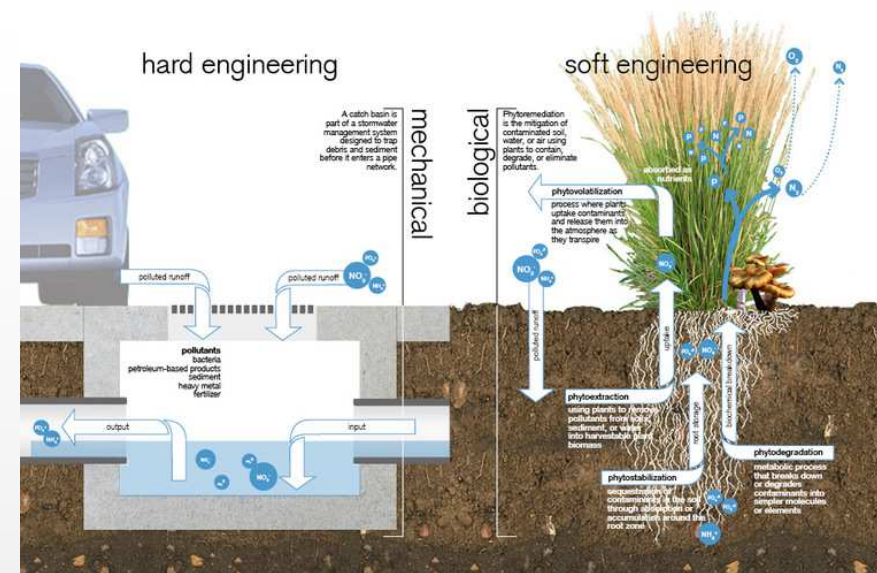
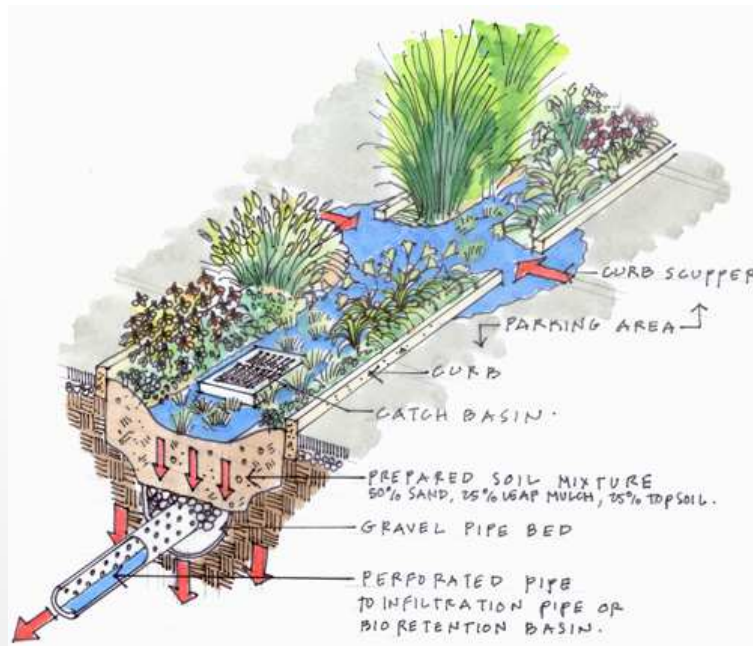


# Metodi e criteri di calcolo per il dimensionamento delle opere di INVARIANZA IDRAULICA



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE  
E AMBIENTALI - PRODUZIONE,  
TERRITORIO, AGROENERGIA



Daniele Masseroni – Università di Milano  
[daniele.masseroni@unimi.it](mailto:daniele.masseroni@unimi.it)

Workshop – Scuola Edile di Bergamo – 5 Marzo 2018

# Principali contenuti del progetto di invarianza idraulica

Nel dettaglio il progetto dovrà necessariamente contenere una relazione tecnica che include:

- i. Descrizione della soluzione progettuale di invarianza idraulica e idrologica e delle corrispondenti opere di raccolta, convogliamento, invaso, infiltrazione e scarico costituenti il sistema di drenaggio delle acque pluviali fino al punto terminale di scarico nel ricettore o di disperdimento nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo;
- ii. Calcolo delle precipitazioni di progetto;
- iii. Calcoli del processo di infiltrazione nelle aree e strutture a ciò destinate e relativi dimensionamenti;
- iv. Calcoli del processo di laminazione negli invasi a ciò destinati e relativi dimensionamenti;
- v. Calcolo del tempo di svuotamento degli invasi di laminazione;
- vi. Calcoli e relativi dimensionamenti di tutte le componenti del sistema di drenaggio delle acque pluviali fino al punto terminale di scarico;
- vii. Dimensionamento del sistema di scarico terminale, qualora necessario, nel ricettore, nel rispetto dei requisiti ammissibili;

# Requisiti minimi e limiti allo scarico

## Volumi minimi delle opere di invarianza idraulica

- per le aree A ad alta criticità idraulica: 800 m<sup>3</sup> per ettaro di superficie scolante impermeabile;
- per le aree B a media criticità idraulica: 600 m<sup>3</sup> per ettaro di superficie scolante impermeabile;
- per le aree C a bassa criticità idraulica: 400 m<sup>3</sup> per ettaro di superficie scolante impermeabile.

## Requisiti minimi allo scarico

- per le aree A - 10 l s<sup>-1</sup>s per ettaro di superficie scolante impermeabile;
- per le aree B - 20 l s<sup>-1</sup>per ettaro di superficie scolante impermeabile;
- per le aree C - 20 l s<sup>-1</sup> per ettaro di superficie scolante impermeabile.

