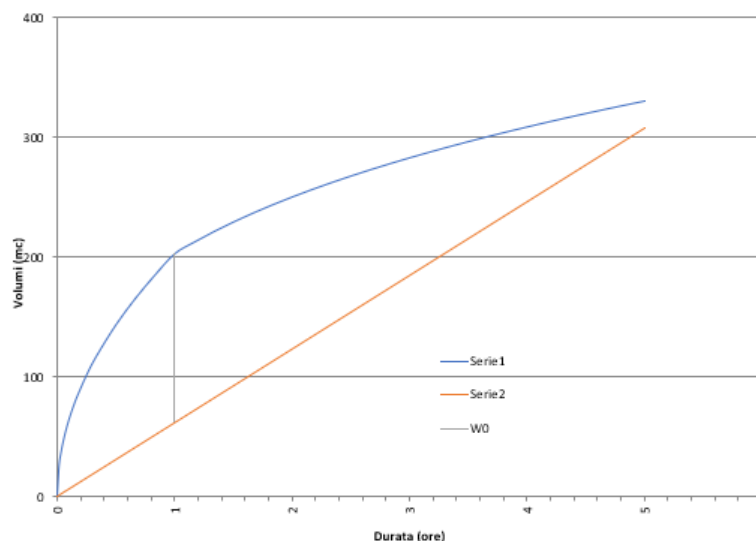


Figura 11 Determinazione dell'evento critico D_W e del corrispondente volume critico W_0 di laminazione – Area A2

Dal grafico si ricava che la durata dell'evento critico D_W che massimizza il volume di invaso (ossia la differenza tra W_e e W_u); individuata tale durata, pari a 60 minuti, è possibile determinare i valori di volume entrante e uscente associati:

$$W_e(D_W) = 202.56 \text{ mc} \quad W_u(D_W) = 61.69 \text{ mc}$$

E di conseguenza:

$$W_0 = W_e(D_W) - W_u(D_W) = 140.40 \text{ mc}$$

8.2.3 Calcolo del tempo di svuotamento dell'invaso di laminazione

Il tempo di svuotamento viene calcolato mediante il rapporto tra il volume di massimo invaso e la portata filtrante.

Nel caso dell'area B2:



$$W_0 = 140.90 \text{ mc}$$

$$Q_{u,lim} = 17.14 \text{ l/s}$$

$$T_s = 2.28 \text{ h}$$

Il valore del tempo di svuotamento dell'invaso di laminazione è inferiore a 48 ore e pertanto la condizione dell'art.11, comma 2, lettera f) del Regolamento Regionale n.7/2017 risulta verificata.

8.2.4 Verifica del volume minimo

Il volume minimo richiesto dalla normativa per il lotto in esame è pari a 260.45 mc. Trattandosi però di opera di infiltrazione questo volume può essere ridotto del 30% e pertanto è pari a 182.31 mc.

8.1. 5 Verifica del franco di sicurezza

L'art.10 del regolamento regionale prevede che le opere di laminazione, dimensionate con $Tr=50$ anni siano successivamente verificate per $TR=100$ anni.

Tale verifica è mirata a valutare che, in presenza di un evento con $T100$, non si determinino esondazioni che arrechino danni a persone o a cose, siano esse le opere stesse o le strutture presenti nell'intorno.

Nel caso dell'area A2 il W_0 da garantire è pari a $W_0 = 163.89\text{mc}$.

I dettagli relativi al calcolo dei volumi sono riportati in allegato 2.

8.3 AREA DI INFILTRAZIONE A3 – AREA SPORTIVA – LOTTO 4

L'area di infiltrazione A3, posizionato sotto l'area a verde, deve garantire l'infiltrazione delle acque meteoriche relative all'area sportiva.

Il predimensionamento prevede un'area di superficie pari a 310 mq per un'altezza drenante pari a 1.5 metri.

8.3.1 DETERMINAZIONE DELL'ONDA ENTRANTE Q_E E DELL'ONDA USCENTE Q_U

I parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica per Tr pari a 50 e 100 anni, utilizzate per il calcolo del volume entrante sono:

- $Tr = 50$ anni: $a = 62,07 \text{ mm/h}$ $n = 0,3034 (D > 1h) / 0,5 (D < 1h)$
- $Tr = 100$ anni: $a = 69,14 \text{ mm/h}$ $n = 0,3034 (D > 1h) / 0,5 (D < 1h)$

Per la determinazione del volume uscente si considera che la portata effluente dal sistema è costante nel tempo e corrisponde alla portata di infiltrazione nel terreno.

Superficie totale (S)	4776 m ²	a (TR=100)	69,14
coef. Di deflusso (Φ)	0.89	a (TR=50)	62,07
Superficie scolante (S)	4776 m ²	n (D>1h)	0,3034
Portata infiltrata ($Q_{u,lim}$)	22.07 l/s	n (D<1h)	0,5

Tabella 7 Riepilogo coefficienti per determinazione dell'onda entrante (Q_E) e dell'onda uscente (Q_U) – area di infiltrazione A2



Inserendo i coefficienti nelle formule riportate nei paragrafi 6.1e 6.2 è possibile tracciare l'andamento delle funzioni $W_e(D)$ e $W_u(D)$ al variare della durata della pioggia D .

8.3.2 Determinazione dell'evento critico che massimizza il volume di laminazione

Nel grafico seguente sono raffigurati gli andamenti delle curve caratteristiche del volume entrante $W_e(D)$ e del volume uscente $W_u(D)$ in funzione della durata della pioggia D , considerando un tempo di ritorno di 50 anni.

