

Corso di formazione
**Tematiche emergenti nei processi
di pianificazione e valutazione ambientale**



Gestione della pioggia in città

Drenaggio urbano: concetti, oggetti, progetti

Invarianza idraulica: sintesi critica dei metodi

Ing. Stefano Ferrari

Università degli Studi di Torino

DIST

Torino, 21/**28** maggio 2025





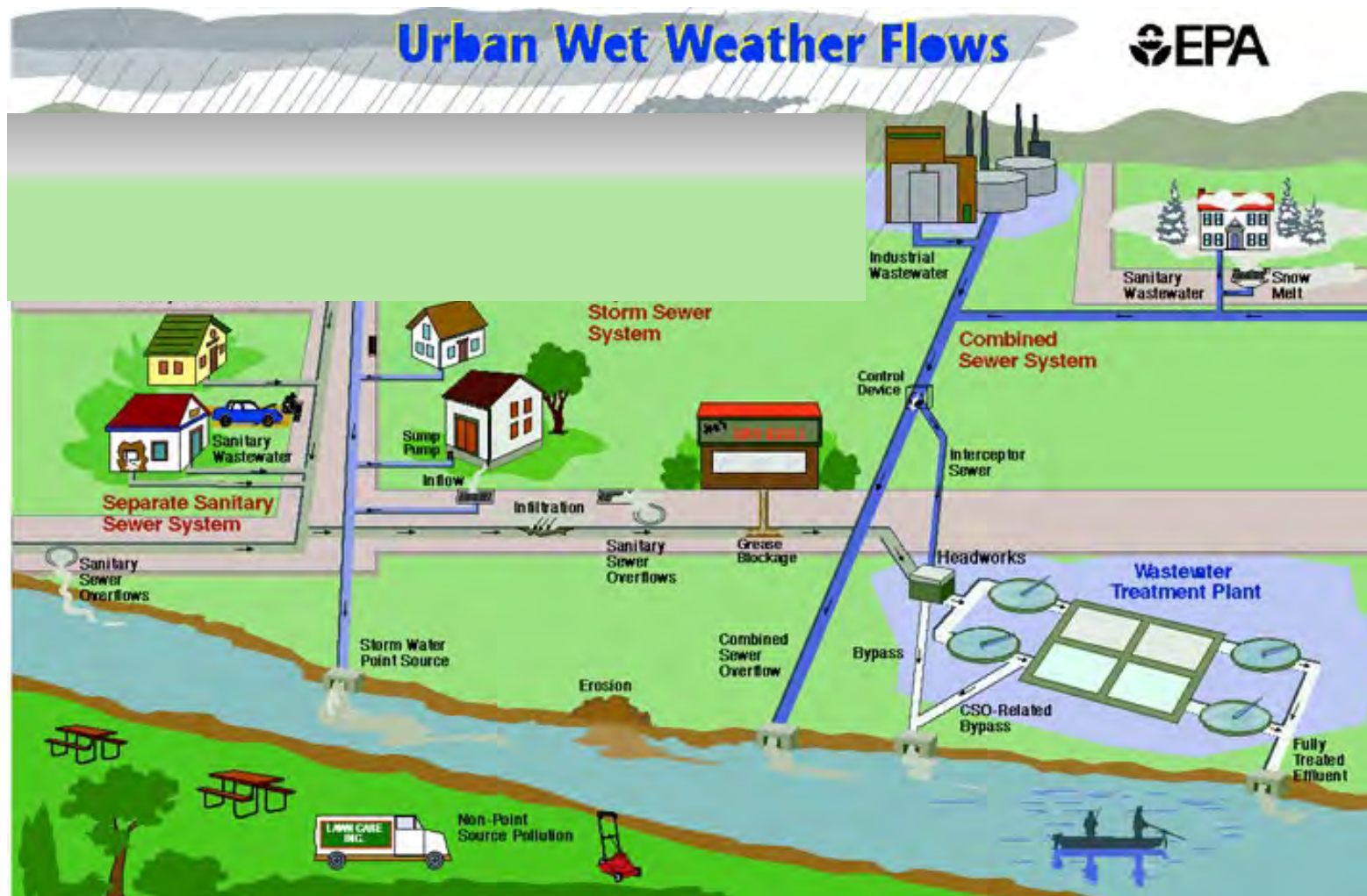
FONDAZIONE
DELL'ORDINE DEGLI
INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI
TORINO



ORDINE DEGLI
INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI
TORINO

LID SUDs WSUD BMP SCP ... ?

Nov 17, Alveare 1
S. FERRARI



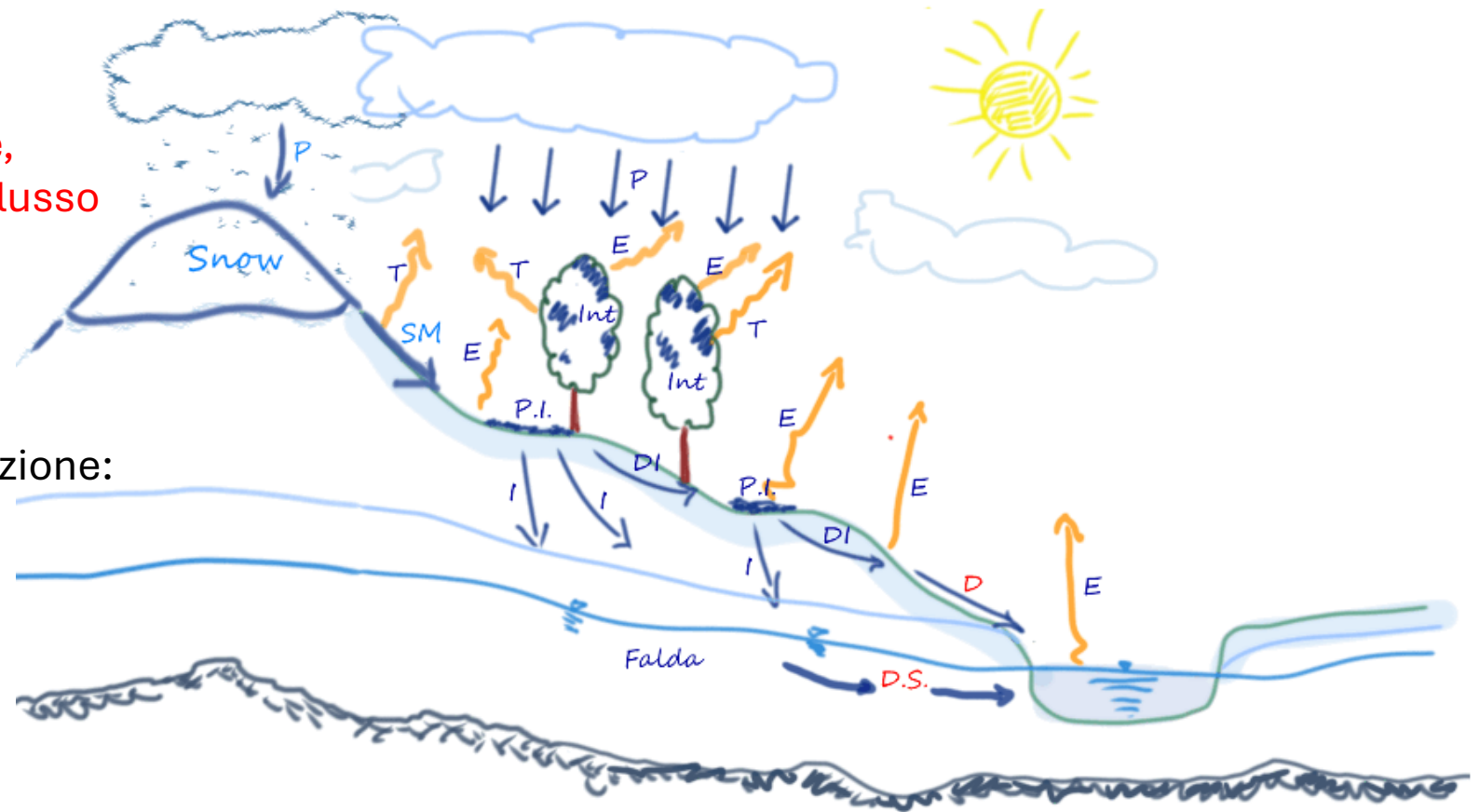


Flash storm geyser
2011
The Montreal Gazette
Video by Michael Vidde

Fondamenti Idrologici

Ciclo idrologico naturale

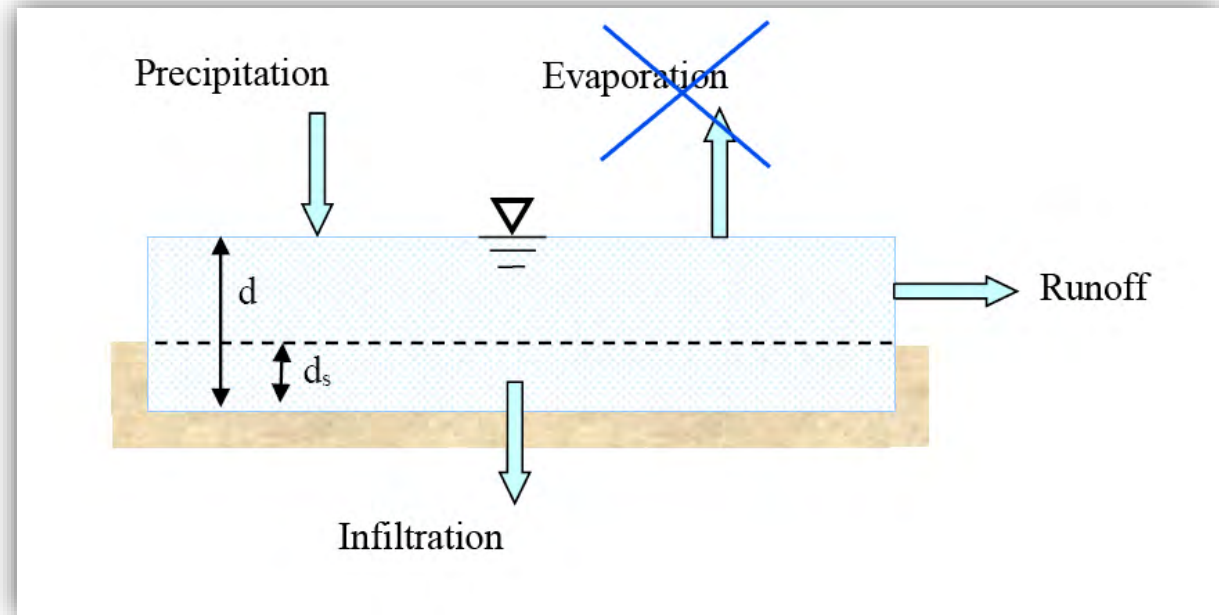
- Componenti del ciclo: precipitazione, evapotraspirazione, infiltrazione e deflusso superficiale
- Trasporto del deflusso.
- Il paradosso del Tempo di concentrazione: tante definizioni, stime variabili ed usi



Fondamenti Idrologici

Ciclo idrologico e deflusso

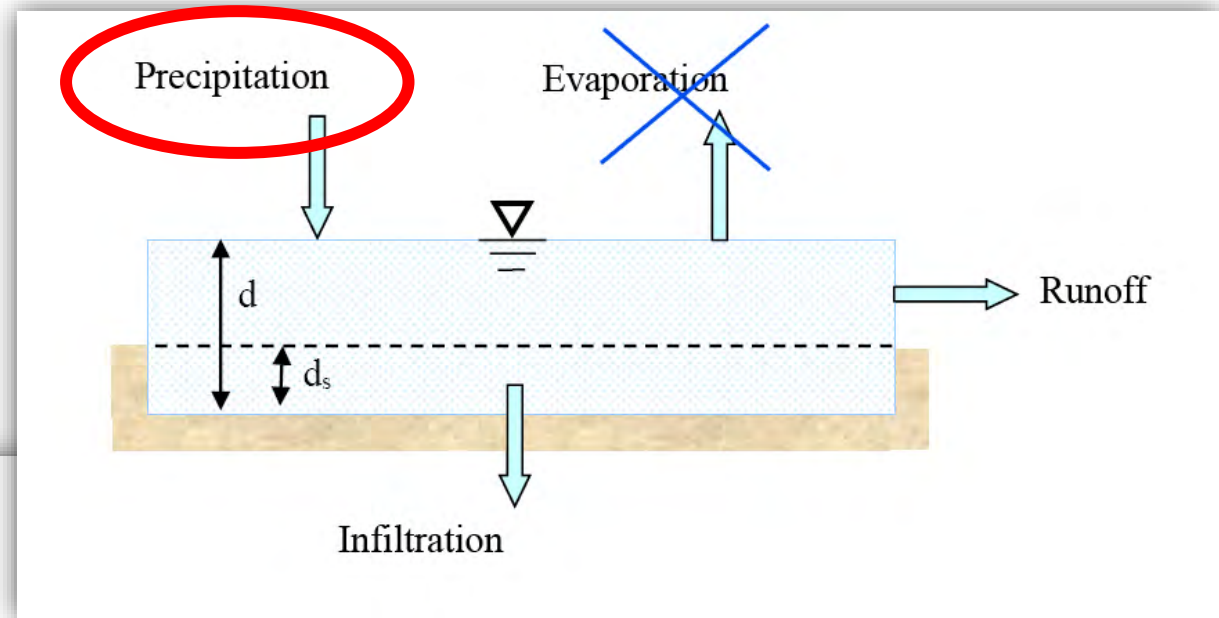
- Componenti del ciclo: **precipitazione**, **evapotraspirazione**, **infiltrazione e deflusso superficiale**



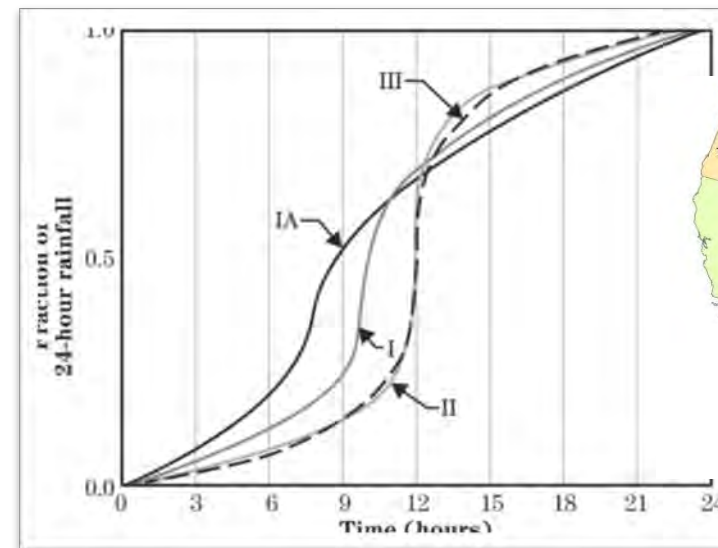
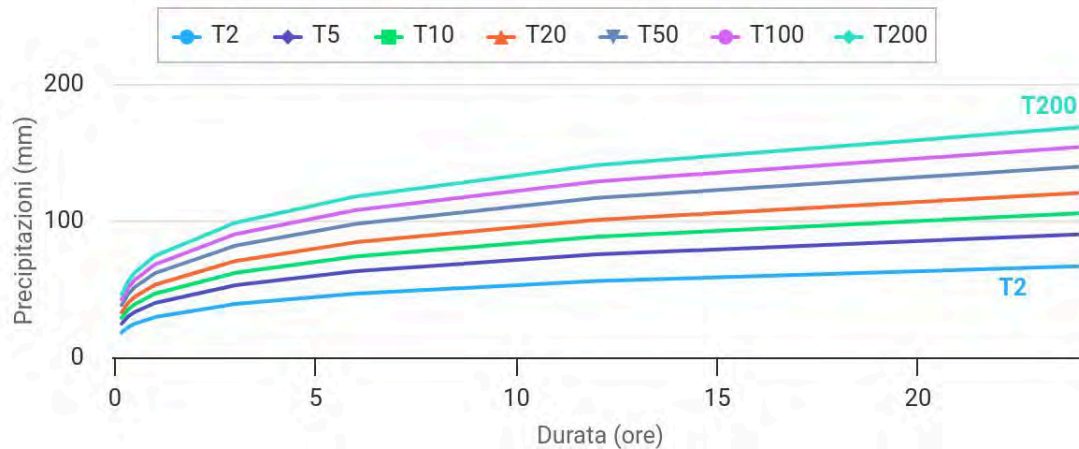
Fondamenti Idrologici

Ciclo idrologico e deflusso

- Componenti del ciclo: **precipitazione**, evapotraspirazione, **infiltrazione e deflusso superficiale**



Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

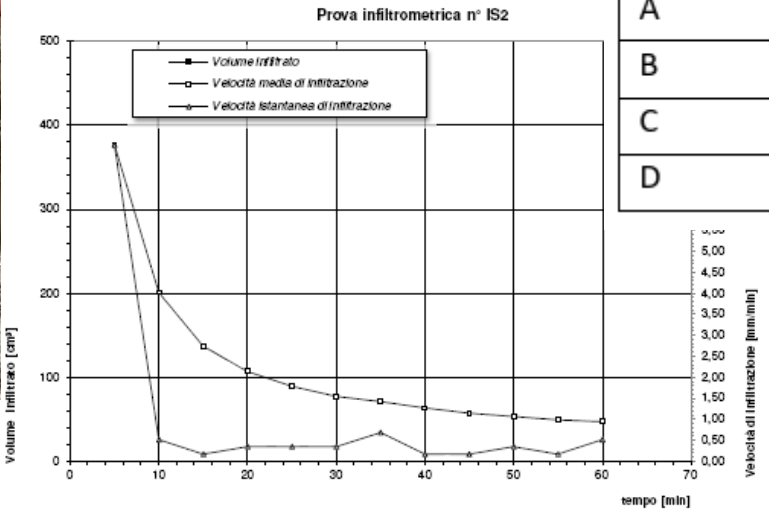
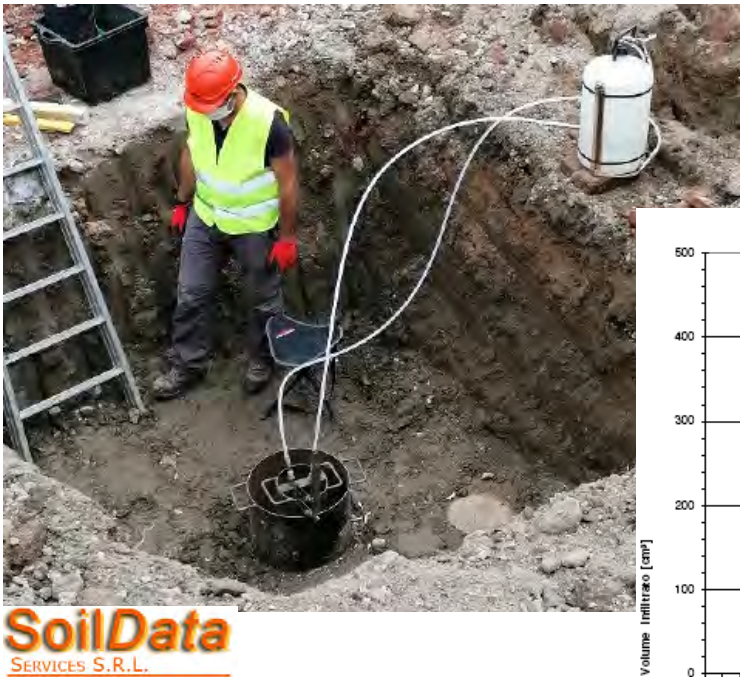
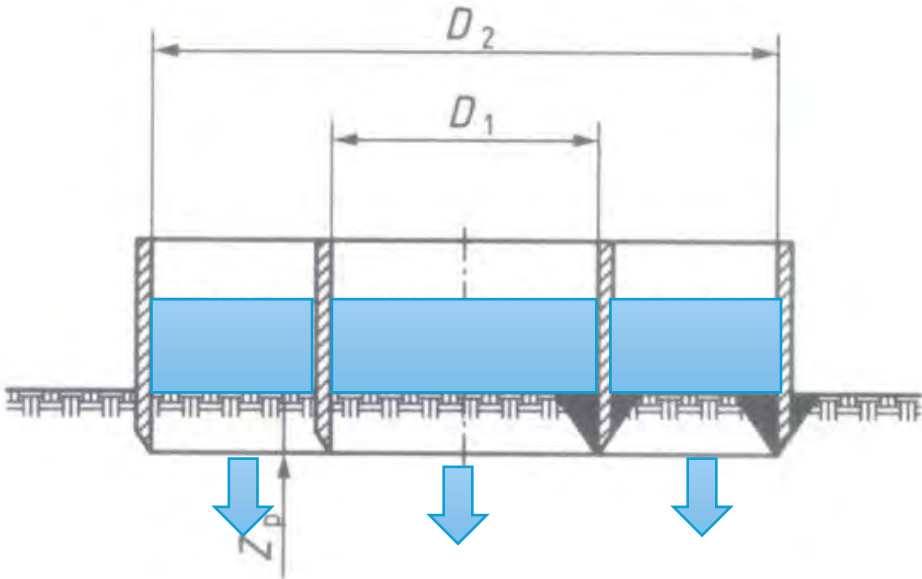


ARPA Piemonte - Atlante piogge intense

Fondamenti Idrologici

Ciclo idrologico e deflusso

- Componenti del ciclo: precipitazione, evapotraspirazione, infiltrazione e deflusso superficiale



Classe suolo	f ₀ [mm/ora]	f _c [mm/ora]	k [ore ⁻¹]
A	250	25.4	2
B	200	12.7	2
C	125	6.3	2
D	76	2.5	2

LABFLUX - POROUS MEDIA MOISTURE AND ENVIRONMENTAL WATER FLUXES EVALUATION LABORATORY

Labflux

Fondamenti Idrologici

Ciclo idrologico e deflusso

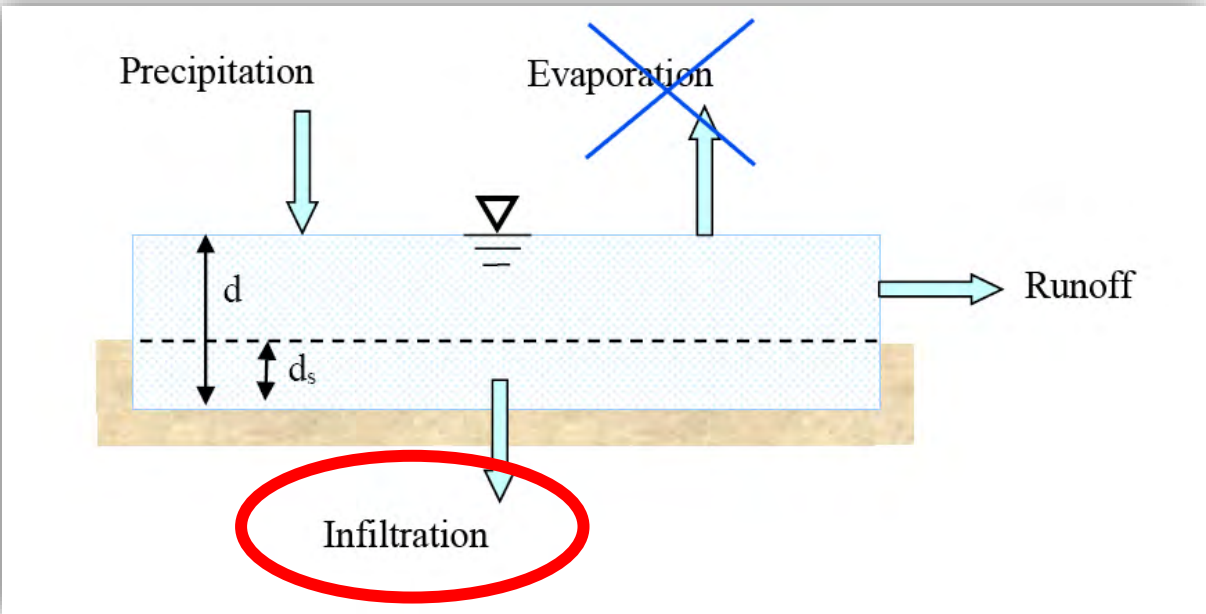
- Componenti del ciclo: precipitazione, evapotraspirazione, infiltrazione e deflusso superficiale

$$\frac{Q}{At} = -K_{sat} \frac{dH}{dz}$$

argilla
sabbia
carbonio organico
densità apparente
...



pedofunzioni di trasferimento (PTF)



conducibilità idrica **satura** (K_{sat} , mm/h).

