FEASR

REGIONE DEL VENETO

PSR VENETO 2014-2020

FONDO EUROPEO AGRICOLO PER LO SVILUPPO RURALE: L'EUROPA INVESTE NELLE ZONE RURALI

VENETO AGRICOLTURA

Organismo di Formazione accreditato dalla Regione del Veneto

Corso: Sistemazioni per la ritenzione delle acque

Seminario online / Formazione a Distanza

Cod. P4-40-21

Esercitazione pratica sul dimensionamento dei sistemi di gestione sostenibile delle acque di pioggia.

Francesco Bettella

Università degli Studi di Padova - Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali

francesco.bettella@unipd.it

In collaborazione con il Progetto BEWARE

ACQUA, RESILIENZA, TERRITORIO

LIFE17 GIC IT 000091

BEtter Water Management for Advancing Resilient Communities in Europe

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

TESAF

15 febbraio 2022

Un edificio industriale ha una copertura costituita da un tetto verde di forma rettangolare a una falda con le seguenti caratteristiche:

- Lato lungo: L = 70 m
- Lato in pendenza corto: L_v = 30 m
- Pendenza della falda: i=0.03 m/m
- CN del tetto = 85
- Perdite iniziali I_a = 1 mm
- Linea segnalatrice di possibilità pluviometrica (Tr = 50 anni) della zona: $h = 35\ t^{0.25}$ con h espresso in mm e t in ore.

Determinare:

- la **massima portata al colmo Q_{max}** (m^3/s) per Tr = 50 anni, che viene scaricata dal tubo che raccoglie tutta l'acqua dei pluviali e la scarica in una vasca di raccolta (si assuma l'ipotesi che tutta l'acqua infiltrata viene immagazzinata dal tetto e non interessa i pluviali).
- Il **massimo volume V_{max}** che deve contenere la vasca raccolta nelle due ipotesi:
    1. tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione;
    2. tempo di pioggia pari a 5 volte il tempo di corrivazione.

Infine, analizzare le differenze rispetto a un tetto tradizionale (CN=98)

Calcolo della velocità del deflusso lungo il «versante» e del tempo di corrivazione

Per la stima delle velocità si può ricorrere ad una applicazione semplificata della formula di Chezy:

$$V = K_s \; R_h^{2/3} \; i^{1/2}$$

Ipotizzando un tirante pari a 0.01 - 0.02 m, un K_s di Strickler pari a 2 $m^{1/3}$ s^{-1} e pendenza del versante i_v si può scrivere:

$$V_V \approx (0.1 \div 0.15) \; i_V^{\;1/2}$$

Tempo di corrivazione

$$T_c = \frac{Spazio}{Velocità} = \frac{L_V}{V_V} = \frac{L_V}{0.1 \; i_V^{\;0.5}}$$

Calcolo della pioggia efficace con il metodo del Soil Conservation Service

P pioggia totale

intercettazione

pioggia netta $\mathbf{P_n}$

$\mathbf{I_a}$ perdite iniziali

infiltrazione

pioggia efficace $\mathbf{P_e}$

F acqua infiltrata

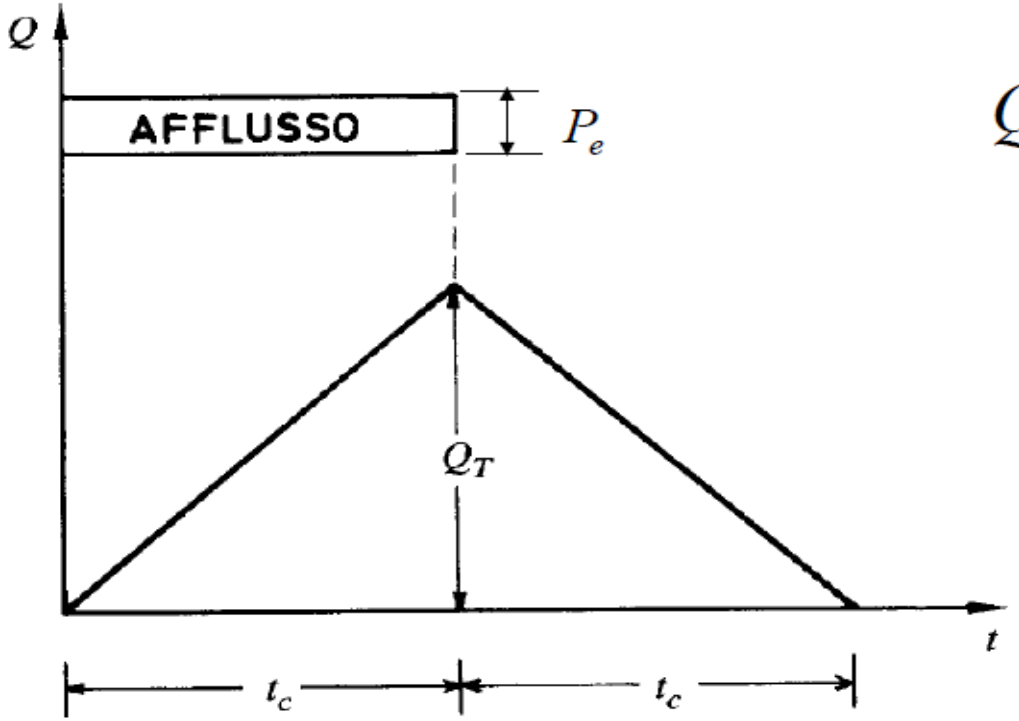
$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