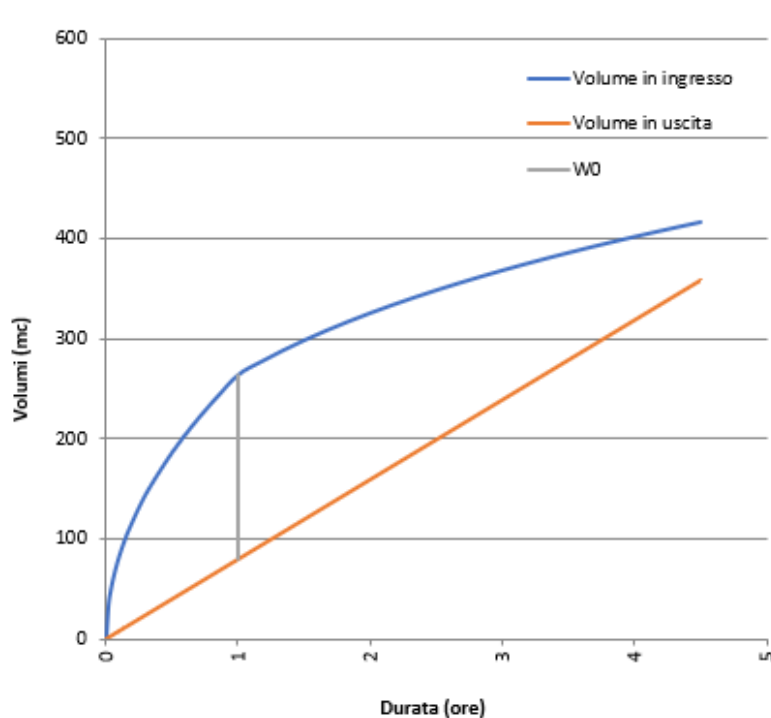


Figura 12 Determinazione dell'evento critico D_W e del corrispondente volume critico W_0 di laminazione – Area A3

Dal grafico si ricava che la durata dell'evento critico D_W che massimizza il volume di invaso (ossia la differenza tra W_e e W_u ; individuata tale durata, pari a 60 minuti, è possibile determinare i valori di volume entrante e uscente associati:

$$W_e(D_W) = 264.35 \text{ mc} \quad W_u(D_W) = 79.47 \text{ mc}$$

E di conseguenza:

$$W_0 = W_e(D_W) - W_u(D_W) = \mathbf{184.89 \text{ mc}}$$

8.3.3 Calcolo del tempo di svuotamento dell'invaso di laminazione

Il tempo di svuotamento viene calcolato mediante il rapporto tra il volume di massimo invaso e la portata filtrante.

Nel caso dell'area A3:

$$W_0 = 184.89 \text{ mc}$$

$$Q_{u,lim} = 22.07 \text{ l/s}$$

$$T_s = \mathbf{2.3 \text{ h}}$$



Il valore del tempo di svuotamento dell'invaso di laminazione è inferiore a 48 ore e pertanto la condizione dell'art.11, comma 2, lettera f) del Regolamento Regionale n.7/2017 risulta verificata.

8.3.4 Verifica del volume minimo

Il volume minimo richiesto dalla normativa per il lotto in esame è pari a 340.69 mc. Trattandosi però di opera di infiltrazione questo volume può essere ridotto del 30% e pertanto è pari a 238.48 mc.

Dovendo assumere il massimo tra il volume minimo e il volume derivante dall'applicazione del metodo delle sole piogge il volume finale con il quale dimensionare le opere di infiltrazione è pari a 238.48 mc.

8.1. 5 Verifica del franco di sicurezza

L'art.10 del regolamento regionale prevede che le opere di laminazione, dimensionate con $Tr=50$ anni siano successivamente verificate per $TR=100$ anni.

Tale verifica è mirata a valutare che, in presenza di un evento con $T100$, non si determinino esondazioni che arrechino danni a persone o a cose, siano esse le opere stesse o le strutture presenti nell'intorno.

Nel caso dell'area A3 il $W0$ da garantire è pari a $W0 = 215.82$ mc

I dettagli relativi al calcolo dei volumi sono riportati in allegato 3.

8.4 MAXIPIPE – NUOVA VIABILITÀ

Il drenaggio delle acque meteoriche della nuova viabilità di progetto avverrà tramite tubazione di nuova realizzazione confluyente in pubblica fognatura di tipo misto.

La scelta progettuale deriva da considerazioni di carattere tecnico-gestionale.

La presenza della rete miste esistente in prossimità del tratto di nuova realizzazione e la necessità di ridurre al minimo eventuali interventi di manutenzione vista la collazione sotto viabilità pubblica ha indirizzato l'adozione della soluzione che prevedere il collettamento delle acque meteoriche attraverso scatolare in c.a. opportunamente dimensionato per limitare la portata in ingresso alla rete esistente come da regolamento regionale n.7/2017 e successive revisioni.

Infatti, come già riportato al capitolo SCELTA DEL METODO DI CALCOLO il comune di Milano ricade nelle aree A (Allegato G del RR), ovvero aree a criticità alta per cui il limite allo scarico in fognatura è fissato a 10 l/s per ettaro di superficie scolante. Ad ogni modo, ai sensi dell'art.7 del medesimo regolamento *indipendentemente dall'ubicazione territoriale, sono assoggettate ai limiti e alle procedure indicati nel presente regolamento per le aree A di cui al comma 3, anche le aree lombarde inserite nei PGT comunali come ambiti di trasformazione o anche come piani attuativi previsti nel piano delle regole.*

Il metodo utilizzato per il calcolo del volume di laminazione necessario è il metodo delle SOLE PIOGGE.

8.4.1 Determinazione dell'onda entrante Q_e e dell'onda uscente Q_u



I parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica per Tr pari a 50 e 100 anni, utilizzate per il calcolo del volume entrante sono:

- Tr = 50 anni: a = 62,07 mm/h n = 0,3034 (D > 1h) / 0,5 (D < 1h)
- Tr = 100 anni: a = 69,14 mm/h n = 0,3034 (D > 1h) / 0,5 (D < 1h)

Per la determinazione del volume uscente si considera che la portata effluente dal sistema è costante nel tempo e corrisponde alla portata di infiltrazione nel terreno.