	Classe	K_{sat} ($\mu\text{m/s}$)	K_{sat} (mm/h)
1	Molto bassa	<0,01	<0,036
2	Bassa	0,01-0,1	0,036-0,36
3	Moderatamente bassa	0,1-1	0,36-3,6
4	Moderatamente alta	1-10	3,6-36
5	Alta	10-100	36-360
6	Molto alta	>100	>360

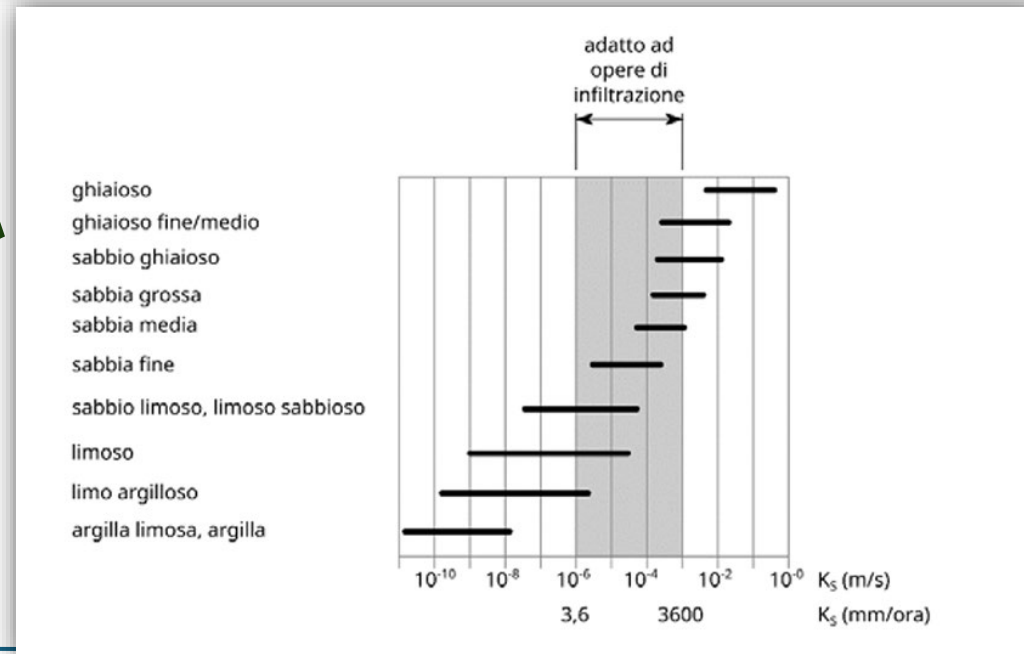
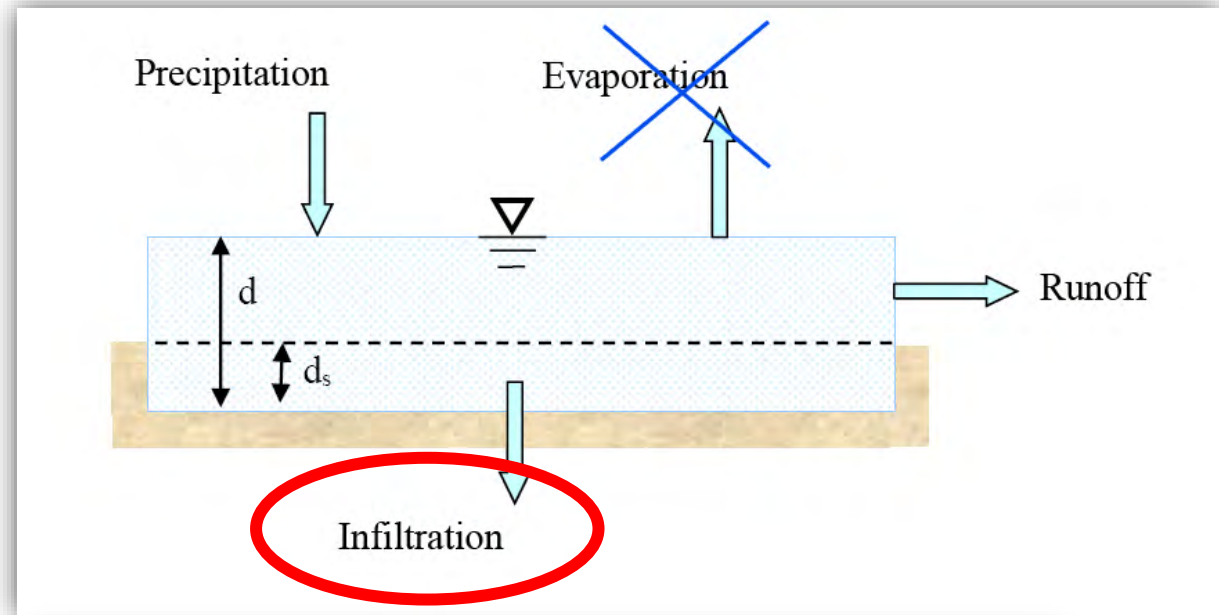
Fondamenti Idrologici

Ciclo idrologico e deflusso

- Componenti del ciclo: **precipitazione**, evapotraspirazione, **infiltrazione** e deflusso **superficiale**

$$\frac{Q}{At} = -K_{sat} \frac{dH}{dz}$$

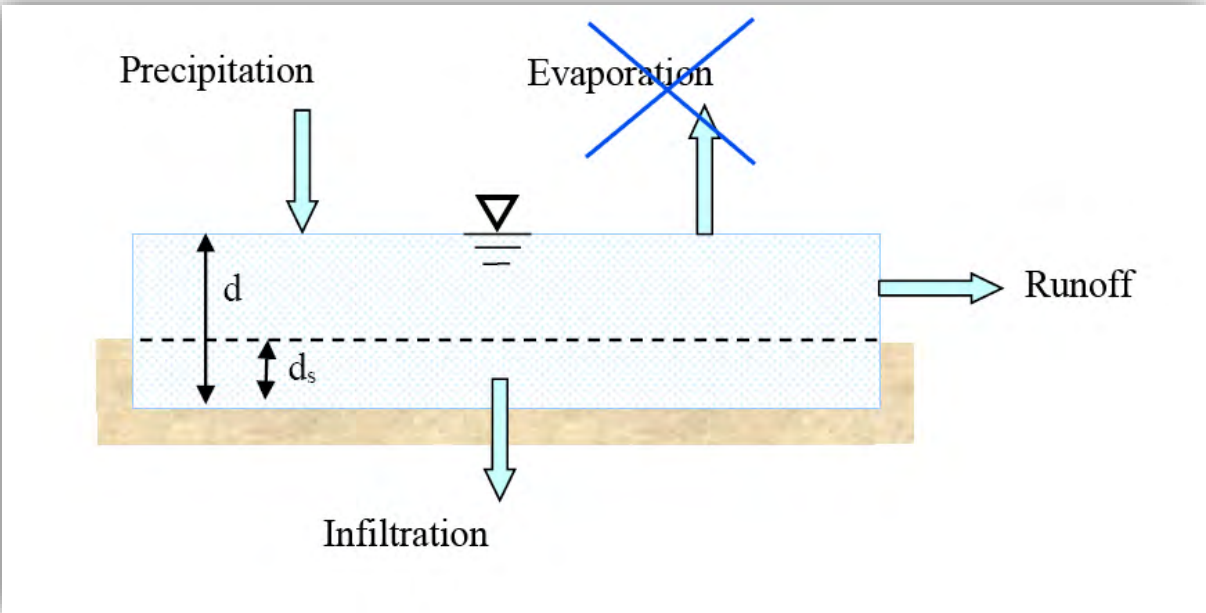
argilla
sabbia
carbonio organico
densità apparente
...



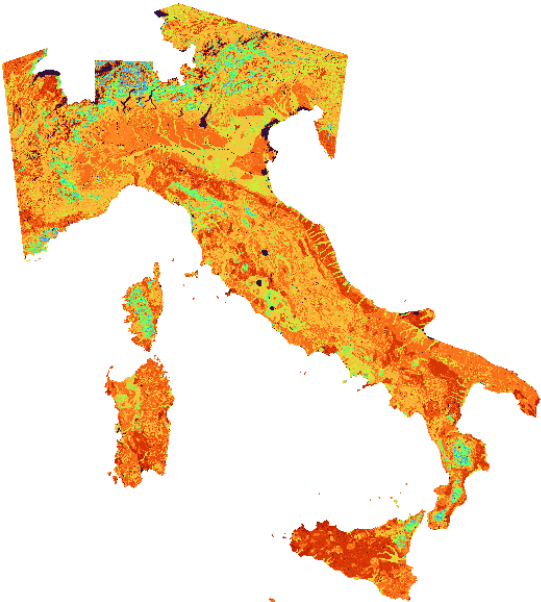
Fondamenti Idrologici

Ciclo idrologico e deflusso

- Componenti del ciclo: precipitazione, evapotraspirazione, infiltrazione e deflusso superficiale



Valori del parametro CN (adimensionale)	Tipo idrologico Suolo			
↓ Tipologia di Uso del Territorio	A	B	C	D
Terreni coltivati, in presenza di pratiche di conservazione del suolo*	62*	71*	78*	81*
Terreni coltivati, in assenza di pratiche di conservazione del suolo*	72*	81*	88*	91*
Prati	≤30*	58*	71*	78*
Boschi, in presenza di copertura rada e senza sottobosco*	45*	66*	77*	83*
Boschi e foreste, in presenza di copertura fitta e con sottobosco*	25*	55*	70*	77*
Spazi aperti con manto erboso superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
Spazi aperti con manto erboso compreso tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
Spazi aperti con manto erboso inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
Zone industriali (area impermeabile 72%)	81	88	91	93
Zone commerciali e industriali (area impermeabile 85%)	89	92	94	95
Zone residenziali, lotti fino a 500 m ² (area impermeabile 65%)	77	85	90	92
Zone residenziali, lotti di 500÷1000 m ² (area impermeabile 38%)	61	75	83	87
Zone residenziali, lotti di 1000÷1500 m ² (area impermeabile 30%)	57	72	81	86
Zone residenziali, lotti di 1500÷2000 m ² (area impermeabile 25%)	54	70	80	85
Zone residenziali, lotti di 2000÷5000 m ² (area impermeabile 20%)	51	68	79	84
Zone residenziali, lotti di 5000÷10000 m ² (area impermeabile 12%)	46	65	77	82
Parcheggi, tetti, autostrade, ..	98	98	98	98
Strade pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
Strade con letto in ghiaia	76	85	89	91
Strade battute in terra	72	82	87	89



Claps, P., ...(2024), FOCA: a new quality-controlled database of floods and catchment descriptors in Italy, Earth Syst. Sci. Data, 16, 1503–1522

idrologia@polito
Gruppo di Idrologia del Politecnico di Torino

Fondamenti Idrologici

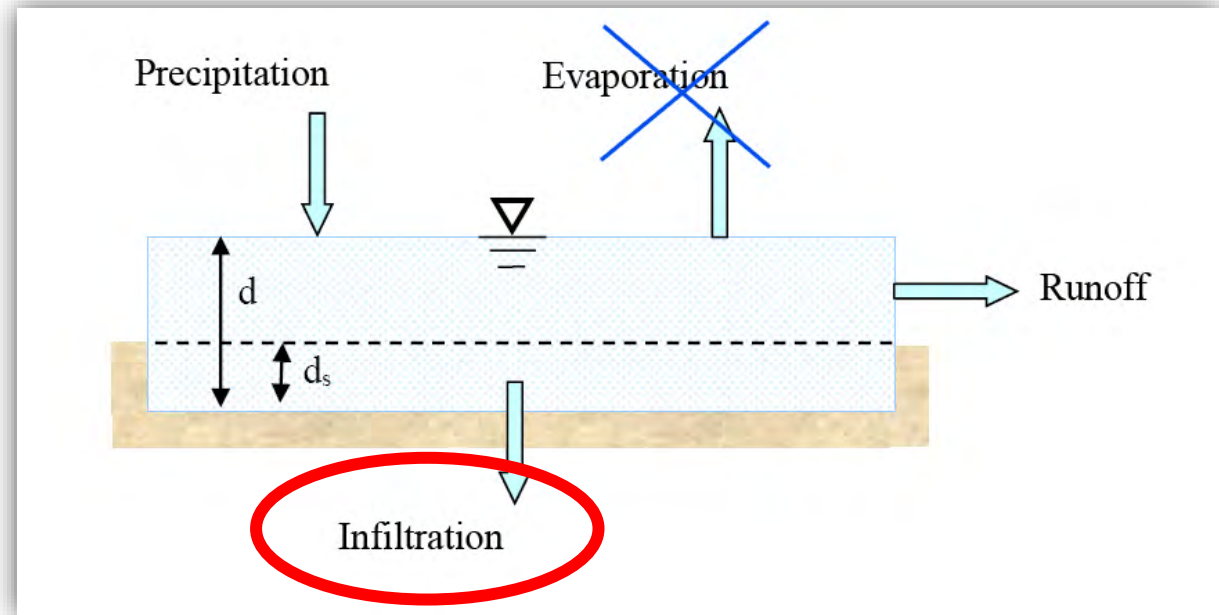
Ciclo idrologico e deflusso

- Componenti del ciclo: precipitazione, evapotraspirazione, **infiltrazione** e deflusso superficiale

$$\frac{Q}{At} = -K_{sat} \frac{dH}{dz}$$

- argilla*
- sabbia*
- carbonio organico*
- densità apparente*
- ...*

pedofunzioni di trasferimento (PTF)



conducibilità idrica **satura** (Ksat, mm/h).

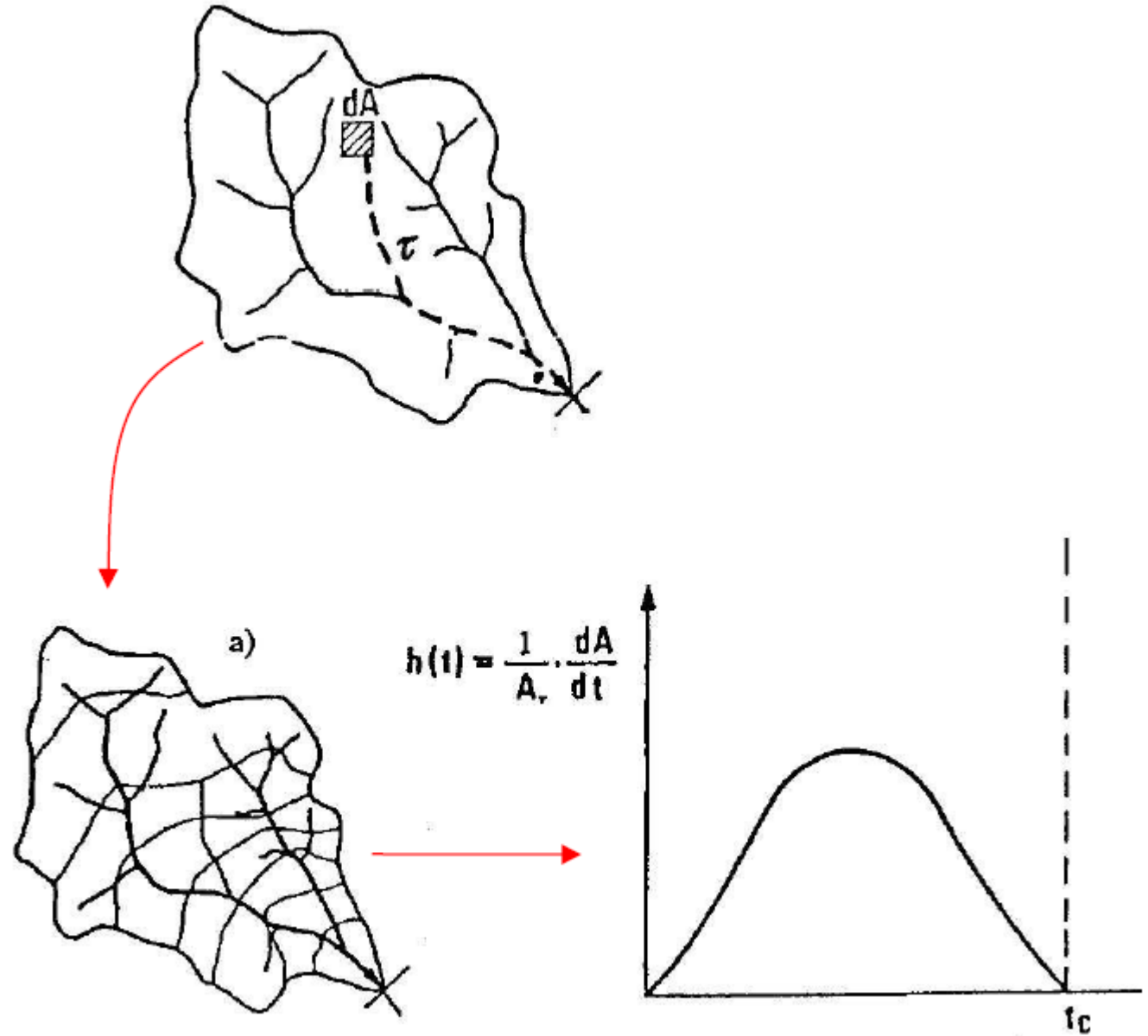
	<i>Classe</i>	<i>Ksat (μm/s)</i>	<i>Ksat (mm/h)</i>
1	Molto bassa	<0,01	<0,036
2	Bassa	0,01-0,1	0,036-0,36
3	Moderatamente bassa	0,1-1	0,36-3,6
4	Moderatamente alta	1-10	3,6-36
5	Alta	10-100	36-360
6	Molto alta	>100	>360

Fondamenti Idrologici

Ciclo idrologico e deflusso

- Componenti del ciclo: precipitazione, evapotraspirazione, infiltrazione e deflusso superficiale

- Trasporto del deflusso

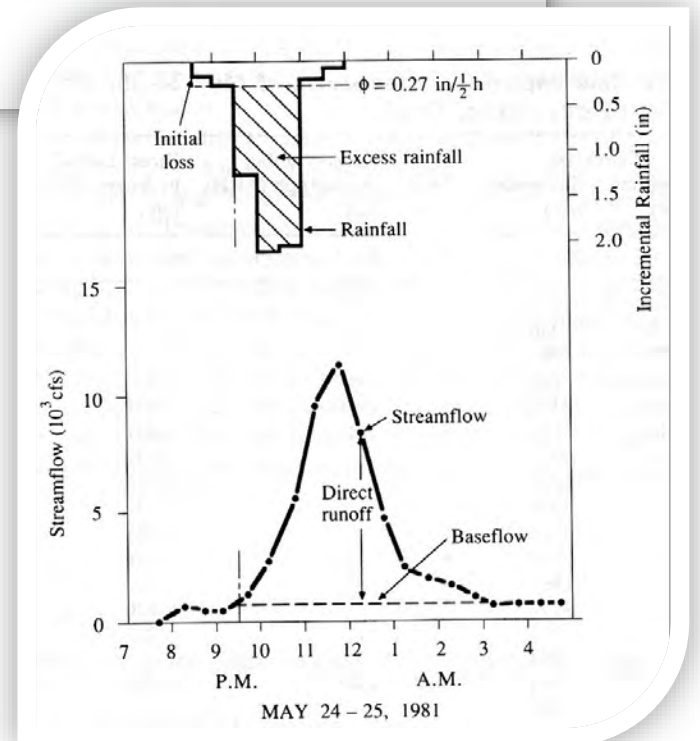
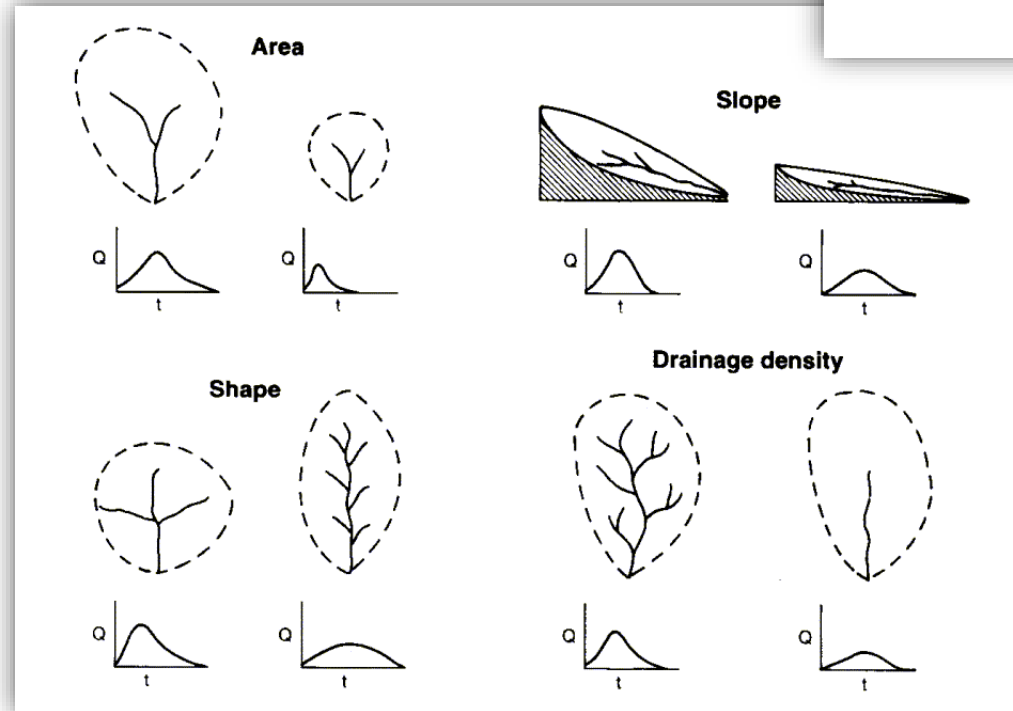
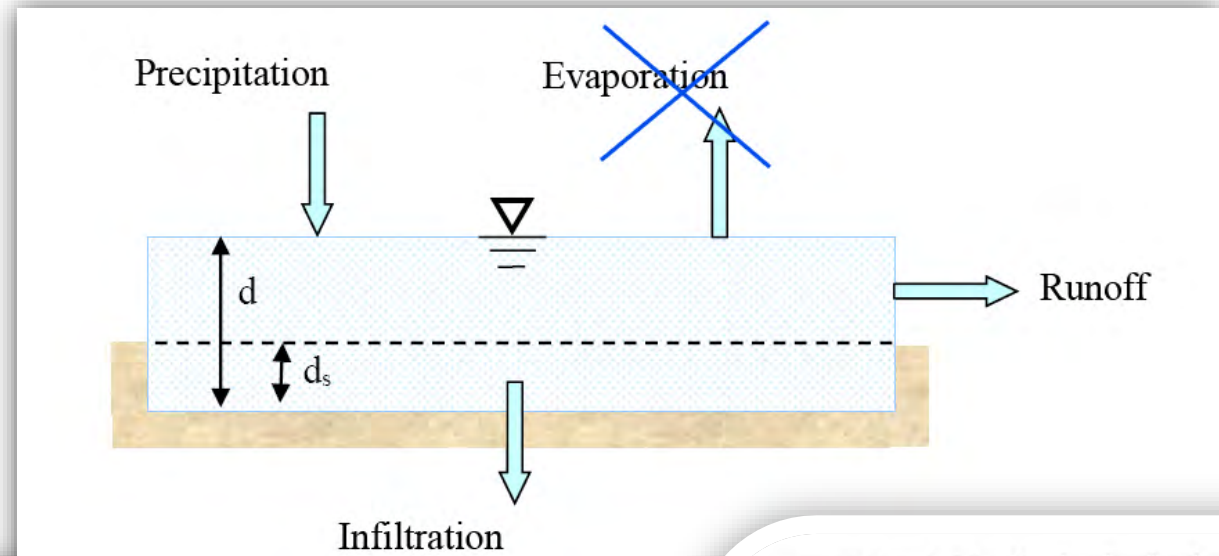


Fondamenti Idrologici

Ciclo idrologico e deflusso

- Componenti del ciclo: precipitazione, evapotraspirazione, infiltrazione e deflusso superficiale

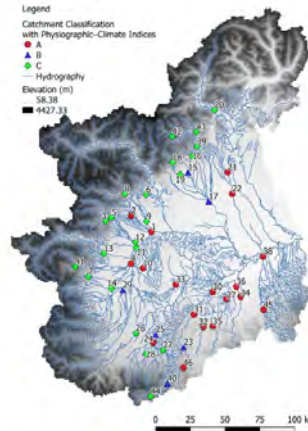
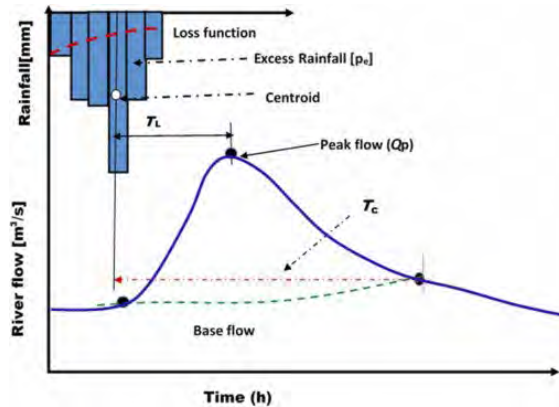
• Trasporto del deflusso



