

Seminario:

**La manutenzione dei collettori di fognatura per un
moderno ed efficace sistema di drenaggio urbano**

La gestione sostenibile delle acque meteoriche

prof. ing. Alessandro Paoletti

Politecnico di Milano – Centro Studi Idraulica Urbana

Casa del Volontariato
Via Correggio, 59 MONZA (MB)
5 giugno 2015

La pianificazione e gestione integrata delle acque meteoriche

Aspetti idraulici
**Protezione idraulica
del territorio**
(Dir. UE 2007/60,
D. L.vo 49/2010)

Aspetti ambientali
Qualità ambientale “buona”
(Dir. UE 2000/60,
D. L.vo 152/2006)

Strategie urbanistiche
**Strategie di bonifica dei
territori rurali**

La gestione delle acque di pioggia

Aspetti ambientali

L'impatto sui ricettori nei transitori di tempo piovoso



- Il ciclo urbano afflussi-deflussi delle acque meteoriche determina, oltre alle modifiche del ciclo idrologico naturale, anche il loro deterioramento qualitativo a causa del dilavamento degli inquinanti depositati sulle superfici urbane.
- Le misure di controllo dei conseguenti impatti idraulici e ambientali sono solo parzialmente efficaci, in quanto si hanno:



Scarichi meteorici puntuali

(nessun controllo se scarichi diretti; solo controllo parziale presso scaricatori di piena e, se esistono, vasche di prima pioggia)



Scarichi meteorici diffusi

(senza trattamento)

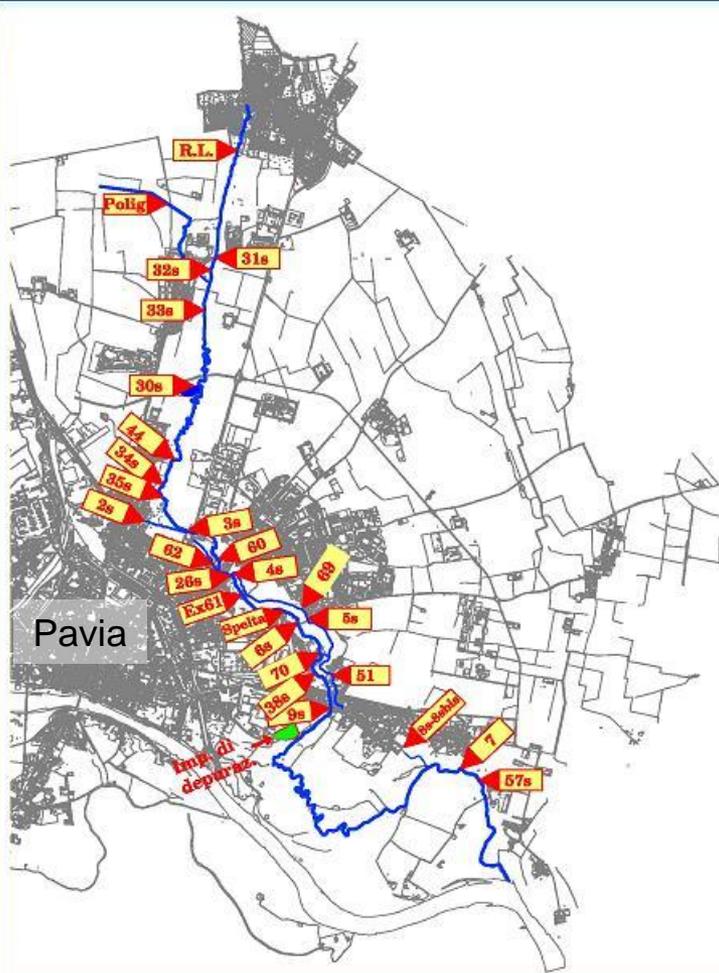
- Le misure di riduzione “a monte” delle acque piovane e le strategie diffuse di controllo delle acque meteoriche urbane (BMPs, LIDs, SUDs, ecc.) rispondono anche all’esigenza di sostenibilità ambientale.
- Ulteriori misure riguardano l’incentivazione dei meccanismi biochimici naturali di autodepurazione dei corpi idrici (recupero morfologie naturali, fitodepurazioni, aree umide, fasce riparie vegetate, ecc.)



La gestione delle acque di pioggia

Aspetti ambientali

I punti di scarico dei sistemi fognari nella Roggia Vernavola



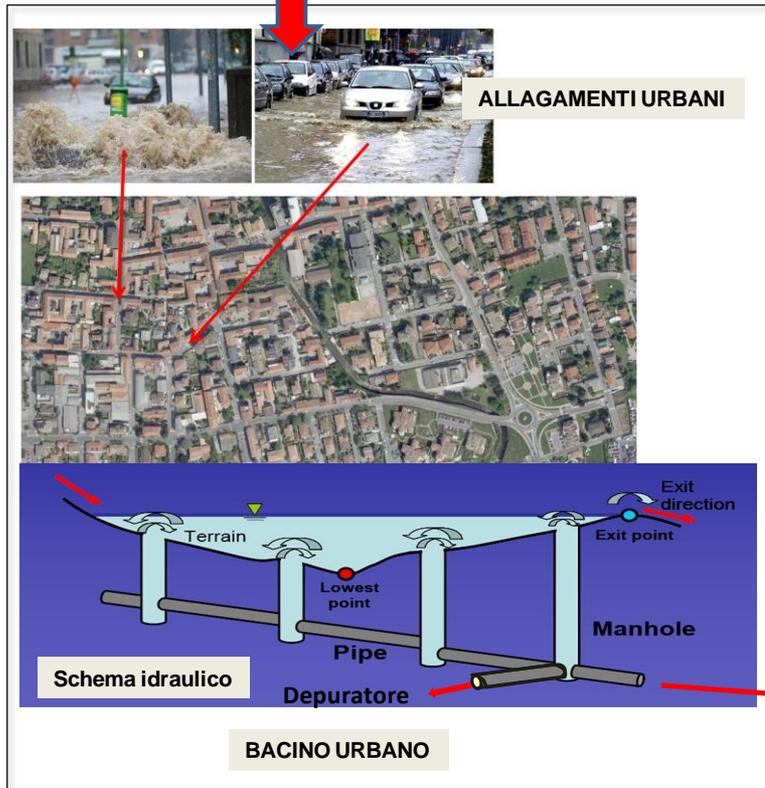
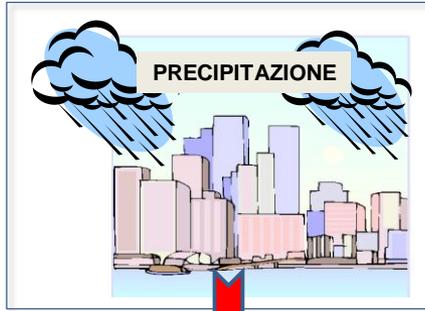
La Roggia Vernavola a Pavia

(S. Papiri e al., 2010)

- I sistemi fognari servono una popolazione di 68.800 abitanti, con 28 scaricatori di piena.
- Quando, durante gli eventi piovosi, gli scaricatori di piena sono attivi (una durata di circa 553 ore nell'anno esaminato) viene riversato un carico inquinante annuo equivalente allo scarico di acque reflue di circa 68.000 AE.
- Come ulteriore dimostrazione dell'**effetto di shock degli scarichi di tempo piovoso**, nelle 6 ore dell'evento più gravoso (6 agosto 2006) è stato riversato un carico inquinante equivalente alla scarico di acque reflue di circa 420.000 AE.