Superficie totale (S)	5183 m ²	a (TR=100)	69,14
Coef. Di deflusso (Φ)	1	a (TR=50)	62,07
Superficie scolante (S)	5183 m ²	n (D>1h)	0,3034
Portata IN USCITA (Qu,lim)	5,18 l/s	n (D<1h)	0,5

Tabella 8 Riepilogo coefficienti per determinazione dell'onda entrante (Qe) e dell'onda uscente (Qu) – maxipe

Inserendo i coefficienti nelle formule riportate nei paragrafi 6.1e 6.2 è possibile tracciare l'andamento delle funzioni $W_e(D)$ e $W_u(D)$ al variare della durata della pioggia D.

8.4.2 Determinazione dell'evento critico che massimizza il volume di laminazione

Nel grafico seguente sono raffigurati gli andamenti delle curve caratteristiche del volume entrante $W_e(D)$ e del volume uscente $W_u(D)$ in funzione della durata della pioggia D, considerando un tempo di ritorno di 50 anni.

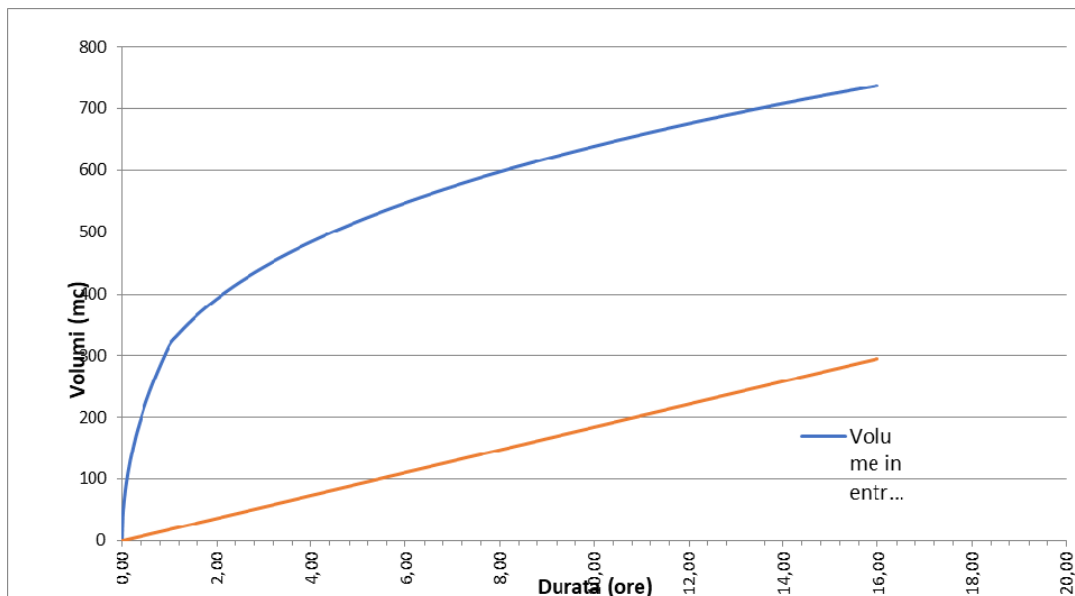


Figura 13 Determinazione dell'evento critico DW e del corrispondente volume critico W0 di laminazione – maxipe



Dal grafico si ricava che la durata dell'evento critico D_W che massimizza il volume di invaso (ossia la differenza tra W_e e W_u ; individuata tale durata, pari a 650 minuti, è possibile determinare i valori di volume entrante e uscente associati:

$$W_e(D_W) = 662,89 \text{ mc} \quad W_u(D_W) = 202,15 \text{ mc}$$

E di conseguenza:

$$W_0 = W_e(D_W) - W_u(D_W) = \mathbf{460,76 \text{ mc}}$$

8.4.3 Verifica del volume minimo

Il volume minimo richiesto dalla normativa per il lotto in esame è pari a 414.64 mc.

Dovendo assumere il **massimo** tra il volume minimo previsto dall'art. 12 del RR (800 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento moltiplicato per il 'coefficiente P' di cui alla tabella riportata nell'Allegato C) e il volume derivante dall'applicazione del metodo delle sole piogge il volume finale con il quale dimensionare la tubazione è pari a 460.76 mc.

8.1. 5 Verifica del franco di sicurezza

L'art.10 del regolamento regionale prevede che le opere di laminazione, dimensionate con $Tr=50$ anni siano successivamente verificate per $TR=100$ anni.

Tale verifica è mirata a valutare che, in presenza di un evento con $T100$, non si determinino esondazioni che arrechino danni a persone o a cose, siano esse le opere stesse o le strutture presenti nell'intorno.

Nel caso de il W_0 da garantire è pari a $W_0 = 537,84 \text{ mc}$

I dettagli relativi al calcolo dei volumi sono riportati in allegato 4.

9 VERIFICA DELLE SOLUZIONI PROGETTUALI PROPOSTE

La raccolta, l'invaso e il convogliamento delle acque meteoriche delle coperture e delle aree pavimentate per il transito pedonale e veicolare verso un ricettore finale come previsto da normativa regionale si concretizza mediante la realizzazione di una rete di raccolta che convoglia le acque verso aree di infiltrazione realizzate mediante una batteria di pozzi a dispersione da posizionarsi in prossimità delle aree verdi.

In particolare l'ipotesi progettuale sviluppata nell'elaborato 21IRM01-PP-SER-DR-E.02 Reti idrauliche (tabella 15) è stata verificata con riferimento ai volumi calcolati nella presente relazione.