$$I_a = (0 \div 0.2)\ S$$

S volume specifico di saturazione ⇨ **F max = S**

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

Calcolo della portata massima con il metodo razionale



$$Q_T \, T_c = P_e \, A$$

$$\boxed{Q_T = \frac{P_e \, A}{T_c}}$$

$$\boxed{Q_T = j_{e,c} \, A}$$

Q_T : m³/s

T_C : ore

P_e : mm

A : km²

$$\boxed{Q_T = \frac{P_e \, A}{3.6 \, T_c}} \boxed{+ Q_{base}}$$

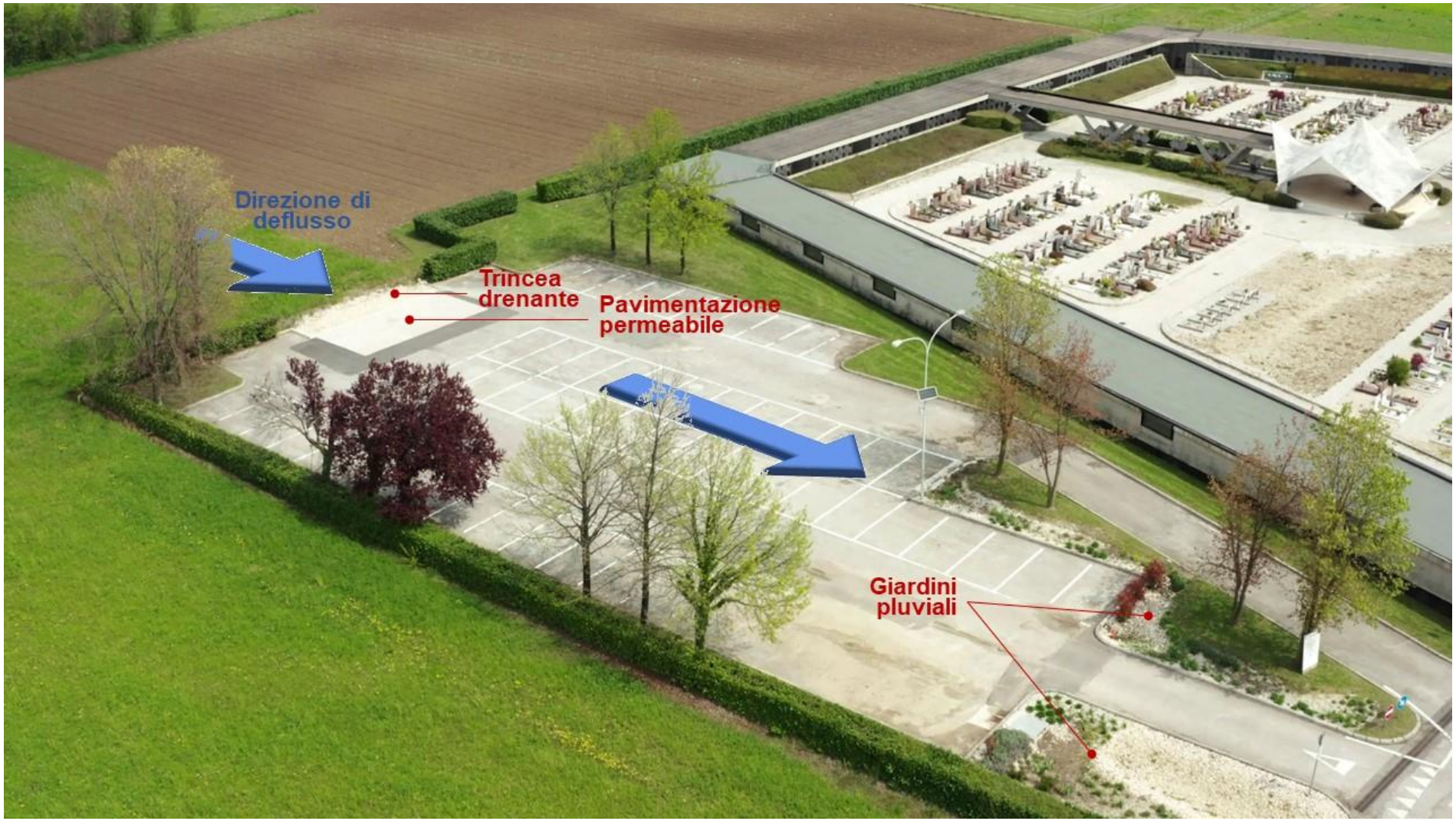
Coefficienti di deflusso dei tetti verdi

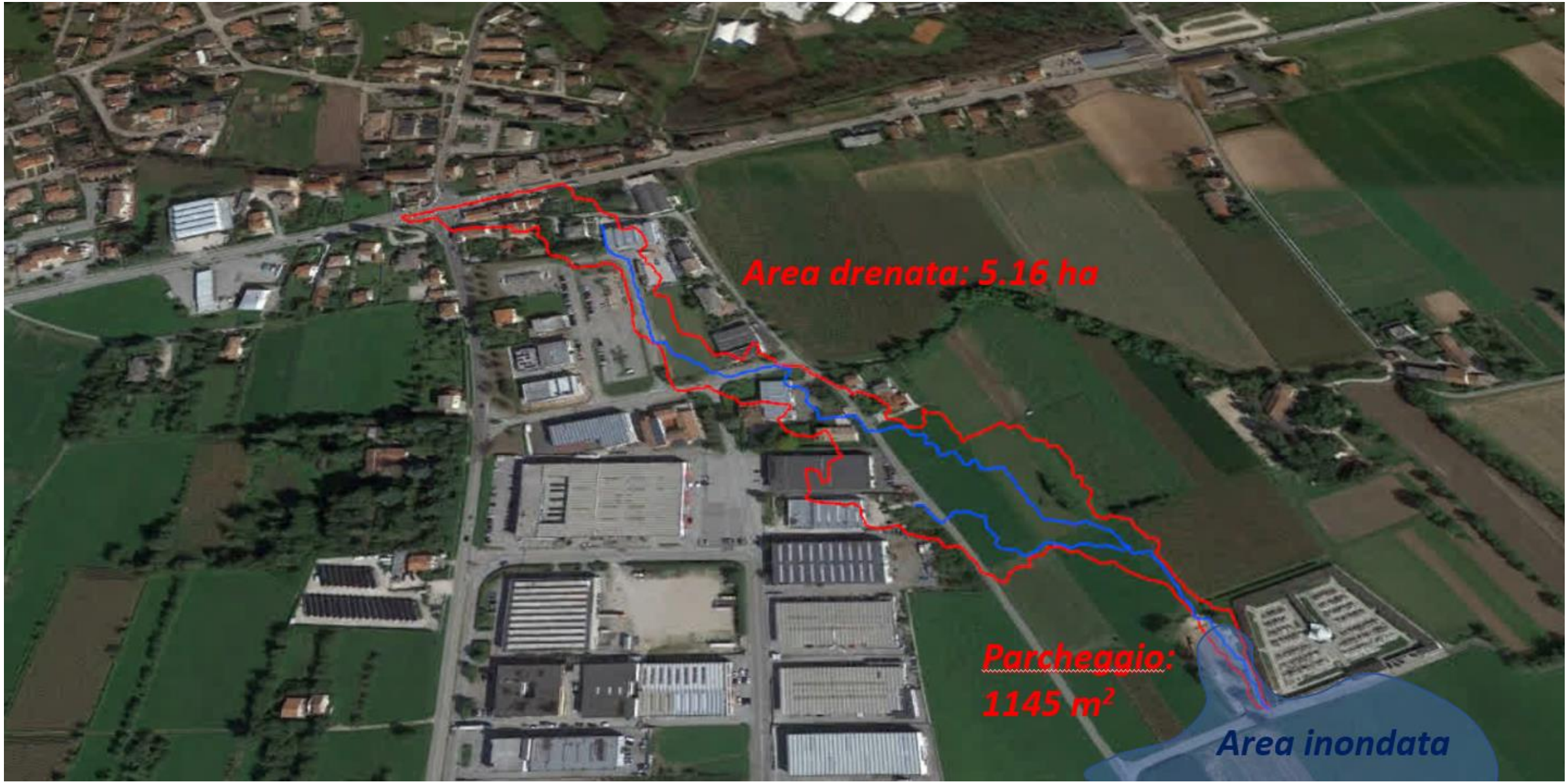
Caratteristiche	Tipo sistema (espresso in base alla vegetazione prevista)						
	Prato fruibile	Tappeto di sedum	Prato - pascolo	Tappeto di perenni	Arbusti e suffrutici	Orto	Siepi ed alberi
Spessore substrato (cm)	15-25	8-10	12-15	10-15	15-35	25-35	35-100
Peso (kg/m^2)	220 – 400	120-160	160 – 300	120-300	220-550	300/550	450/1500
Coefficiente deflusso	0,35-0,25	0,50-0,40	0,40-0,30	0,40-0,35	0,35-0,15	0,25-0,20	<0,20
Manutenzione	Medio alta	Medio-Bassa	Bassa	Medio-bassa	Medio-bassa	Alta	Medio-alta
Fabbisogno idrico	Alto	Basso	Basso	Medio-basso	Medio-basso	Alto	Alto
Fruibilità	Alta	Nulla	Bassa	Bassa	Media	Media	Alta
Isolamento termico	Alto	Basso	Medio	Medio-basso	Alto	Alto	Alto
Abbattimento inquinanti (PM10, O_3, NOx, CO_2, SO_2)	Medio	Basso	Medio	Medio-basso	Medio	Basso	Alto
Tasso di concimazione	Alto	Basso	Basso	Medio-basso	Medio	Medio-alto	Alto