La gestione delle acque di pioggia

Aspetti idraulici



Le strategie di controllo dei fenomeni di piena devono considerare unitariamente l'insieme delle due criticità:

- *la criticità delle piene urbane:* limitata capacità idraulica (trasporto e invaso) delle reti fognarie (T = 2-10 anni)
- *la criticità delle piene fluviali:* limitata capacità idraulica (trasporto e invaso) di tratti fluviali.



La gestione delle acque di pioggia

Aspetti idraulici

PIENE URBANE E PIENE FLUVIALI



L'acqua alta a Milano. Un problema antico

Milano, 12 novembre 1951.
Il Seveso presso piazza
Carbonari



Il Piano generale di coordinamento elaborato dal Comitato coordinatore delle acque nel 1938



L'acqua alta a Milano



Anni '70



2010



A Milano dal 1976 si sono avute **104** esondazioni (in media **2.7** all'anno).

Dal 2000 si sono verificate **44** esondazioni (in media circa **3** all'anno)

Dal 2010 si sono verificate **20** esondazioni (in media oltre **4** all'anno) e precisamente:

- ❖ Anno 2010: 03/05, 14/05, 23/07, 05/08, 12/08, 18/09, 01/11, 16/11
- ❖ Anno 2011: 27/05, 06/08
- ❖ Anno 2012: 12/09
- ❖ Anno 2013: 23/10
- ❖ Anno 2014: 25/06, 08/07, 26/07, 29/07, 03/08, 20/08, 12/11, 15-16/11

La gestione delle acque di pioggia

Aspetti idraulici



São Paulo (Brasil)
Controllo inondazioni del bacino Anhangabaù

La gestione delle acque di pioggia

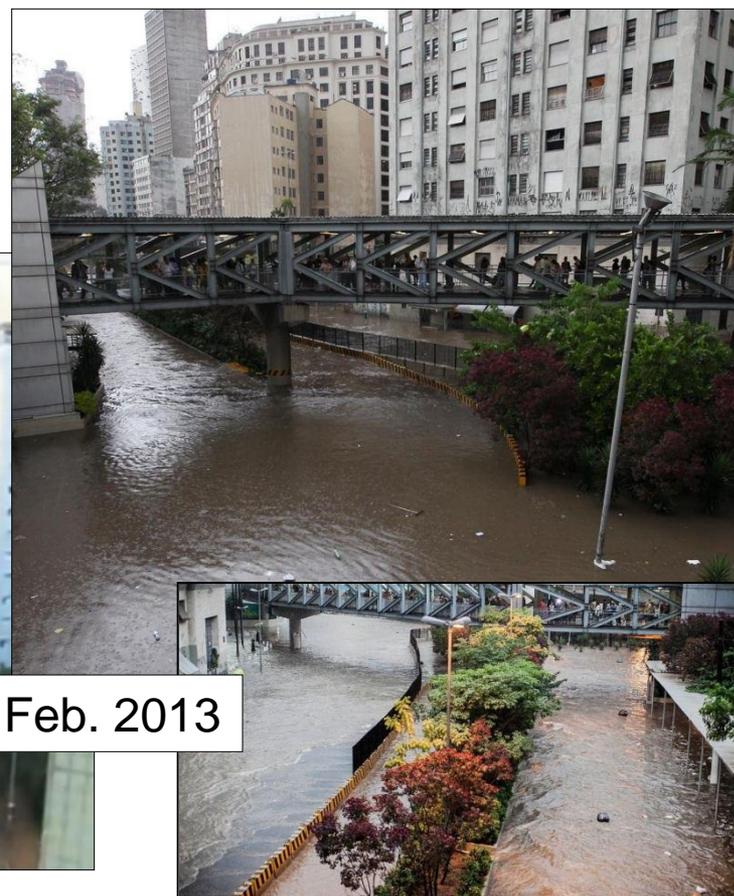
Aspetti idraulici

São Paulo (Brasil)

Controllo inondazioni del bacino Anhangabaù



rio Anhangabau



Feb. 2013

Condizioni di esercizio fuori norma e spesso sconosciute delle reti fognarie

Esercizio in pressione anormale, ma frequente



- Portate oltre i limiti e le ipotesi progettuali ($T > T_{\text{progetto}}$, ecc.)
- Singularità impreviste
- Funzionamento con transitori in pressione

Cause interne alla rete

- Manufatti idraulici mal progettati
 - camerette mal disegnate
 - confluenze mal disegnate
 - salti di fondo senza dissipatori
 - scaricatori mal (o non) funzionanti
- Fenomeni idraulici complessi:
 - correnti veloci
 - macroturbolenza
 - correnti fortemente aerate
 - erosioni e collassi strutturali
- Presenza di acque di falda e di portate parassite
- Trasporto solido e presenza di sedimenti
- Presenza di rifiuti
- Presenza di ostacoli
- Discontinuità strutturali
- **Manutenzione e gestione inadeguata**

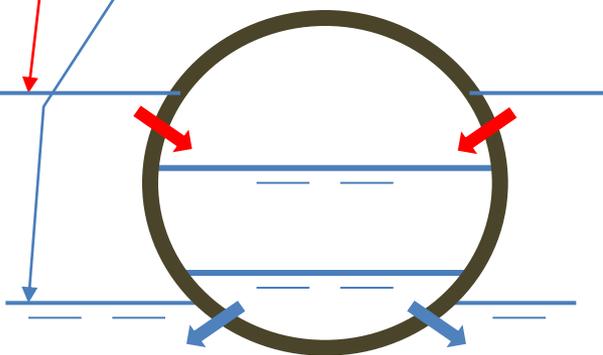
Un funzionamento anormale è provocato da condizioni di esercizio fuori norma e spesso sconosciute

Acqua di falda, portate parassite

CORSICO (MILANO)
MONITORAGGIO IN TEMPO ASCIUTTO
Analisi dati registrati e simulati

Naviglio Grande in esercizio
(falda più alta)