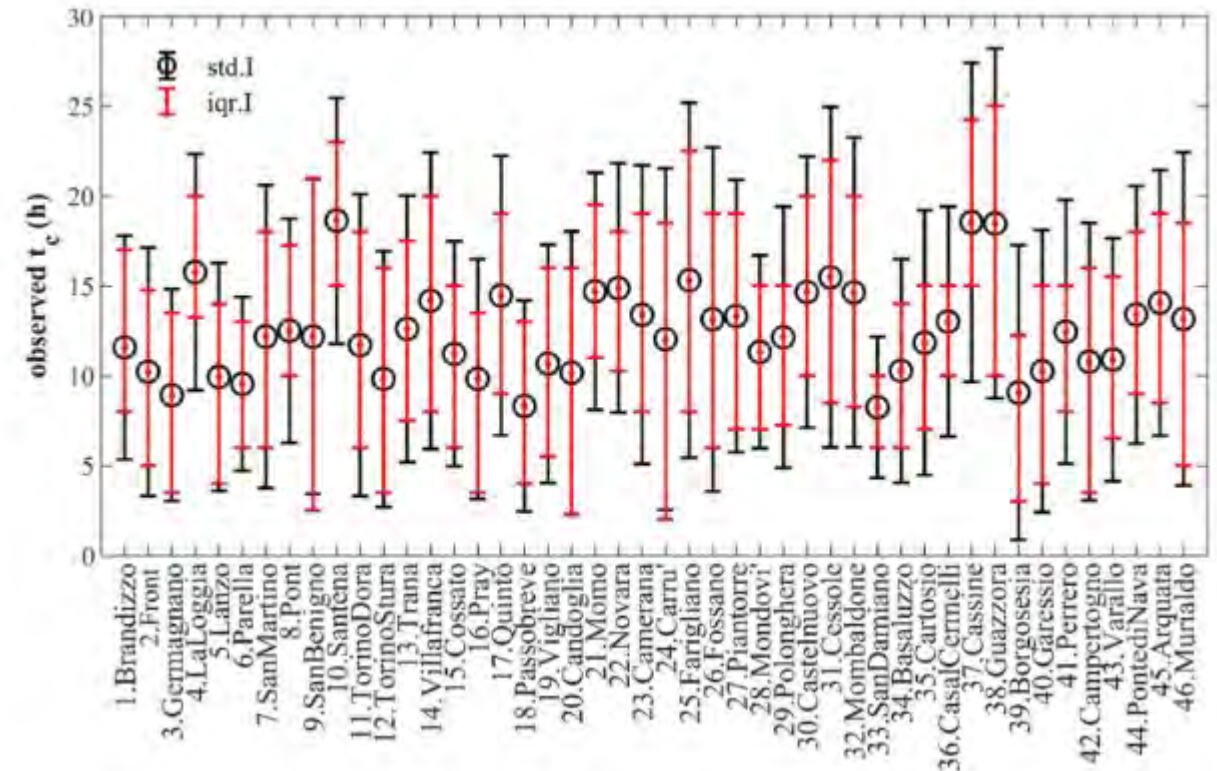
Fondamenti Idrologici

Ciclo idrologico e deflusso

- Componenti del ciclo: precipitazione, evapotraspirazione, infiltrazione e deflusso superficiale
- Trasporto del deflusso
- Il paradosso del **tempo di concentrazione**: tante definizioni, stime variabili ed usi



46 bacini
24 formule T_c



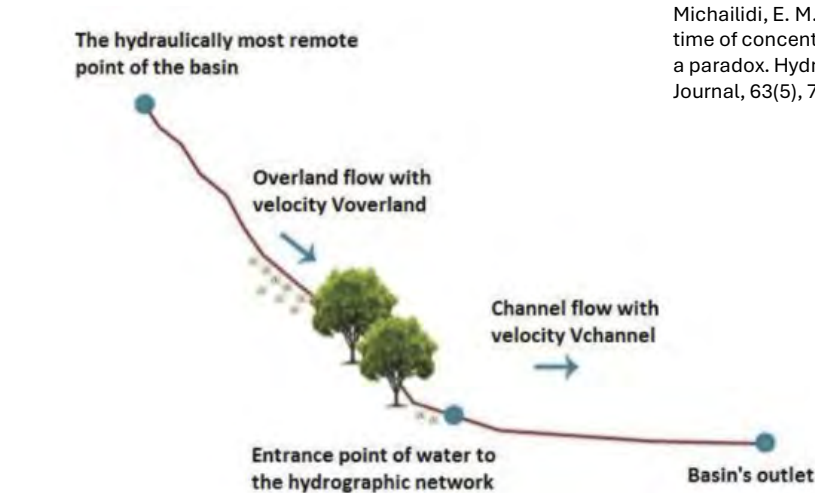
Ravazzani, G., ... (2019). Review of Time-of-Concentration Equations and a New Proposal in Italy. J. Hydrol. Eng.

Fondamenti Idrologici

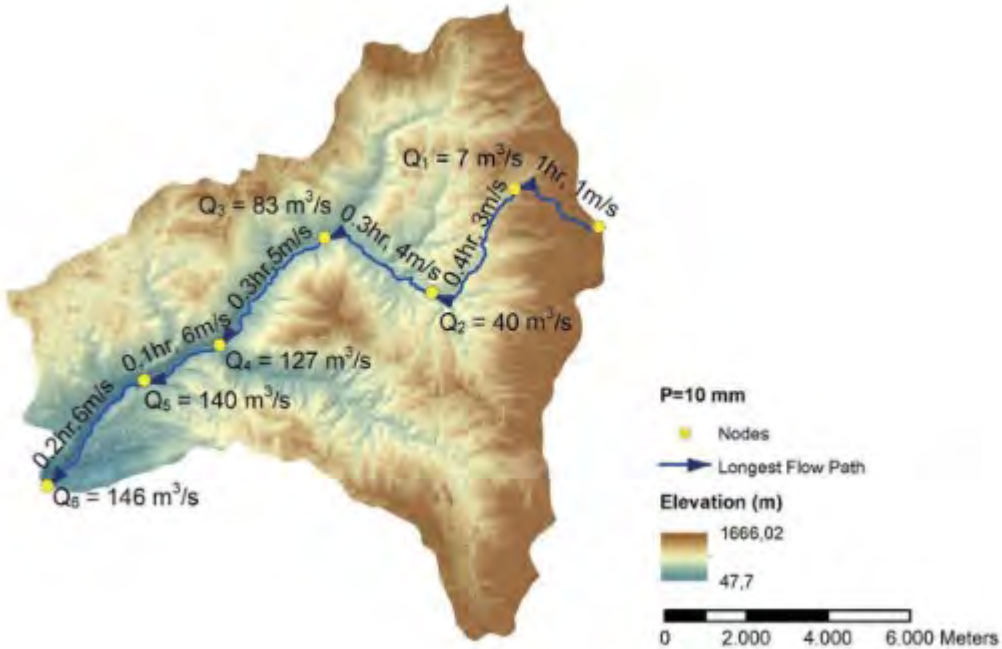
Ciclo idrologico e deflusso

- Componenti del ciclo: precipitazione, evapotraspirazione, infiltrazione e deflusso superficiale
- Trasporto del deflusso
- Il paradosso del Tempo di concentrazione: tante definizioni, stime variabili ed usi

	Pendenza (%)			
Tipo di scorrimento	0 - 3	4 - 7	8 - 11	> 12
A - Diffuso				
boschi	0 - 0.45	0.45 - 0.75	0.75 - 1.0	> 1.0-
pascoli	0 - 0.75	0.75 - 1.0	1.0 - 1.25	> 1.25
coltivi	0 - 0.9	0.90 - 1.35	1.35 - 1.65	> 1.65
zone pavimentate	0 - 2.5	2.5 - 4.0	4.0 - 5.1	> 5.1-
B - Concentrato:				
in alvei naturali non ben definiti	0 - 0.60	0.60 - 1.20	1.20 - 2.10	> 2.10



Michailidi, E. M., ... (2018). Timing the time of concentration: shedding light on a paradox. Hydrological Sciences Journal, 63(5), 721–740.



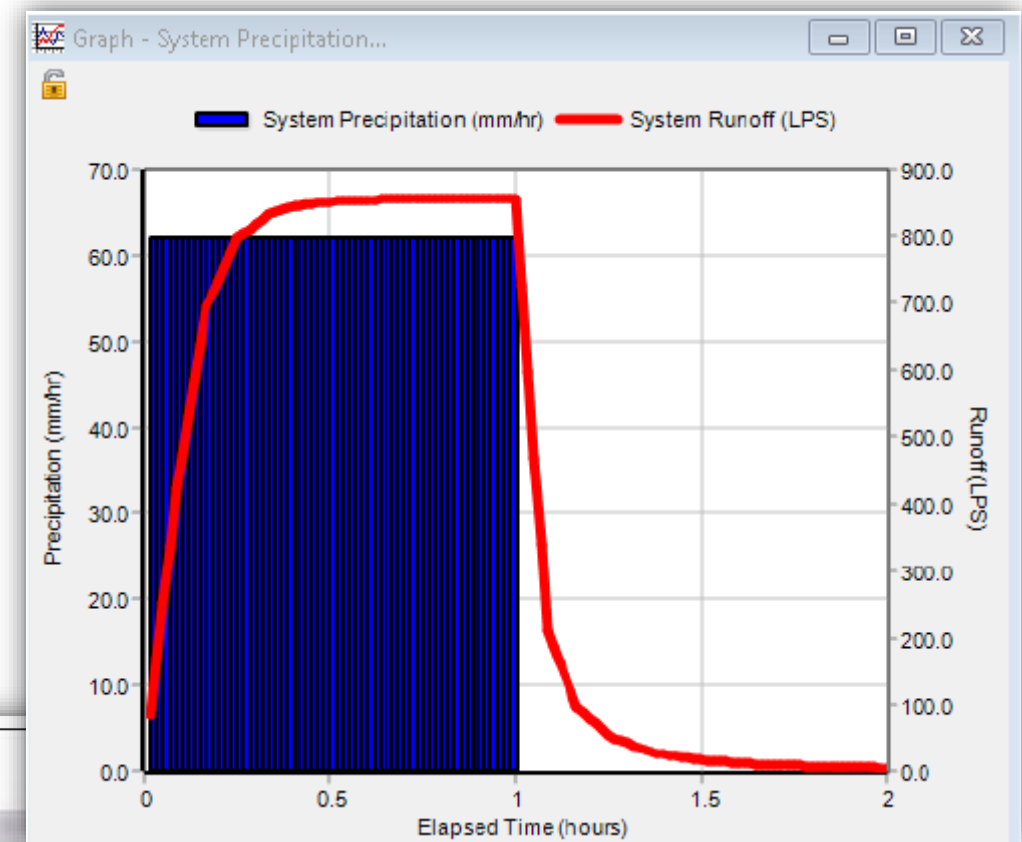
Fondamenti Idrologici

Ciclo idrologico e deflusso

- Componenti del ciclo: precipitazione, evapotraspirazione, infiltrazione e deflusso superficiale
- Trasporto del deflusso.
- Il paradosso del **Tempo di concentrazione**: tante definizioni, stime variabili ed usi

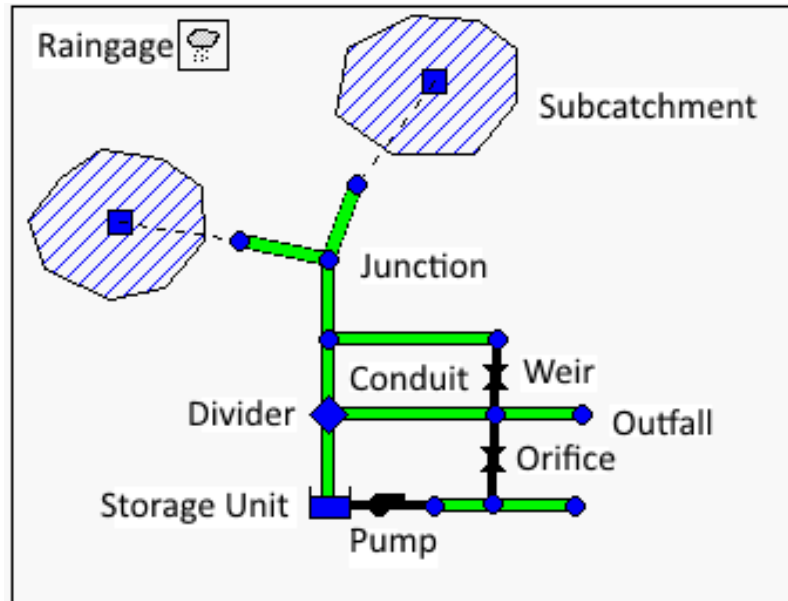


Legend



Strumenti

EPA SWMM: Rainfall-Runoff software



Legend

Manholes

- normal
- Critical Manholes
- Full but no flood
- Full with a small flood
- Heavy Flooding

conduits

- Normal
- Up to 40% Full
- Up 50% Full
- UP 80% Full
- 100% Full

Sub-catchments

- Normal
- Good condition
- Near critical
- Critical
- heavy flooding

Akbari, H., (2023), Master Thesis: "Urban Stormwater Management by Recovery of Abandoned Canals and LID Systems. A case study in Venaria Reale (TO)"

Fondamenti Idrologici

Urbanizzazione ➡ **Hydro Change**

- Incremento della superficie impermeabile e riduzione tempi di risposta: impatto sul deflusso

- **Quantità:** aumento dei volumi e delle portate di picco del deflusso (2-4 volte superiori)

- **Qualità:** inquinamento delle acque (prima pioggia) e impatto sugli ecosistemi

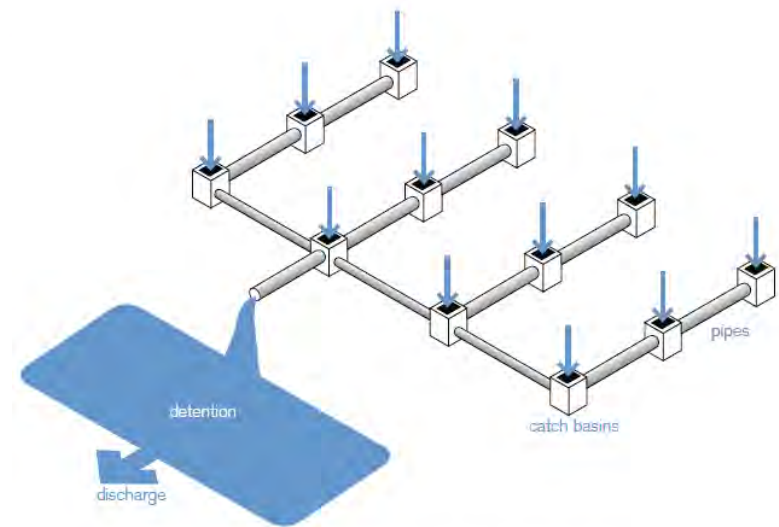
- Impatto sulla rete idrografica

- **Insufficienza** convogliamento

- **Erosioni**



low impact management: watershed approach
slow, spread, soak



conventional management: "pipe-and-pond" infrastructure
drain, direct, dispatch

Fondamenti Idrologici

Urbanizzazione ➡ **Hydro Change**

- **Incremento della superficie impermeabile e riduzione tempi di risposta:** impatto sul deflusso

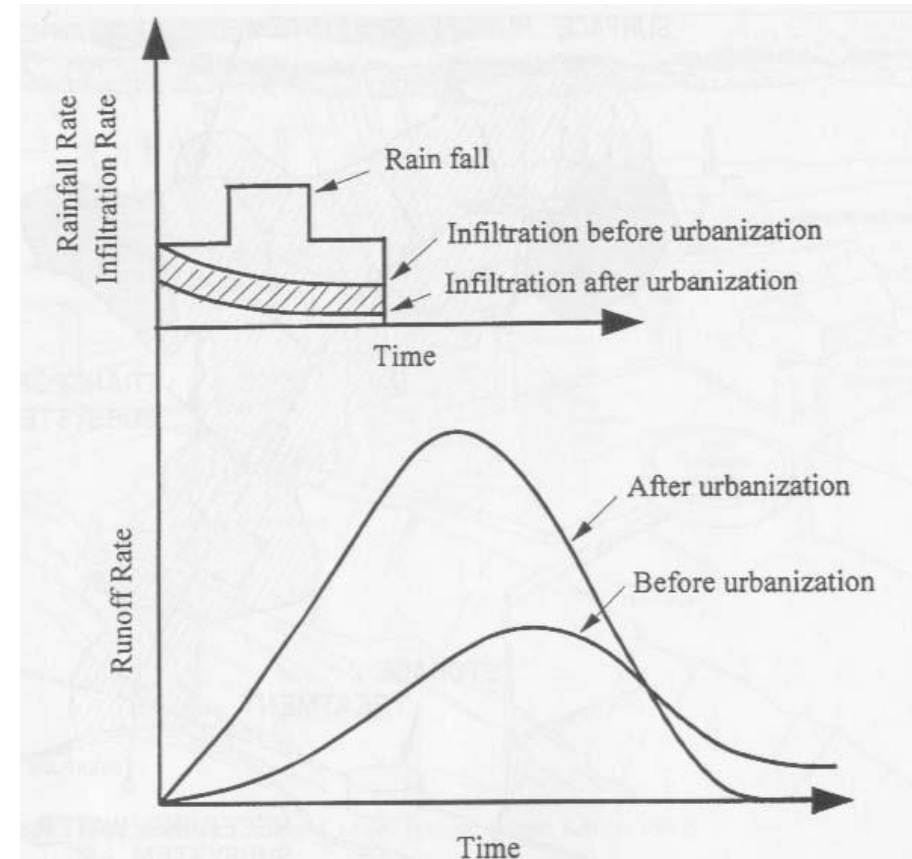
- **Quantità:** aumento dei volumi e delle portate di picco del deflusso (2-4 volte superiori)

- **Qualità:** inquinamento delle acque (prima pioggia) e impatto sugli ecosistemi

- Impatto sulla rete idrografica

- **Insufficienza** convogliamento

- **Erosioni**



Fondamenti Idrologici

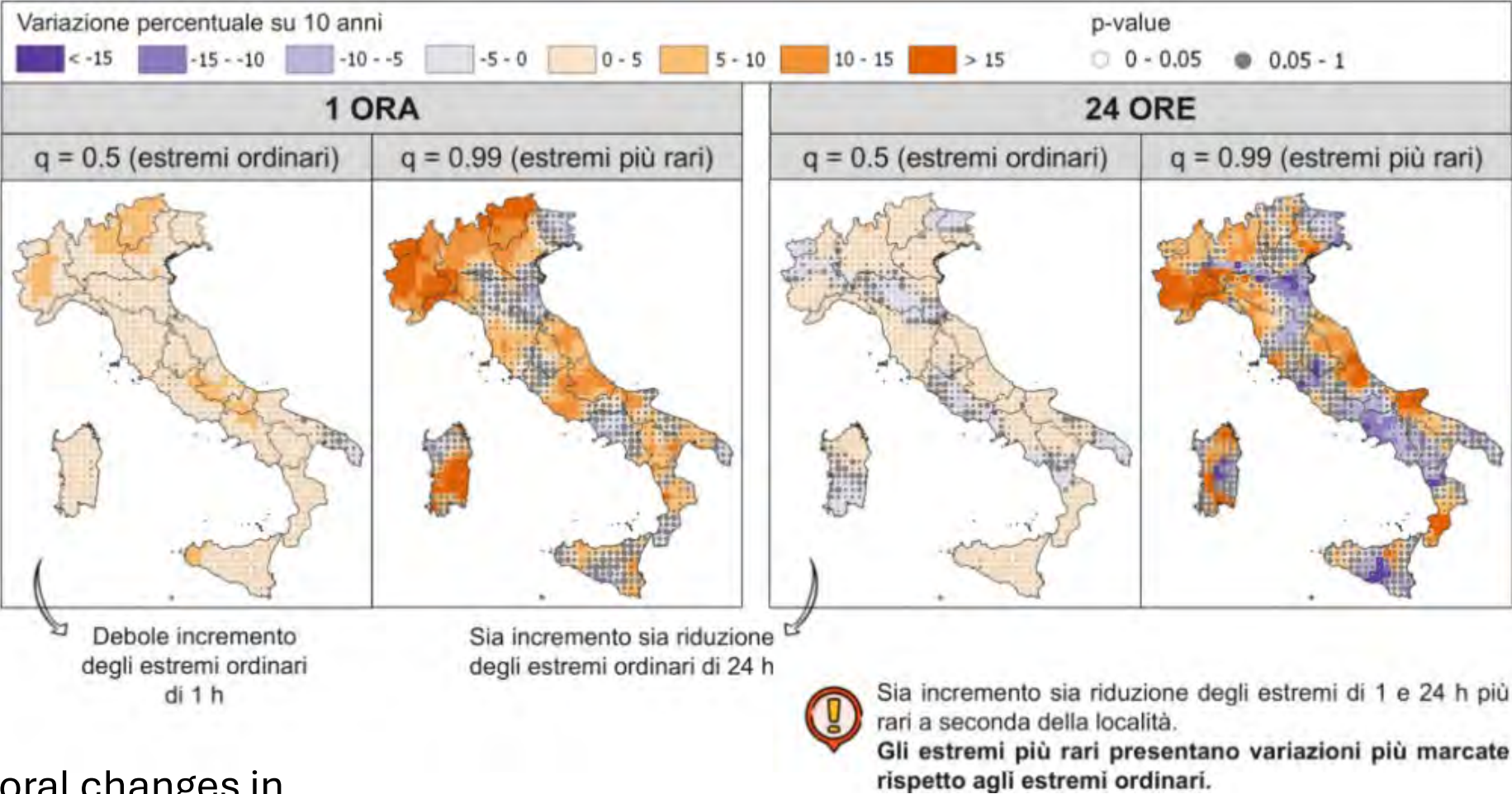
Urbanizzazione ➡ **Hydro Change**

- Incremento della superficie impermeabile e riduzione tempi di risposta: impatto sul deflusso
 - **Quantità:** aumento dei volumi e delle portate di picco del deflusso (2-4 volte superiori)
 - **Qualità:** inquinamento delle acque (prima pioggia) e impatto sugli ecosistemi
- Impatto sulla rete idrografica
 - **Insufficienza** convogliamento
 - **Erosioni**



Fondamenti Idrologici

CChange



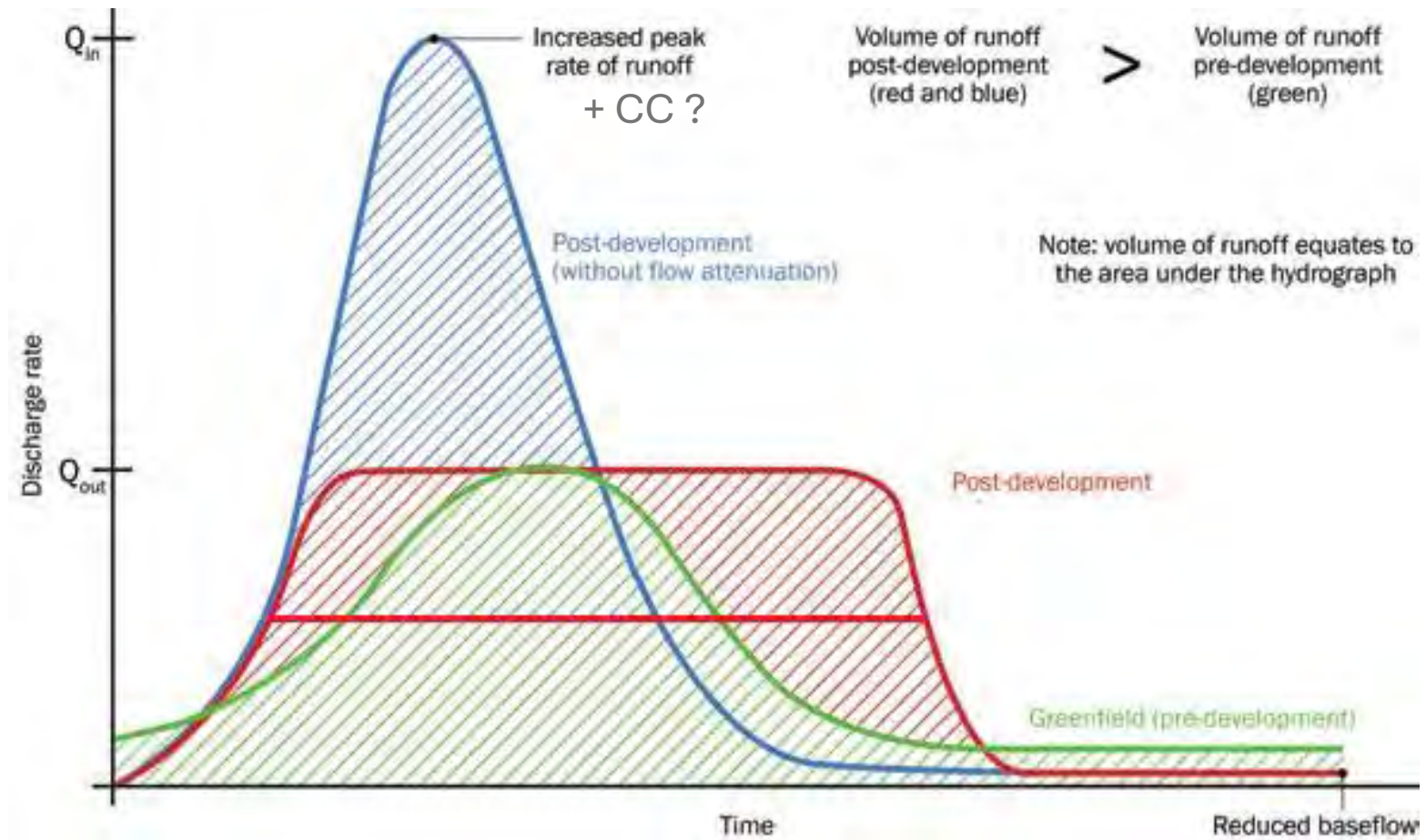
Mapping the uneven temporal changes in ordinary and extraordinary rainfall extremes in Italy

Mazzoglio P., Viglione A., Ganora D., Claps P. , *Journal of Hydrology: Regional Studies* Volume 58, April 2025)

Invarianza (quantitativa)

Obiettivi e concetti

- **Impatto zero** delle trasformazioni urbanistiche sul regime idrologico del territorio, rispetto ad uno scenario di partenza
oppure
 - Mantenere la **funzionalità della rete di raccolta acque a valle**
 - Invarianza idrologica
oppure
 - Invarianza idraulica
-
- Invarianza/Attenuazione idraulica ?
 - Quale scenario zero ?
 - Quale durata di pioggia ?
 - Quale pattern di pioggia ?
 - Quale T_r ?