	TERZIARIO + COMMERCIALE	POLIFUNZ	AREA SPORTIVA	
	LOTTO 1 + 2	LOTTO 3	AREA PADEL	Viabilità
SUP TOTALE (mq)	3937	3730	4776	5183
IMPERMEABILE	3292	3060.25	3993	5183.00
VERDE	645.00	677.75	783	0
Scolante (mq)	3744	3263.6	4250.64	5183.00

DIMENSIONAMENTO	Volume di laminazione necessario invarianza idraulica TR=50 anni (mc)	171.32	140.90	184.39	460.76
	ART 12 (800 mc per ha) P=1	299.5	261.1	340.1	414.6
	ART 12 (800 mc per ha) P=1 ridotto 30%	209.6	182.8	238.04	-
	Volume da considerare per il dimensionamento (mc) W_{0TR50}	209.6	182.8	238.0	460.8

VERIFICA	Franco di sicurezza TR=100 anni (mc)	199.92	164.47	215.82	537.84
----------	--------------------------------------	--------	--------	--------	--------

verifica soluzione progettuale adottata	Volume garantito (mc)	275	236	301	576
	$V_{\text{pozzi}} > \text{Volume} W_{0TR50}$	VERO	VERO	VERO	VERO
	$V_{\text{pozzi}} > \text{Volume} W_{0TR100}$	VERO	VERO	VERO	VERO

POZZI A DISPERSIONE	MAXIPIPE
----------------------------	-----------------



Tabella 9 Verifica soluzione progettuale

Per quanto riguarda il maxipe che raccoglierà le acque della viabilità il volume di progetto riportato nella relazione delle reti idrauliche di cui sopra è correttamente dimensionato per il rispetto dell'invarianza idraulica.

10 CONCLUSIONI

Come si evince dalla tabella 9 di cui al precedente capitolo, la verifica dell'invarianza idraulica per la soluzione progettuale proposta è soddisfatta.

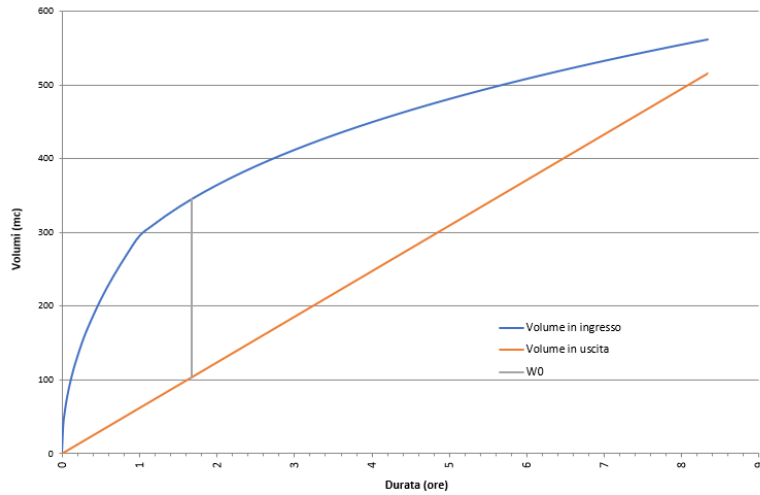
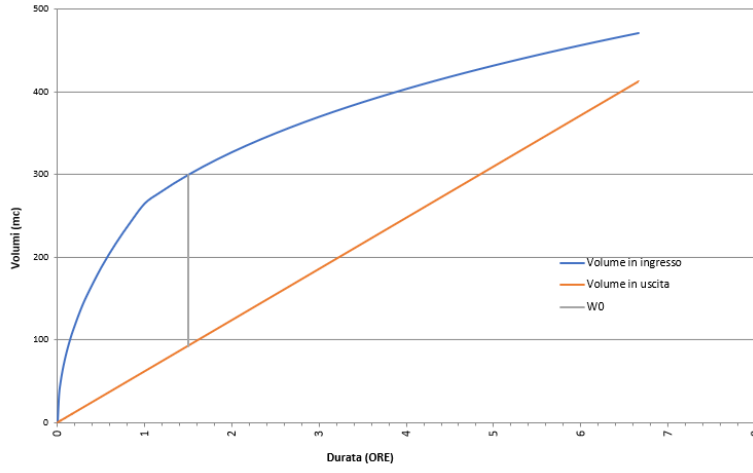
ALLEGATO 1