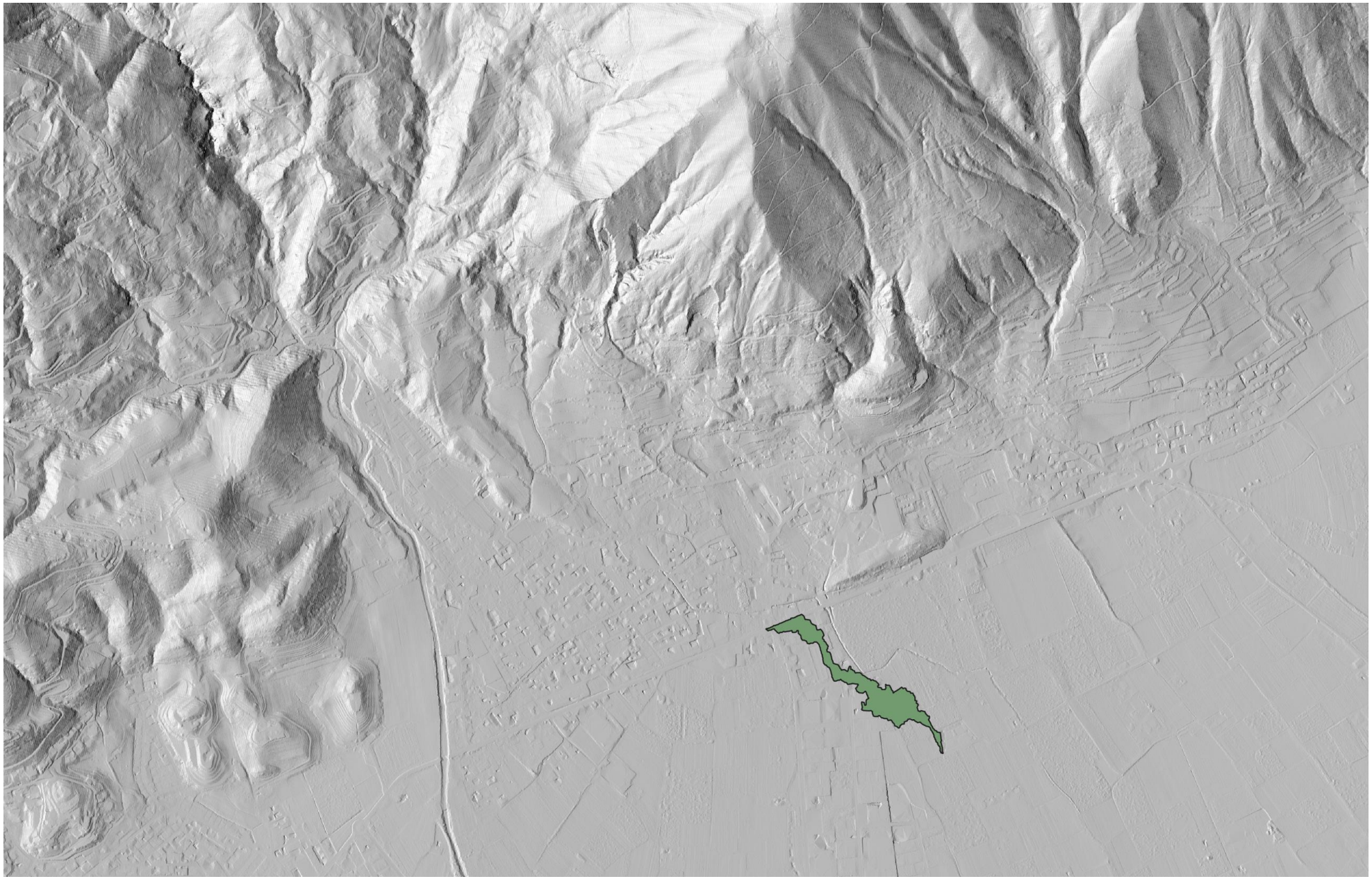
ISPRA Linee guida verde pensile

Esempio di applicazione del metodo delle sole piogge

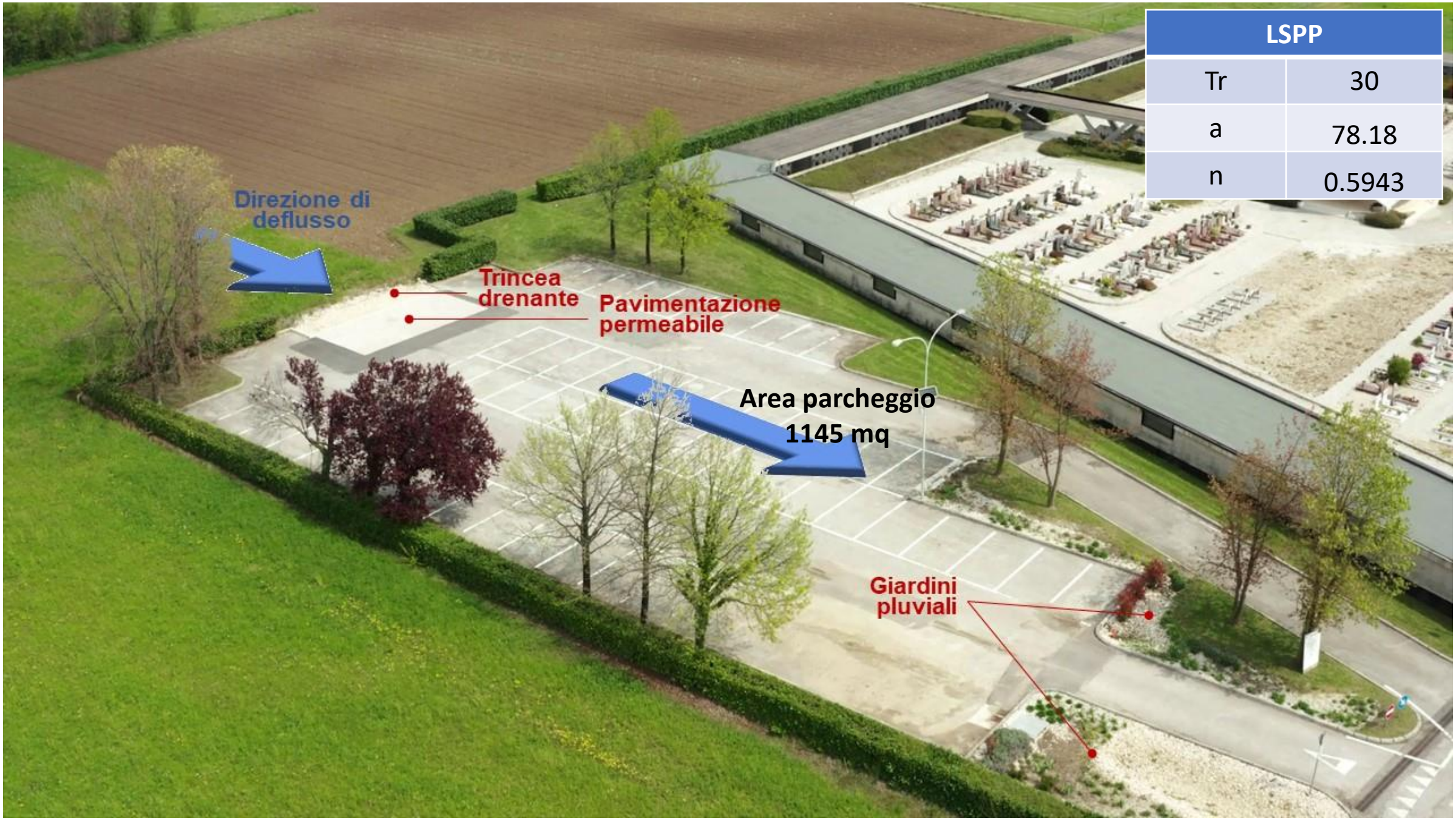
L’intervento di Via dei Prati (Santorso)