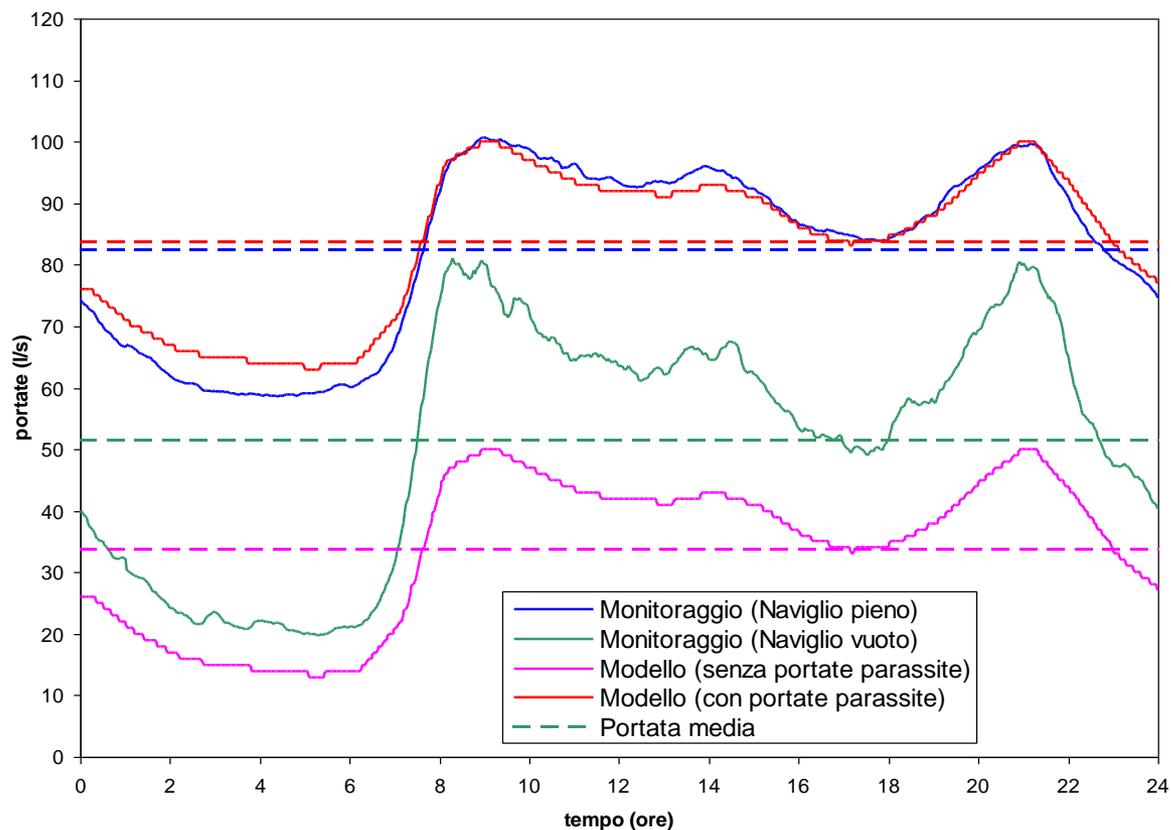
Naviglio Grande in asciutta
(falda più bassa)



→ infiltrazioni

→ esfiltrazioni

Andamento medio delle portate nei giorni asciutti in via Garibaldi



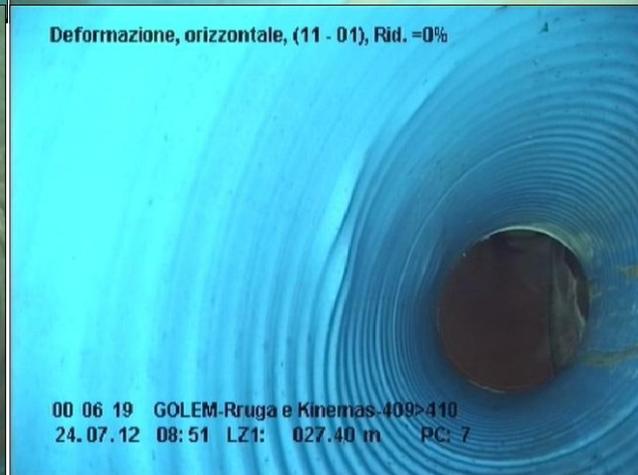
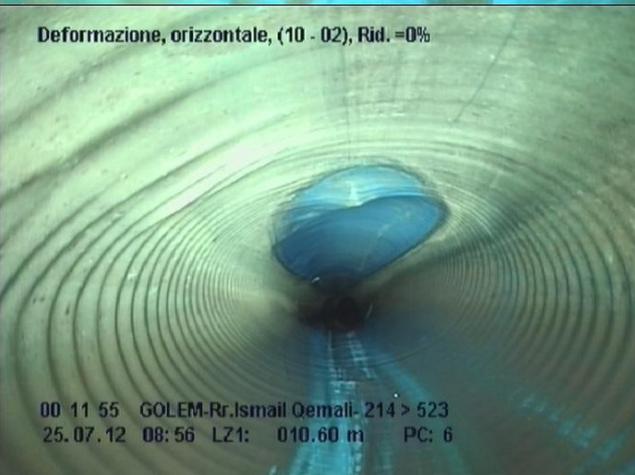
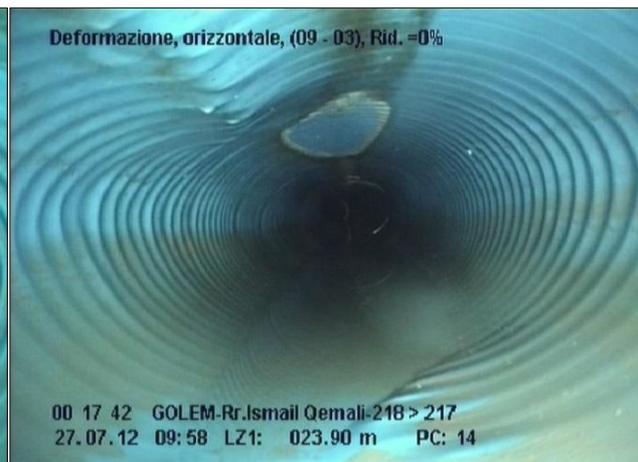
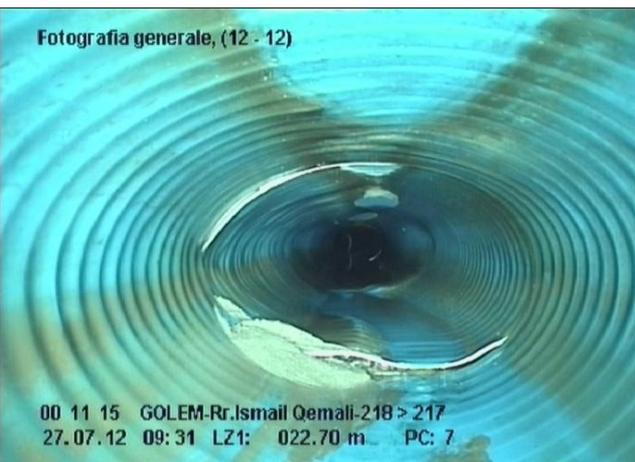
Un funzionamento anormale è provocato da condizioni di esercizio fuori norma e spesso sconosciute