Calcoli volumi di laminazione Lotto 1

TR=50 ANNI					TR=100 ANNI				
Durata	h pioggia	V pioggia	Volume	DV	Durata	h pioggia	V pioggia	Volume	DV
	Progetto	f * S * h	Uscita	V invaso		Progetto	f * S * h	Uscita	V invaso
(min)	(mm)	(mc)	(mc)	(mc)	(min)	(mm)	(mc)	(mc)	(mc)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
1	8.01	30.00	1.03	28.97	1	8.93	33.41	1.03	32.38
2	11.33	42.43	2.06	40.36	2	12.62	47.25	2.06	45.19
3	13.88	51.96	3.09	48.87	3	15.46	57.87	3.09	54.78
4	16.03	60.00	4.12	55.87	4	17.85	66.83	4.12	62.70
5	17.92	67.08	5.16	61.93	5	19.96	74.71	5.16	69.56
6	19.63	73.48	6.19	67.30	6	21.86	81.84	6.19	75.66
7	21.20	79.37	7.22	72.15	7	23.61	88.40	7.22	81.18
8	22.67	84.85	8.25	76.60	8	25.25	94.51	8.25	86.26
9	24.04	90.00	9.28	80.72	9	26.78	100.24	9.28	90.96
10	25.34	94.87	10.31	84.56	10	28.23	105.66	10.31	95.35
15	31.04	116.19	15.47	100.72	15	34.57	129.41	15.47	113.94
20	35.84	134.16	20.62	113.54	20	39.92	149.43	20.62	128.80
30	43.89	164.32	30.94	133.38	30	48.89	183.01	30.94	152.07
40	50.68	189.73	41.25	148.49	40	56.45	211.32	41.25	170.07
50	56.67	212.13	51.56	160.57	50	63.11	236.26	51.56	184.70
60	62.07	232.38	61.87	170.50	60	69.14	258.81	61.87	196.94
70	65.05	243.50	72.18	171.32	70	72.45	271.21	72.18	199.02
80	67.74	253.57	82.50	171.07	80	75.44	282.42	82.50	199.92
90	70.20	262.80	92.81	169.99	90	78.19	292.69	92.81	199.89
100	72.48	271.33	103.12	168.21	100	80.73	302.20	103.12	199.08
110	74.61	279.29	113.43	165.86	110	83.10	311.07	113.43	197.64
120	76.60	286.76	123.74	163.02	120	85.32	319.39	123.74	195.65
130	78.49	293.81	134.06	159.76	130	87.42	327.24	134.06	193.18
140	80.27	300.49	144.37	156.13	140	89.40	334.68	144.37	190.31
150	81.97	306.85	154.68	152.17	150	91.29	341.76	154.68	187.08
160	83.59	312.92	164.99	147.93	160	93.10	348.52	164.99	183.53
170	85.14	318.73	175.30	143.42	170	94.83	354.99	175.30	179.68
180	86.63	324.30	185.62	138.69	180	96.49	361.20	185.62	175.58
190	88.06	329.67	195.93	133.74	190	98.08	367.17	195.93	171.24
200	89.45	334.84	206.24	128.60	200	99.62	372.93	206.24	166.69
210	90.78	339.83	216.55	123.28	210	101.11	378.49	216.55	161.94
220	92.07	344.66	226.86	117.80	220	102.54	383.87	226.86	157.01
230	93.32	349.34	237.18	112.16	230	103.94	389.09	237.18	151.91
240	94.53	353.88	247.49	106.39	240	105.29	394.14	247.49	146.65
250	95.71	358.29	257.80	100.49	250	106.60	399.05	257.80	141.25
260	96.86	362.58	268.11	94.47	260	107.88	403.83	268.11	135.72
270	97.97	366.76	278.42	88.33	270	109.12	408.48	278.42	130.06
280	99.06	370.83	288.74	82.09	280	110.33	413.01	288.74	124.28
290	100.12	374.79	299.05	75.75	290	111.51	417.43	299.05	118.39
300	101.15	378.67	309.36	69.31	300	112.66	421.75	309.36	112.39
310	102.17	382.46	319.67	62.78	310	113.79	425.97	319.67	106.29



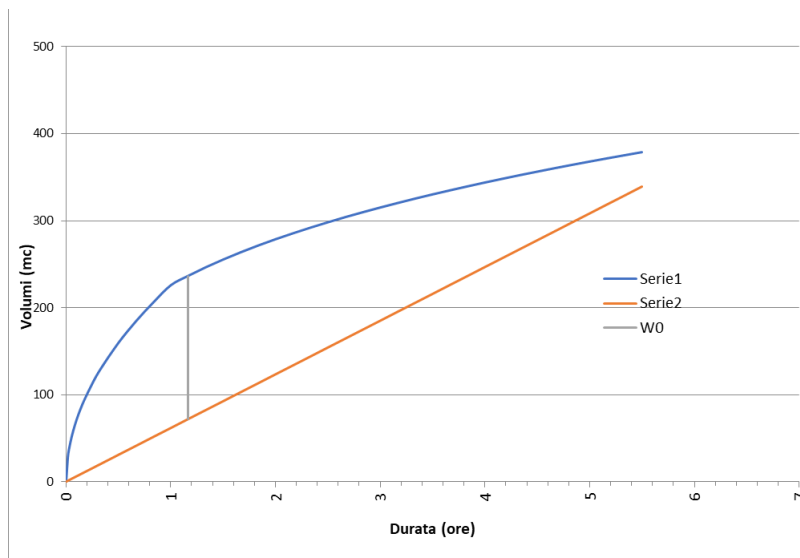
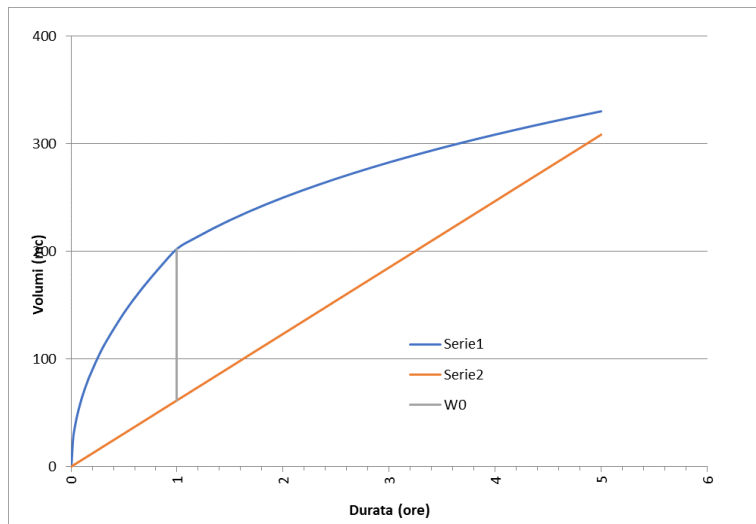
320	103.15	386.16	329.99	56.17	320	114.89	430.09	329.99	100.11
330	104.12	389.78	340.30	49.48	330	115.97	434.12	340.30	93.83
340	105.07	393.33	350.61	42.72	340	117.02	438.07	350.61	87.47
350	106.00	396.80	360.92	35.88	350	118.06	441.94	360.92	81.02
360	106.91	400.21	371.23	28.97	360	119.07	445.74	371.23	74.50
370	107.80	403.55	381.55	22.00	370	120.06	449.46	381.55	67.91
380	108.68	406.83	391.86	14.97	380	121.04	453.11	391.86	61.25
390	109.53	410.04	402.17	7.87	390	122.00	456.69	402.17	54.53
400	110.38	413.21	412.48	0.72	400	122.94	460.22	412.48	47.74