Invarianza *Idraulica*

nella pianificazione urbanistica e territoriale per

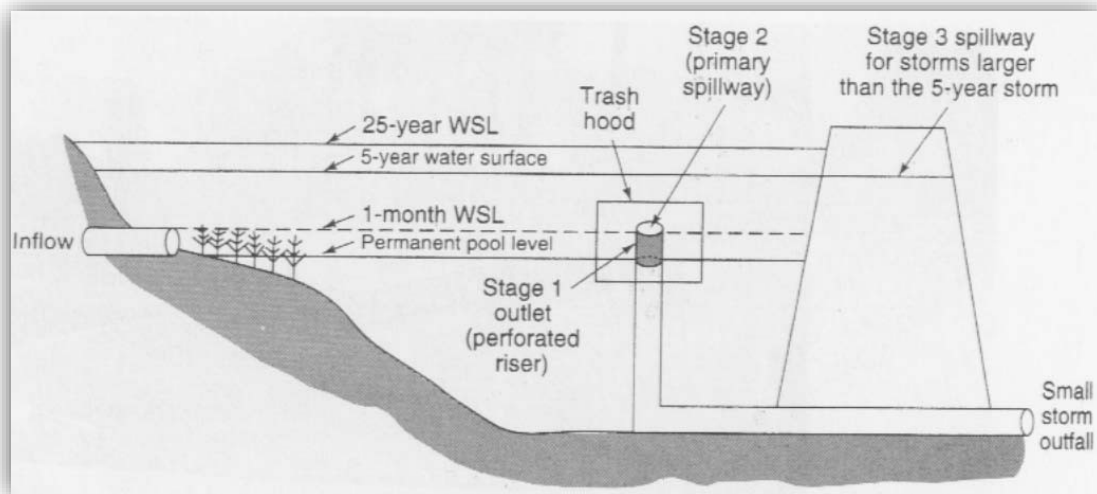
- mitigare il rischio di allagamenti urbani
- migliorare la qualità dell'acqua
- tutelare gli ecosistemi
- proteggere le infrastrutture esistenti
- aumentare la resilienza urbana e l'adattamento ai cambiamenti climatici
- vivere meglio



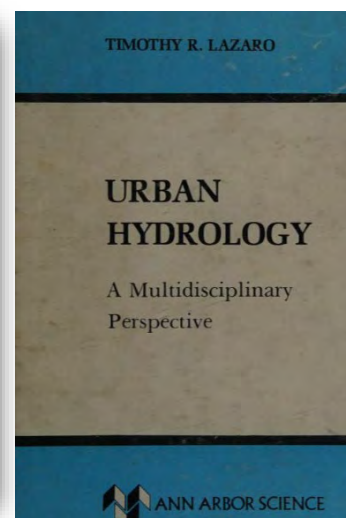
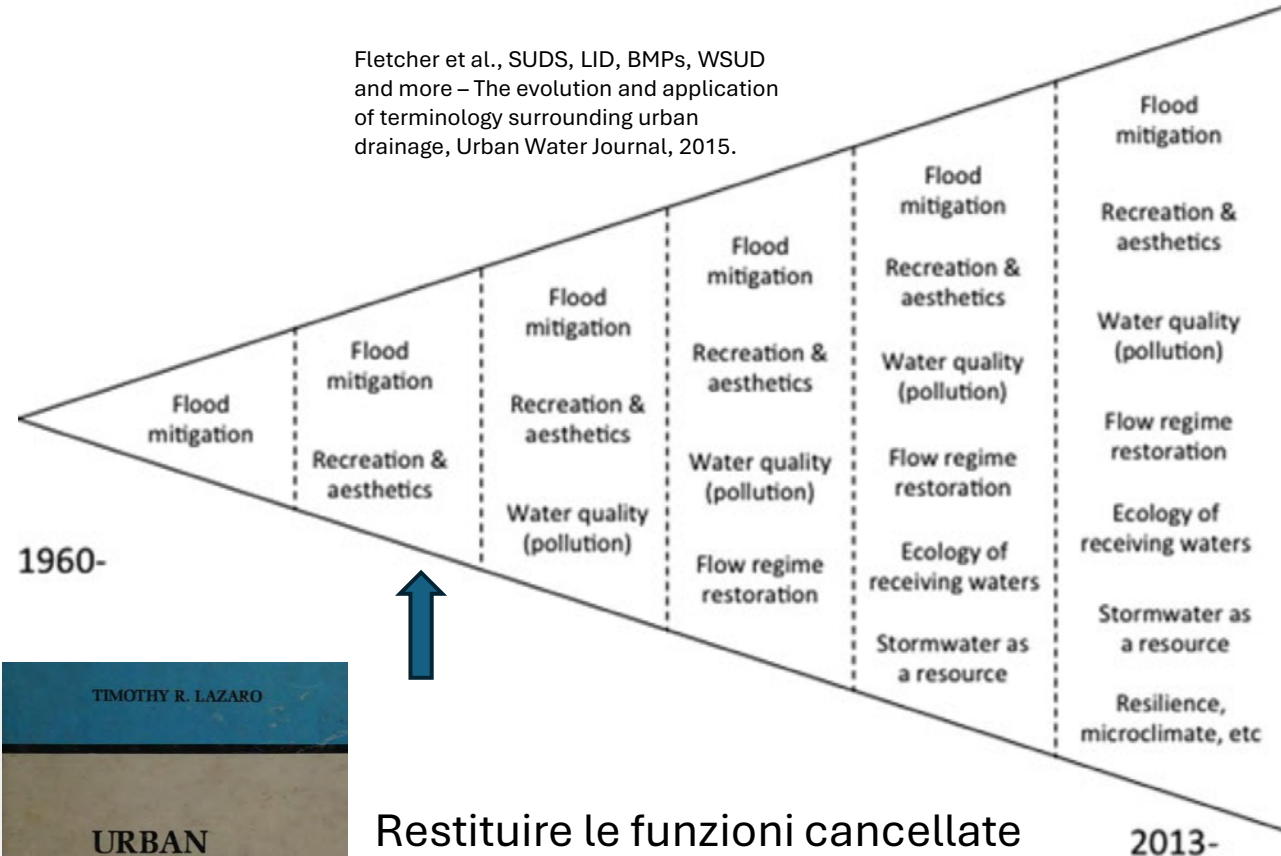
Gestione sostenibile della pioggia

Evoluzione storica del principio

- Origini del concetto negli anni '70-'80 in risposta ai crescenti problemi di allagamenti urbani



Fletcher et al., SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage, Urban Water Journal, 2015.



Restituire le funzioni cancellate dall'urbanizzazione

Pianificazione

Singoli interventi

Tetti blu / Pav. Drenanti

Bacini on/off

Progettazione idrologica

Consenso ?

Elasticità ?

Gestione sostenibile della pioggia

Evoluzione storica del principio

- dal 1990 approccio LID
- **3S** “spread”, “slow” e “soak”.
- Aree pubbliche e private

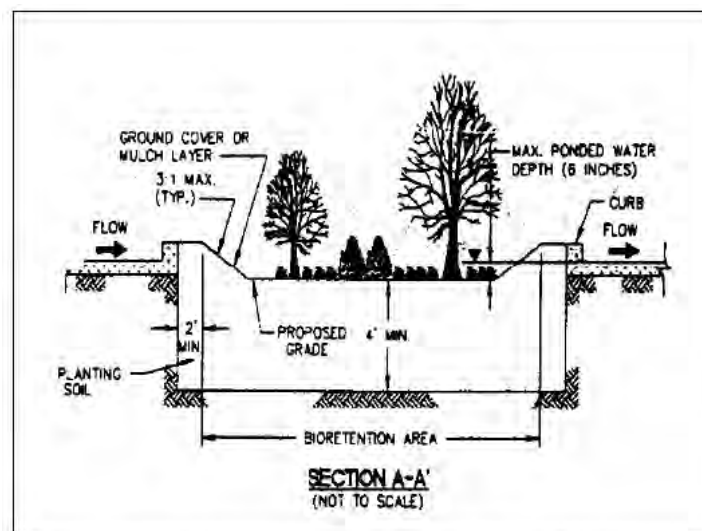
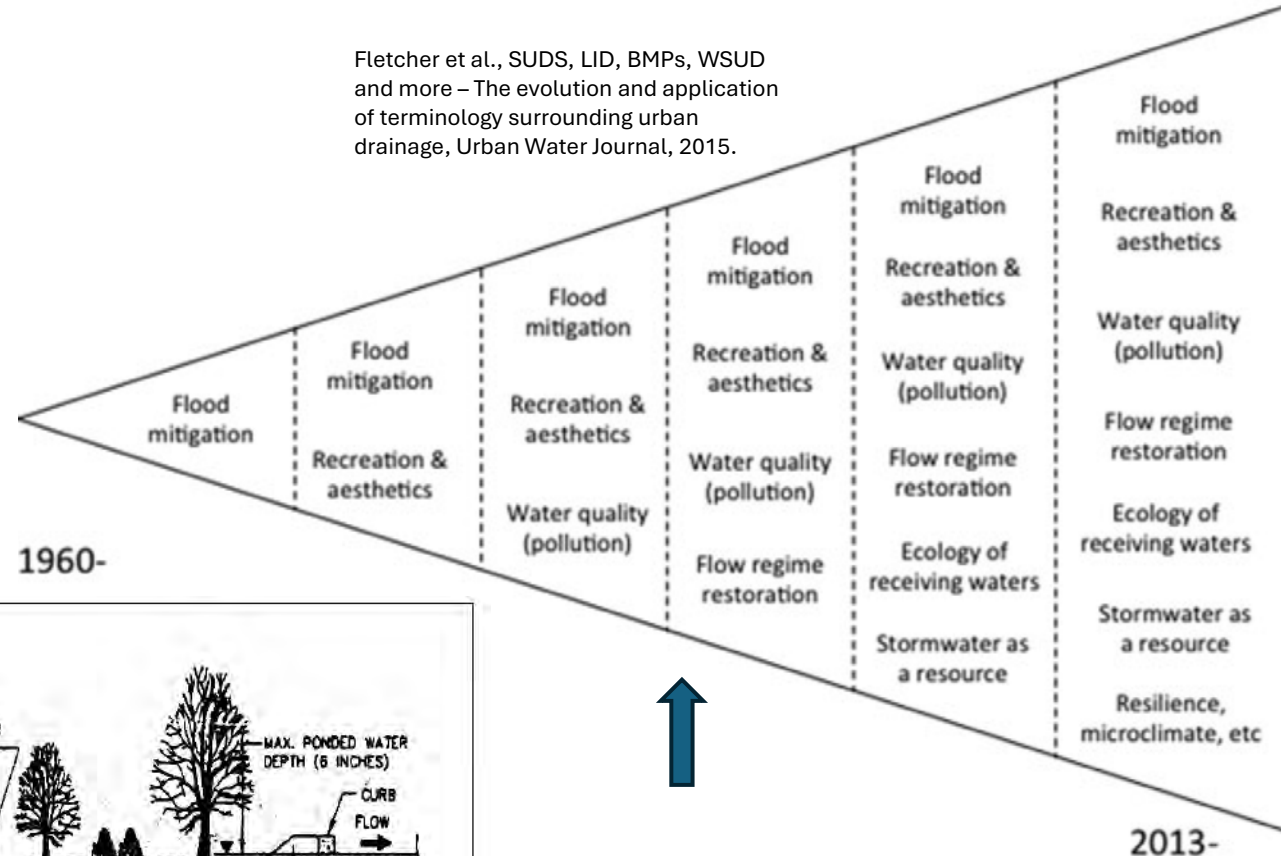


Figure 2: Typical Bioretention System (Prince George's County Department of Environmental Resources, 1993)

Fletcher et al., SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage, Urban Water Journal, 2015.



LID - Low Impact Development
Regolamenti e Schemi normativi
 Progetto SWM
 Retrofitting

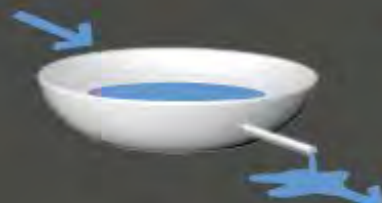


mechanical

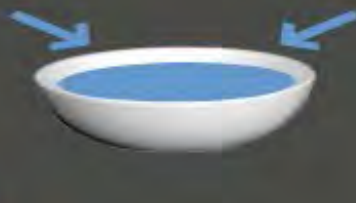
biological



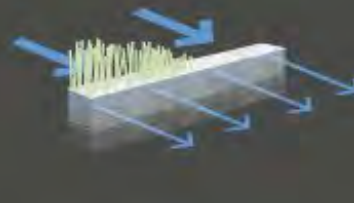
flow control



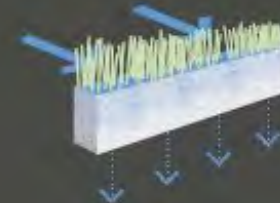
detention



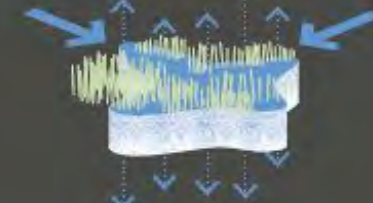
retention



filtration



infiltration



treatment

slow

→ spread

→ soak

flow control: The regulation of stormwater runoff flow rates.

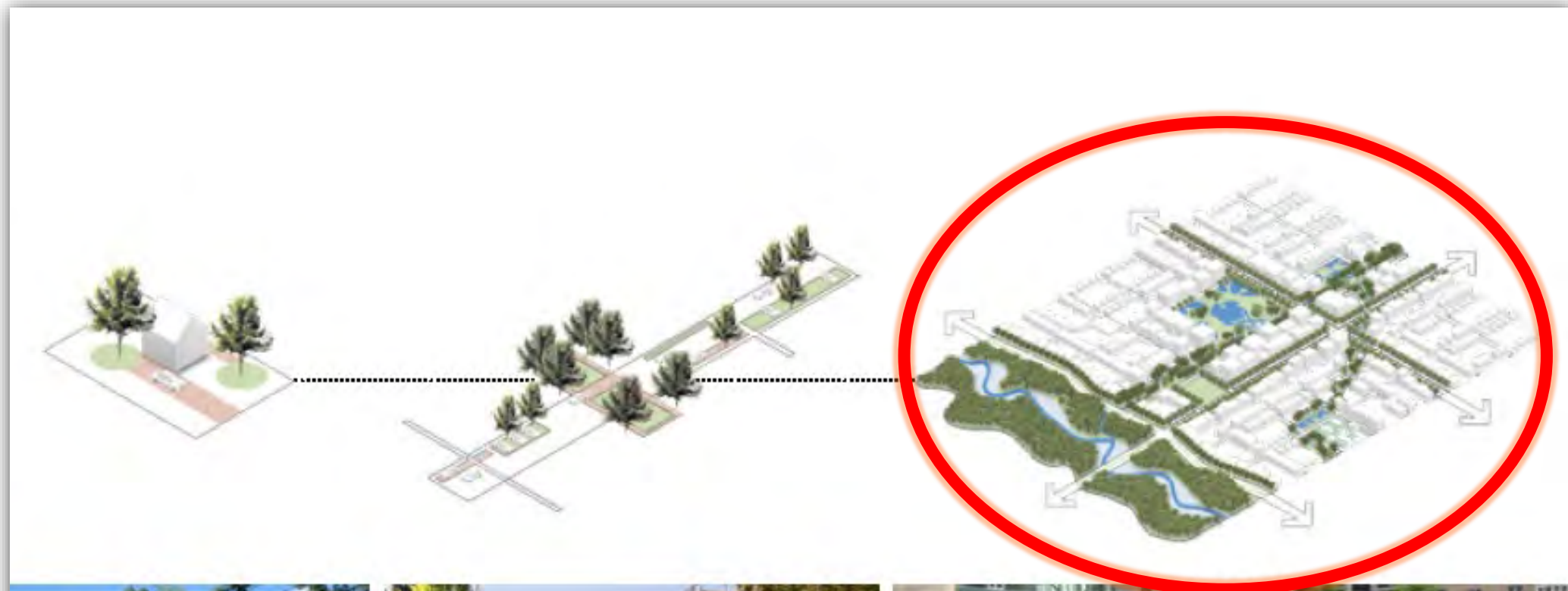
detention: The temporary storage of stormwater runoff in underground vaults, ponds, or depressed areas to allow for metered discharge that reduce peak flow rates.

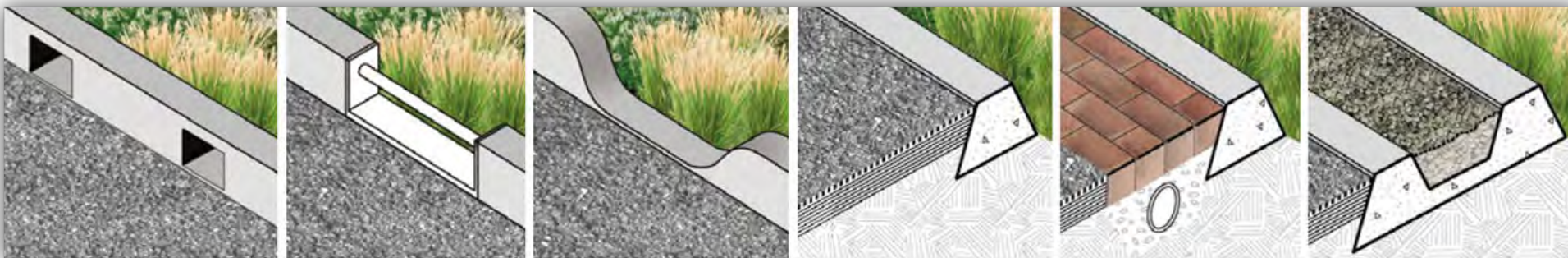
retention: The storage of stormwater runoff on site to allow for sedimentation of suspended solids.

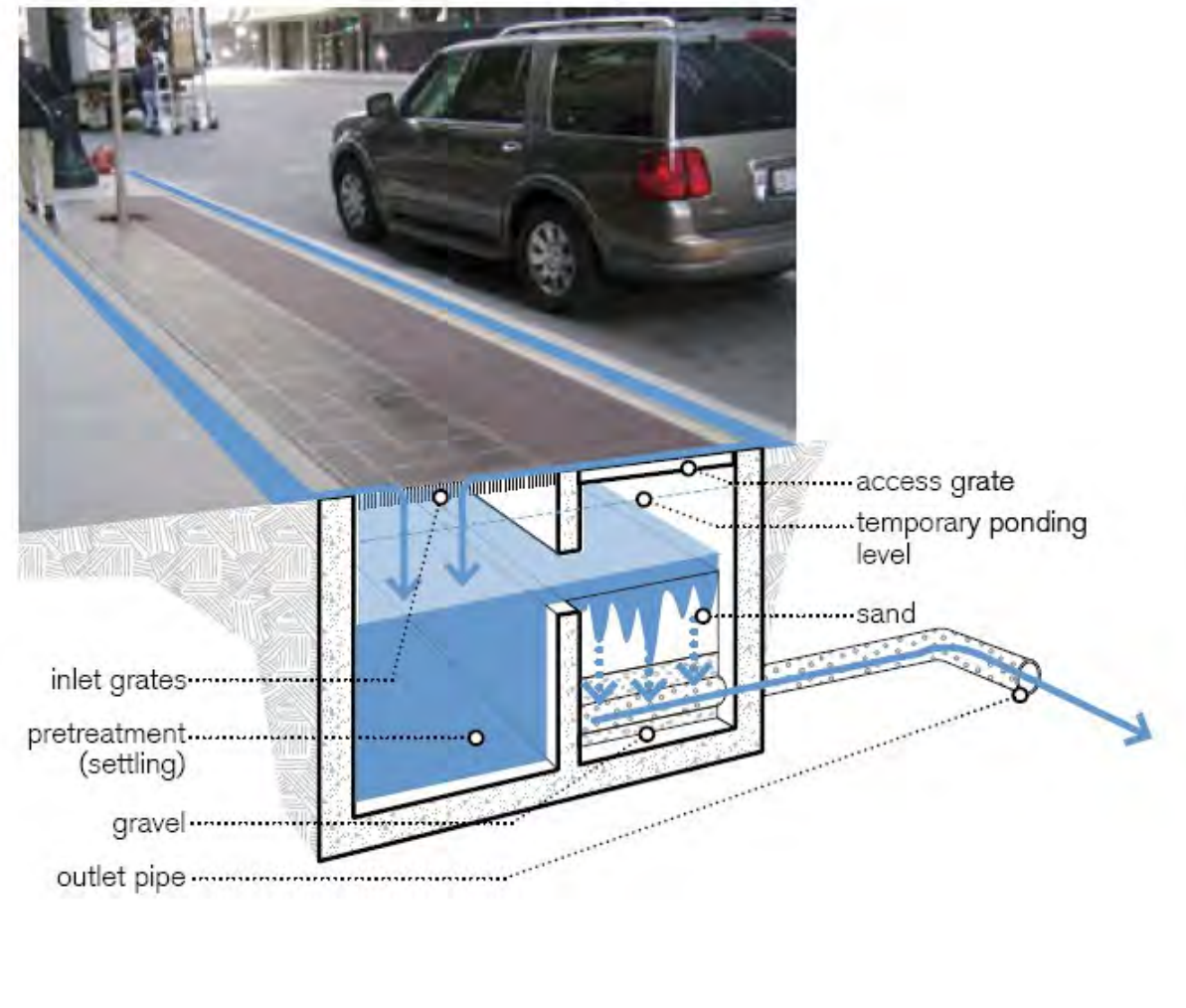
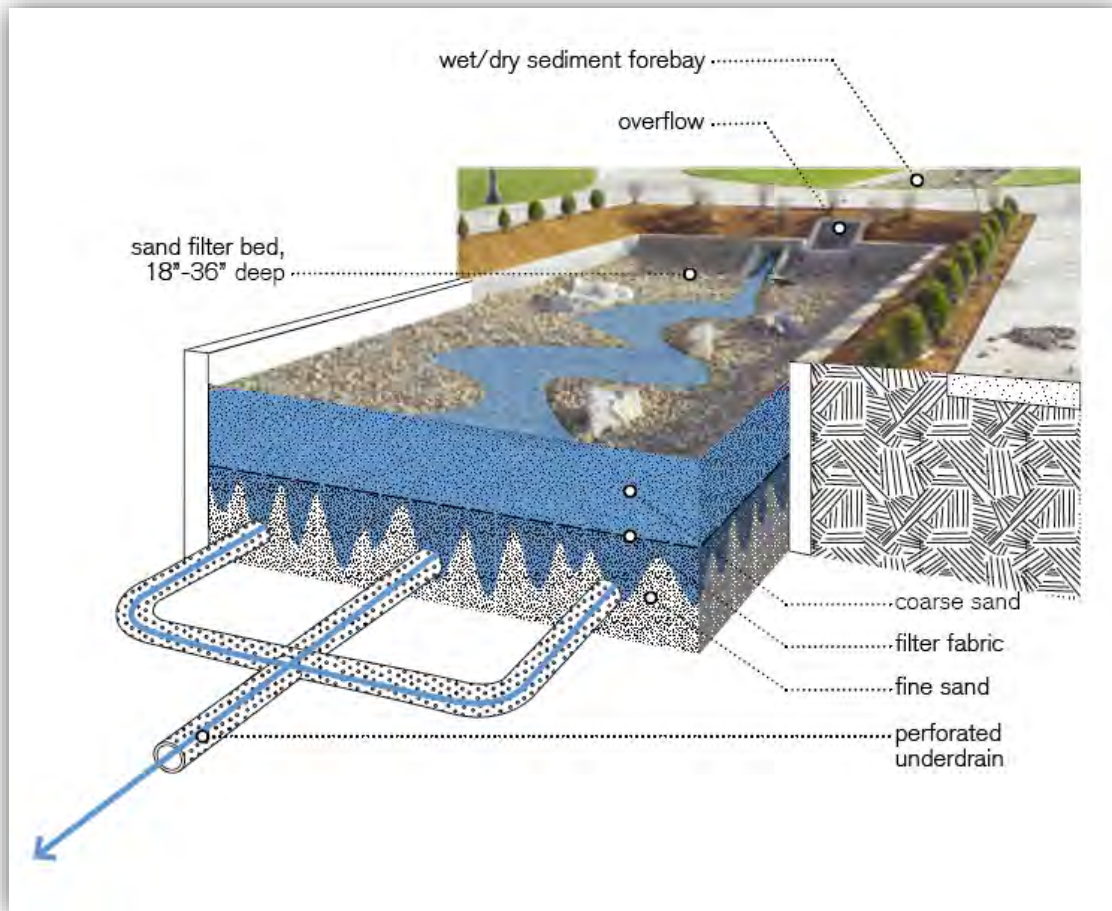
filtration: The sequestration of sediment from stormwater runoff through a porous media such as sand, a fibrous root system, or a man-made filter.

infiltration: The vertical movement of stormwater runoff through soil, recharging groundwater.

treatment: Processes that utilize phytoremediation or bacterial colonies to metabolize contaminants in stormwater runoff.