Trasporto solido e presenza di sedimenti



Un funzionamento anormale è provocato da condizioni di esercizio fuori norma e spesso sconosciute

Ovoidalizzazioni, deformazioni, contropendenze



Un funzionamento anormale è provocato da condizioni di esercizio fuori norma e spesso sconosciute

Presenza di ostacoli



Un funzionamento anormale è provocato da condizioni di esercizio fuori norma e spesso sconosciute

Cedimenti strutturali



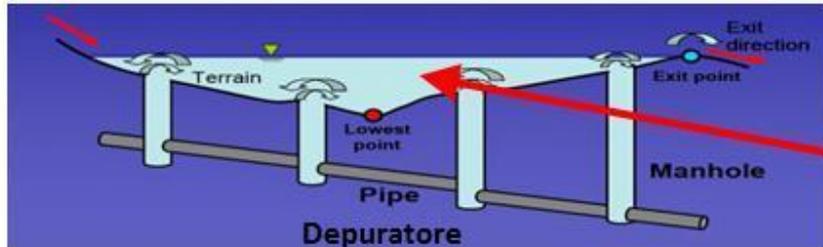
Un funzionamento anormale è provocato da condizioni di esercizio fuori norma e spesso sconosciute

Presenza di ostacoli



Specificità del drenaggio urbano

Crescente intensità evento



crescenti allagamenti urbani

BACINO URBANO

1. Il drenaggio delle piene urbane presenta notevoli complessità per le numerose e diffuse limitazioni al libero deflusso delle acque dovute a:
 - disposizione e morfologia della superficie urbana (edificazioni, pavimentazioni, marciapiedi, ecc.)
 - dimensionamento del sistema fognario generalmente commisurato per bassi tempi di ritorno ($T = 2 - 10$ anni), con conseguenti sovraccarichi ed esondazioni negli eventi di massima intensità
2. Al crescere della gravità dell'evento aumenta l'influenza delle limitazioni al deflusso accompagnate da rigurgiti, sovraccarichi ed esondazioni superficiali.
3. Negli eventi più intensi ($T = 20, 50, 100$ anni) si generano piene urbane caratterizzate da un **sistema idraulico "duale"** composto da:
 - i deflussi nella rete fognaria (limitati dalla capacità della rete dimensionata per $T \leq 2 - 10$ anni), con portate al colmo assai poco crescenti con T
 - gli allagamenti e deflussi superficiali (crescenti con T)

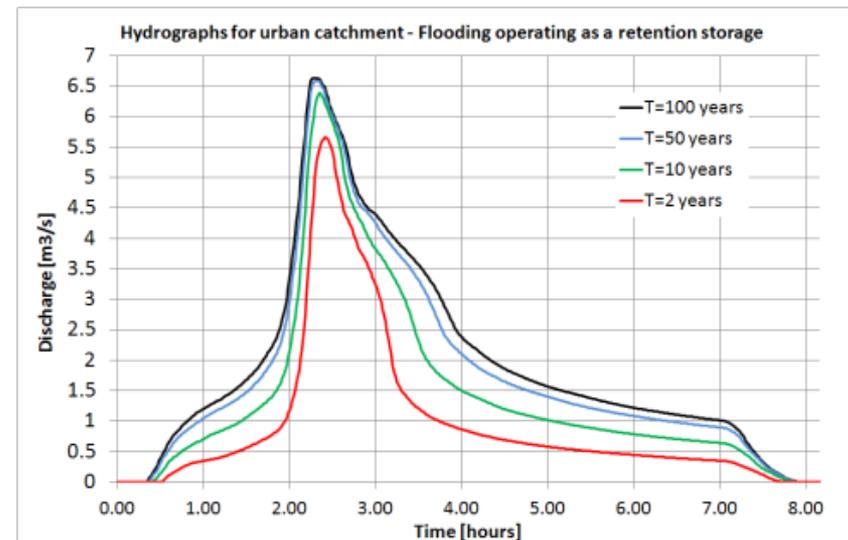
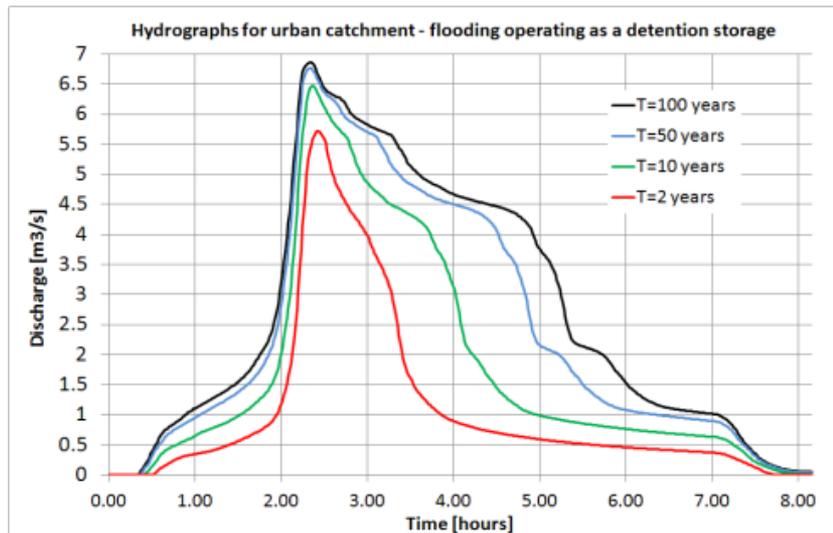
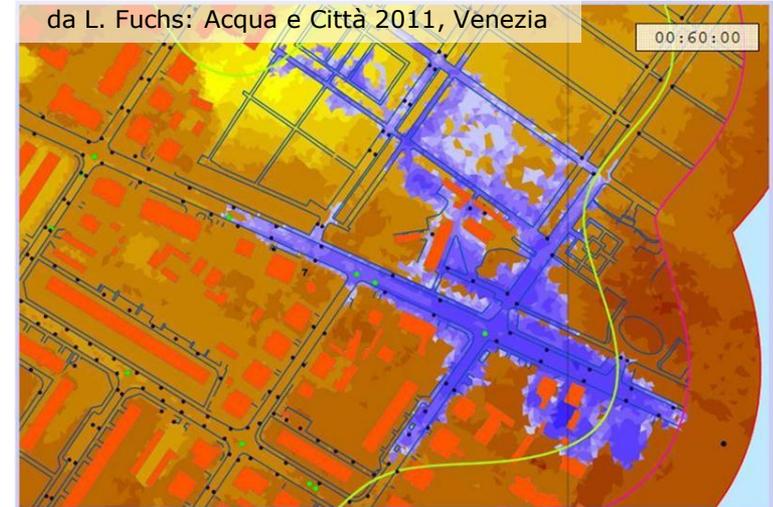
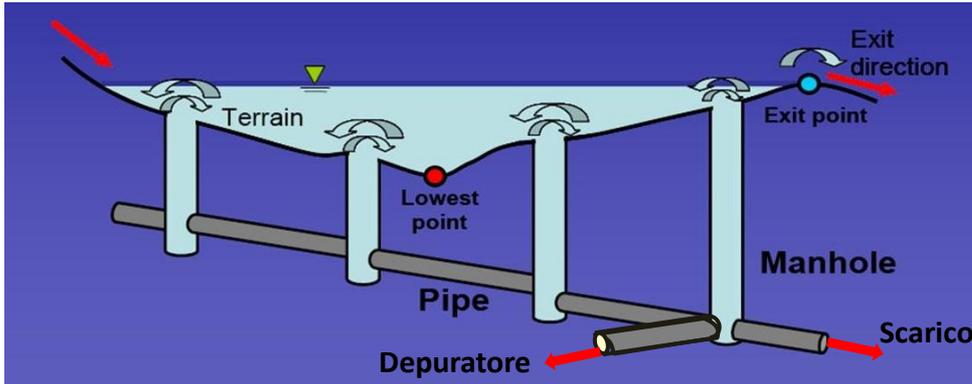
IL DRENAGGIO “DUALE”