# Scelta della procedura di dimensionamento - 1

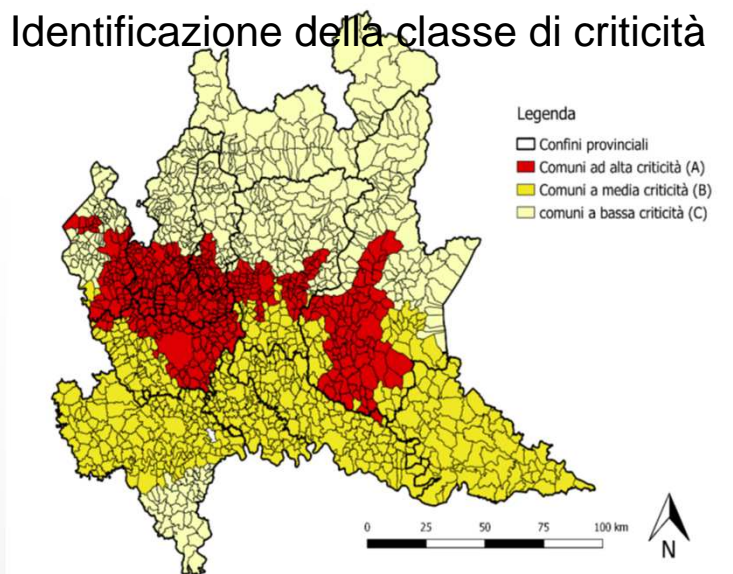


Classe di intervento		Superficie di trasformazione ( $A_{tot}$ )	Coefficiente di deflusso medio ponderale ( $\phi_{mp}$ )	Ambiti territoriali e modalità di calcolo	
				Aree A e B	Aree C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	$A_{tot} \leq 0.01$ ha $A_{tot} \leq 100$ m <sup>2</sup>	Qualsiasi	Requisiti minimi rispetto area con criticità C (Par. 3.5)	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	1. $< A_{tot} \leq 0.1$ ha $100 < A_{tot} \leq 1000$ m <sup>2</sup>	$\leq 0.4$	Requisiti minimi (Par. 3.5)	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	$0.01 < A_{tot} \leq 0.1$ ha $100 < A_{tot} \leq 1000$ m <sup>2</sup>	$> 0.4$	Metodo delle sole piogge (Par. 4.2)	Requisiti minimi (Par. 3.5)
		$0.1 < A_{tot} \leq 1$ ha $1000 < A_{tot} \leq 10000$ m <sup>2</sup>	Qualsiasi		
		$1 < A_{tot} \leq 10$ ha $10000 < A_{tot} \leq 100000$ m <sup>2</sup>	$\leq 0.4$		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	$1 < A_{tot} \leq 10$ ha $10000 < A_{tot} \leq 100000$ m <sup>2</sup>	$> 0.4$	Procedura di calcolo dettagliata (Par.4.4)	
		$A_{tot} > 10$ ha $A_{tot} > 100000$ m <sup>2</sup>			

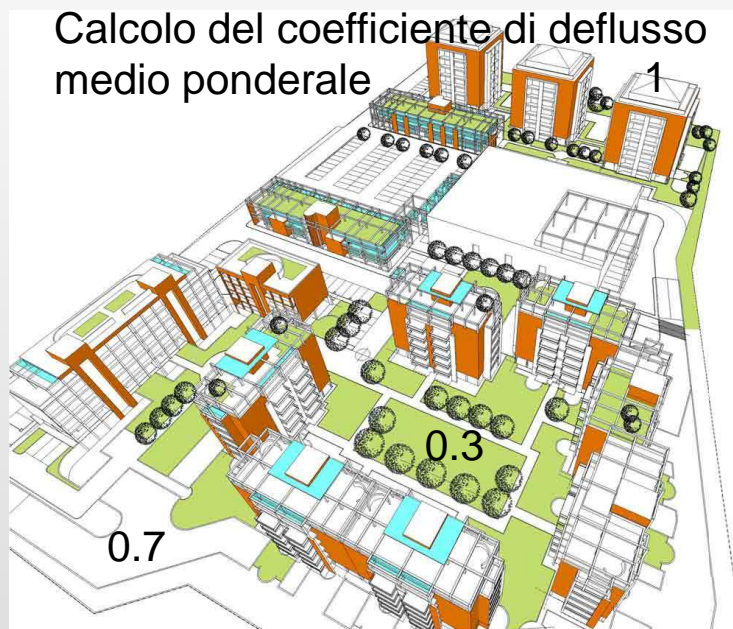


# Scelta della procedura di dimensionamento - 2

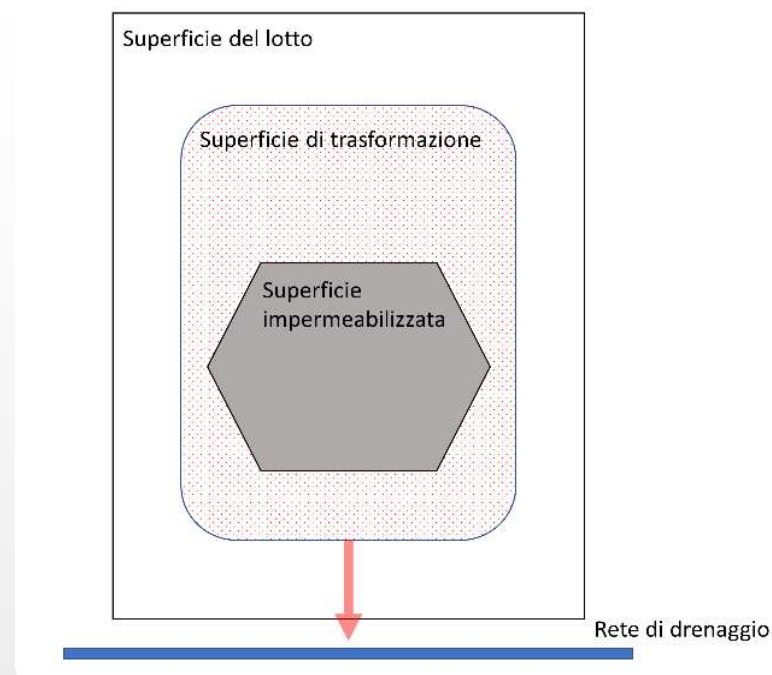
## Identificazione della classe di criticità



## Calcolo del coefficiente di deflusso medio ponderale



## Entità dell'area di trasformazione ( $A_{tot}$ )



$$\phi_{mp} = \frac{A_1 \cdot \phi_1 + A_2 \cdot \phi_2 + A_3 \cdot \phi_3}{A_{tot}}$$

# Metodo 1 - applicazione dei requisiti minimi -1

Si ipotizzi la realizzazione nel comune di Eupilio (CO) (livello criticità B) di un complesso di abitazioni che porta alla trasformazione complessiva di una superficie ( $A_{tot}$ ) pari a **1000 m<sup>2</sup>**. Le superfici totalmente impermeabili ( $A_1$ ) si estendono per 90 m<sup>2</sup> all'interno dell'area trasformata (somma delle coperture al suolo delle abitazioni, dei vialetti in asfalto, ecc.), 10 m<sup>2</sup> è la superficie delle opere parzialmente impermeabili ( $A_2$ ) e la restante parte della superficie (ovvero 900 m<sup>2</sup>) è destinata a parco ( $A_3$ ). Si calcoli:

- Il volume complessivo delle opere di mitigazione secondo i criteri del regolamento regionale
- Il tempo di svuotamento delle opere realizzate.