ALLEGATO 2

Calcolo volumi di laminazione Lotto 3

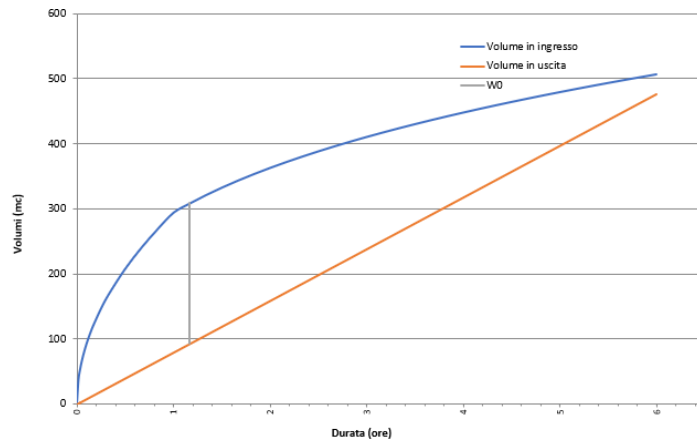
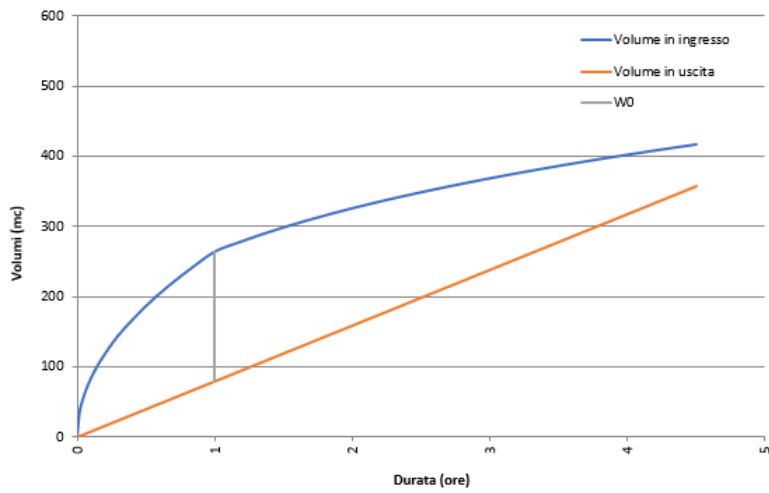
Durata	h pioggia	V pioggia	Volume	DV	Durata	h pioggia	V pioggia	Volume	DV
	Progetto	f * S * h	Uscita	V invaso		Progetto	f * S * h	Uscita	V invaso
(min)	(mm)	(mc)	(mc)	(mc)	(min)	(mm)	(mc)	(mc)	(mc)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
1	8.01	26.15	1.03	25.13	1	8.93	29.13	1.03	28.10
2	11.33	36.99	2.06	34.93	2	12.62	41.19	2.06	39.14
3	13.88	45.30	3.08	42.22	3	15.46	50.45	3.08	47.37
4	16.03	52.31	4.11	48.19	4	17.85	58.26	4.11	54.15
5	17.92	58.48	5.14	53.34	5	19.96	65.13	5.14	59.99
6	19.63	64.06	6.17	57.89	6	21.86	71.35	6.17	65.18
7	21.20	69.20	7.20	62.00	7	23.61	77.07	7.20	69.87
8	22.67	73.97	8.22	65.75	8	25.25	82.39	8.22	74.16
9	24.04	78.46	9.25	69.21	9	26.78	87.39	9.25	78.13
10	25.34	82.71	10.28	72.42	10	28.23	92.11	10.28	81.83
15	31.04	101.29	15.42	85.87	15	34.57	112.82	15.42	97.40
20	35.84	116.96	20.56	96.40	20	39.92	130.27	20.56	109.71
30	43.89	143.25	30.84	112.41	30	48.89	159.55	30.84	128.70
40	50.68	165.41	41.12	124.29	40	56.45	184.23	41.12	143.10
50	56.67	184.93	51.41	133.53	50	63.11	205.97	51.41	154.57
60	62.07	202.59	61.69	140.90	60	69.14	225.63	61.69	163.95
70	65.05	212.29	71.97	140.32	70	72.45	236.44	71.97	164.47
80	67.74	221.06	82.25	138.81	80	75.44	246.21	82.25	163.96
90	70.20	229.11	92.53	136.57	90	78.19	255.17	92.53	162.64
100	72.48	236.55	102.81	133.74	100	80.73	263.46	102.81	160.65
110	74.61	243.49	113.09	130.39	110	83.10	271.19	113.09	158.10
120	76.60	250.00	123.37	126.63	120	85.32	278.44	123.37	155.07
130	78.49	256.15	133.66	122.49	130	87.42	285.29	133.66	151.63
140	80.27	261.97	143.94	118.03	140	89.40	291.78	143.94	147.84
150	81.97	267.51	154.22	113.29	150	91.29	297.95	154.22	143.73
160	83.59	272.80	164.50	108.30	160	93.10	303.84	164.50	139.34
170	85.14	277.87	174.78	103.09	170	94.83	309.48	174.78	134.70
180	86.63	282.73	185.06	97.67	180	96.49	314.89	185.06	129.83
190	88.06	287.40	195.34	92.06	190	98.08	320.10	195.34	124.76
200	89.45	291.91	205.62	86.29	200	99.62	325.12	205.62	119.50
210	90.78	296.26	215.90	80.36	210	101.11	329.97	215.90	114.07
220	92.07	300.48	226.19	74.29	220	102.54	334.66	226.19	108.47
230	93.32	304.55	236.47	68.09	230	103.94	339.20	236.47	102.74
240	94.53	308.51	246.75	61.77	240	105.29	343.61	246.75	96.86
250	95.71	312.36	257.03	55.33	250	106.60	347.89	257.03	90.87
260	96.86	316.10	267.31	48.79	260	107.88	352.06	267.31	84.75
270	97.97	319.74	277.59	42.15	270	109.12	356.11	277.59	78.52
280	99.06	323.28	287.87	35.41	280	110.33	360.06	287.87	72.19
290	100.12	326.75	298.15	28.59	290	111.51	363.92	298.15	65.77