La gestione delle acque di pioggia

Aspetti idraulici a scala urbana

I modelli di simulazione a base fisica come strumento GIS e di verifica della funzionalità idraulica e gestione delle reti



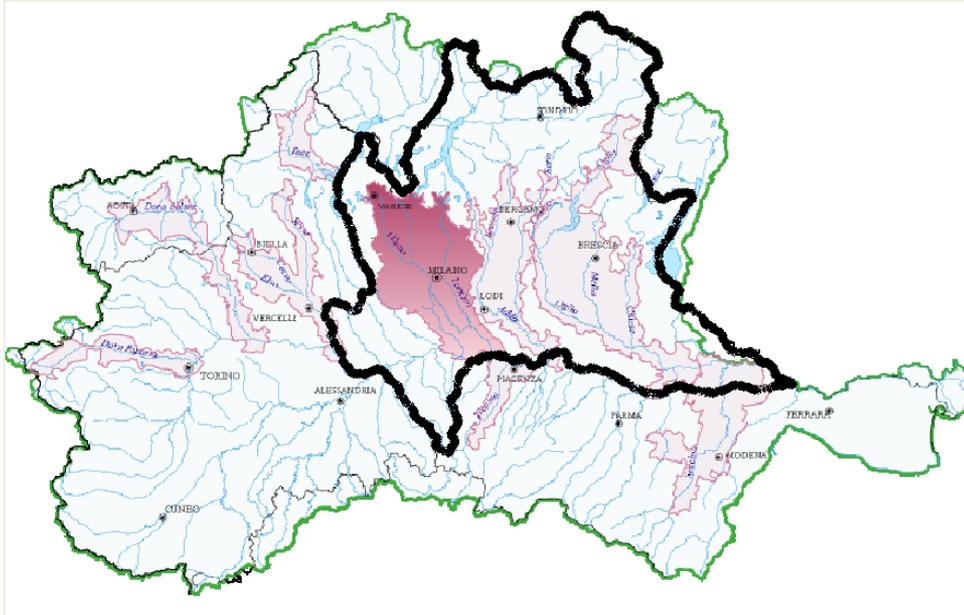
➤ **Strategia proposta dal Comitato Acque del 1938:**

decapitazione delle onde di piena con scolmatori delle acque verso altri ricettori

➤ **Strategie adottate dall'Autorità di Bacino e da Regione Lombardia:**

- laminazione delle piene e non scolmatori di piena, non essendo possibile trasferire le criticità da un corso d'acqua ad un altro
- Strategie, anche non strutturali, “SUDs - DRENAGGIO URBANO SOSTENIBILE” mediante infiltrazioni e laminazioni diffuse per:
 - riduzione “a monte” dei deflussi meteorici urbani
 - riduzione “a monte” dei carichi inquinanti delle acque meteoriche urbane
- strategie urbanistiche “verdi” (Commissione UE 2013 sulle “GREEN INFRASTRUCTURES”)
- Contratti di Fiume o Piani d'Area per conseguire in modo condiviso un corridoio fluviale multifunzionale, una infrastruttura verde-blu, ambito prioritario di valorizzazione delle risorse idriche e di riqualificazione del sistema ambientale e territoriale.

AdBPo- Controllo delle piene nel bacino idrografico Lambro – Seveso – Olona



Sup. totale bacino Lambro-Olona fino al Po → 2'490 km²

Sup. urbana bacino Lambro-Olona fino al Po → 722 km² (29%)

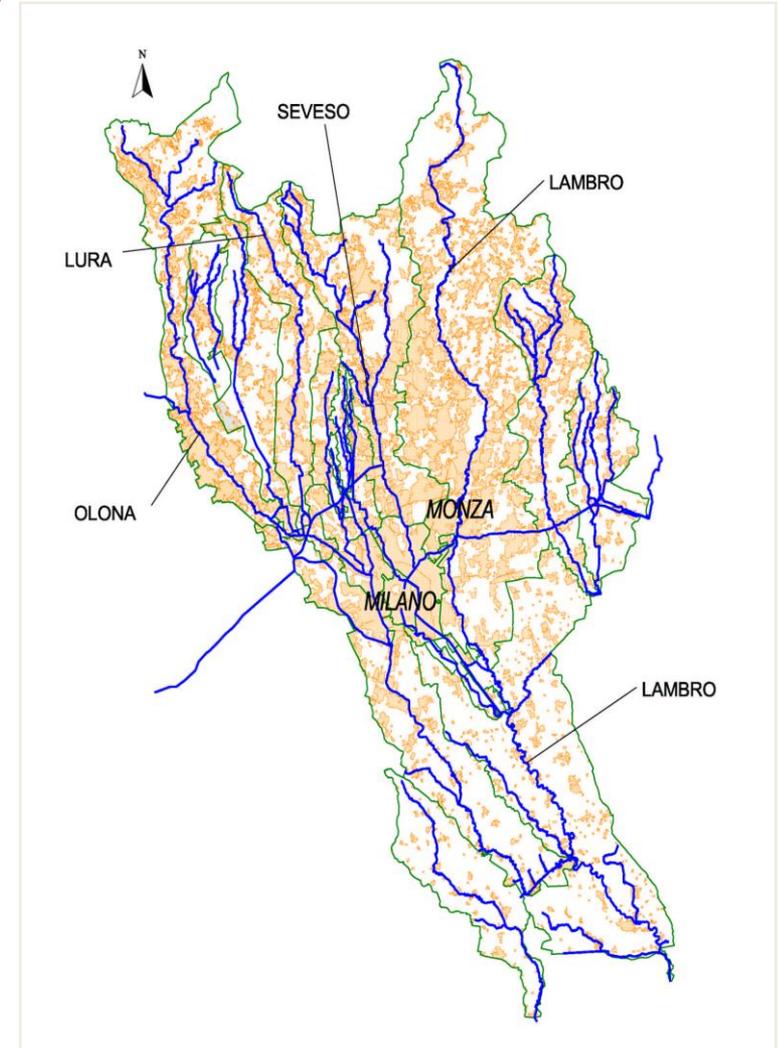
Sup. totale bacino Lambro-Olona fino a Milano → 1'770 km²