Classe di intervento		Superficie di trasformazione ( $A_{tot}$ )	Coefficiente di deflusso medio ponderale ( $\phi_{mp}$ )	Ambiti territoriali e modalità di calcolo	
				Aree A e B	Aree C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	$A_{tot} \leq 0.01$ ha $A_{tot} \leq 100$ m <sup>2</sup>	Qualsiasi	Requisiti minimi rispetto area con criticità C (Par. 3.5)	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	1. $< A_{tot} \leq 0.1$ ha $100 < A_{tot} \leq 1000$ m <sup>2</sup>	$\leq 0.4$	Requisiti minimi (Par. 3.5)	
		$0.01 < A_{tot} \leq 0.1$ ha $100 < A_{tot} \leq 1000$ m <sup>2</sup>	$> 0.4$	Metodo delle sole piogge (Par. 4.2)	Requisiti minimi (Par. 3.5)
2	Impermeabilizzazione potenziale media	$0.1 < A_{tot} \leq 1$ ha $1000 < A_{tot} \leq 10000$ m <sup>2</sup>	Qualsiasi		
		$1 < A_{tot} \leq 10$ ha $10000 < A_{tot} \leq 100000$ m <sup>2</sup>	$\leq 0.4$		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	$1 < A_{tot} \leq 10$ ha $10000 < A_{tot} \leq 100000$ m <sup>2</sup>	$> 0.4$	Procedura di calcolo dettagliata (Par.4.4)	Requisiti minimi (Par. 3.5)
		$A_{tot} > 10$ ha $A_{tot} > 100000$ m <sup>2</sup>			