Area drenata: 5.16 ha
Parcheggio:
1145 m²
Area inondata

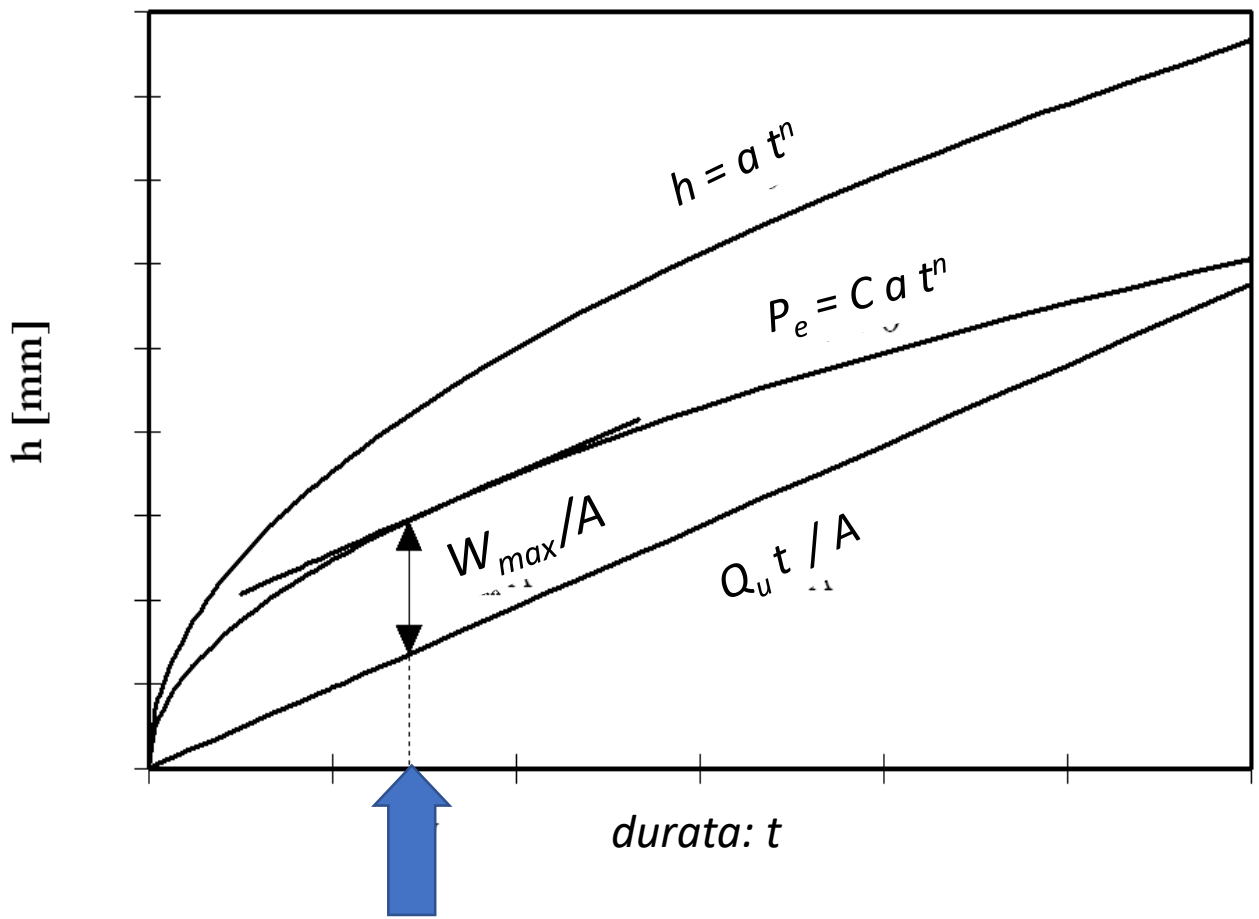


Richiesta dati lidar



LSPP	
Tr	30
a	78.18
n	0.5943

Metodo delle sole piogge



durata critica: t_c che genera W_{max}

La condizione di massimo è espressa matematicamente dalla formula:

$$t_c = \left(\frac{Q_{u,max}}{A \cdot C \cdot a \cdot n}\right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W = W_e - W_u \qquad W_{max} = A \cdot C \cdot a \cdot {t_c}^n - Q_u \cdot t_c$$

PARAMETRI IN INGRESSO

SUPERFICIE BACINO		***A***
COEFFICIENTE DI DEFLUSSO		**C**
PORTATA MASSIMA AMMISSIBILE ALL'USCITA		$Q_{u,max}$
LSPP (T=50): PARAMETRI	$h=a\ t^n$	***a***
		n

PARAMETRI IN USCITA

DURATA CRITICA DI PRECIPITAZIONE	t_c
VOLUME DA ASSEGNARE ALL'INVASO	W_{max}

Definisco quindi topografia dell'invaso (superficie/altezza)

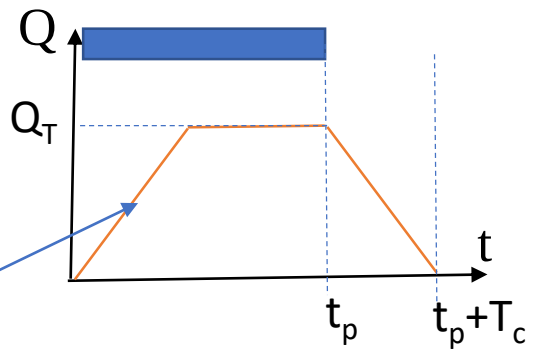
Metodo invaso cinematico: introduzione/premessa
ricorda considerazioni sul metodo razionale per tempo pioggia $t_p > T_c$