Sup. urbana bacino Lambro-Olona fino a Milano → 640 km² (36%)

Interventi di laminazione fluviale:

n. totale vasche di laminazione → 33

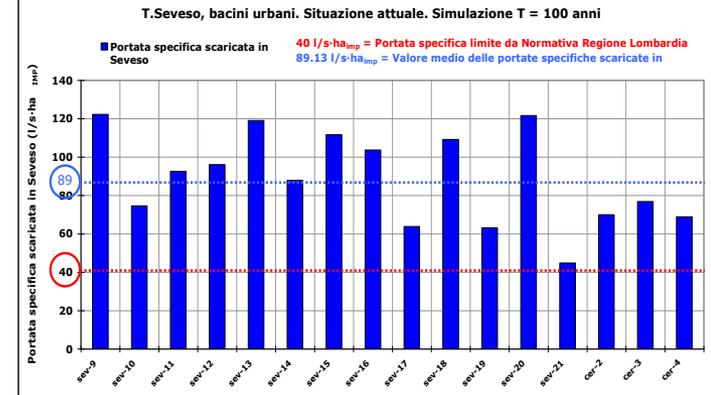
volume complessivo vasche → 17'000'000 m³



Il Seveso e Milano

Modello idrodinamico Risultati per T = 100 anni

- Bacino :
 - Superficie: 226 km²
 - Superficie urbanizzata: 100 km²
- All'interno delle aree urbanizzate si formano allagamenti per un totale di **782'000 m³** di invaso, mentre i volumi scaricati in Seveso dalle stesse aree assommano a circa **2'000'000 m³**
- Il contributo medio allo scarico è pari a **89 l/s/ha_{imp}**, cioè pari a circa il doppio del limite regionale di 40 l/s/ha_{imp}
- La portata di piena nella sezione di Palazzolo è di **150 m³/s**, rispetto a **60 m³/s** compatibili nel CSNO (**25 m³/s** nel CSNO a valle di Senago)



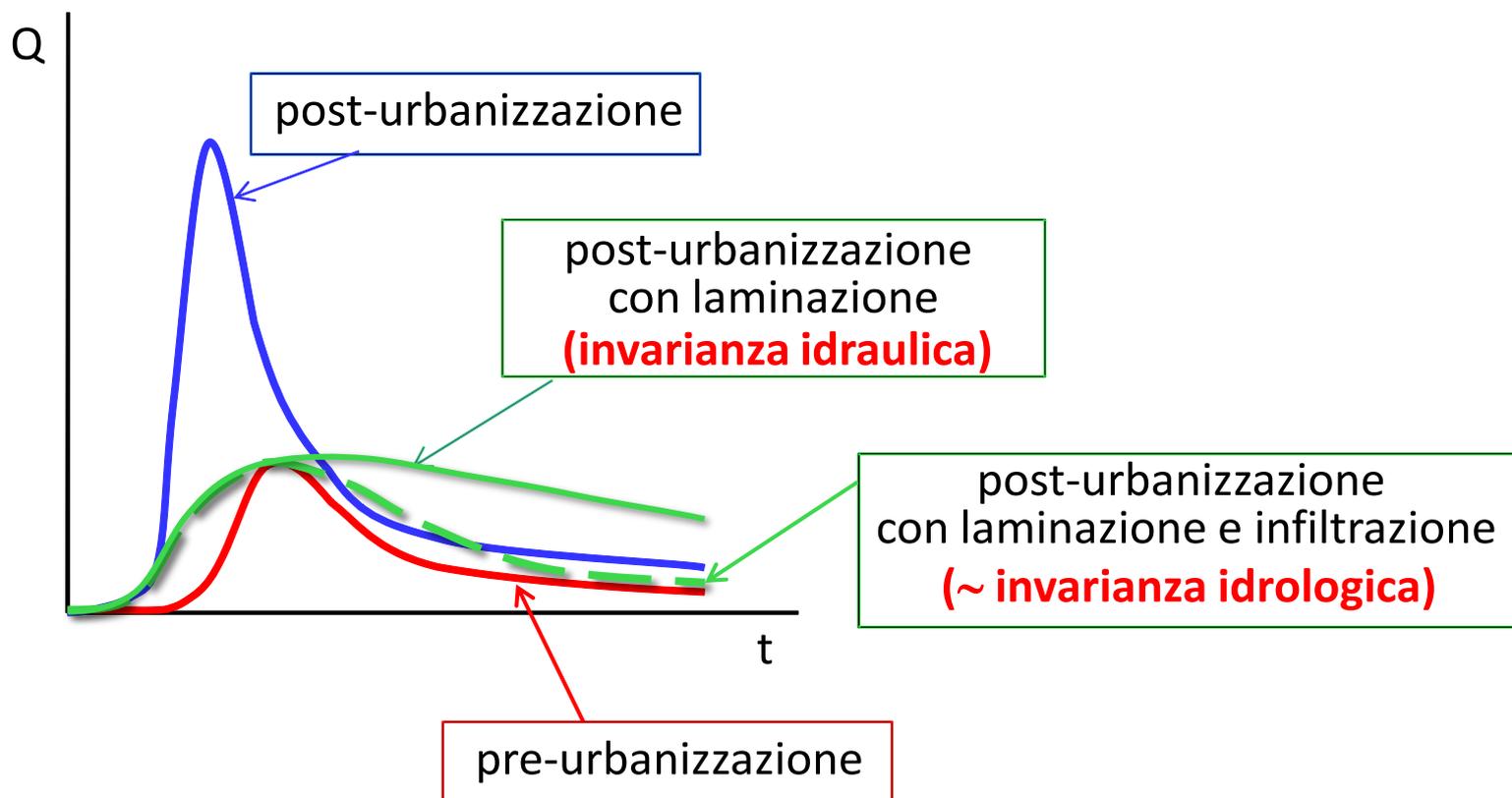
- **Lungo il T. Seveso:** invasi di laminazione fluviale progettati da Autorità di Bacino, AIPO e Regione Lombardia a nord di Palazzolo:
 - n. 5 sistemi di invaso – volume = 4.8 Mm³
 - costo complessivo = 110 M€
 - costo di gestione: = 2.0 M€/anno

- **Nelle aree urbanizzate:** pianificazione idraulica (“invarianza”) per eliminazione/riduzione dei volumi di allagamento urbani:
 - vasche di laminazione per rispettare il limite regionale allo scarico di 20/40 l/s*ha_{imp}
 - misure diffuse di riduzione a monte

INVARIANZA DEI VOLUMI DI PIENA (**INVARIANZA IDROLOGICA**) INVARIANZA DELLA PORTATA DI PICCO (**INVARIANZA IDRAULICA**)

Obiettivi:

- ottenere l'invarianza idraulica e possibilmente anche quella idrologica;
- ridurre i deflussi meteorici inquinati defluenti lungo le superfici urbane inquinate e nelle reti fognarie.