## Metodo 1 - applicazione dei requisiti minimi -2

$$\phi_{mp} = \frac{90 \cdot 1 + 10 \cdot 0.7 + 900 \cdot 0.3}{1000} = 0.4$$

$$w_0 = 600 \cdot \frac{1000}{10000} \cdot 0.4 = 16. \text{ m}^3$$

Volume dell'opera di mitigazione

$$Q_{u,lim} = 20 \cdot \frac{1000}{10000} \cdot 0.4 = 0.8 \text{ l s}^{-1}$$

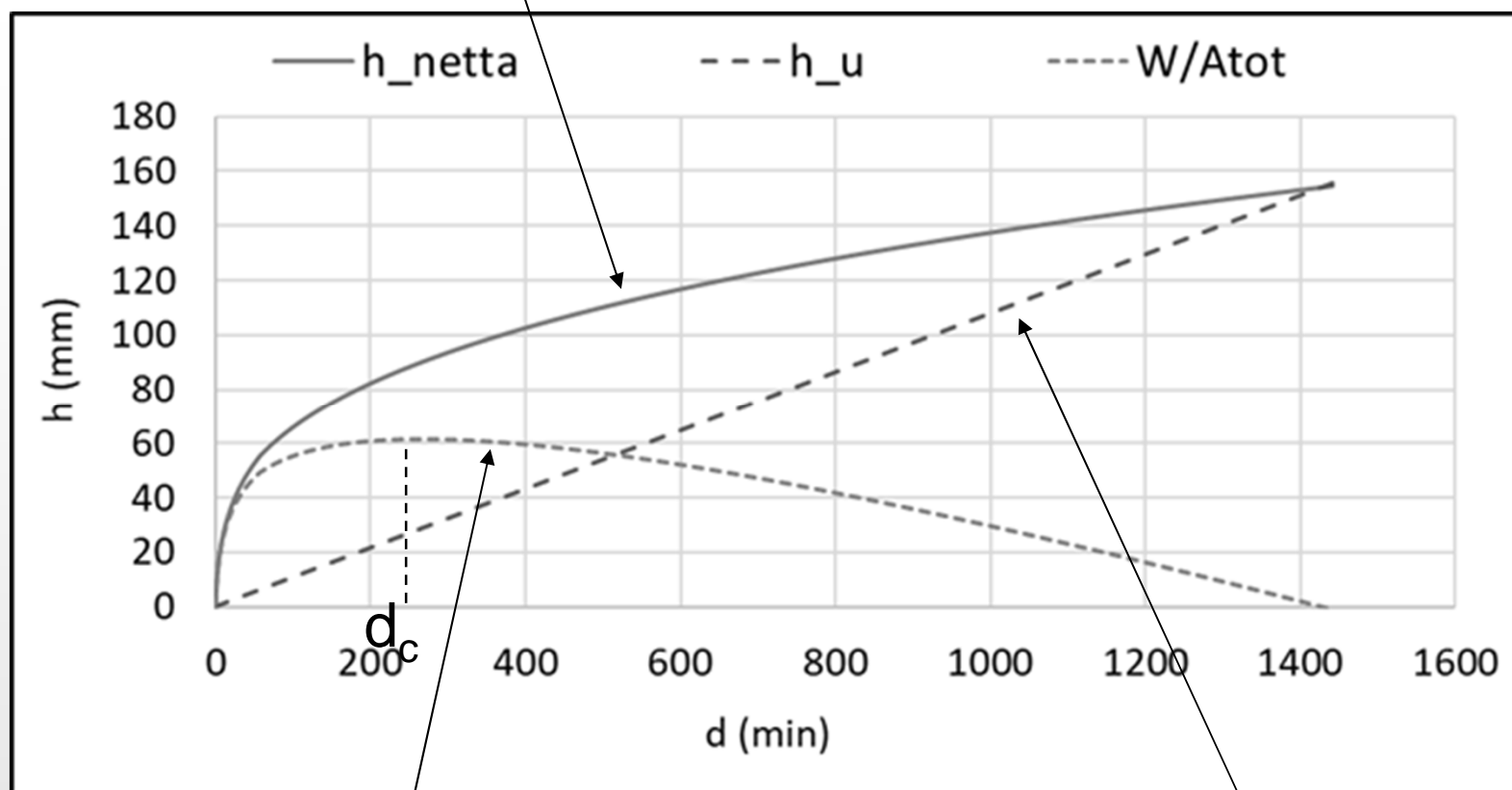
Portata limite allo scarico

$$t = \frac{16.00 \cdot 1000}{0.80 \cdot 3600} = 5.56 \text{ h}$$

Tempo di svuotamento

## Metodo 2 - applicazione del metodo delle sole piogge -1

Portata in ingresso all'invaso



Variazione nel tempo del volume da invasare

Portata in uscita dall'invaso ipotizzata costante nel tempo

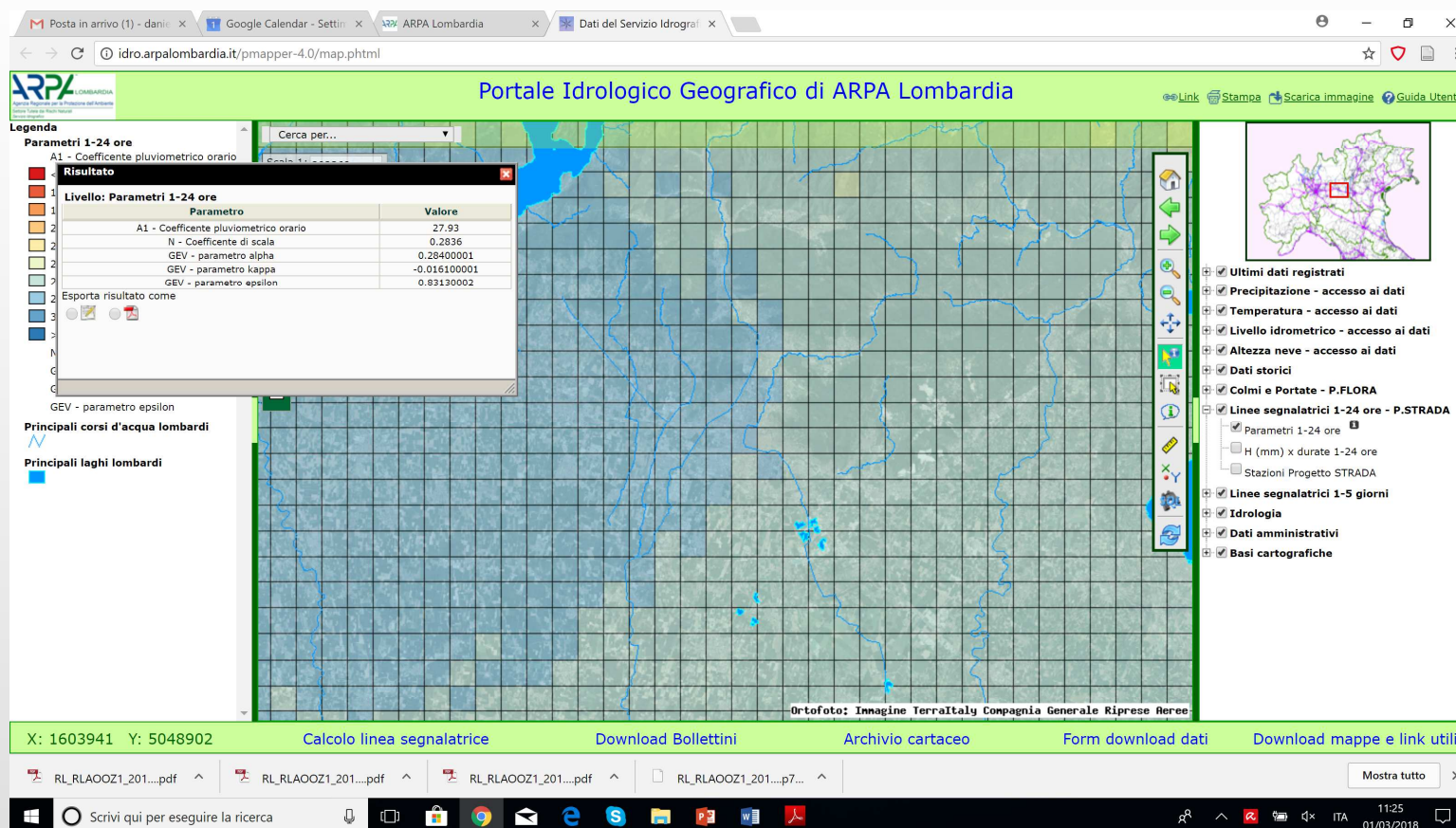


## Metodo 2 - applicazione del metodo delle sole piogge -2

Si ipotizzi la realizzazione nel comune di Bareggio (MI) (livello criticità B) di un complesso industriale che porta alla trasformazione complessiva di una superficie ( $A_{\text{tot}}$ ) pari ad 1 ha (10000 m<sup>2</sup>). Le superfici totalmente impermeabili ( $A_1$ ) si estendono per 8000 m<sup>2</sup> (somma delle coperture al suolo dei capannoni industriali, dei viali in asfalto ecc.), e la restante parte è invece destinata a verde con funzione estetica ( $A_3 = 2000$  m<sup>2</sup>).

Dal punto di vista meteorologico il sito ricade in un'area in cui i parametri della LSPP 1-24 ore sono rispettivamente:  $a_1 = 31.00$  mm h<sup>-1</sup>;  $n = 0.32$ ;  $\alpha = 0.2926$ ;  $\kappa = -0.0152$ ;  $\varepsilon = 0.8263$ . Si calcoli:

- Il volume dell'opera di mitigazione secondo i criteri del regolamento regionale
- Il tempo di svuotamento dell'opera



## Metodo 2 - applicazione del metodo delle sole piogge -3

$$\phi_{mp} = \frac{8000 \cdot 1 + 0 \cdot 0.7 + 2000 \cdot 0.3}{10000} = 0.9$$

Calcolo del coefficiente medio ponderale

$$w_T = 0.8263 + \frac{0.2926}{-0.0152} \left[ 1 - \left[ \ln \left( \frac{50}{50 - 1} \right) \right]^{-0.0152} \right] = 2.00$$

Calcolo dei parametri della LSPP per durate della precipitazione 1-24 h

$$a = 2.00 \cdot 31.00 = 62.00 \text{ mm h}^{-n}$$

$$Q_{u,\text{lim}} = 20 \cdot \frac{10000}{10000} \cdot 0.9 = 18.00 \text{ l s}^{-1}$$

Portata limite allo scarico ipotizzata coincidente con quella in uscita costante dall'invaso

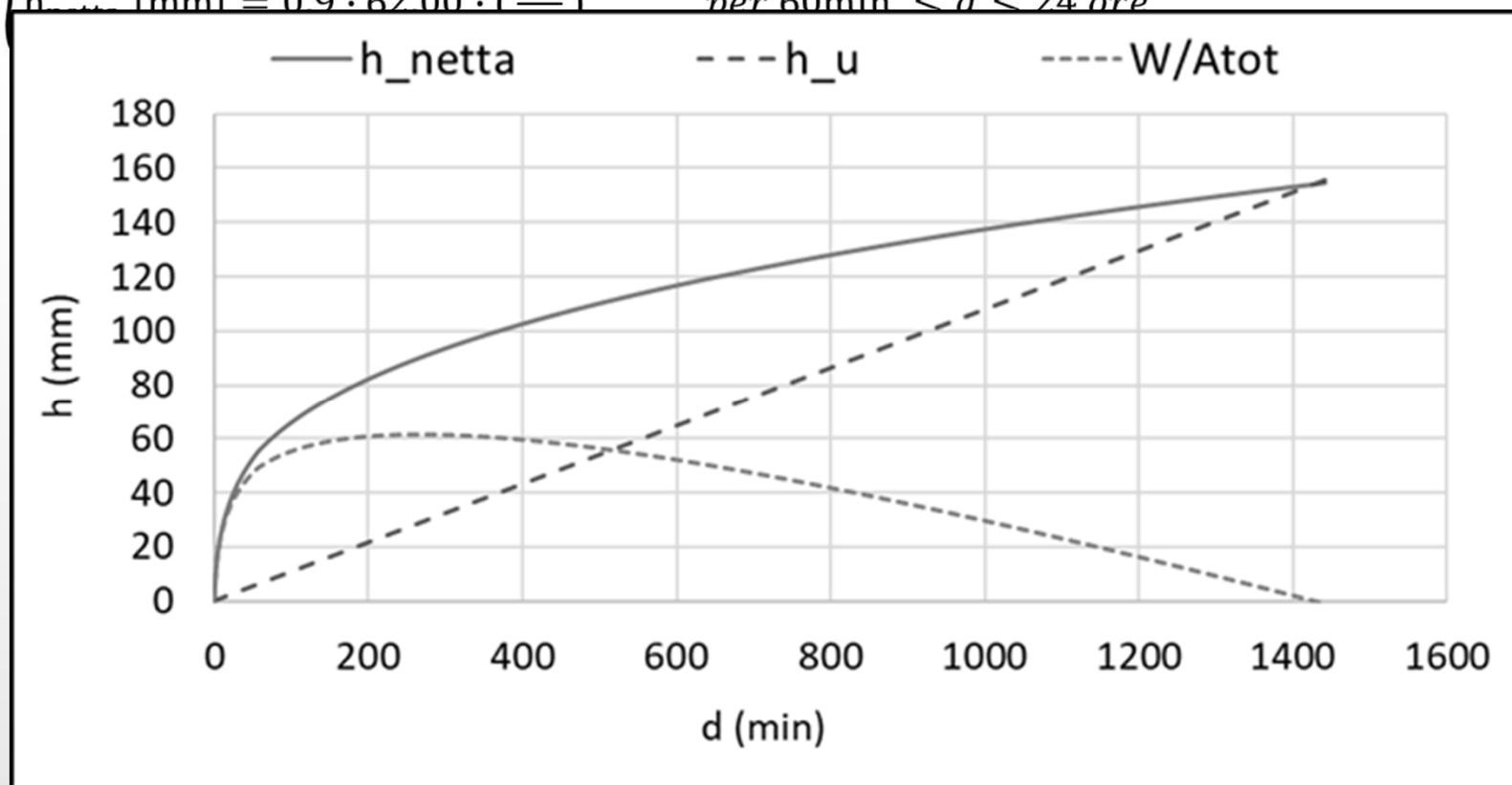
$$h_u [\text{mm}] = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot d \cdot 60}{10000} \cdot 10^3$$