ALLEGATO 3

Calcolo volumi di laminazione Lotto 4

TR=50 ANNI					TR=100 ANNI				
Durata	h pioggia	V pioggia	Volume	DV	Durata	h pioggia	V pioggia	Volume	DV
	Progetto	f * S * h	Uscita	V invaso		Progetto	f * S * h	Uscita	V invaso
(min)	(mm)	(mc)	(mc)	(mc)	(min)	(mm)	(mc)	(mc)	(mc)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
1	8.01	34.06	1.32	32.74	1	8.93	38.01	1.32	36.69
2	11.33	48.17	2.65	45.52	2	12.62	53.76	2.65	51.11
3	13.88	59.00	3.97	55.03	3	15.46	65.84	3.97	61.86
4	16.03	68.13	5.30	62.83	4	17.85	76.02	5.30	70.72
5	17.92	76.17	6.62	69.55	5	19.96	84.99	6.62	78.37
6	19.63	83.44	7.95	75.49	6	21.86	93.11	7.95	85.16
7	21.20	90.12	9.27	80.85	7	23.61	100.57	9.27	91.30
8	22.67	96.35	10.60	85.75	8	25.25	107.51	10.60	96.92
9	24.04	102.19	11.92	90.27	9	26.78	114.03	11.92	102.11
10	25.34	107.72	13.24	94.47	10	28.23	120.20	13.24	106.96
15	31.04	131.93	19.87	112.06	15	34.57	147.22	19.87	127.35
20	35.84	152.34	26.49	125.85	20	39.92	169.99	26.49	143.50
30	43.89	186.58	39.73	146.84	30	48.89	208.19	39.73	168.46
40	50.68	215.44	52.98	162.46	40	56.45	240.40	52.98	187.42
50	56.67	240.87	66.22	174.64	50	63.11	268.78	66.22	202.55
60	62.07	263.86	79.47	184.39	60	69.14	294.43	79.47	214.96
70	65.05	276.49	92.71	183.78	70	72.45	308.53	92.71	215.82
80	67.74	287.92	105.96	181.97	80	75.44	321.28	105.96	215.33
90	70.20	298.40	119.20	179.20	90	78.19	332.97	119.20	213.77
100	72.48	308.09	132.45	175.64	100	80.73	343.79	132.45	211.34
110	74.61	317.13	145.69	171.44	110	83.10	353.87	145.69	208.18
120	76.60	325.61	158.94	166.68	120	85.32	363.34	158.94	204.41
130	78.49	333.62	172.18	161.44	130	87.42	372.27	172.18	200.09
140	80.27	341.20	185.42	155.78	140	89.40	380.74	185.42	195.31
150	81.97	348.42	198.67	149.75	150	91.29	388.79	198.67	190.12
160	83.59	355.31	211.91	143.40	160	93.10	396.48	211.91	184.57
170	85.14	361.91	225.16	136.75	170	94.83	403.84	225.16	178.68
180	86.63	368.24	238.40	129.83	180	96.49	410.90	238.40	172.50
190	88.06	374.33	251.65	122.68	190	98.08	417.70	251.65	166.05
200	89.45	380.20	264.89	115.31	200	99.62	424.25	264.89	159.36
210	90.78	385.87	278.14	107.73	210	101.11	430.58	278.14	152.44
220	92.07	391.35	291.38	99.97	220	102.54	436.70	291.38	145.32
230	93.32	396.67	304.63	92.04	230	103.94	442.63	304.63	138.00
240	94.53	401.82	317.87	83.95	240	105.29	448.38	317.87	130.51
250	95.71	406.83	331.12	75.71	250	106.60	453.97	331.12	122.85
260	96.86	411.70	344.36	67.34	260	107.88	459.40	344.36	115.04
270	97.97	416.44	357.61	58.84	270	109.12	464.69	357.61	107.09



ALLEGATO 4

Calcolo volumi di laminazione tubazione sotto la nuova viabilità

TR=50 ANNI					TR=100 ANNI				
Durata	h pioggia	V pioggia	Volume	DV	Durata	h pioggia	V pioggia	Volume	DV
	Progetto	f * S * h	Uscita	V invaso		Progetto	f * S * h	Uscita	V invaso
(min)	(mm)	(mc)	(mc)	(mc)	(min)	(mm)	(mc)	(mc)	(mc)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
1	8.01	41.54	0.31	41.22	1	8.93	46.26	0.31	45.95
2	11.33	58.74	0.62	58.12	2	12.62	65.42	0.62	64.80
3	13.88	71.94	0.93	71.01	3	15.46	80.13	0.93	79.19
4	16.03	83.07	1.24	81.83	4	17.85	92.52	1.24	91.28
5	17.92	92.88	1.55	91.32	5	19.96	103.44	1.55	101.89
6	19.63	101.74	1.87	99.88	6	21.86	113.32	1.87	111.45
7	21.20	109.89	2.18	107.72	7	23.61	122.40	2.18	120.22
8	22.67	117.48	2.49	114.99	8	25.25	130.85	2.49	128.36
9	24.04	124.61	2.80	121.81	9	26.78	138.78	2.80	135.98
10	25.34	131.35	3.11	128.24	10	28.23	146.29	3.11	143.18
15	31.04	160.87	4.66	156.20	15	34.57	179.17	4.66	174.50
20	35.84	185.75	6.22	179.53	20	39.92	206.89	6.22	200.67
30	43.89	227.50	9.33	218.17	30	48.89	253.38	9.33	244.05
40	50.68	262.69	12.44	250.26	40	56.45	292.58	12.44	280.14
50	56.67	293.70	15.55	278.15	50	63.11	327.12	15.55	311.57
60	62.07	321.73	18.66	303.07	60	69.14	358.34	18.66	339.68
70	65.05	337.14	21.77	315.37	70	72.45	375.49	21.77	353.73
80	67.74	351.08	24.88	326.20	80	75.44	391.02	24.88	366.14
90	70.20	363.85	27.99	335.86	90	78.19	405.25	27.99	377.26
100	72.48	375.67	31.10	344.57	100	80.73	418.41	31.10	387.31
110	74.61	386.69	34.21	352.48	110	83.10	430.68	34.21	396.48
120	76.60	397.03	37.32	359.72	120	85.32	442.21	37.32	404.89
130	78.49	406.79	40.43	366.37	130	87.42	453.08	40.43	412.65
140	80.27	416.05	43.54	372.51	140	89.40	463.38	43.54	419.84
150	81.97	424.85	46.65	378.20	150	91.29	473.18	46.65	426.53
160	83.59	433.25	49.76	383.49	160	93.10	482.54	49.76	432.78
170	85.14	441.29	52.87	388.42	170	94.83	491.49	52.87	438.63
180	86.63	449.01	55.98	393.03	180	96.49	500.09	55.98	444.12
190	88.06	456.43	59.09	397.35	190	98.08	508.36	59.09	449.28
200	89.45	463.59	62.20	401.40	200	99.62	516.34	62.20	454.14
210	90.78	470.51	65.31	405.20	210	101.11	524.04	65.31	458.73
220	92.07	477.20	68.42	408.78	220	102.54	531.49	68.42	463.07
230	93.32	483.67	71.53	412.15	230	103.94	538.70	71.53	467.18
240	94.53	489.96	74.64	415.33	240	105.29	545.70	74.64	471.07
250	95.71	496.07	77.75	418.32	250	106.60	552.50	77.75	474.76
260	96.86	502.00	80.85	421.15	260	107.88	559.12	80.85	478.26
270	97.97	507.79	83.96	423.82	270	109.12	565.56	83.96	481.59
280	99.06	513.42	87.07	426.35	280	110.33	571.83	87.07	484.76
290	100.12	518.92	90.18	428.73	290	111.51	577.95	90.18	487.77
300	101.15	524.28	93.29	430.99	300	112.66	583.93	93.29	490.63
310	102.17	529.52	96.40	433.12	310	113.79	589.77	96.40	493.36
320	103.15	534.65	99.51	435.13	320	114.89	595.47	99.51	495.96