*Low Impact Development Manual for Michigan
Minnesota Urban Small Sites BMP Manual*







Esempi tratti da www.igidra.eu



Gestione sostenibile della pioggia

Evoluzione storica del principio

- dal 2000

WSUD - Water sensitive urban design

SuDS - Sustainable Drainage Systems

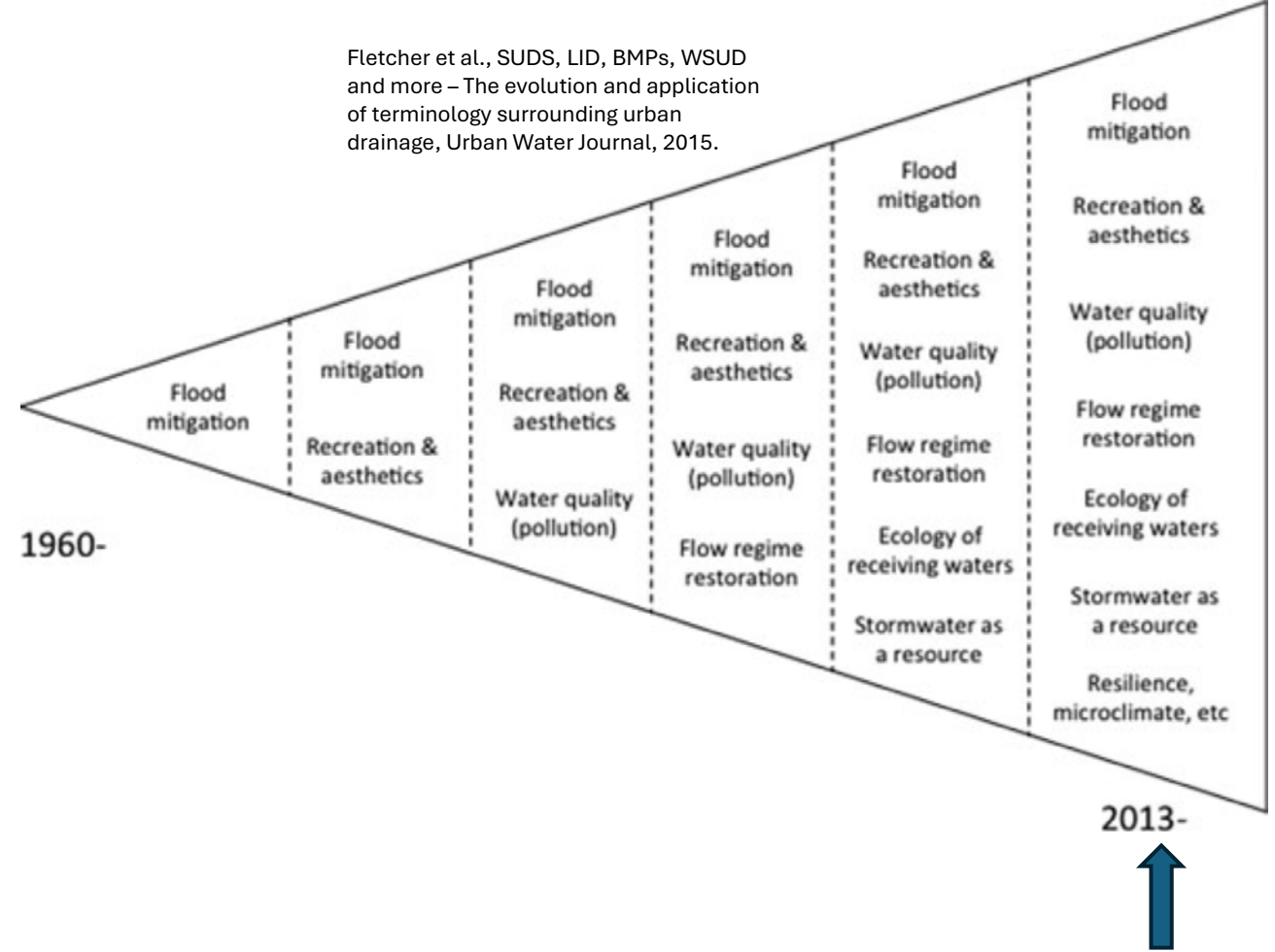
Protezione sistema naturale

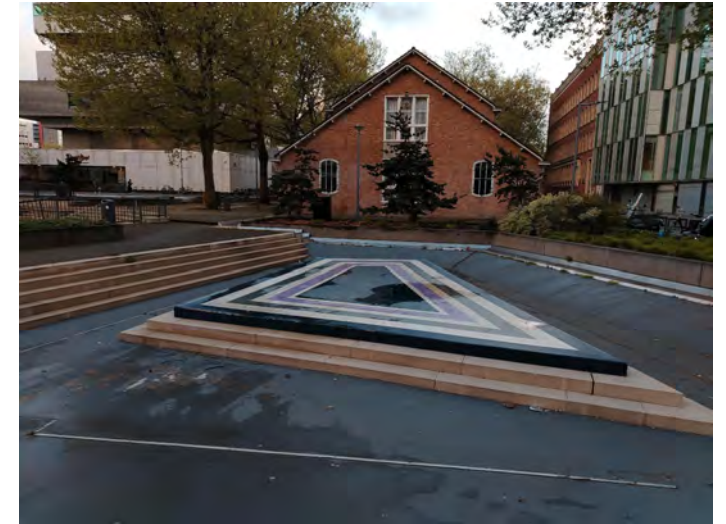
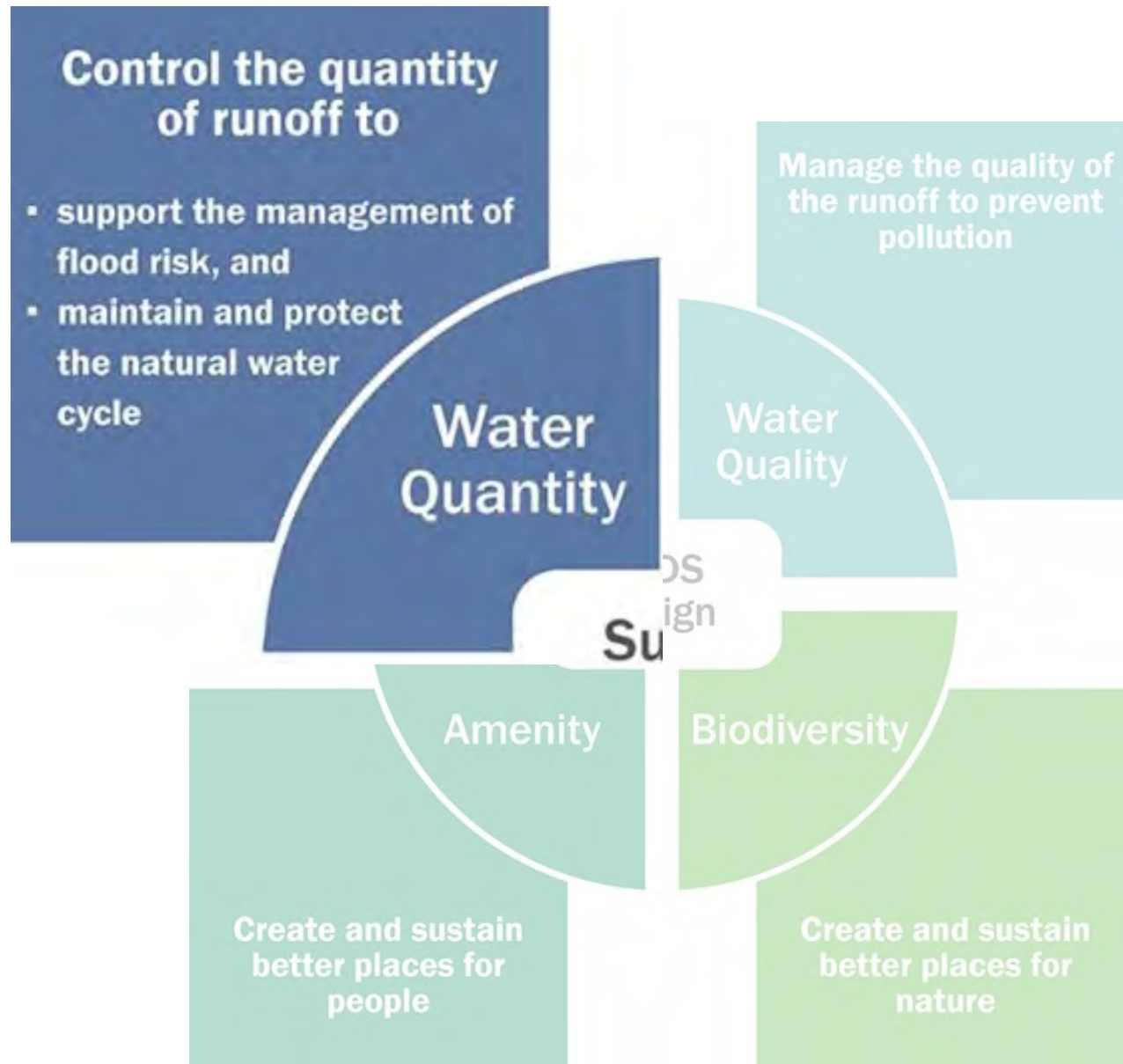
Estensione al bacino

Benessere persone

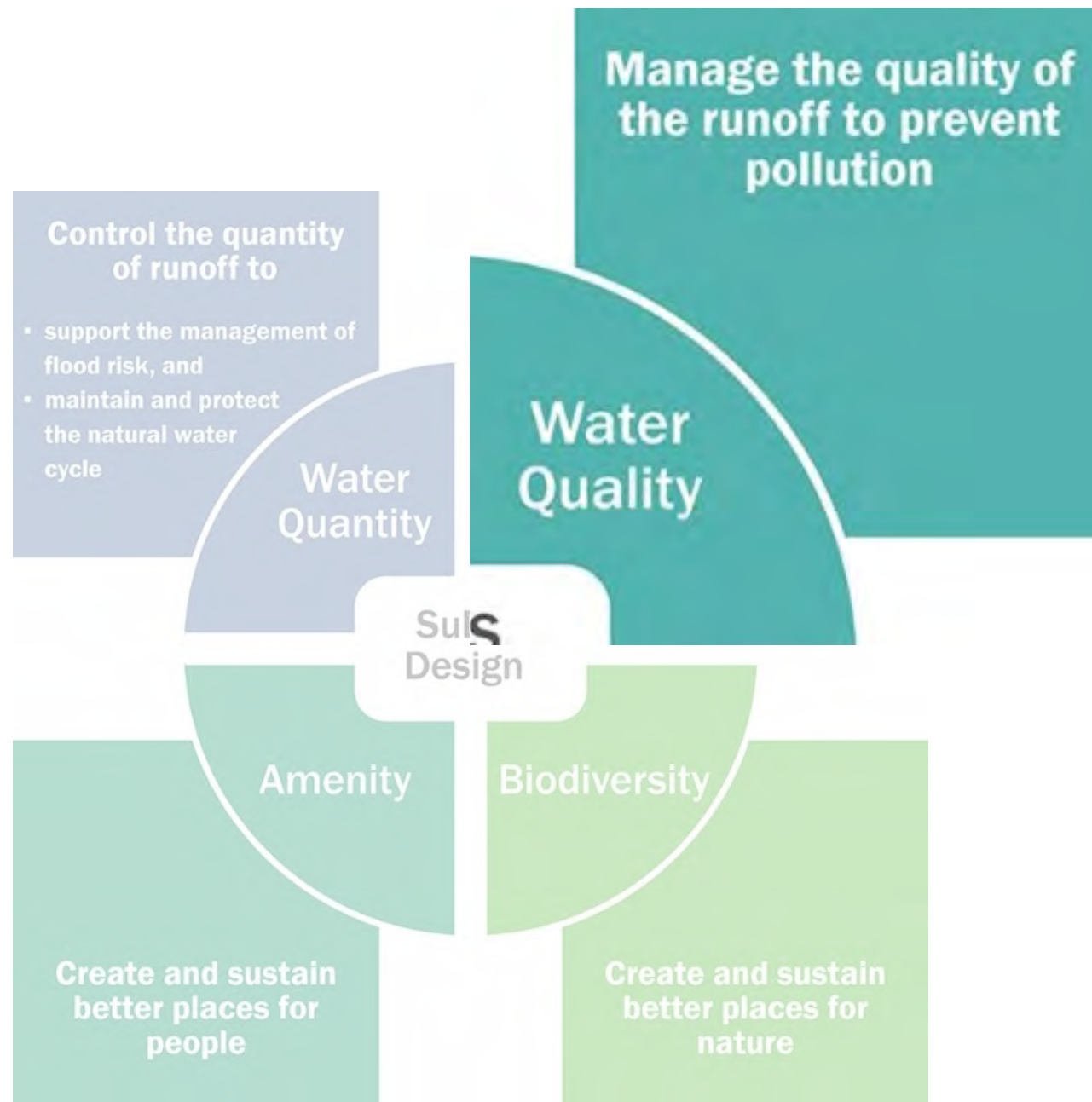
Integrazione nel paesaggio urbano

Fletcher et al., SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage, Urban Water Journal, 2015.

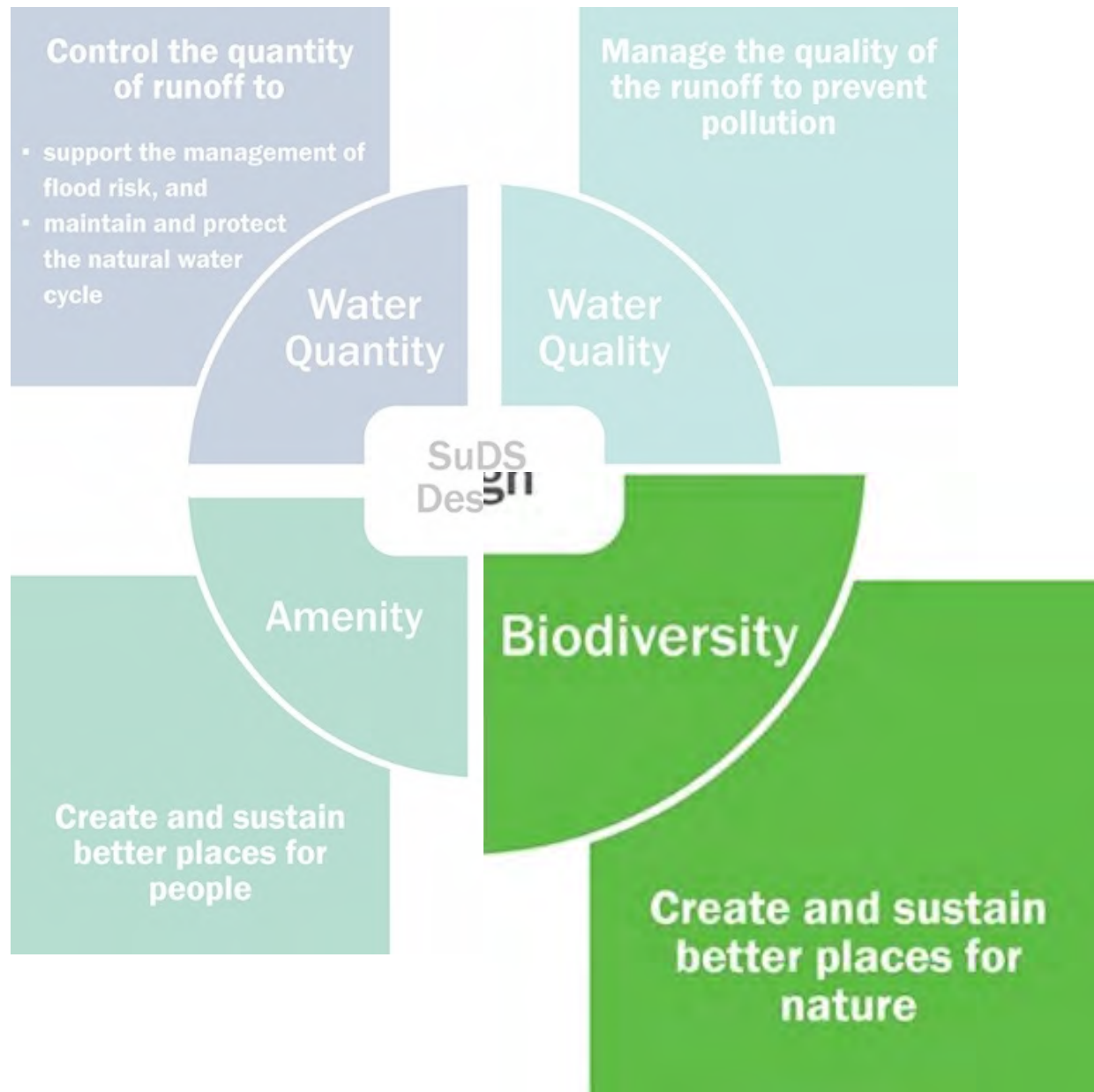




Arianna Erbetta (2024)



Arianna Erbetta (2024)

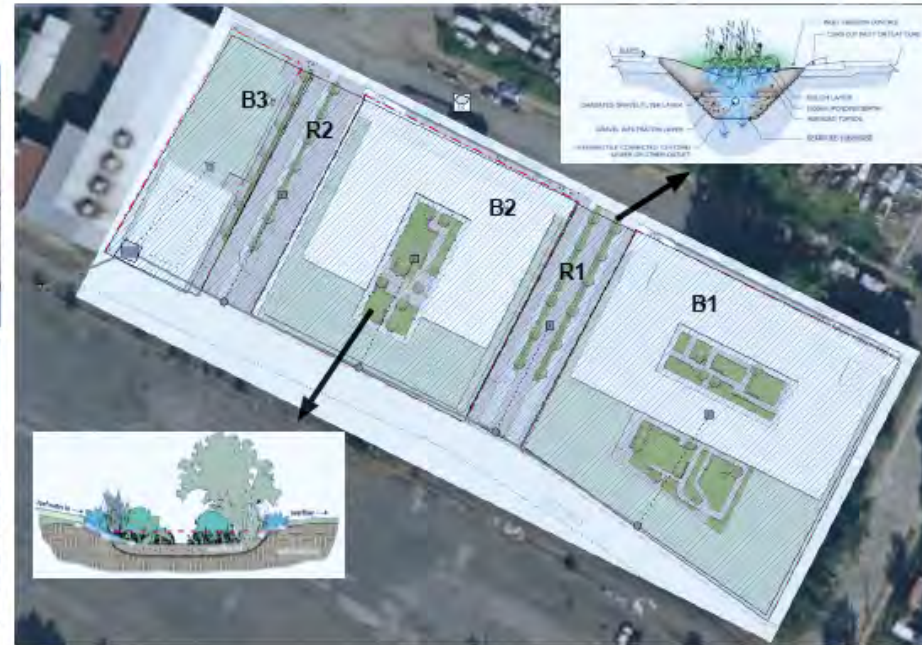


Arianna Erbetta (2024)



Arianna Erbetta (2024)

Design scenario

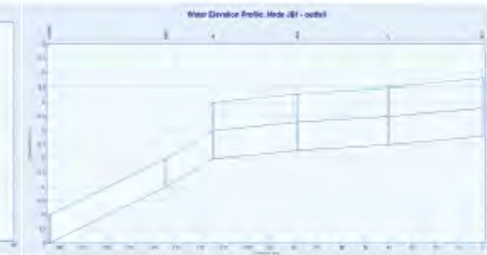
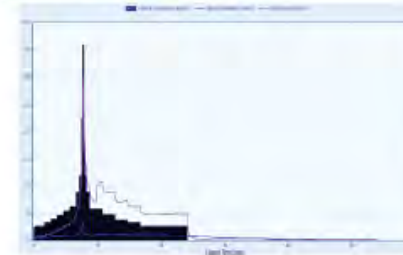


N.LID (location)	Name	Surface of LID(sqm)	Treated area (impervious)sqm
1(B1)	Green roof1	1450	0
2(B1)	Rain garden1	182.351	863.57(36.7%)
3(B1)	Rain garden2	282.991	1034.85(43.98%)
4(B1)	Permeable pavement1	206.564	263.82 (11.2%)
5(B1)	Permeable pavement2	202.866	191 (8.12%)
6(B2)	Green roof2	1063.62	0
7(B2)	Rain garden3	223.478	1283.21 (70.66%)
8(B2)	Permeable pavement3	254.295	532.93 (29.34%)
9(B3)	Green roof3	680.89	0
10(R1)	Bio-Retention cell1	67.5	390.23(49.48%)
11(R1)	Bio-Retention cell2	68.04	398.44(50.52)
12(R2)	Bio-Retention cell3	43.86	523.8(62.36%)
13(R2)	Bio-Retention cell4	33.54	316.15(37.64%)
Total LID:4759.995			(Treated pervious area are 0)

Result

Topic: Subcatchment Runoff											
Subcatchment	Total Precip. mm	Total Runoff mm	Total Evap. mm	Total Infil. mm	Imperv. Runoff mm	Perv. Runoff mm	Total Runoff mm	Total Runoff 10 ⁶ ltr	Peak Runoff LPS	Runoff Coeff	
B1	110.26	0.00	0.00	41.20	28.03	16.80	31.44	0.14	5.33	0.285	
R1	110.26	0.00	0.00	5.38	80.24	8.75	76.18	0.07	8.53	0.691	
B2	110.26	0.00	0.00	38.65	32.61	17.53	26.90	0.13	4.11	0.335	
R2	110.26	0.00	0.00	3.11	92.48	5.41	105.76	0.10	8.77	0.959	
B3	110.26	0.00	0.00	9.13	17.04	15.83	54.55	0.05	2.96	0.495	

Topic: Node Inflow									
Node	Type	Maximum Lateral Inflow LPS	Maximum Total Inflow LPS	Day of Maximum Inflow	Hour of Maximum Inflow	Lateral Inflow Volume 10 ⁶ ltr	Total Inflow Volume 10 ⁶ ltr	Flow Balance Error %	
J1	JUNCTION	8.53	13.79	0	08:00	0.0701	0.215	-0.003	
J2	JUNCTION	8.77	26.30	0	08:00	0.0973	0.437	-0.002	
IB1	JUNCTION	5.33	5.33	0	08:00	0.145	0.145	0.001	
IB2	JUNCTION	4.11	17.76	0	08:00	0.125	0.34	0.004	
outfall	OUTFALL	0.00	26.55	0	08:02	0	0.497	0.000	
SB3	STORAGE	2.96	29.20	0	08:00	0.06	0.497	0.001	