Portata in uscita dall'invaso per unità di superficie scolante

## Metodo 2 - applicazione del metodo delle sole piogge -4

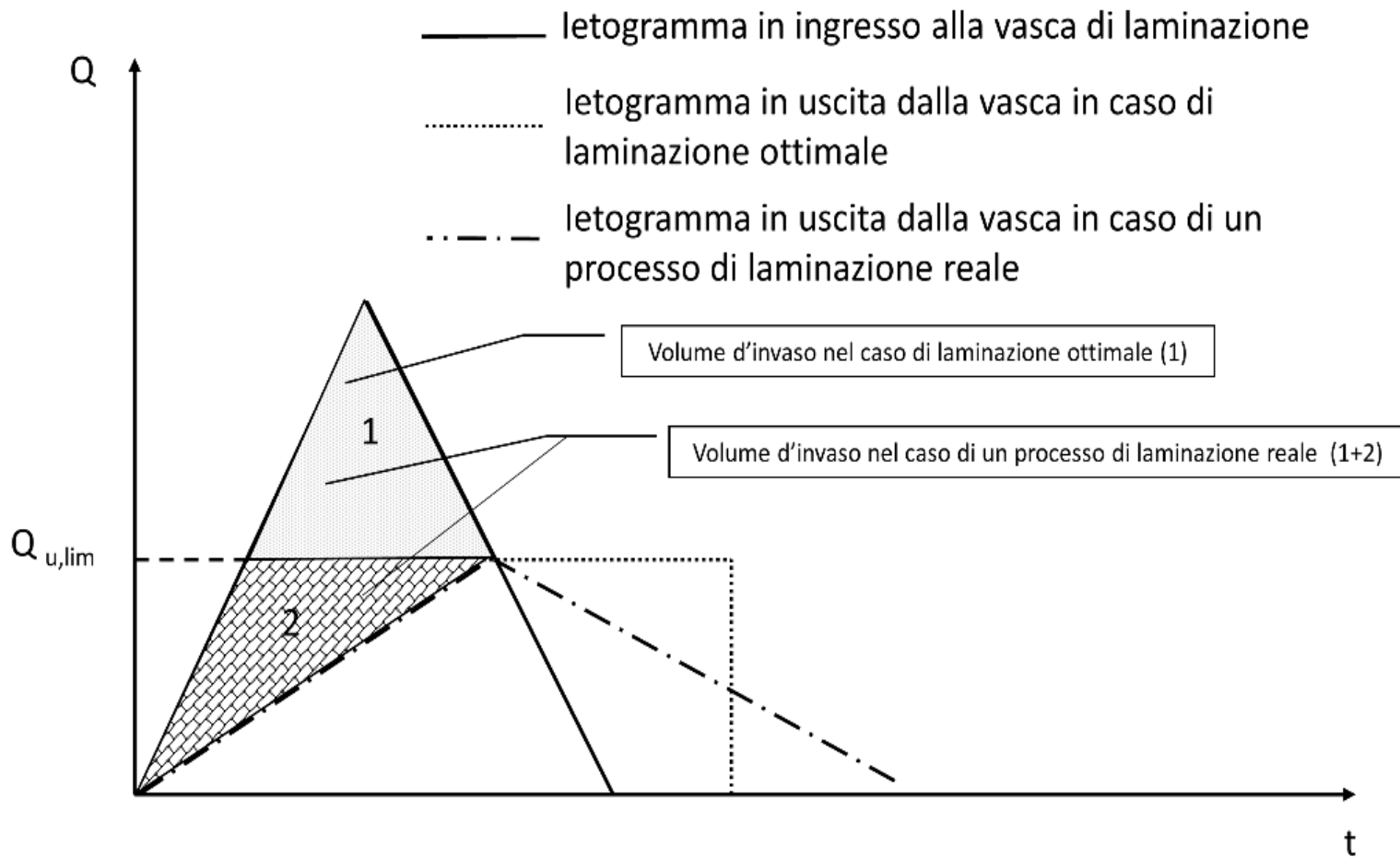
$$\begin{cases} h_{\text{netta}} [\text{mm}] = 0.9 \cdot r_d \cdot 62.08 & \text{per } d < 60 \text{ minuti} \\ h_{\text{netta}} [\text{mm}] = 0.9 \cdot 62.08 \cdot \left(\frac{d}{60}\right)^{0.32} & \text{per } 60 \text{ min} < d < 24 \text{ ore} \end{cases}$$

Calcolo dell'altezza in input



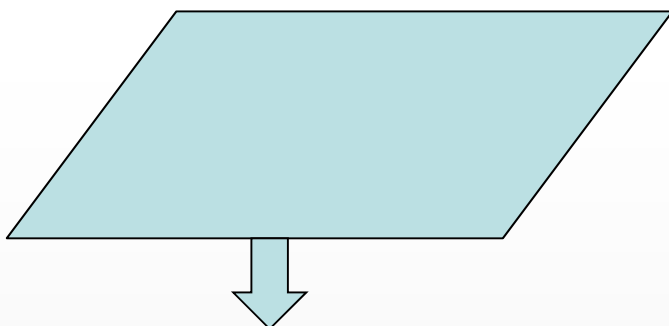
50	61.7	0.577	64.5	0.292
100	90.4	0.577	71.1	0.292