$P_e = C\,P = C\,a\,t_p^{\,n}$

Se $t_p > T_c$

intensità ovviamente più bassa rispetto a quella relativa alla durata T_c

$$Q_T = \frac{P_{e-t_p}\;A}{3.6\;t_p} = \frac{j_{e-t_p}\;A}{3.6}$$



Volume di deflusso = $P_e\,A$ = Area trapezio = $Q_T\;t_p$

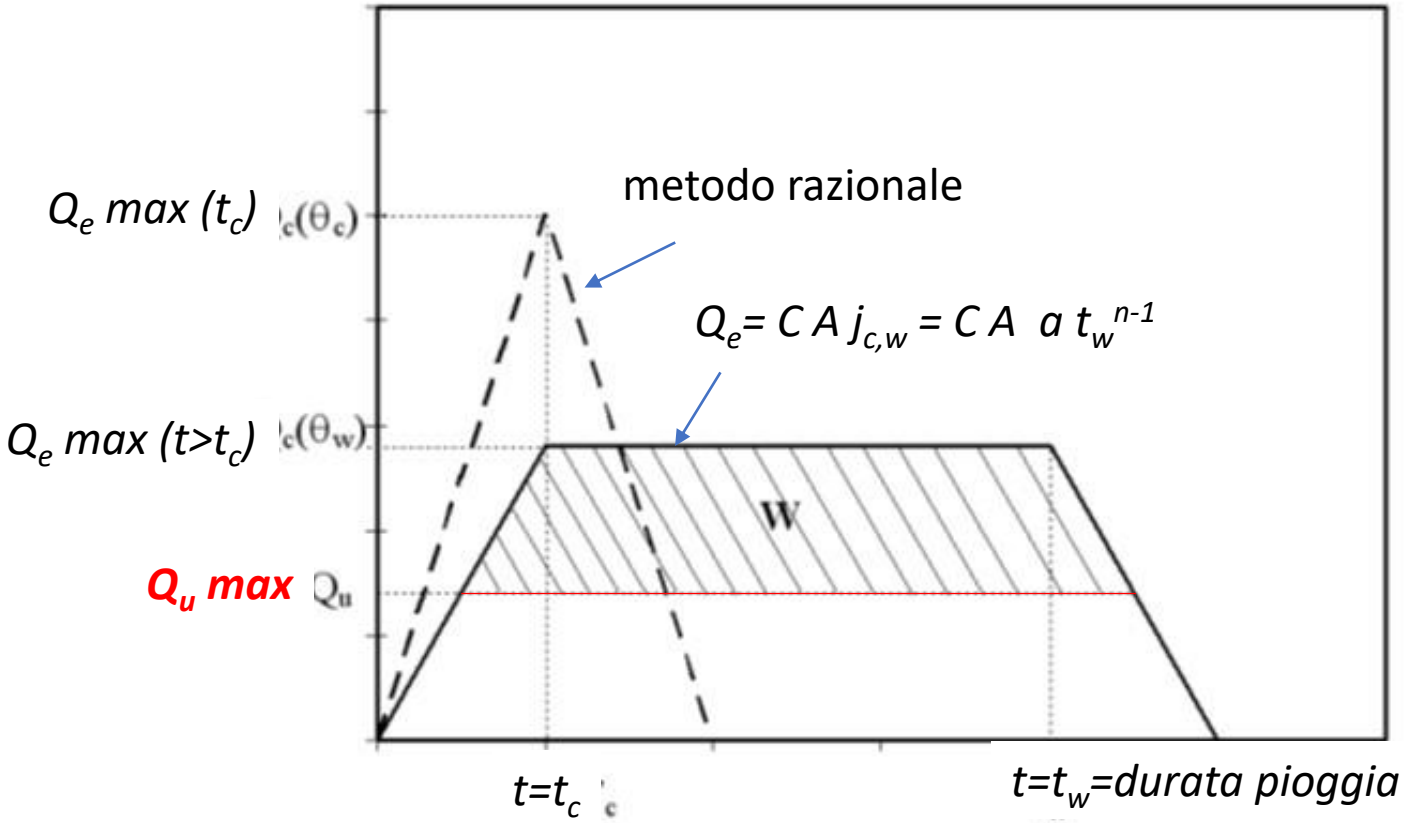
CONDIZIONI ANCHE MENO CRITICHE, come Q al picco, rispetto a $t_p = T_c$ MA IL VOLUME DI DEFLUSSO E' INVECE SUPERIORE

METODO DELL'INVASO CINEMATICO

Max volume da invasare = W

Il massimo picco di Q (metodo razionale) non è quello che mette in crisi l'invaso

Ipotesi: pioggia intensità costante; t_c= tempo di corrivazione



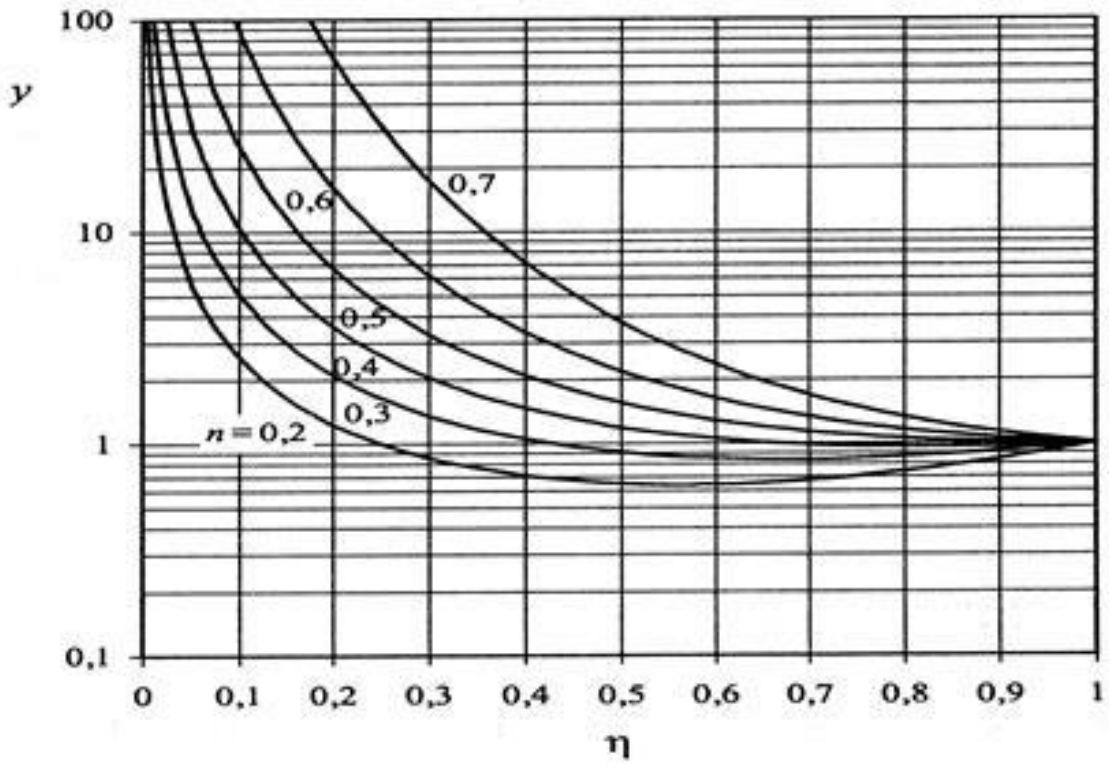
Per piogge che durano un tempo superiore a t_c:

si determina durata $t = t_w$ che genera volume da invasare max: **W**

Soluzione del metodo dell'invaso cinematico:

$$W_m = A \cdot C \cdot a \cdot t_w^n + \frac{t_c \cdot Q_u^2 \cdot t_w^{1-n}}{A \cdot C \cdot a} - Q_u \cdot t_w - Q_u \cdot t_c$$

$t_w = t_c\, y$



Rispetto al metodo delle piogge si richiede anche:

- t_c
- Q_{e_max}

$\eta(raz.) = Q_u / Q_{e_max}$

inserire valore da metodo razionale

Intervento 3: via Volti

Bacino di detenzione con uno stagno di bioritenzione interno

Intervento 3: via Volti

Bacino di detenzione con uno stagno di bioritenzione interno

A SPAZI DI SOSTA

B AREA DIDATTICA

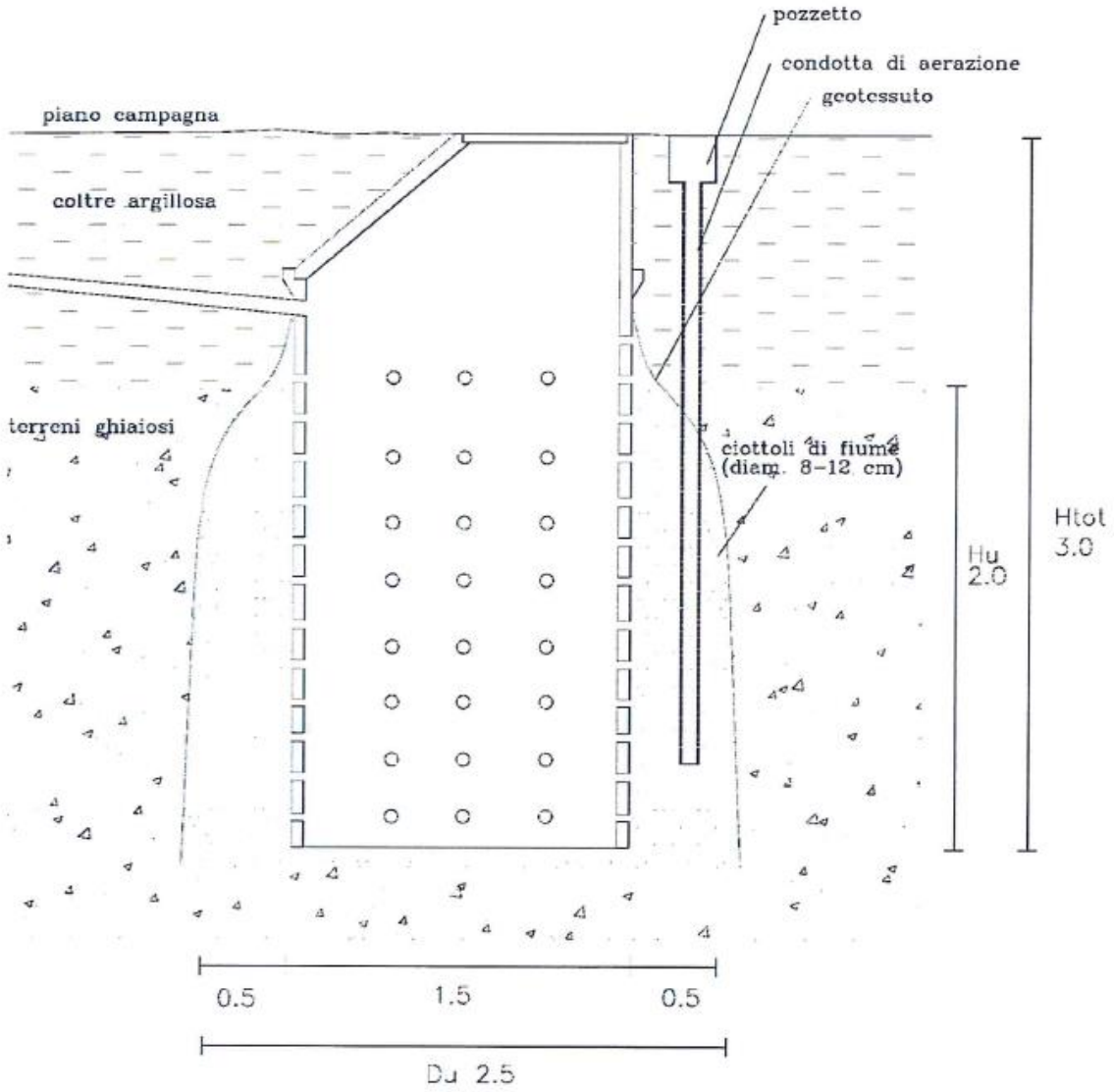
C GIOCHI D'ACQUA

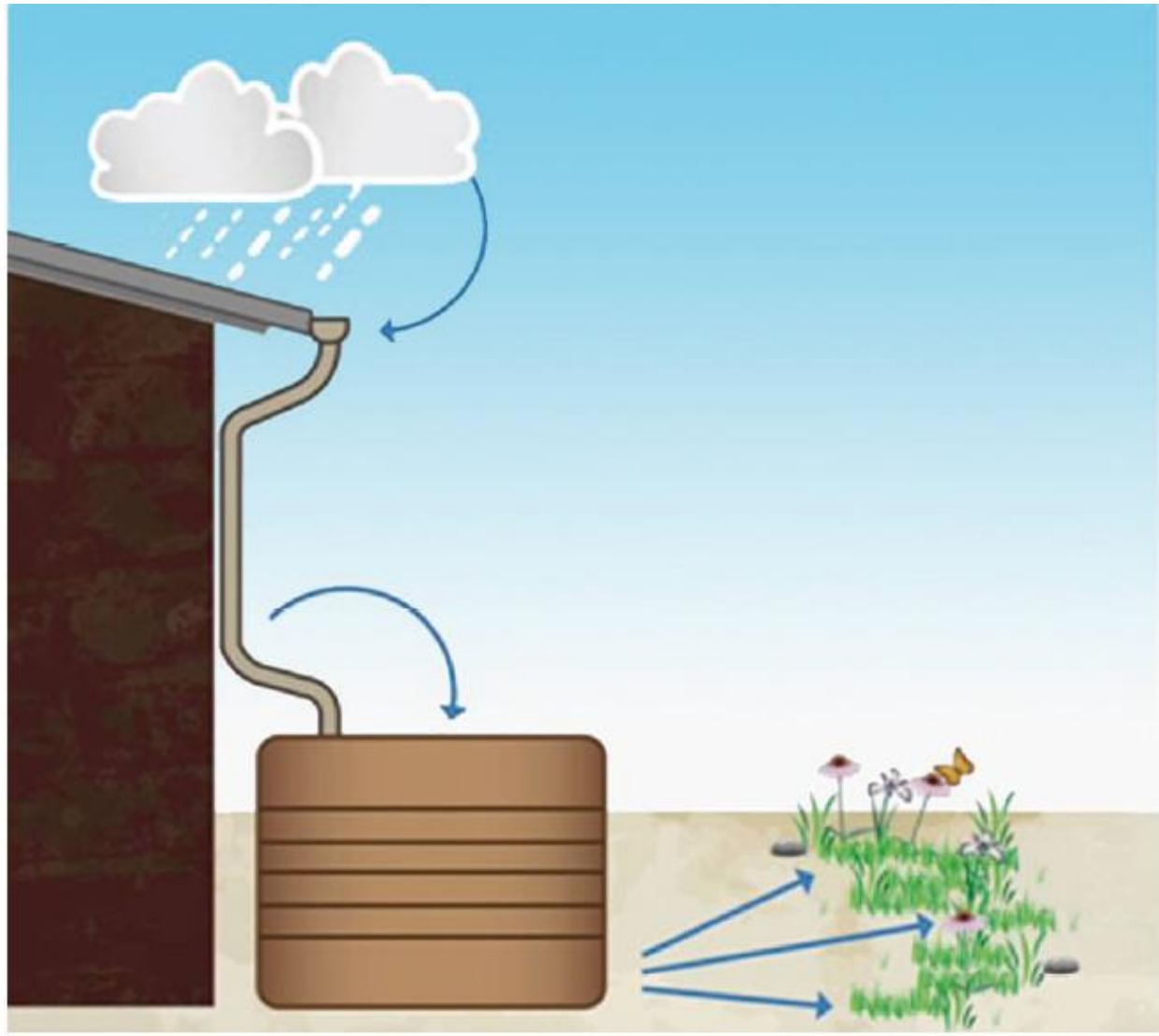