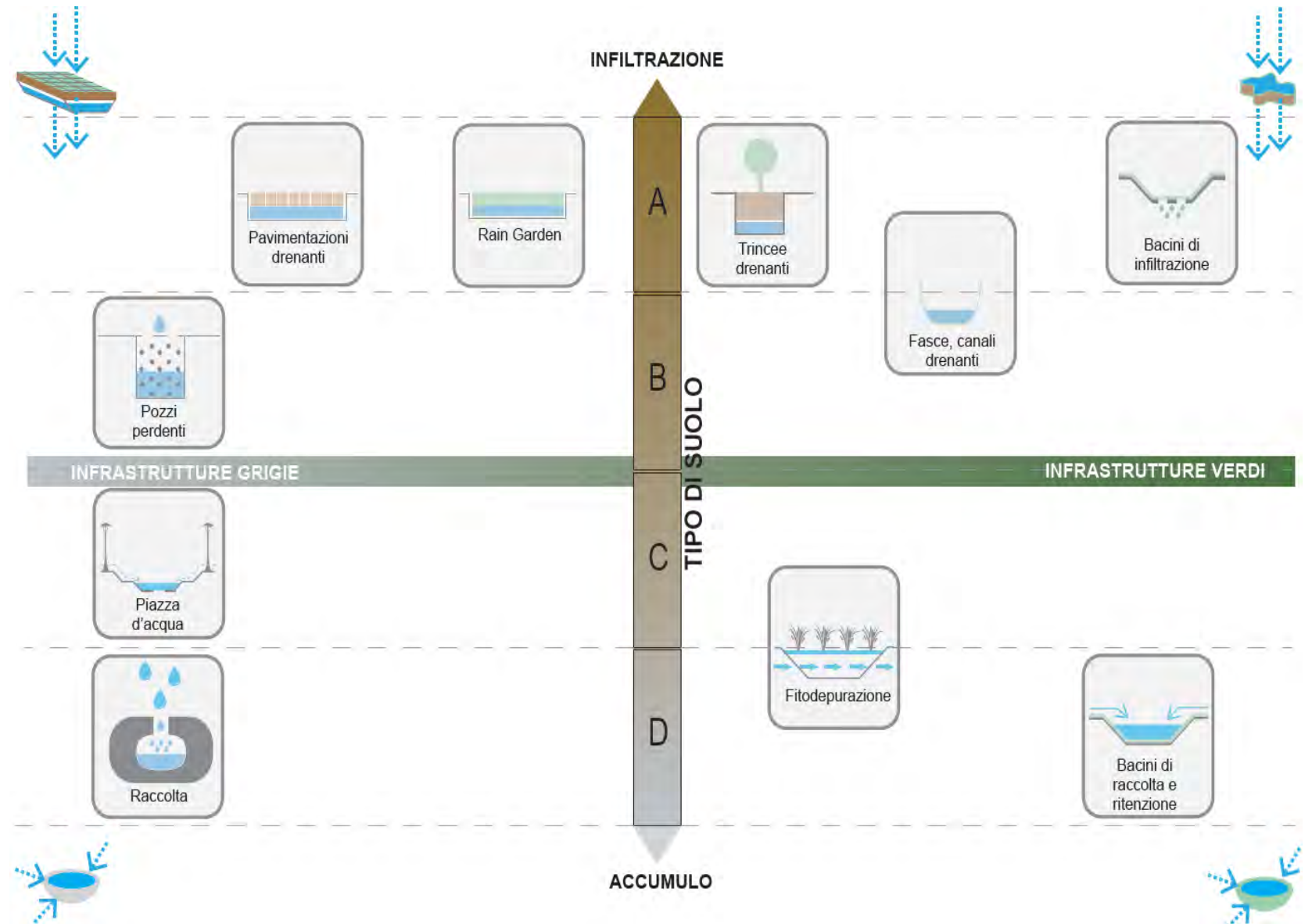


Scenario	Peak Runoff (L/s)	Total Runoff(10 ⁶ ltr)
Natural(0 impervious)	33.6	0.64
Urbanization+Climate change	80.19	1.0
Design	26.65 (↓20.68%)	0.497 (↓22.34%)

ABACO DELLE COMPENSAZIONI AMBIENTALI

Pensieri per l'uso

- Valutare il cambiamento idrologico
- Vogliamo/possiamo cambiare il paesaggio?
- Di che gestione possiamo realmente disporre?
- MASTER PLAN



Regolamenti

(Direttive europee)

(Legislazione nazionale italiana)

Regolamenti

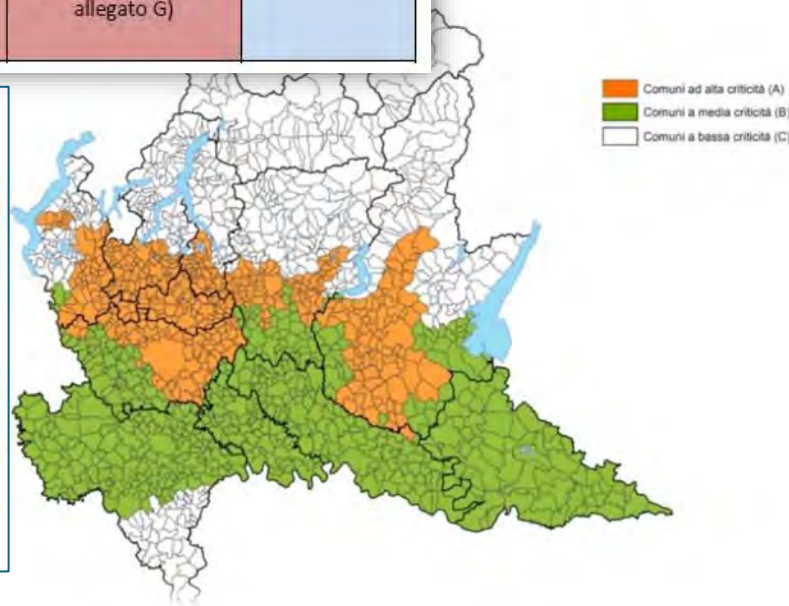
- Bolzano R.I.E.
- D.G.R. Emilia Romagna 2003
- DPR Friuli Venezia Giulia 2018
- D.G.R. Lazio 2020
- **Reg. R.Lombardia 2017**
- D.G.R. Marche 2014
- D.Dir.Gen. R.Sicilia 2021
- PAI Sardegna art.47
- ...
- PTA Piemonte 2018 norme
- PTR Piemonte 2021
- PPR Piemonte 2017
- PTCP2 CMTorino 2011
 - PRG Torino NdA
 - PRC Torino 2020
- PTGM Torino ...

CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO	
			AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
			Aree A, B	Aree C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	$\leq 0,03$ ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da $> 0,03$ a $\leq 0,1$ ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da $> 0,03$ a $\leq 0,1$ 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	
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	$\leq 0,4$	
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	

Strade escluse !

Cd medio ponderale:

1 tetti, coperture, pavimentazioni continue impermeabili
0,7 tetti verdi, giardini pensili, aree verdi su solette, aree destinate all'infiltrazione delle acque, pavimentazioni drenanti, fotovoltaici
0,3 aree permeabili



Regolamenti

(Direttive europee)

(Legislazione nazionale italiana)

Regolamenti

- Bolzano R.I.E.
- D.G.R. Emilia Romagna 2003
- DPR Friuli Venezia Giulia 2018
- D.G.R. Lazio 2020
- **Reg. R.Lombardia 2017**
- D.G.R. Marche 2014
- D.Dir.Gen. R.Sicilia 2021
- PAI Sardegna art.47
- ...
- PTA Piemonte 2018 norme
- PTR Piemonte 2021
- PPR Piemonte 2017
- PTCP2 CMTorino 2011
 - PRG Torino NdA
 - PRC Torino 2020
- PTGM Torino ...

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO	
				AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
				Aree A, B	Aree 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		
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	≤ 0,4		
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		

Strade escluse !

Scarico massimo u_{lim} :

10 l/s/ha

aree A

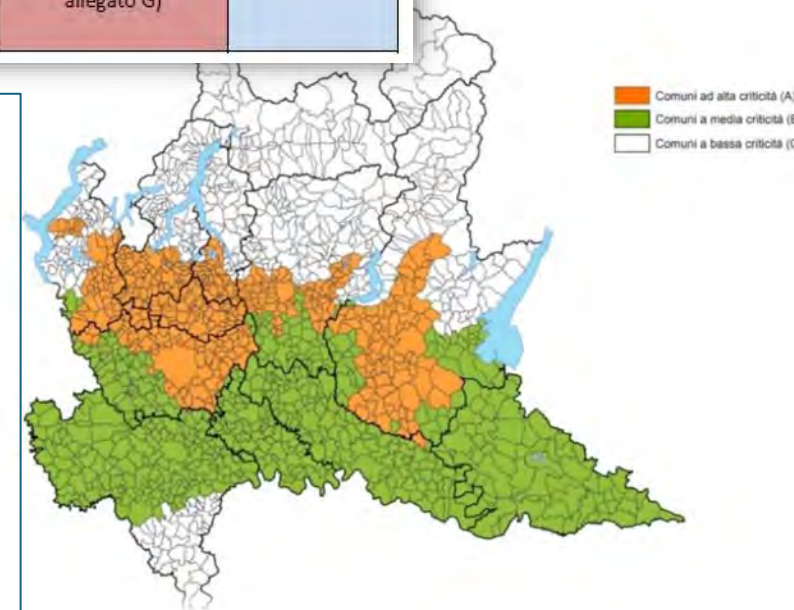
20 l/s/ha

aree B

20 l/s/ha

aree C

Salvo altri limiti del Gestore



Regolamenti

(Direttive europee)

(Legislazione nazionale italiana)

Regolamenti

- Bolzano R.I.E.
- D.G.R. Emilia Romagna 2003
- DPR Friuli Venezia Giulia 2018
- D.G.R. Lazio 2020
- **Reg. R.Lombardia 2017**
- D.G.R. Marche 2014
- D.Dir.Gen. R.Sicilia 2021
- PAI Sardegna art.47
- ...
- PTA Piemonte 2018 norme
- PTR Piemonte 2021
- PPR Piemonte 2017
- PTCP2 CMTorino 2011
 - PRG Torino NdA
 - PRC Torino 2020
- PTGM Torino ...

CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO	
			AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
			Aree A, B	Aree C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	$\leq 0,03$ ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da $> 0,03$ a $\leq 0,1$ ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da $> 0,03$ a $\leq 0,1$ 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	
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	$\leq 0,4$	
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	

Art.12 c.1

- adozione di un sistema di scarico sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo e non in un ricettore ...

Art.12 c.2

- laminazione 800/500/400 m³/ha

Regolamenti

(Direttive europee)

(Legislazione nazionale italiana)

Regolamenti

- Bolzano R.I.E.
- D.G.R. Emilia Romagna 2003
- DPR Friuli Venezia Giulia 2018
- D.G.R. Lazio 2020
- **Reg. R.Lombardia 2017**
- D.G.R. Marche 2014
- D.Dir.Gen. R.Sicilia 2021
- PAI Sardegna art.47
- ...
- PTA Piemonte 2018 norme
- PTR Piemonte 2021
- PPR Piemonte 2017
- PTCP2 CMTorino 2011
 - PRG Torino NdA
 - PRC Torino 2020
- PTGM Torino ...

CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO	
			AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
			Aree A, B	Aree C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	$\leq 0,03$ ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da $> 0,03$ a $\leq 0,1$ ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da $> 0,03$ a $\leq 0,1$ 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	
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	$\leq 0,4$	
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	

METODO DELLE SOLE PIOGGE

- Tr 50/100 anni
- $S, \varphi, a, n, u_{lim}$

Metodo sole piogge ESEMPIO

area S ha

Scarico lim u_{lim} l/s/ha

Coeff. Deflusso φ

durata di pioggia D ore

Altezza di pioggia $h = a \cdot D^n$ mm

Volume di deflusso entrante nel sistema di laminazione

$$W_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n$$

Volume di deflusso desiderato dal sistema di laminazione

$$W_u = S \cdot u_{lim} \cdot D$$

Per ogni durata D il volume da trattenere è:

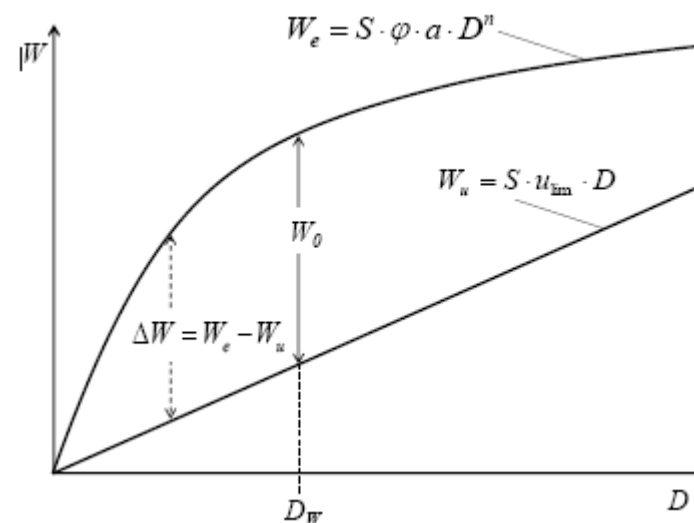
$$\Delta W = W_e - W_u = (S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n) - (S \cdot u_{lim} \cdot D)$$

Il massimo di ΔW si ottiene per la durata

$$\frac{\Delta W}{\Delta D} = 0 \rightarrow D_W = \left(\frac{S \cdot u_{lim}}{2,78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \text{ (ore)}$$

$$W_0 = W_e - W_u = (10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_W^n) - (3,6 \cdot S \cdot u_{lim} \cdot D_W) \text{ (m}^3\text{)}$$

S	0,2 ha
a	80 mm/h
n	0,25
F	1
u _{lim}	10 l/s/ha
Q _{lim}	2 l/s
D _w	9,8 h
W _{0e}	283,5 m ³
W _{0u}	70,9 m ³
W ₀	212,5 m ³



Regolamenti

(Direttive europee)

(Legislazione nazionale italiana)

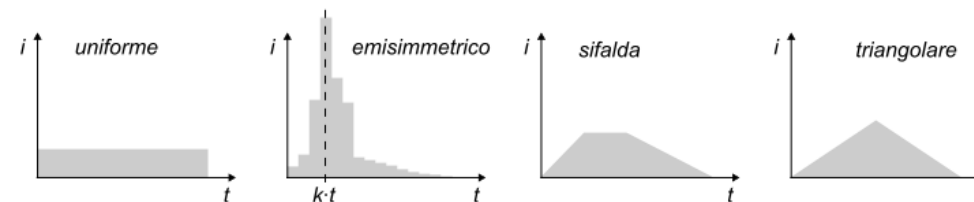
Regolamenti

- Bolzano R.I.E.
- D.G.R. Emilia Romagna 2003
- DPR Friuli Venezia Giulia 2018
- D.G.R. Lazio 2020
- **Reg. R.Lombardia 2017**
- D.G.R. Marche 2014
- D.Dir.Gen. R.Sicilia 2021
- PAI Sardegna art.47
- ...
- PTA Piemonte 2018 norme
- PTR Piemonte 2021
- PPR Piemonte 2017
- PTCP2 CMTorino 2011
 - PRG Torino NdA
 - PRC Torino 2020
- PTGM Torino ...

CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO	
			AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
			Aree A, B	Aree C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	$\leq 0,03$ ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da $> 0,03$ a $\leq 0,1$ ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da $> 0,03$ a $\leq 0,1$ 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	
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	$\leq 0,4$	
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	

PROCEDURA DETTAGLIATA

- **Tr 50/100 anni**
- **Pioggia netta CN**
- **Modello di risposta A/D : corrivazione, IUH di Nash**
- **Modello della laminazione: ricerca del volume massimo**
- **Tempo di svuotamento**



Regolamenti

(Direttive europee)
(Legislazione nazionale italiana)

Regolamenti

- Bolzano R.I.E.
- D.G.R. Emilia Romagna 2003
- **DPR Friuli Venezia Giulia 2018**
- D.G.R. Lazio 2020
- Reg. R.Lombardia 2017
- D.G.R. Marche 2014
- D.Dir.Gen. R.Sicilia 2021
- PAI Sardegna art.47
- ...
- PTA Piemonte 2018 norme
- PTR Piemonte 2021
- PPR Piemonte 2017
- PTCP2 CMTorino 2011
 - PRG Torino NdA
 - PRC Torino 2020
- PTGM Torino ...

Livelli di significatività

Livello di significatività della trasformazione art. 5	Trasformazioni urbanistico-territoriali			Trasformazioni fondiarie art.2, c.1 lettera e)
	Strumenti urbanistici comunali generali e loro varianti art.2, c.1 lettera a)	Piani territoriali infraregionali, piani regolatori portuali, piani regolatori particolareggiati comunali art.2, c.1 lettera b)	Interventi edilizi art.2, c.1, lettere c), d)	
NON SIGNIFICATIVO oppure TRASCURABILE art. 5, c. 3	$S \leq 500 \text{ mq}$ oppure $S > 500 \text{ mq}$ e Ψ_{medio} rimane costante o diminuisce oppure scarico diretto a mare, laguna, ...	$S \leq 500 \text{ mq}$ oppure $S > 500 \text{ mq}$ e Ψ_{medio} rimane costante o diminuisce oppure scarico diretto a mare, laguna, ...	$S \leq 500 \text{ mq}$ oppure $S > 500 \text{ mq}$ e Ψ_{medio} rimane costante o diminuisce oppure scarico diretto a mare, laguna, ...	$S \leq 1.0 \text{ ha}$ oppure $S > 1.0 \text{ ha}$ e Ψ_{medio} rimane costante o diminuisce oppure scarico diretto a mare, laguna, ...
CONTENUTO	$500 \text{ mq} < S \leq 1000 \text{ mq}$	$500 \text{ mq} < S \leq 1000 \text{ mq}$	$500 \text{ mq} < S \leq 1000 \text{ mq}$	
MODERATO	$1000 \text{ mq} < S \leq 5000 \text{ mq}$	$1000 \text{ mq} < S \leq 5000 \text{ mq}$	$1000 \text{ mq} < S \leq 5000 \text{ mq}$	$1.0 \text{ ha} < S \leq 10 \text{ ha}$
MEDIO	$0.5 \text{ ha} < S \leq 1 \text{ ha}$	$0.5 \text{ ha} < S \leq 1 \text{ ha}$	$0.5 \text{ ha} < S \leq 1 \text{ ha}$	$10 \text{ ha} < S \leq 50 \text{ ha}$
ELEVATO	$1 \text{ ha} < S \leq 5 \text{ ha}$ oppure $S > 5 \text{ ha}$ e $\Psi_{\text{medio}} < 0.4$	$1 \text{ ha} < S \leq 5 \text{ ha}$ oppure $S > 5 \text{ ha}$ e $\Psi_{\text{medio}} < 0.4$	$1 \text{ ha} < S \leq 5 \text{ ha}$ oppure $S > 5 \text{ ha}$ e $\Psi_{\text{medio}} < 0.4$	$S > 50 \text{ ha}$
MOLTO ELEVATO	$S > 5 \text{ ha}$ e $\Psi_{\text{medio}} \geq 0.4$	$S > 5 \text{ ha}$ e $\Psi_{\text{medio}} \geq 0.4$	$S > 5 \text{ ha}$ e $\Psi_{\text{medio}} \geq 0.4$	

Regolamenti

(Direttive europee)
(Legislazione nazionale italiana)

Regolamenti

- Bolzano R.I.E.
- D.G.R. Emilia Romagna 2003
- **DPR Friuli Venezia Giulia 2018**
- D.G.R. Lazio 2020
- Reg. R.Lombardia 2017
- D.G.R. Marche 2014
- D.Dir.Gen. R.Sicilia 2021
- PAI Sardegna art.47
- ...
- PTA Piemonte 2018 norme
- PTR Piemonte 2021
- PPR Piemonte 2017
- PTCP2 CMTorino 2011
 - PRG Torino NdA
 - PRC Torino 2020
- PTGM Torino ...

Interventi di mitigazione e tipo di analisi

Trasformazioni ubiquitico-territoriali			Interventi di mitigazione e tipo di analisi per la determinazione del volume minimo di Invaso
Livello di significatività della trasformazione	Estensione della superficie di riferimento S e valore del coefficiente V_{min}		
NON SIGNIFICATIVO oppure TRASCURABILE art. 5 c. 3	$S \leq 500$ mq oppure $S > 500$ mq e V_{min} rimane costante o diminuisce oppure scarico diretto a mare, laguna, ...		• E' raccomandato l'utilizzo delle buone pratiche costruttive • Lo studio di compatibilità idraulica è sostituito da asseverazione
CONTENUTO	$500 < S \leq 1000$ mq		• E' obbligatorio l'utilizzo delle buone pratiche costruttive • E' obbligatorio lo studio di compatibilità idraulica in forma semplificata nei casi obbligatori i valori di Invaso per codificare l'interazione idraulica a valle dei decreti di interventi magistri reticolari del r.c. buone pratiche costruttive)
MODERATO	$1000 < S \leq 2000$ mq		• E' obbligatorio l'utilizzo delle buone pratiche costruttive • E' obbligatorio lo studio di compatibilità idraulica con la determinazione dei volumi di Invaso utilizzando la soluzione più conservativa tra due dei seguenti metodi di calcolo idrologico-idraulico scelti a piacere: - o Metodo dell'invaso italiano diretto - o Metodo cinemático o della corivazione (Alfonsi-Orsi, 1967) - o Metodo delle sole piogge
MEDIO	$0,2 \text{ ha} < S \leq 1 \text{ ha}$		• E' obbligatorio l'utilizzo delle buone pratiche costruttive • E' obbligatorio lo studio di compatibilità idraulica con la determinazione dei volumi di Invaso utilizzando la soluzione più conservativa tra due dei seguenti metodi di calcolo idrologico-idraulico scelti a piacere: - o Metodo del serbatoio Invaso (Paoletti-Rege Ganas, 1979) - o Metodo cinemático o della corivazione (Alfonsi-Orsi, 1967) - o Modello idrologico-idraulico
ELEVATO	$1 \text{ ha} < S \leq 5 \text{ ha}$ oppure $S > 5 \text{ ha}$ e $V_{min} \leq 0,4$		• E' obbligatorio lo studio di compatibilità idraulica con la determinazione dei volumi di Invaso utilizzando la soluzione più conservativa tra due dei seguenti metodi di calcolo idrologico-idraulico scelti a piacere: - o Metodo del serbatoio Invaso (Paoletti-Rege Ganas, 1979) - o Metodo cinemático o della corivazione (Alfonsi-Orsi, 1967) - o Modellistica idrologico-idraulica
MOLTO ELEVATO	$S > 5 \text{ ha}$ e $V_{min} \leq 0,4$		• E' obbligatorio l'utilizzo delle buone pratiche costruttive • E' obbligatorio lo studio di compatibilità idraulica ed esso deve prevedere un approccio sistemistico che includa l'utilizzo della modellistica idrologico-idraulica
Trasformazioni fondinarie			
Livello di significatività della trasformazione	Estensione della superficie di riferimento S		Requisiti e tipo di analisi per la determinazione del volume minimo di Invaso
NON SIGNIFICATIVO oppure TRASCURABILE art. 5 c. 3	$S \leq 10 \text{ ha}$ oppure $S > 10 \text{ ha}$ e V_{min} rimane costante o diminuisce oppure scarico diretto a mare, laguna, ...		• E' raccomandato l'utilizzo delle buone pratiche agricole • Lo studio di compatibilità idraulica è sostituito da asseverazione
MODERATO	$10 \text{ ha} < S \leq 20 \text{ ha}$		• E' obbligatorio l'utilizzo delle buone pratiche agricole • E' obbligatorio lo studio di compatibilità idraulica con la determinazione dei volumi di Invaso utilizzando il metodo dell'invaso italiano diretto
MEDIO	$20 \text{ ha} < S \leq 50 \text{ ha}$		• E' obbligatorio l'utilizzo delle buone pratiche agricole • E' obbligatorio lo studio di compatibilità idraulica con la determinazione dei volumi di Invaso utilizzando il metodo del serbatoio Invaso (Paoletti-Rege Ganas, 1979)
ELEVATO	$S > 50 \text{ ha}$		• E' obbligatorio l'utilizzo delle buone pratiche agricole • E' obbligatorio lo studio di compatibilità idraulica ed esso deve prevedere un approccio sistemistico che includa l'utilizzo della modellistica idrologico-idraulica

Tipo di analisi

- *metodo italiano diretto*
- *metodo del serbatoio lineare (Paoletti-Rege Ganas, 1979)*
- *metodo delle sole piogge*
- *metodo cinemático o della corivazione (Alfonsi-Orsi, 1967)*
- *modellistica idrologico-idraulica* ovvero la scelta di un metodo di calcolo che preveda l'utilizzo del calcolo numerico per la determinazione delle portate di piena, la propagazione dei deflussi ed il conseguente dimensionamento delle opere.

Regolamenti

(Direttive europee)

(Legislazione nazionale italiana)

Regolamenti

- Bolzano R.I.E.
- D.G.R. Emilia Romagna 2003
- **DPR Friuli Venezia Giulia 2018**
- D.G.R. Lazio 2020
- Reg. R.Lombardia 2017
- D.G.R. Marche 2014
- D.Dir.Gen. R.Sicilia 2021
- PAI Sardegna art.47
- ...
- PTA Piemonte 2018 norme
- PTR Piemonte 2021
- PPR Piemonte 2017
- PTCP2 CMTorino 2011
 - PRG Torino NdA
 - PRC Torino 2020
- PTGM Torino ...