# Considerazioni sul metodo delle sole piogge

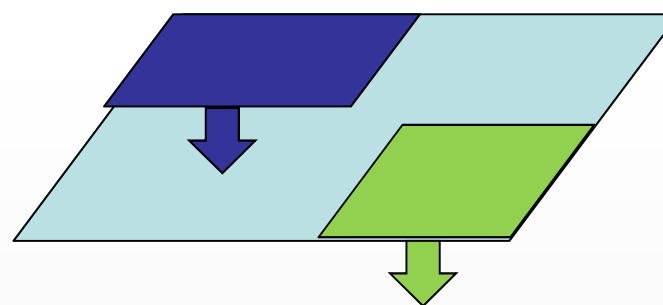


## Metodo 3 - applicazione della procedura dettagliata - 1

### Approccio concentrato



### Approccio distribuito



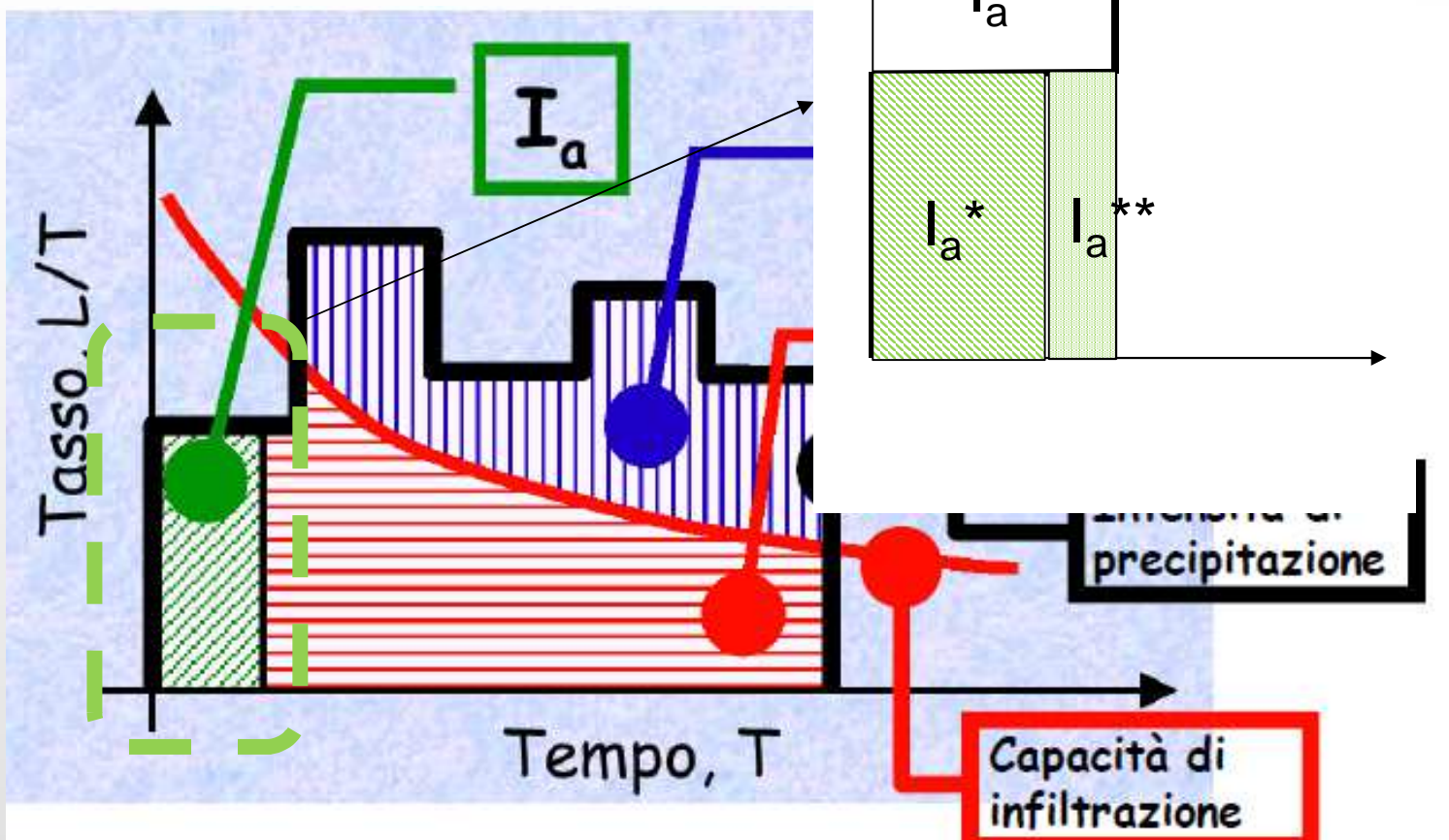
### Ipotesi di partenza

- La superficie di trasformazione è ipotizzata al più suddivisa nelle tre macro-categorie A1, A2 e A3.
- L'entità di tali superfici è ipotizzata essere invariante rispetto all'introduzione dei dispositivi LID.
- La precipitazione di progetto è uniforme e i parametri della LSPP sono quelli per  $T = 50$  anni.
- Il metodo di depurazione della pioggia applicato è il metodo **SCS-CN** e il deflusso alla sezione di chiusura (scarico) è calcolato mediante il **metodo della corrivazione**.
- Il tempo di corrivazione è unico per il bacino.
- **Il limite allo scarico e il volume minimo è invariante rispetto all'introduzione dei dispositivi LID.**