330	104.12	539.66	102.62	437.04	330	115.97	601.06	102.62	498.44
340	105.07	544.57	105.73	438.84	340	117.02	606.53	105.73	500.80
350	106.00	549.38	108.84	440.54	350	118.06	611.89	108.84	503.04
360	106.91	554.10	111.95	442.15	360	119.07	617.14	111.95	505.19
370	107.80	558.72	115.06	443.66	370	120.06	622.29	115.06	507.23
380	108.68	563.26	118.17	445.09	380	121.04	627.35	118.17	509.17
390	109.53	567.72	121.28	446.44	390	122.00	632.31	121.28	511.03
400	110.38	572.10	124.39	447.71	400	122.94	637.18	124.39	512.79
410	111.21	576.40	127.50	448.90	410	123.86	641.98	127.50	514.47
420	112.03	580.63	130.61	450.02	420	124.77	646.69	130.61	516.08
430	112.83	584.79	133.72	451.07	430	125.66	651.32	133.72	517.60
440	113.62	588.88	136.83	452.05	440	126.54	655.88	136.83	519.05
450	114.40	592.91	139.94	452.97	450	127.41	660.37	139.94	520.43
460	115.16	596.88	143.05	453.83	460	128.26	664.79	143.05	521.73
470	115.91	600.79	146.16	454.63	470	129.10	669.14	146.16	522.98
480	116.66	604.64	149.27	455.37	480	129.93	673.42	149.27	524.15
490	117.39	608.43	152.38	456.05	490	130.74	677.65	152.38	525.27
500	118.11	612.17	155.49	456.68	500	131.55	681.82	155.49	526.33
510	118.82	615.86	158.60	457.26	510	132.34	685.93	158.60	527.33
520	119.53	619.50	161.71	457.79	520	133.12	689.98	161.71	528.27
530	120.22	623.09	164.82	458.27	530	133.90	693.98	164.82	529.16
540	120.90	626.63	167.93	458.70	540	134.66	697.93	167.93	530.00
550	121.58	630.13	171.04	459.09	550	135.41	701.82	171.04	530.78
560	122.24	633.59	174.15	459.44	560	136.15	705.67	174.15	531.52
570	122.90	637.00	177.26	459.74	570	136.88	709.47	177.26	532.21
580	123.55	640.37	180.37	460.00	580	137.61	713.22	180.37	532.85
590	124.19	643.70	183.48	460.22	590	138.32	716.93	183.48	533.45
600	124.83	646.99	186.59	460.40	600	139.03	720.60	186.59	534.01
610	125.46	650.24	189.70	460.54	610	139.73	724.22	189.70	534.52
620	126.08	653.46	192.81	460.65	620	140.42	727.80	192.81	534.99
630	126.69	656.64	195.92	460.72	630	141.10	731.34	195.92	535.42
640	127.30	659.78	199.03	460.75	640	141.78	734.84	199.03	535.82
650	127.90	662.89	202.14	460.76	650	142.45	738.31	202.14	536.17
660	128.49	665.97	205.25	460.72	660	143.11	741.74	205.25	536.49
670	129.08	669.02	208.36	460.66	670	143.76	745.13	208.36	536.77
680	129.66	672.03	211.47	460.56	680	144.41	748.49	211.47	537.02
690	130.24	675.01	214.58	460.44	690	145.05	751.81	214.58	537.23
700	130.81	677.97	217.69	460.28	700	145.69	755.10	217.69	537.41
710	131.37	680.89	220.80	460.09	710	146.32	758.35	220.80	537.56
720	131.93	683.79	223.91	459.88	720	146.94	761.58	223.91	537.67
730	132.48	686.65	227.02	459.64	730	147.55	764.77	227.02	537.76
740	133.03	689.49	230.13	459.37	740	148.16	767.94	230.13	537.81
750	133.57	692.31	233.24	459.07	750	148.77	771.07	233.24	537.84