Tipo di analisi

- *metodo italiano diretto*
- *metodo del serbatoio lineare (Paoletti-Rege Gianas, 1979)*
- *metodo delle sole piogge*
- *metodo cinematico o della corrivazione (Alfonsi-Orsi, 1967)*

... rappresentazione schematica e semplificata dei fenomeni idrologici ed idraulici ... risultati molto differenti tra loro ... sottostima dei volumi



aumentare i volumi del 20%

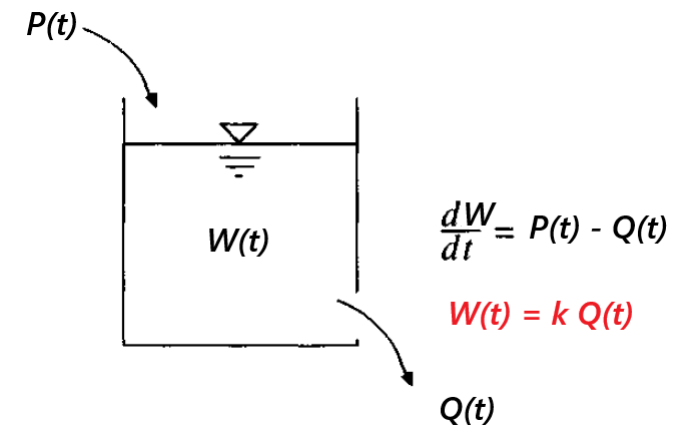
Metodo INVASO

area S ha Scarico lim u_{lim} l/s/ha Coeff. Deflusso φ

durata di pioggia D ore Altezza di pioggia $h = a \cdot D^n$ mm

Volume contenuto nel sistema W m³

Volume specifico $w = W / S$ m³/ha



.....

scarico massimo $\frac{Q}{S} = u = 2168 \cdot \frac{n(\varphi a)^{\frac{1}{n}}}{w^{\frac{1}{n}-1}}$

Per mantenere costante il coeff. udom. ANTE OPERAM⁰ e POST OPERAM :

Volume specifico di laminazione da realizzare $w = w^0 \cdot \left(\frac{\varphi}{\varphi^0}\right)^{\frac{1}{1-n}} - (pi \cdot AT) - (w^0 \cdot AnT)$

w^0 volume specifico varia tra 150 – 50 – 15 m³/ha per aree agrarie – semimpermeabili – impermeabili

pi volume piccoli invasi 10 – 30 m³/ha

AT % area trasformata AnT % area NON trasformata ($AT + AnT = 100\%$)

$\varphi^0 = 0,9 \cdot IMP^0 + 0,2 \cdot PER^0$

$\varphi = 0,9 \cdot IMP + 0,2 \cdot PER$

IMP e PER sono le % impermeabile e permeabile ante e post

S	30,966
AT	0,144%
AnT	99,856%
%IMPO	0%
%PERO	100%
%IMP	0,144%
%PER	99,856%
F0	0,200
F	0,201
n	0,25
w0	50

Regolamenti

(Direttive europee)

(Legislazione nazionale italiana)

Regolamenti

- Bolzano R.I.E.
- D.G.R. Emilia Romagna 2003
- **DPR Friuli Venezia Giulia 2018**
- D.G.R. Lazio 2020
- Reg. R.Lombardia 2017
- D.G.R. Marche 2014
- D.Dir.Gen. R.Sicilia 2021
- PAI Sardegna art.47
- ...
- PTA Piemonte 2018 norme
- PTR Piemonte 2021
- PPR Piemonte 2017
- PTCP2 CMTorino 2011
 - PRG Torino NdA
 - PRC Torino 2020
- PTGM Torino ...

Tipo di analisi

- modellistica idrologico-idraulica
 - pioggia di progetto $Tr=50$ anni
 - **Pattern chicago** per diverse durate
 - trasformazione afflussi-deflussi
 - Pioggia netta (Green-Ampt, Horton, CN)
 - calcolo della propagazione dei deflussi di piena in rete
 - dimensionamento delle opere e dei manufatti di laminazione
 - **Eventi critici** di progetto

Regolamenti

(Direttive europee)

(Legislazione nazionale italiana)

Regolamenti

- Bolzano R.I.E.
- D.G.R. Emilia Romagna 2003
- DPR Friuli Venezia Giulia 2018
- D.G.R. Lazio 2020
- Reg. R.Lombardia 2017
- D.G.R. Marche 2014
- D.Dir.Gen. R.Sicilia 2021
- **D.G.R. Veneto 2009**
- PAI Sardegna art.47
- ...
- PTA Piemonte 2018 norme
- PTR Piemonte 2021
- PPR Piemonte 2017
- PTCP2 CMTorino 2011
 - PRG Torino NdA
 - PRC Torino 2020

Delib.G.R. Veneto 06/10/2009, n. 2948

Classe di Intervento	Definizione
Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici di estensione inferiore a 0,1 ha
Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 0,1 e 1 ha
Significativa impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha; interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con Imp < 0,3
Marcata impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici superiori a 10 ha con Imp > 0,3

Criteri

- trascurabile impermeabilizzazione: buoni criteri costruttivi per ridurre le superfici impermeabili, quali le superfici dei parcheggi
- modesta impermeabilizzazione, oltre al dimensionamento dei volumi compensativi cui affidare funzioni di laminazione delle piene è opportuno che le luci di scarico non eccedano le dimensioni di un tubo di diametro 200 mm e che i tiranti idrici ammessi nell'invaso non eccedano il metro
- nel caso di significativa impermeabilizzazione, andranno dimensionati i tiranti idrici ammessi nell'invaso e le luci di scarico in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area in trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione
- marcata impermeabilizzazione: studio di dettaglio molto approfondito.

Regolamenti

(Direttive europee)

(Legislazione nazionale italiana)

Regolamenti

- Bolzano R.I.E.
- D.G.R. Emilia Romagna 2003
- DPR Friuli Venezia Giulia 2018
- D.G.R. Lazio 2020
- Reg. R.Lombardia 2017
- D.G.R. Marche 2014
- D.Dir.Gen. R.Sicilia 2021
- D.G.R. Veneto 2009
- PAI Sardegna art.47
- ...
- PTA Piemonte 2018 norme
- PTR Piemonte 2021
- PPR Piemonte 2017
- **PTCP2 CMTorino 2011**
 - PRG Torino NdA
 - PRC Torino 2020



Disposizioni Tecniche Normative in materia di Difesa del Suolo (DS6)

A tutti gli interventi di nuova urbanizzazione o di trasformazione urbanistica si applica:

- Invarianza
- Attenuazione se in area critica

Tre fasi:

- Ietogramma di progetto, durata definita in funzione del tempo di corrivazione del bacino;
- Tr: 50 anni esterno 20 anni rete interna
- perdite idrologiche inglobate nel coefficiente di deflusso medio
- calcolo delle portate di piena mediante un modello di trasformazione afflussi-deflussi.

Regolamenti

(Direttive europee)
(Legislazione nazionale italiana)

Regolamenti

- Bolzano R.I.E.
- D.G.R. Emilia Romagna 2003
- DPR Friuli Venezia Giulia 2018
- D.G.R. Lazio 2020
- Reg. R.Lombardia 2017
- D.G.R. Marche 2014
- D.Dir.Gen. R.Sicilia 2021
- D.G.R. Veneto 2009
- PAI Sardegna art.47
- ...
- PTA Piemonte 2018 norme
- PTR Piemonte 2021
- PPR Piemonte 2017
- PTCP2 CMTorino 2011
 - PRG Torino NdA
 - **PRC Torino 2020**



Il Piano Regolatore Generale ...dovrà prevedere pertanto l'attuazione di misure di prevenzione e protezione, anche di tipo non strutturale, secondo il rispetto di principi dell'invarianza e dell'attenuazione idraulica, da attuare principalmente attraverso sistemi di drenaggio urbano sostenibile.

		Nome Azione	Descrizione azione	Obiettivo specifico
UNA CITTA' IN EQUILIBRIO IDROLOGICO	Il verde e il suolo soluzione a lungo respiro	Piano Strategico Infrastrutture Verdi	Predisposizione del Piano Strategico delle Infrastrutture verdi	Sviluppo del piano in parallelo ed in coordinamento con il piano di adattamento per pianificazione del verde che indirizzi la progettazione e gestione all'adattamento ai cambiamenti climatici
		Aree green di drenaggio lungo le strade	Aree di drenaggio delle acque meteoriche lungo l'infrastruttura stradale urbana	Ridurre il carico sulla rete di smaltimento delle acque bianche
		Rain garden	Aree verdi per la raccolta delle acque meteoriche e il successivo deflusso	Ridurre il carico sulla rete di smaltimento delle acque bianche
	Invarianza idraulica principio di ogni trasformazione	Rimozione di spazi impermeabilizzati	Aumento della permeabilità del suolo	Ridurre il carico sulla rete di smaltimento delle acque bianche
		Utilizzo di materiali drenanti	Utilizzo di materiali drenanti nelle aree in trasformazione (uscendo dalla fase di sperimentazione)	Ridurre il carico sulla rete di smaltimento delle acque bianche
		Adattamento delle caditoie	Regolare pulizia delle caditoie e sostituzione, ove possibile, delle caditoie con semplici griglie con quelle a bocca di lupo per ridurre il rischio di intasamento dalle foglie	Ridurre il malfunzionamento delle caditoie a causa accumulo di foglie o nel caso di piogge intense
		Raccolta delle acque piovane	Raccolta delle acque piovane sui tetti per permettere il suo successivo riutilizzo, anche tramite la realizzazione di tetti verdi	Ridurre il carico in fognatura e risparmiare l'acqua potabile per usi che non lo richiedono
		Forme di agevolazioni/incentivazione	Prevedere forme di agevolazioni/incentivazione (es. risparmio sulla bolletta dell'acqua) per chi non scarica le acque bianche nell'infrastruttura di smaltimento	Ridurre il carico nella rete di smaltimento delle acque piovane

Regolamenti

(Direttive europee)

(Legislazione nazionale italiana)

Regolamenti

- Bolzano R.I.E.
- D.G.R. Emilia Romagna 2003
- DPR Friuli Venezia Giulia 2018
- D.G.R. Lazio 2020
- Reg. R.Lombardia 2017
- D.G.R. Marche 2014
- D.Dir.Gen. R.Sicilia 2021
- D.G.R. Veneto 2009
- PAI Sardegna art.47
- ...
- PTA Piemonte 2018 norme
- PTR Piemonte 2021
- PPR Piemonte 2017
- PTCP2 CMTorino 2011
 - PRG Torino NdA
 - PRC Torino 2020

Piano Territoriale Generale Metropolitano
NdA – art.16



3. Il metodo di calcolo da utilizzare a cura del progettista per definire le portate idriche deve garantire livelli adeguati di affidabilità. Il confronto tra situazioni *ante* e *post operam* permette l'individuazione, la progettazione e il relativo dimensionamento delle opere necessarie a garantire l'**invarianza** o l'attenuazione idraulica.

PRESCRIZIONI

8. **(PP)** Gli interventi di urbanizzazione e gli interventi edificatori di nuova urbanizzazione che comportino una riduzione della permeabilità del suolo rispetto alla condizione *ante operam*, devono garantire, fatte salve le cautele per la prevenzione di fenomeni di inquinamento della falda, introducendo ove necessario, azioni correttive:
 - a. **l'invarianza idraulica**, qualora l'intervento abbia ricadute su un corpo idrico in condizioni non critiche;
 - b. **l'attenuazione idraulica**, qualora l'intervento abbia ricadute su un corpo idrico in condizioni critiche o particolarmente critiche.
9. **(PP)** Negli interventi di nuova urbanizzazione, le superfici degli spazi pubblici e privati aperti devono essere rese permeabili (es. grigliati inerbiti). La mancata esecuzione degli interventi permeabili dovuta a ragioni tecniche e/o ambientali dovrà essere compensata mediante altre azioni di miglioramento della resilienza ambientale delle aree (es. adozione di tetti e pareti verdi).
10. **(PP)** Negli interventi di riuso di aree dismesse, ove possibile a livello ambientale tecnico, le superfici impermeabili esterne esistenti sono rese permeabili; per le nuove superfici si applica il comma 8 che precede.

Regolamenti

(Direttive europee)

(Legislazione nazionale italiana)

Regolamenti

- Bolzano R.I.E.
- D.G.R. Emilia Romagna 2003
- DPR Friuli Venezia Giulia 2018
- D.G.R. Lazio 2020
- Reg. R.Lombardia 2017
- D.G.R. Marche 2014
- D.Dir.Gen. R.Sicilia 2021
- D.G.R. Veneto 2009
- PAI Sardegna art.47
- ...
- PTA Piemonte 2018 norme
- PTR Piemonte 2021
- PPR Piemonte 2017
- PTCP2 CMTorino 2011
 - PRG Torino NdA
 - PRC Torino 2020

Piano Territoriale Generale Metropolitano
NdA – art.16



DIRETTIVE ED INDIRIZZI

11. **(DA)** I piani urbanistici locali prevedono misure di prevenzione e protezione e specifiche disposizioni per il raggiungimento degli obiettivi di cui al presente Articolo, secondo i principi dell'invarianza e dell'attenuazione idraulica, ed in particolare:
 - definiscono un sistema di gestione delle acque meteoriche urbane (strategie, tecnologie e buone pratiche) volto a contenere gli apporti ai corpi idrici ricettori entro limiti di sicurezza, a ridurre i fenomeni di allagamento urbano e a ridurre il degrado qualitativo delle acque;
 - prevedono disposizioni operative per gli interventi di trasformazione e di nuova urbanizzazione, quale l'incremento di superfici a verde o comunque permeabili.
12. **(I)** I Comuni, nell'esercizio della propria potestà regolamentare, possono inserire nei regolamenti edilizi disposizioni operative per favorire l'incremento di superfici a verde o comunque permeabili negli interventi di trasformazione e di nuova urbanizzazione.
13. **(I)** I piani urbanistici locali individuano nel territorio comunale le eventuali condizioni critiche di un bacino idrografico. In assenza di tale individuazione, si considerano le aree caratterizzate da dissesto idraulico di pericolosità da elevata a molto elevata indicate nella tavola *PPGEO2a Carta del dissesto idrogeologico* e suoi successivi aggiornamenti.

Metodo sole piogge ESEMPIO

area S ha

Scarico lim u_{lim} l/s/ha

Coeff. Deflusso φ

durata di pioggia D ore

Altezza di pioggia $h = a \cdot D^n$ mm

Volume di deflusso entrante nel sistema di laminazione

$$W_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n$$

Volume di deflusso desiderato dal sistema di laminazione

$$W_u = S \cdot u_{lim} \cdot D$$

Per ogni durata D il volume da trattenere è:

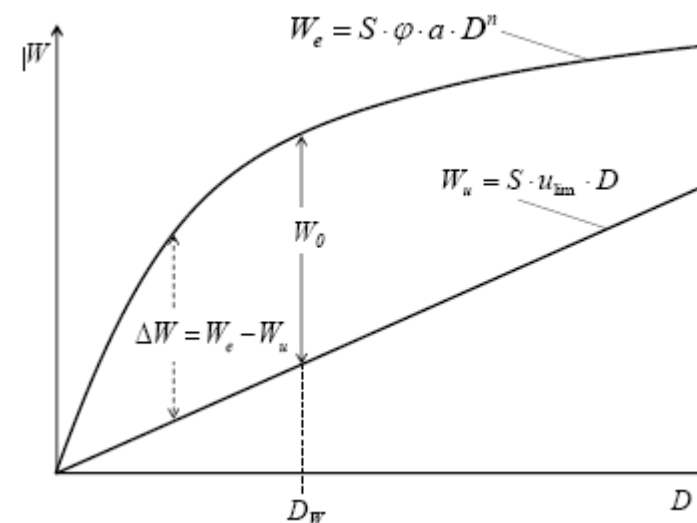
$$\Delta W = W_e - W_u = (S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n) - (S \cdot u_{lim} \cdot D)$$

Il massimo di ΔW si ottiene per la durata

$$\frac{\Delta W}{\Delta D} = 0 \rightarrow D_W = \left(\frac{S \cdot u_{lim}}{2,78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \text{ (ore)}$$

$$W_0 = W_e - W_u = (10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_W^n) - (3,6 \cdot S \cdot u_{lim} \cdot D_W) \text{ (m}^3\text{)}$$

S	0,2 ha
a	80 mm/h
n	0,25
F	1
u _{lim}	10 l/s/ha
Q _{lim}	2 l/s
D _w	9,8 h
W _{0e}	283,5 m ³
W _{0u}	70,9 m ³
W ₀	212,5 m ³



Metodo sole piogge ESEMPIO

area $S = 0,08$ ha

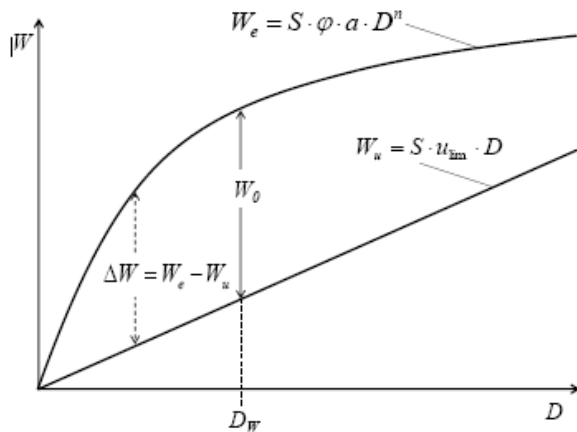
Scarico lim u_{lim} **20** l/s/ha ??

Coeff. Deflusso $\varphi = \mathbf{0,57}$

durata di pioggia D ore

Altezza di pioggia $h = \mathbf{61,9 \cdot D^{0,22}}$ mm

	m2	Cd
verde	452	0,3
pav semi	88	0,7
tetti	253	1



S	0,08	ha
a	61,9	mm/h
n	0,22	
F	0,57	
u_{lim}	20	l/s/ha
Qlim	1,586	l/s
Dw	1,1	h
We	28,4	m3
Wu	6,3	m3
W0	22,2	m3



$$W_0 = (10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_W^n) - (3,6 \cdot S \cdot u_{lim} \cdot D_W) = 22,2 \text{ m}^3$$

Ma con u_{lim} **40** l/s/ha $\longrightarrow$ $W_0 = 18,20 \text{ m}^3$

Metodo INVASO

area $S = 0,08\text{ha}$

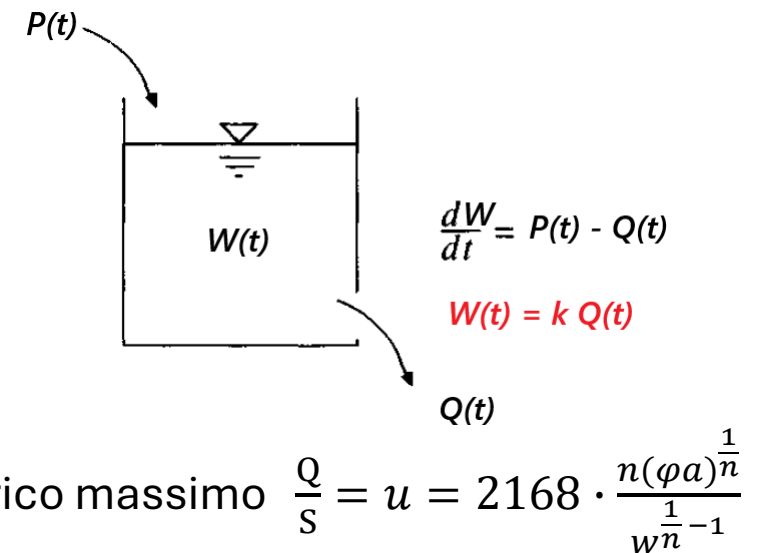
Scarico lim $u_{lim} = \text{l/s/ha}$ Coeff. Deflusso φ

durata di pioggia D ore

Altezza di pioggia $h = a \cdot D^n$ mm

Volume contenuto nel sistema W m³

Volume specifico $w = W / S$ m³/ha



Per mantenere costante il coeff. udom. ANTE OPERAM⁰ e POST OPERAM :

$$\text{Volume specifico di laminazione da realizzare } w = w^0 \cdot \left(\frac{\varphi}{\varphi^0}\right)^{\frac{1}{1-n}} - (pi \cdot AT) - (w^0 \cdot AnT)$$

w^0 volume specifico varia tra 150 – 50 – 15 m³/ha per aree agrarie – semimpermeabili – impermeabili

pi volume piccoli invasi 10 – 30 m³/ha

AT % area trasformata

AnT % area NON trasformata

$(AT + AnT = 100\%)$

$$\varphi^0 = 0,9 \cdot IMP^0 + 0,2 \cdot PER^0$$

IMP e PER sono le % impermeabile e permeabile ante e post

$$\varphi = 0,9 \cdot IMP + 0,2 \cdot PER$$

Metodo INVASO

area $S = 0,08\text{ha}$

durata di pioggia D ore

$AT = 341\text{ m}^2 = 43\% S$

$\varphi^0 = 0,9 \cdot \text{IMP}^0 + 0,2 \cdot \text{PER}^0 = 0,20$

$\varphi = 0,9 \cdot \text{IMP} + 0,2 \cdot \text{PER} = 0,50$

$pi = 15\text{ m}^3/\text{ha}$ piccoli invasi

$w^0 = 250\text{ m}^3/\text{ha}$ per mantenere il coeff. udom. = 20 l/s/ha

$w^0 = 100\text{ m}^3/\text{ha}$ più realistico $u = 40\text{ l/s/ha}$

Volume specifico di laminazione da realizzare

$$w = w^0 \cdot \left(\frac{\varphi}{\varphi^0}\right)^{\frac{1}{1-n}} - (pi \cdot AT) - (w^0 \cdot AnT)$$

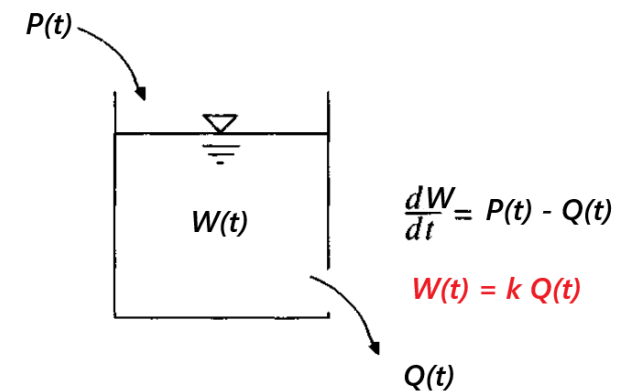
S	0,0793	ha
AT	43,001%	
AnT	56,999%	
%IMP0	0%	
%PER0	100%	
%IMP	43,001%	
%PER	56,999%	
F0	0,200	
F	0,501	
n	0,22	
w0	249	m3/ha
pi	15	m3/ha
w0	659,8	m3/ha
W	52,32	m3

S	0,0793	ha
AT	43,001%	
AnT	56,999%	
%IMP0	0%	
%PER0	100%	
%IMP	43,001%	
%PER	56,999%	
F0	0,200	
F	0,501	
n	0,22	
w0	100	m3/ha
pi	15	m3/ha
w0	261,1	m3/ha
W	20,71	m3