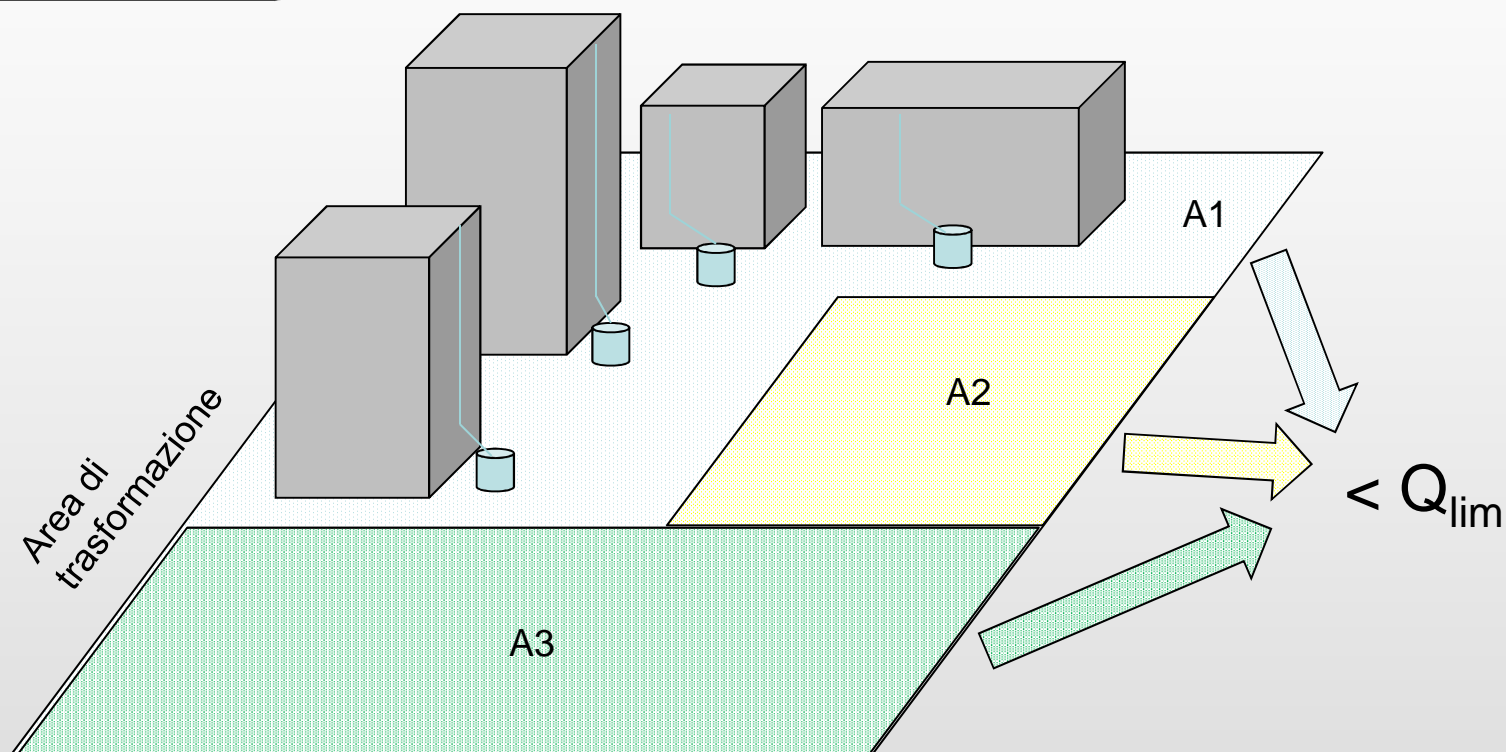
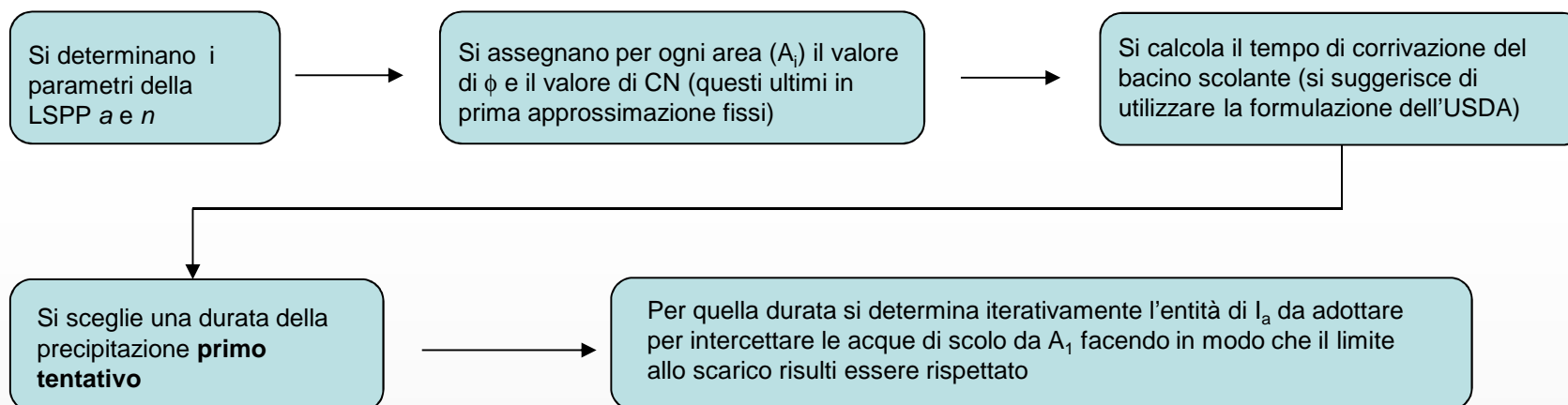