D GIOCHI BAMBINI 0 - 5 ANNI

E GIOCHI BAMBINI 6 - 12 ANNI

Intervento 4: Corte Acquasaliente

Pozzi drenanti e cisterne di raccolta e recupero dell’acqua piovana





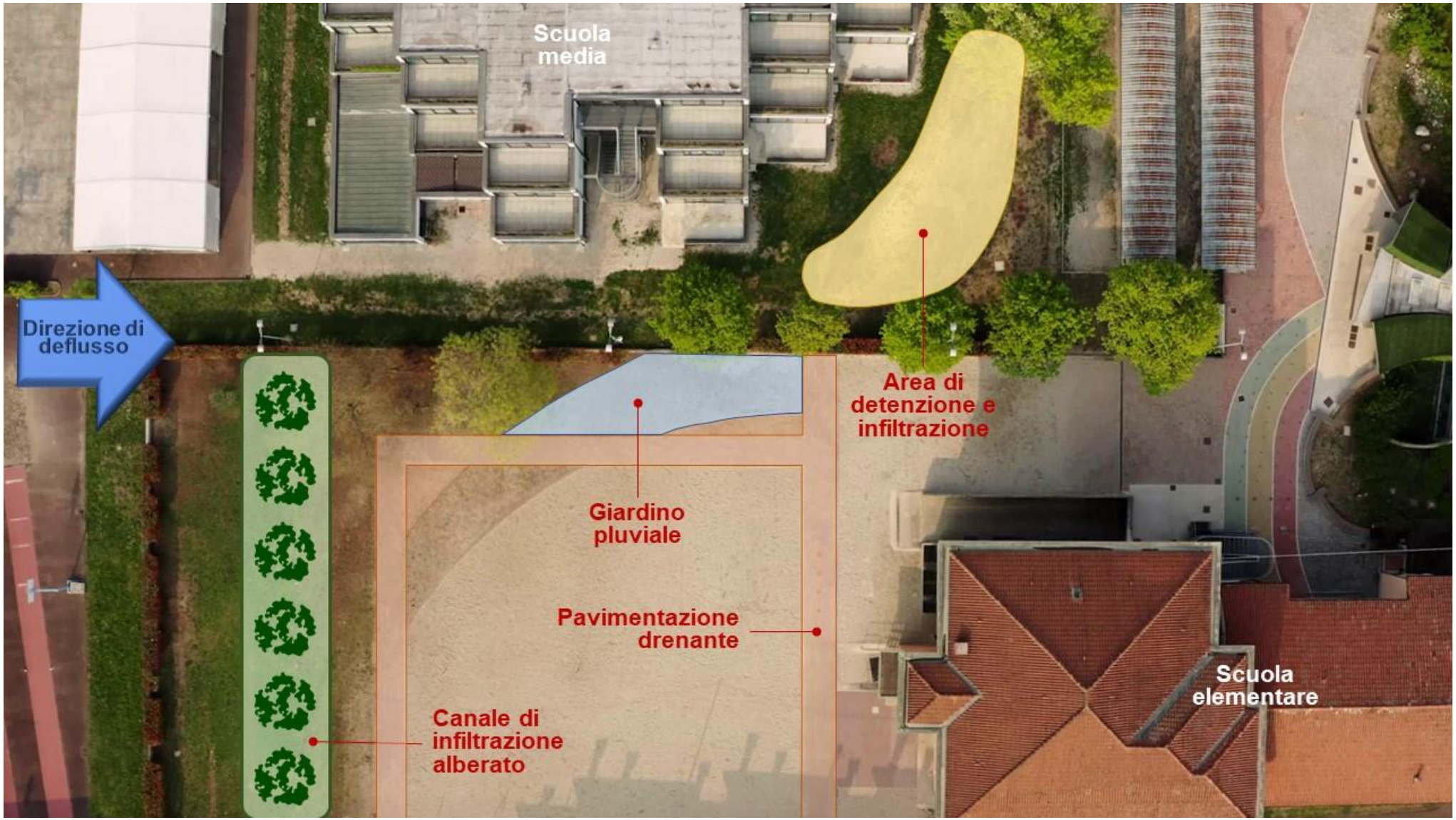
Corte Acquasaliente

Intervento 6: scuole di Marano Vicentino

Sistemi di drenaggio urbano sostenibile in serie

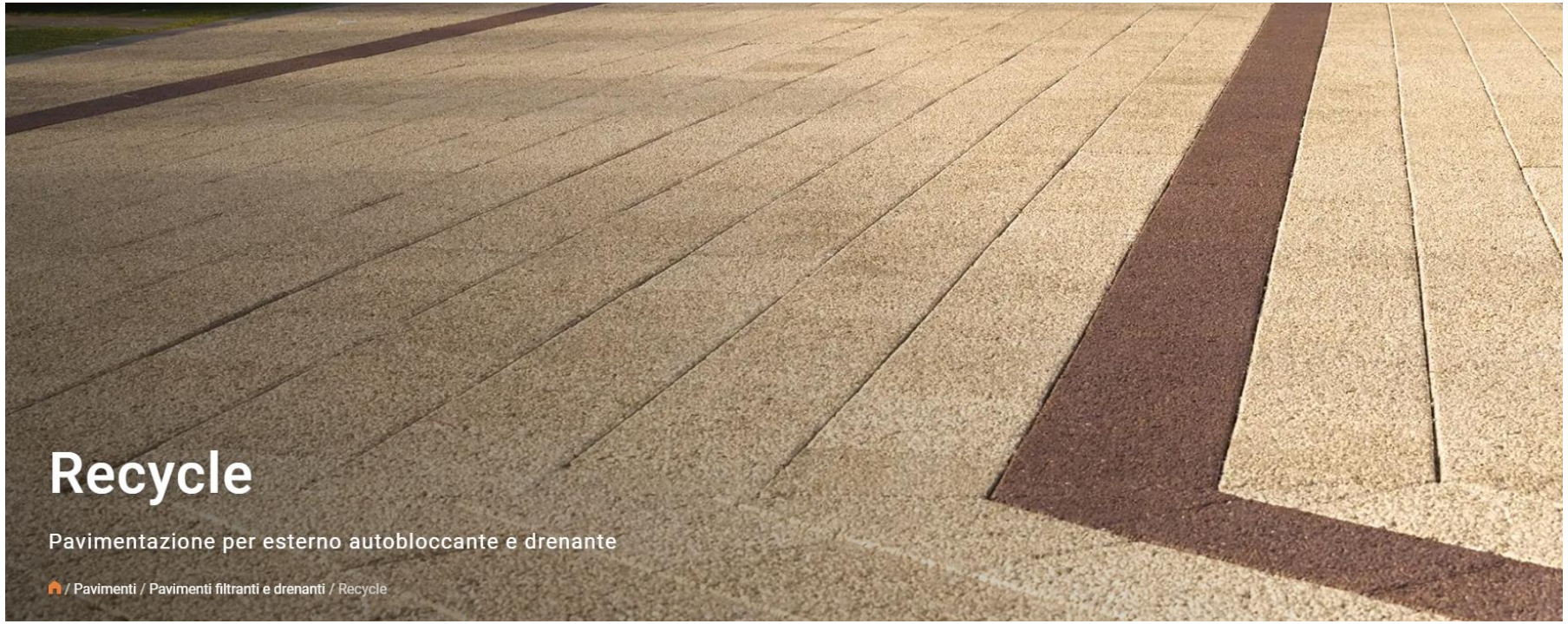
Intervento 6: scuole di Marano Vicentino