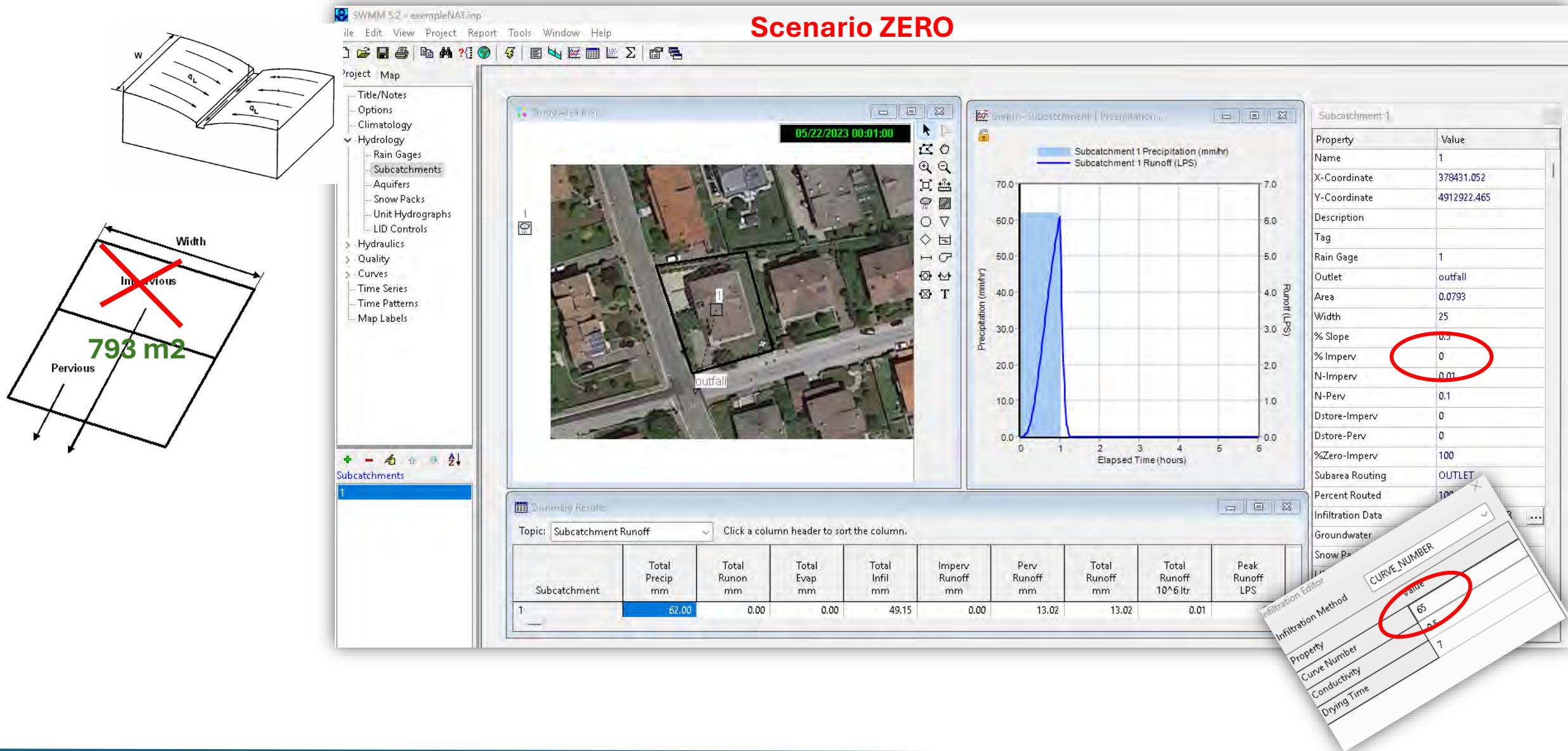
Scarico lim $u_{lim} = 20\text{ l/s/ha} ??$

Altezza di pioggia $h = 61,9 \cdot D^{0,22}\text{ mm}$

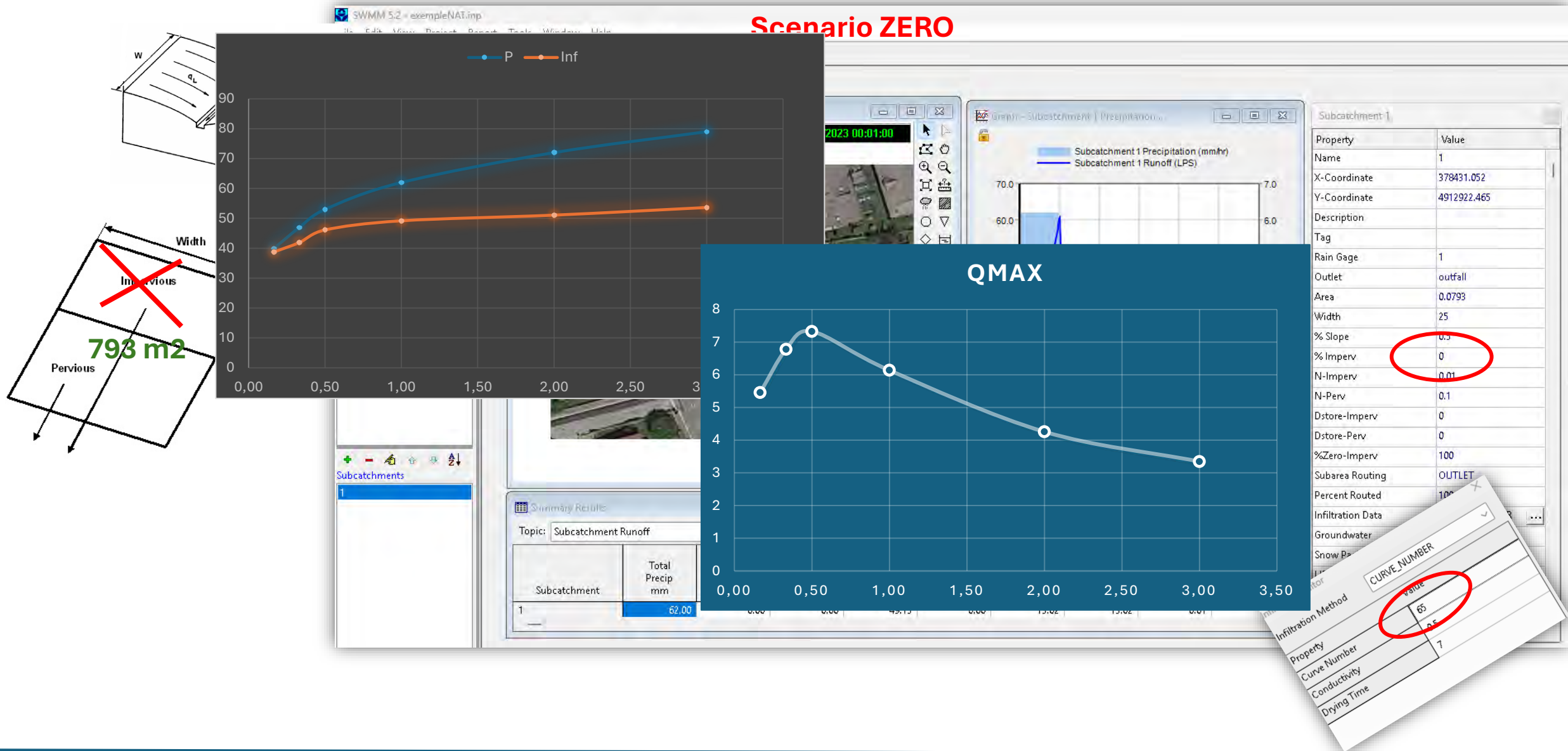
$AnT = 452\text{ m}^2$



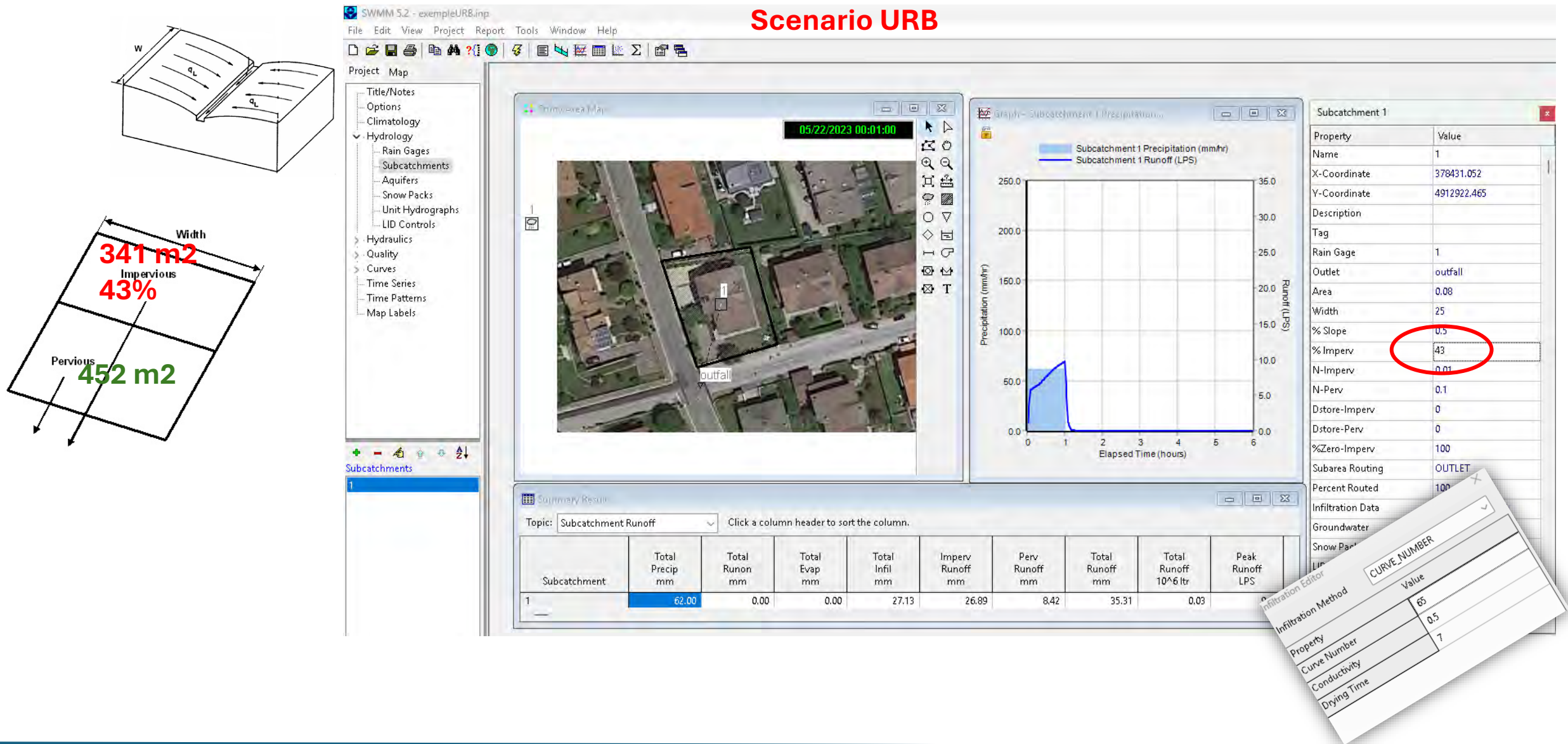
Modello numerico - SWMM



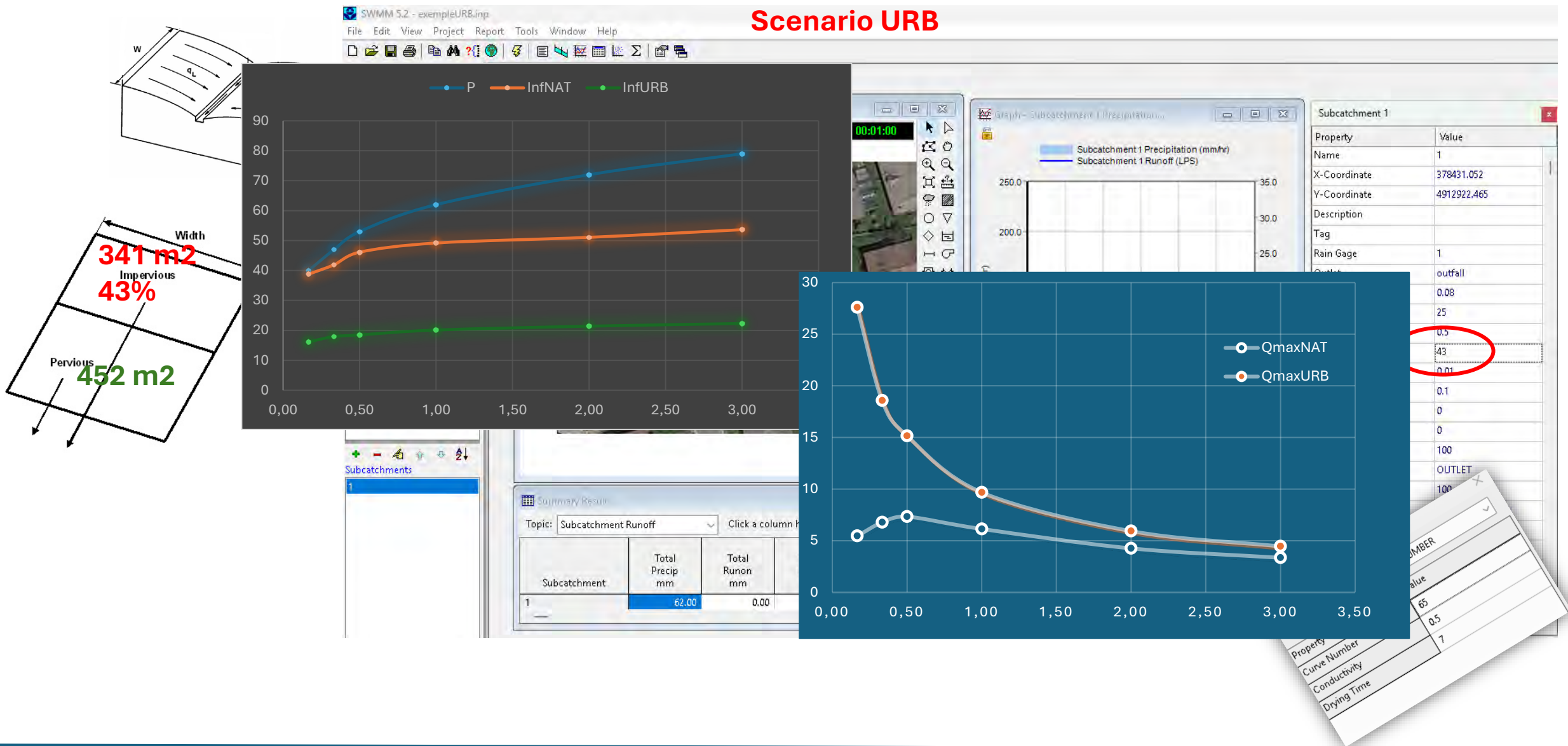
Modello numerico - SWMM



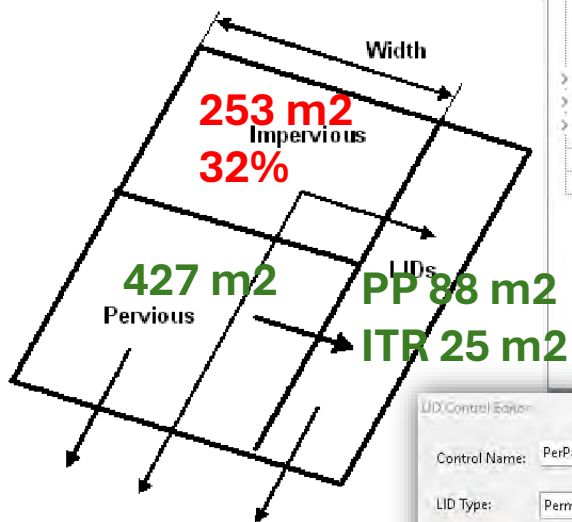
Modello numerico - SWMM



Modello numerico - SWMM



Corso di formazione tematiche emergenti nei processi di pianificazione e valutazione
21, 28 maggio 2025



LID Control Editor

Control Name:

LID Type:

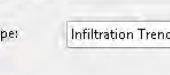
Surface ☐ Storage ☒ Drain ☐

Thickness (in. or mm)

Void Ratio (Voids / Solids)

Seepage Rate (in/hr or mm/hr)

Clogging Factor



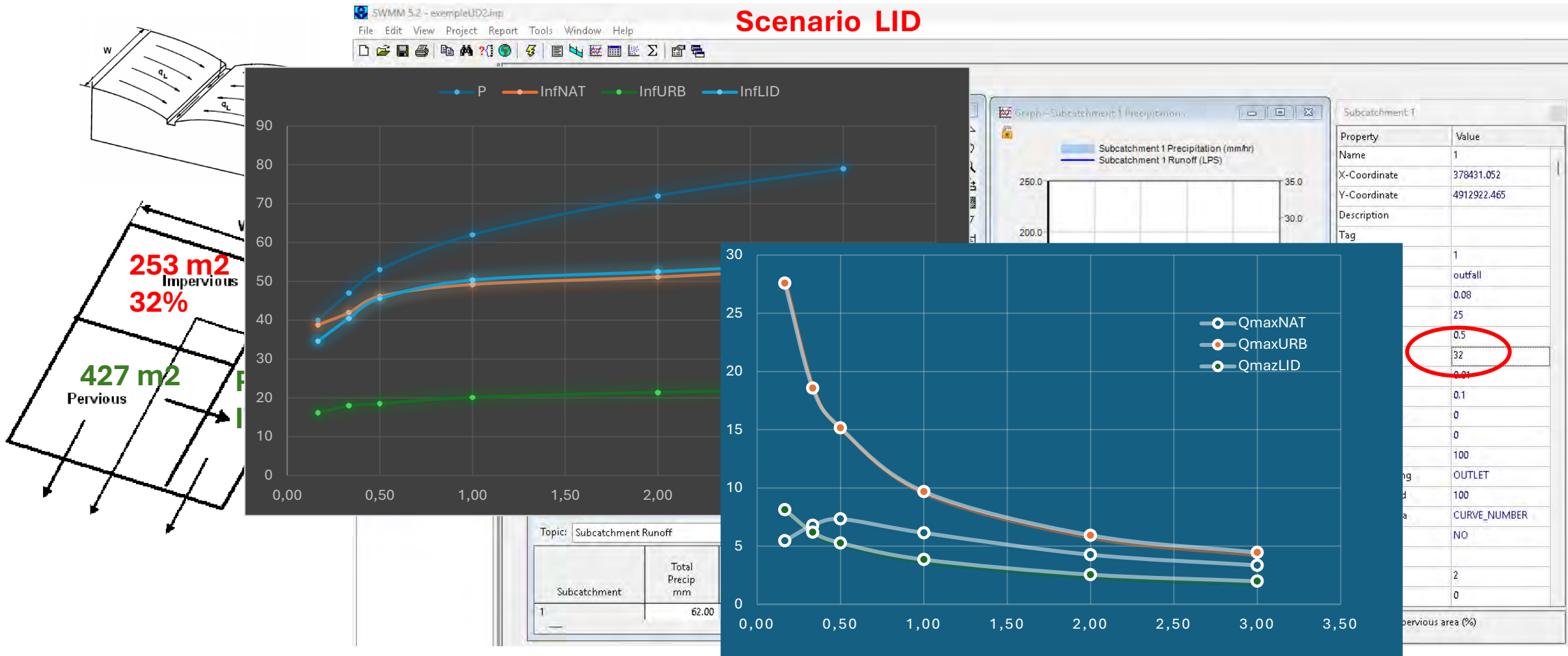
*Optional

OK Cancel Help

The screenshot displays the 'Subcatchment 1' properties dialog box in the SWMM5 software. The 'Properties' tab is selected, showing a list of parameters and their values. The 'Runoff (LPS)' parameter is highlighted with a red circle, indicating its value of 0.5. Other parameters include Name (1), X-Coordinate (378431.052), Y-Coordinate (4912922.465), Description, Tag, Rain Gage (1), Outlet (outfall), Area (0.08), Width (25), % Slope (0.5), % Imperv (32), N-Imperv (0.01), N-Perv (0.1), Dstore-Imperv (0), Dstore-Perv (0), %Zero-Imperv (100), Subarea Routing (OUTLET), Percent Routed, Infiltration Data, and Groundwater.

Property	Value
Name	1
X-Coordinate	378431.052
Y-Coordinate	4912922.465
Description	
Tag	
Rain Gage	1
Outlet	outfall
Area	0.08
Width	25
% Slope	0.5
% Imperv	32
N-Imperv	0.01
N-Perv	0.1
Dstore-Imperv	0
Dstore-Perv	0
%Zero-Imperv	100
Subarea Routing	OUTLET
Percent Routed	
Infiltration Data	
Groundwater	

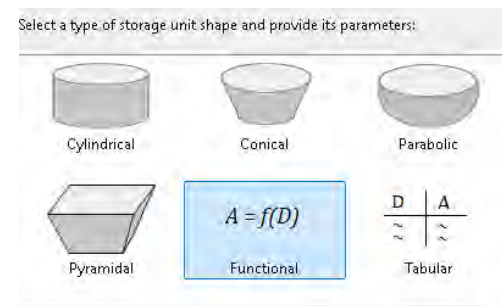
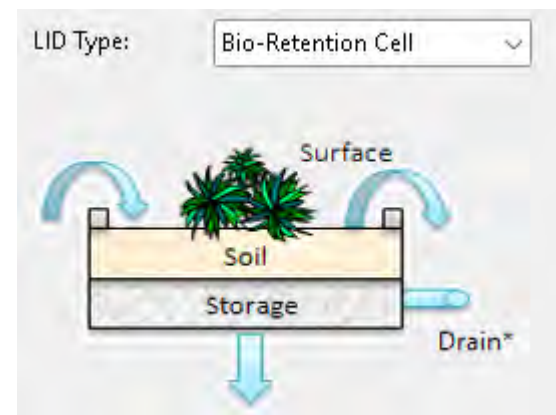
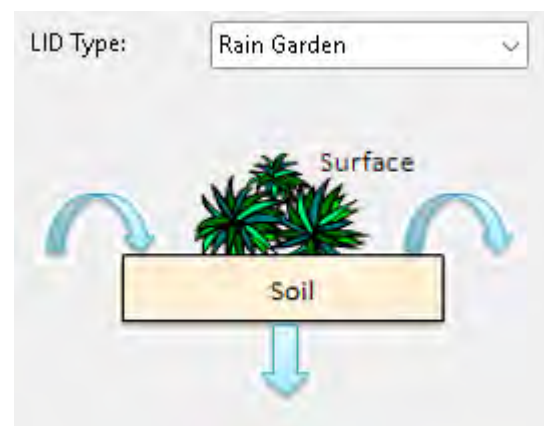
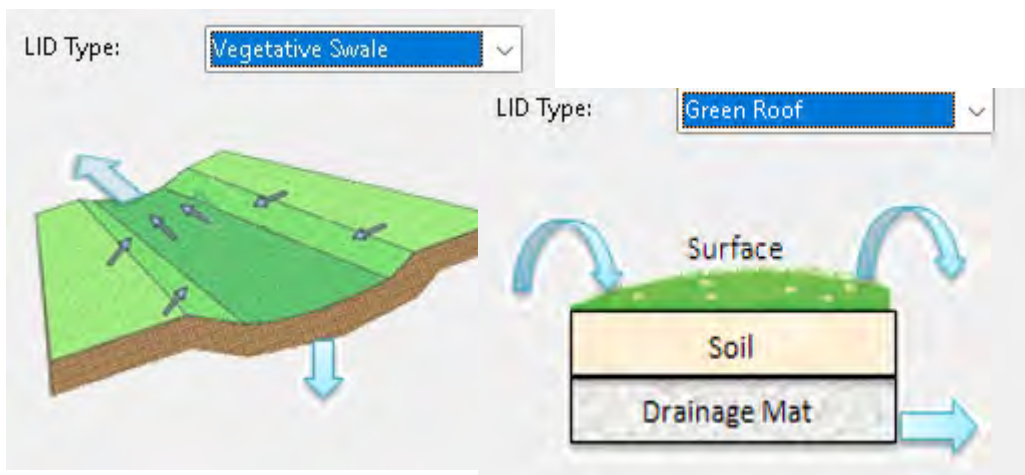
Modello numerico - SWMM



Confronto?

SWMM consente di usare direttamente i vari tipi di LID nella progettazione idrologica dell'area.

Non è ora di cambiare strumenti?



Benefici e Impatti

Mitigazione del rischio idraulico

- Riduzione della frequenza e intensità degli allagamenti urbani
- Protezione delle infrastrutture critiche e delle aree residenziali
- Benefici economici diretti: riduzione dei danni e dei costi assicurativi
- Valorizzazione immobiliare delle aree con soluzioni di drenaggio sostenibile

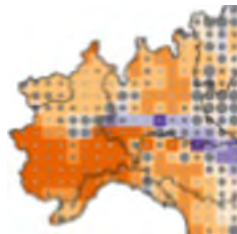
Vantaggi ambientali ed ecologici

- Miglioramento della qualità delle acque per filtrazione
- Ricarica delle falde acquifere e contrasto alla subsidenza
- Creazione di habitat e corridoi ecologici in ambiente urbano
- Mitigazione dell'effetto isola di calore urbana

Sostenibilità economica

- **Analisi del ciclo di vita delle infrastrutture verdi vs. grigie**
- Riduzione dei costi di gestione dei sistemi fognari tradizionali
- Quantificazione dei servizi ecosistemici forniti dalle infrastrutture verdi

Sfide e Prospettive Future



CC, idrologia suolo, gestione idraulica

- nuove curve di possibilità pluviometrica o incremento % cautelativa?
- Pattern standard o design target ?
- Coeff. Sicurezza?
- Abbandono formule semplificate ?

Innovazione tecnologica e nuove soluzioni

- Sistemi di controllo in tempo reale e smart water management
- Materiali innovativi: geotessili avanzati, bioretention media, membrane filtranti
- BIM nella progettazione idraulica
- Internet of Things (IoT) monitoraggio delle infrastrutture idrauliche

Pianificazione

- Approcci partecipativi e coinvolgimento delle comunità nella gestione delle acque urbane
- Master Plan SWM per bacini urbani**



È l'ora di un caffè !