## Metodo 3 - applicazione della procedura dettagliata - 2

Perché la scelta di utilizzare il metodo  
SCS-CN

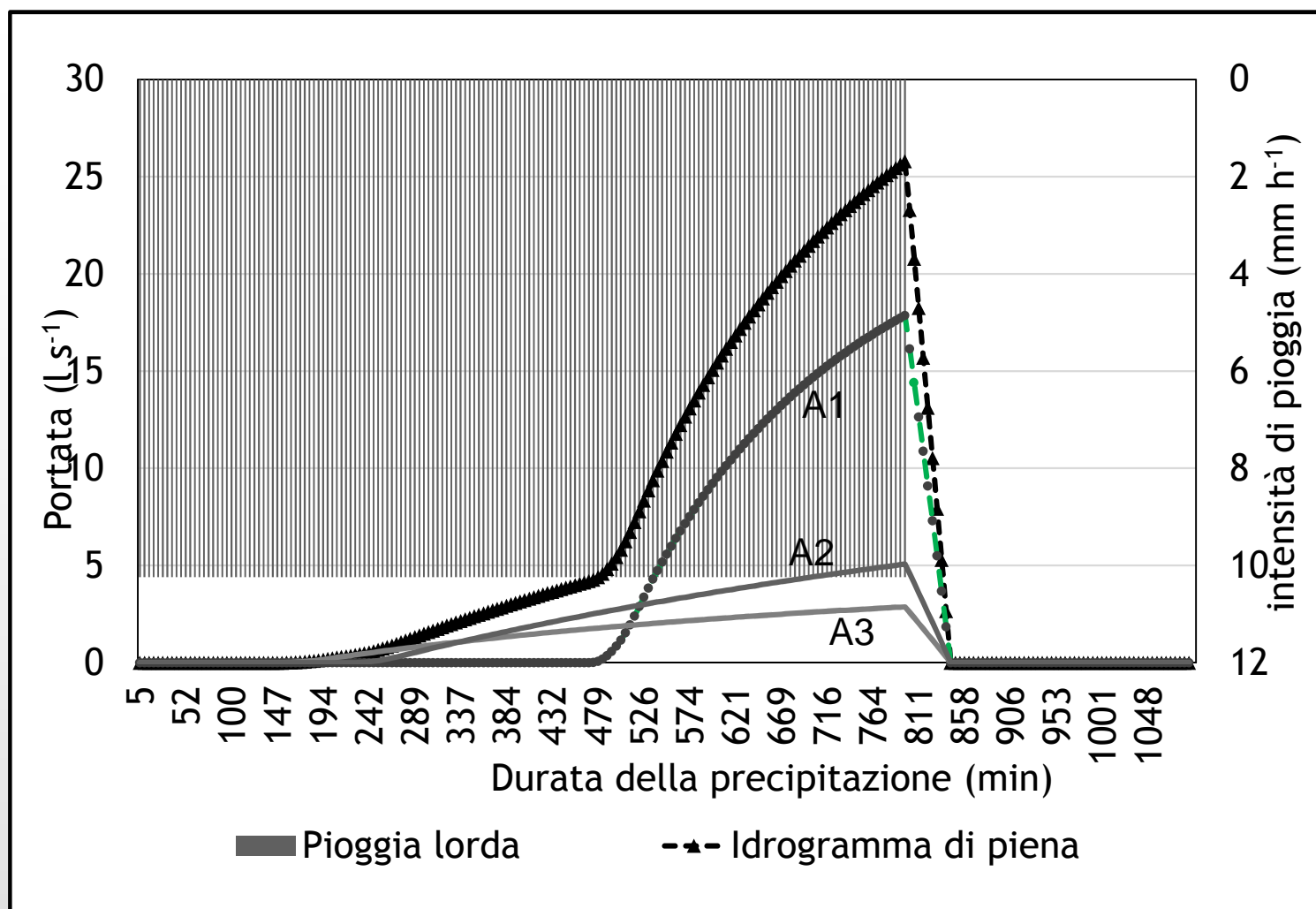


## Metodo 3 - applicazione della procedura dettagliata - 3



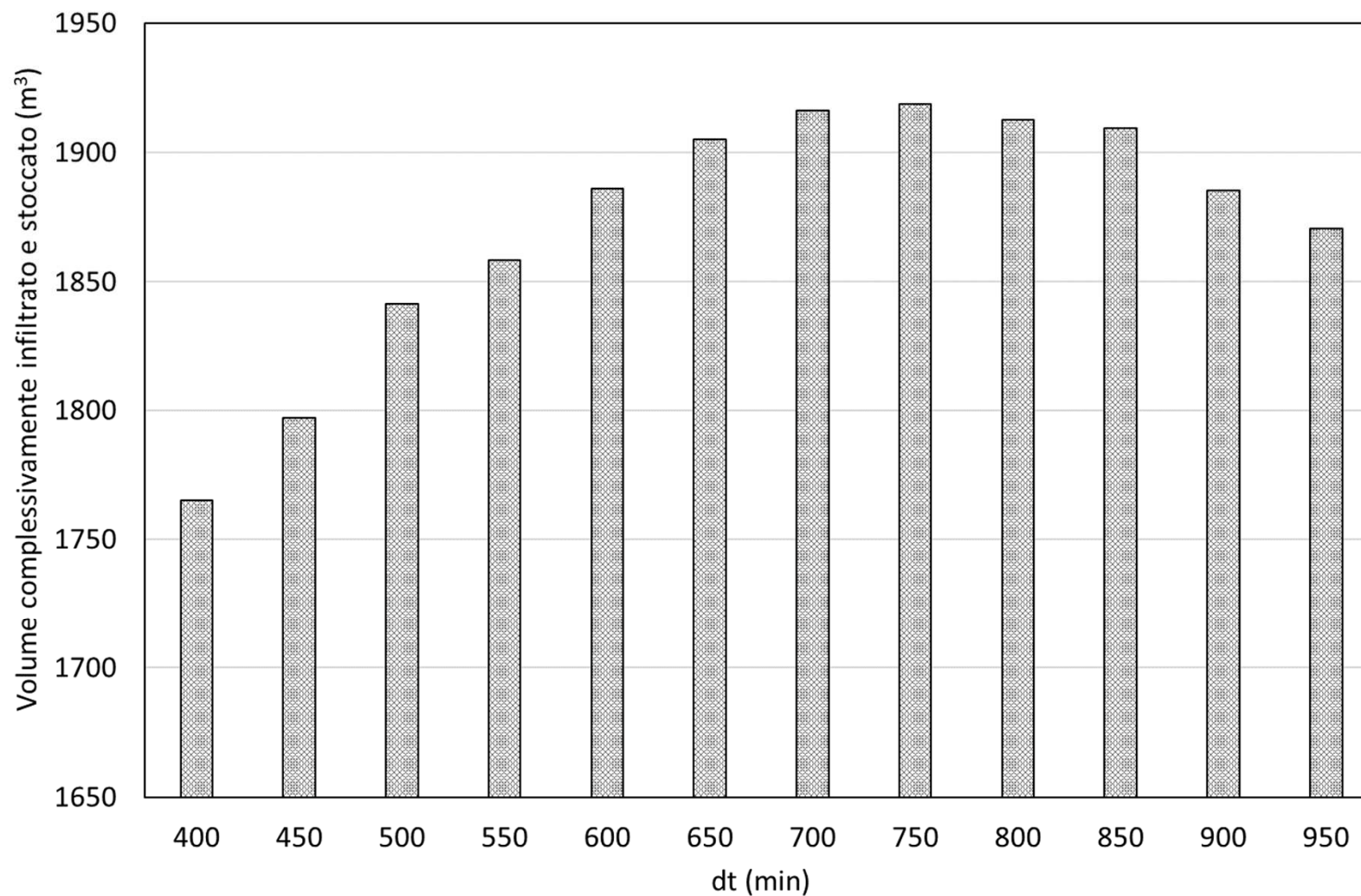
## Metodo 3 - applicazione della procedura dettagliata - 2

### Metodo della cinematico o della corrivazione



## Metodo 3 - applicazione della procedura dettagliata - 3

Cambio il valore della durata della precipitazione affinché il volume complessivamente invasato dalle superfici A1, A2 e A3 sia massimo



868 901 934 967 1001 1034 1067

868 901 934 967 1001 1034 1067

868 901 934 967 1001 1034 1067

durata della precipitazione (min)

# Predisposizione di un sistema online per il calcolo delle opere di invarianza





# Contenuti dello studio comunale di rischio idraulico



# Contenuti del documento semplificato

Lo **studio comunale di gestione del rischio idraulico** contiene la determinazione delle condizioni di pericolosità idraulica che, associata a vulnerabilità ed esposizione al rischio, individua le situazioni di rischio, sulle quali individuare le **misure strutturali e non strutturali**.

In particolare:

a) lo studio contiene:

1. la definizione dell'evento meteorico di riferimento per tempi di ritorno di 10, 50 e 100 anni;
2. l'individuazione dei ricettori che ricevono e smaltiscono le acque meteoriche di dilavamento, siano essi corpi idrici superficiali naturali o artificiali, quali laghi e corsi d'acqua naturali o artificiali, o reti fognarie, indicandone i rispettivi gestori;
3. la delimitazione delle aree soggette ad allagamento (pericolosità idraulica) per effetto della conformazione morfologica del territorio e/o per insufficienza delle rete fognaria. A tal fine, il comune redige uno studio idraulico relativo all'intero territorio comunale che:  
.....
4. la mappatura delle aree vulnerabili dal punto di vista idraulico (pericolosità idraulica) come indicate nella componente geologica, idrogeologica e sismica dei PGT e nelle mappe del piano di gestione del rischio di alluvioni;

# Contenuti del documento semplificato

5. l'indicazione, comprensiva di definizione delle dimensioni di massima, delle misure strutturali, quali vasche di laminazione con o senza disperdimento in falda, vie d'acqua superficiali per il drenaggio delle acque meteoriche eccezionali, **e l'indicazione delle misure non strutturali ai fini dell'attuazione delle politiche di invarianza idraulica e idrologica a scala comunale, quali l'incentivazione dell'estensione delle misure di invarianza idraulica e idrologica anche sul tessuto edilizio esistente, la definizione di una corretta gestione delle aree agricole per l'ottimizzazione della capacità di trattenuta delle acque da parte del terreno, nonché delle altre misure non strutturali atte al controllo e possibilmente alla riduzione delle condizioni di rischio, quali misure di protezione civile, difese passive attivabili in tempo reale;**

6. **l'individuazione delle aree da riservare per l'attuazione delle misure strutturali di invarianza idraulica e idrologica, sia per la parte già urbanizzata del territorio, sia per gli ambiti di nuova trasformazione, con l'indicazione delle caratteristiche tipologiche di tali misure.** A tal fine, tiene conto anche delle previsioni del piano d'ambito del servizio idrico integrato;



# SMART-GREEN plugin in Qgis