Sistemi di drenaggio urbano sostenibile in serie

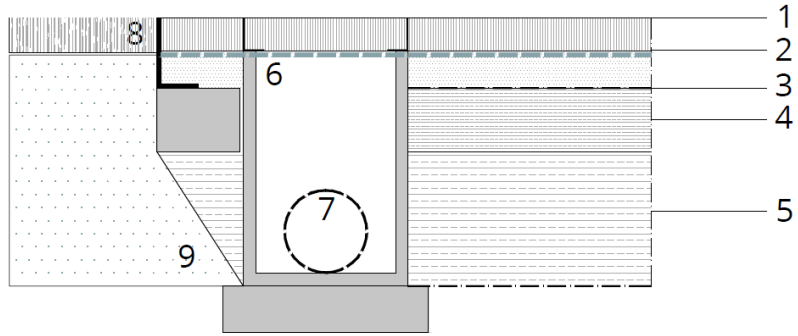


Pavimentazione per esterno autobloccante e drenante RECYCLE®

https://favaro1.com



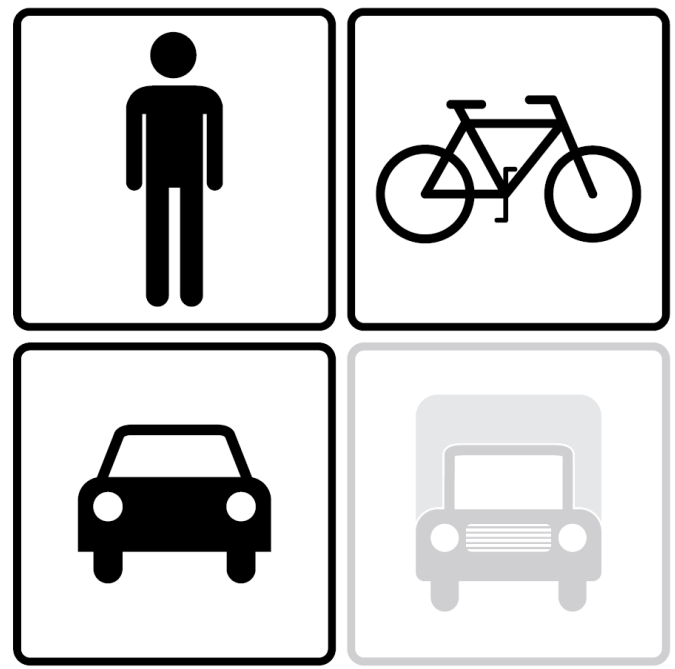
Tipo di suolo o pavimentazione	Permeabilità		
	mm/h	l/s mq	m/s
Pavimentazione drenante Recycle® nuova	11.772	> 50	$3,27 \times 10^{-3}$
Ghiaia media	3.600	1	10^{-3}
Grigliati e masselli drenanti	360	0,1	10^{-4}
Ghiaia sabbiosa ben assortita	36 - 360	100 - 1.000	10^{-5} - 10^{-4}
Sabbia ben assortita	3,6 - 360	10 - 1.000	10^{-6} - 10^{-4}
Sabbia poco assortita	0,36 - 3,6	1 - 10	10^{-7} - 10^{-6}
Argilla sabbiosa o limosa	0,003 - 3,6	0,01 - 10	10^{-9} - 10^{-6}



1. Pavimentazione porosa Recycle®
2. Sottofondo in ghiaia, sp 80-100 mm
3. Geotessuto
4. Strato di fondazione, sp 150 mm circa
5. Strato di riserva, sp 200-550 mm
6. Pozzetto di ispezione con coperchio a riempimento
7. Tubo drenante (se necessario)
8. Profilo di contenimento laterale
9. Area di potenziale risalita capillare

1. ***Pavimentazione drenante Recycle®***
   Recycle®, sp 150 mm, 15% vuoti: 16,5 l/mq d'acqua
2. ***Sottofondo in ghiaia fine***
   sp 80 mm, 15% vuoti: 12 l/mq
3. ***Geotessuto***
4. ***Strato di fondazione***
   sp 170 mm, 15-30% di vuoti*: 25,5-51 l/mq
5. ***Strato di riserva***
   sp 250 mm, 30-40% di vuoti*: 75-100 l/mq
6. ***Geotessuto***
7. ***Sottosuolo permeabile*** (l'acqua drena nel terreno) ***o impermeabile*** (l'acqua viene stoccata altrove o convogliata alla rete di raccolta) con previsione di non saturazione

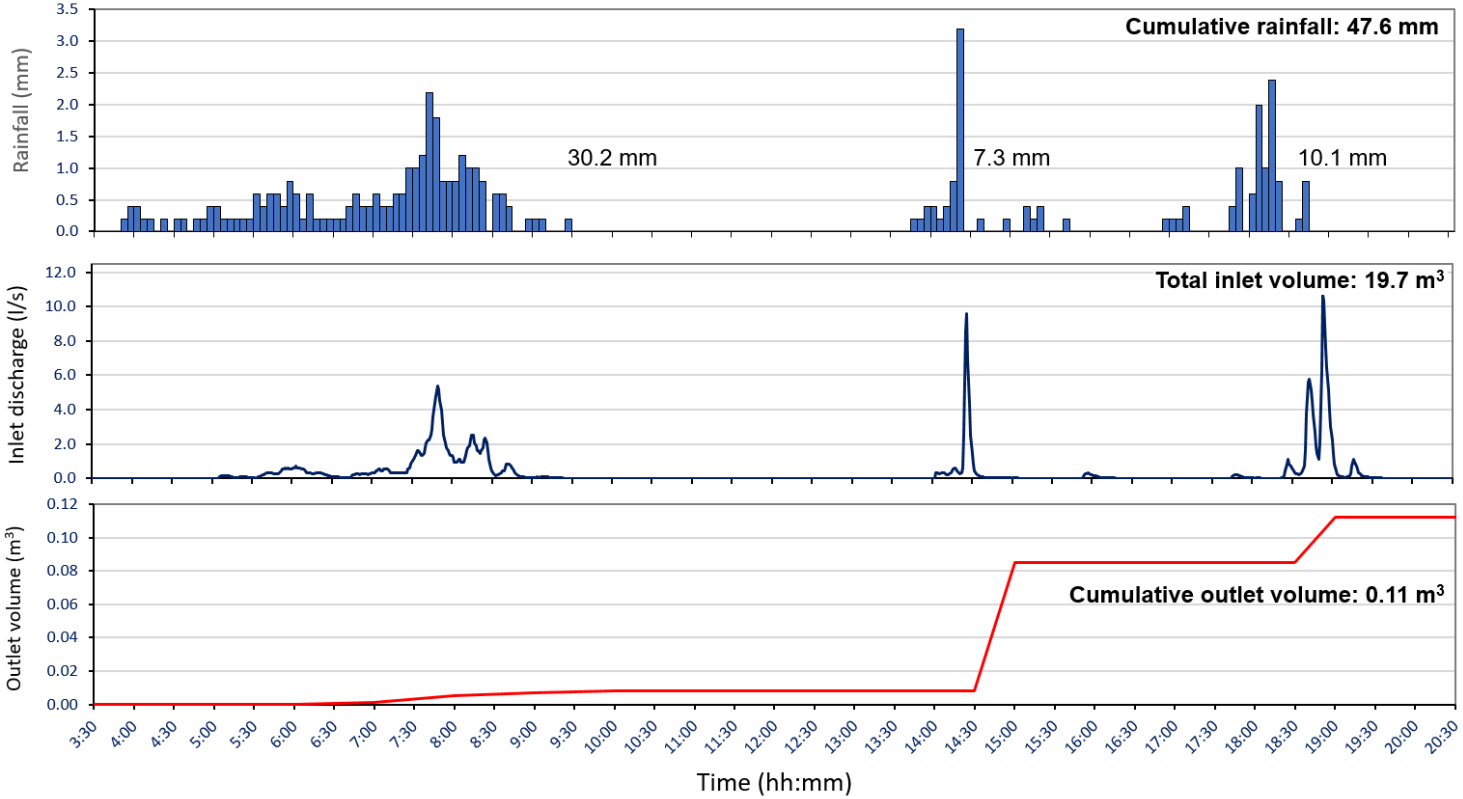
* La variazione della percentuale di vuoti negli strati del sottosuolo dipende dal grado di compattazione necessario: ad una maggior compattazione corrisponde una maggior portanza.



112,5 - 163 l/mq
capacità del sottofondo

Azioni di monitoraggio

1. Monitoraggio dei **flussi d'acqua** e dell'impatto degli interventi
   - Monitoraggio quantitativo
   - Monitoraggio qualitativo



- Gli interventi hanno gestito la quasi totalità dei deflussi prodotti dagli eventi di pioggia verificatisi nel 2020
- La quantità di deflusso non gestita è stata comunque sempre inferiore al 2% dell'acqua in ingresso
- L'intervento del Grumo non ha mai prodotto outflow.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

http://www.lifebeware.eu/

https://www.facebook.com/lifebeware/

https://twitter.com/lifebeware

MATERIALE http://www.lifebeware.eu/materiale/