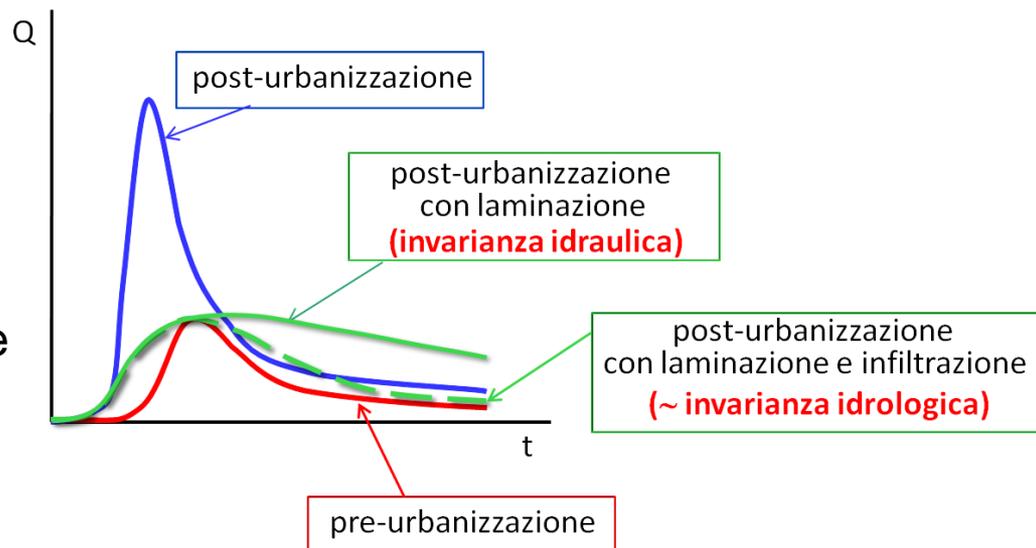
INVARIANZA DEI VOLUMI DI PIENA (**INVARIANZA IDROLOGICA**) INVARIANZA DELLA PORTATA DI PICCO (**INVARIANZA IDRAULICA**)

Adozione immediata di normative nei bacini soggetti a criticità, cogenti anche a livello municipale e locale, che impongano:

- l'invarianza idraulica su tutte le nuove edificazioni e infrastrutture (strade, case, attività produttive, insediamenti pubblici, ecc)

(benefici immediati)

- la progressiva applicazione dell'invarianza idraulica anche sull'esistente (separazione e infiltrazione acque dei tetti, controllo acque in aree pubbliche, ecc) **(benefici graduali nel tempo)**



Interventi di **invarianza idraulica** progettati nelle aree più critiche per:

- tempo di ritorno = 50, 100 anni**
- portata limite ammissibile allo scarico nel ricettore = 10 l/s/ha**

ANALISI MODELLISTICA STRATEGIE SUDs, Inv. Idraulica (riduzione impermeabilizzazione 10%, 20%, 50%)

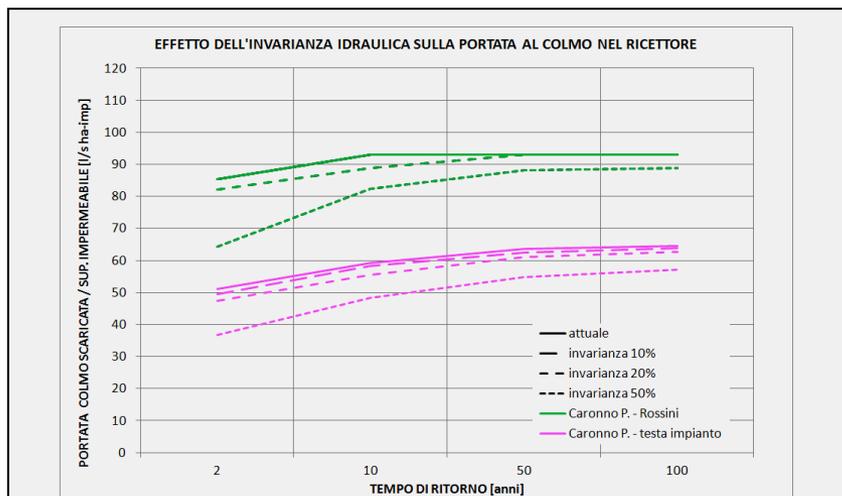


Figura 44 – Caronno Pertusella, sottobacini “via Rossini” e “Testa impianto”. Effetti dell'invarianza idraulica sulla portata al colmo scaricata nel ricettore

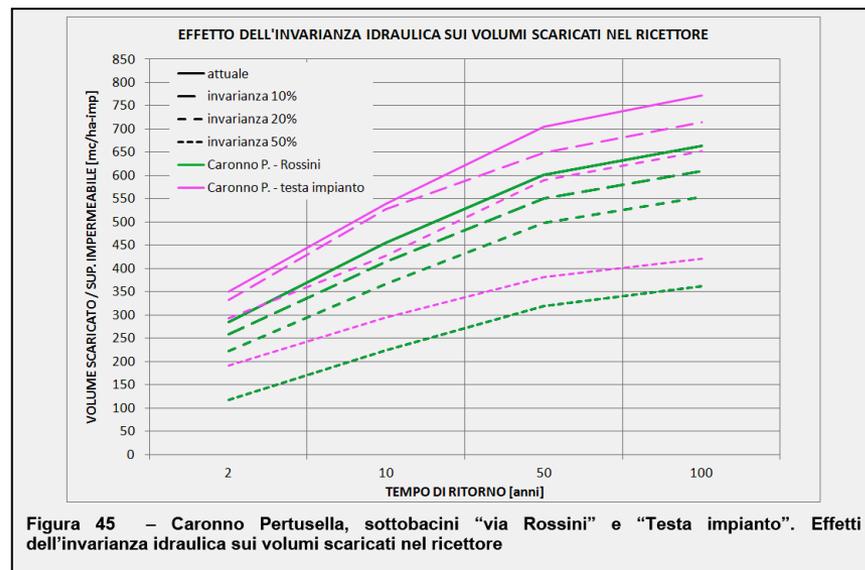


Figura 45 – Caronno Pertusella, sottobacini “via Rossini” e “Testa impianto”. Effetti dell'invarianza idraulica sui volumi scaricati nel ricettore

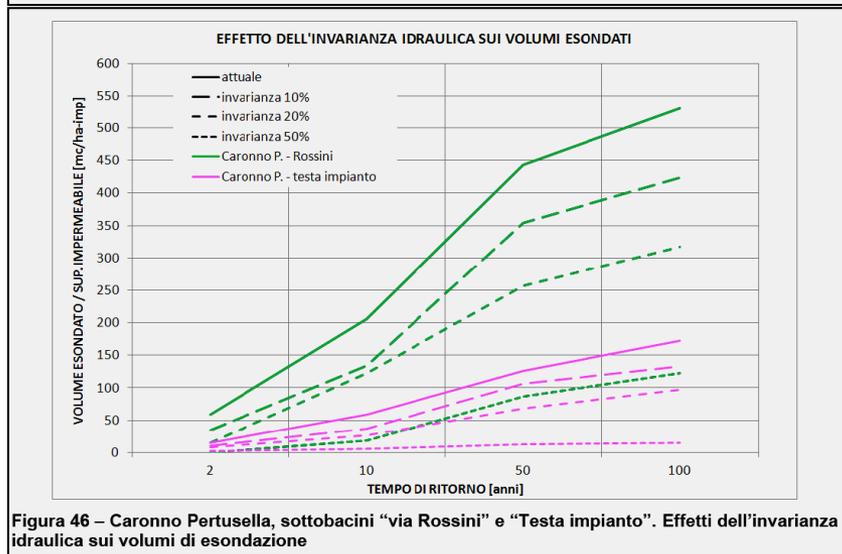
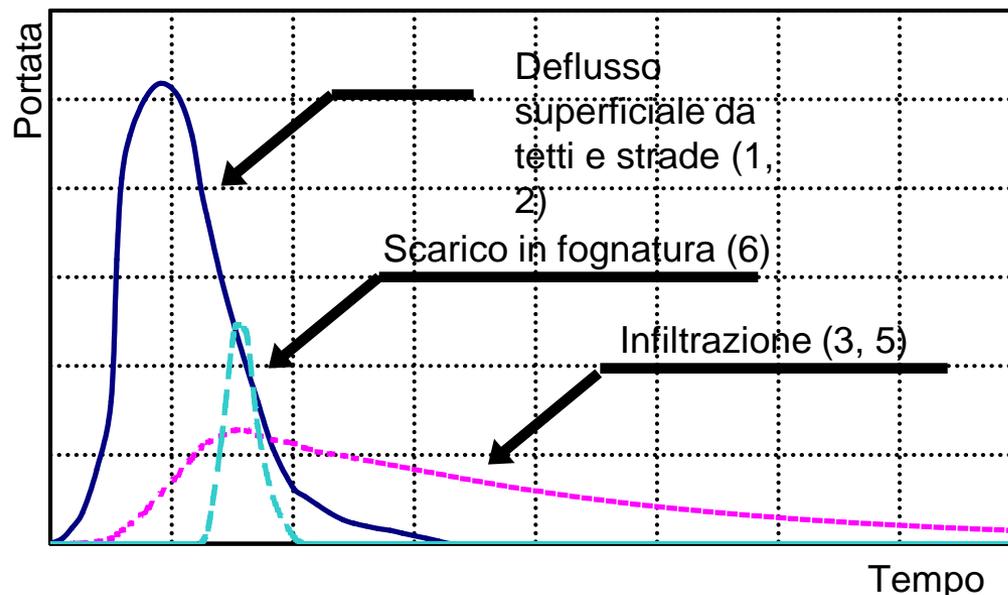
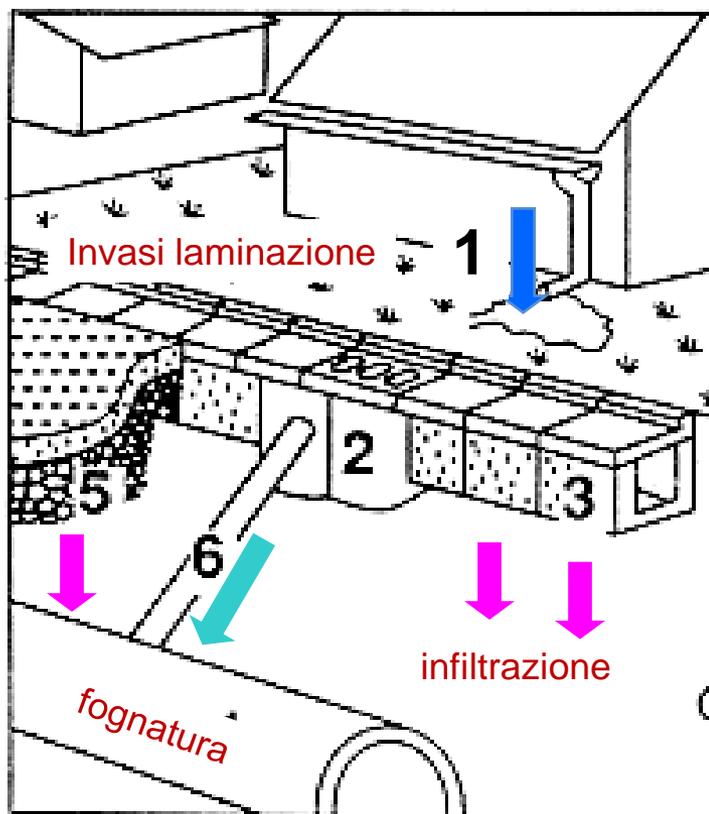


Figura 46 – Caronno Pertusella, sottobacini “via Rossini” e “Testa impianto”. Effetti dell'invarianza idraulica sui volumi di esondazione

Riducendo le aree impermeabili afferenti al sistema fognario:

- i valori della portata al colmo scaricata nel ricettore variano poco, per tutti i tempi di ritorno considerati;
- il volume idrico scaricato nel ricettore si riduce, proporzionalmente alla percentuale di riduzione dell'impermeabilizzazione, in tutti i tempi di ritorno considerati
- il volume delle esondazioni si riduce sensibilmente, con percentuali decrescenti all'aumentare del tempo di ritorno dell'evento considerato.

Interventi **diffusi** di riduzione delle portate meteoriche



Riduzione/annullamento delle portate meteoriche scaricate in fognatura mediante:

- separazione delle acque meteoriche dei tetti e coperture non inquinate
- laminazione in invasi superficiali e sotterranei
- infiltrazione (ove possibile in relazione alla permeabilità dei suoli e alla tutela delle falde)
- limitazione della portata immessa in fognatura (con manufatto per controllo pubblico)

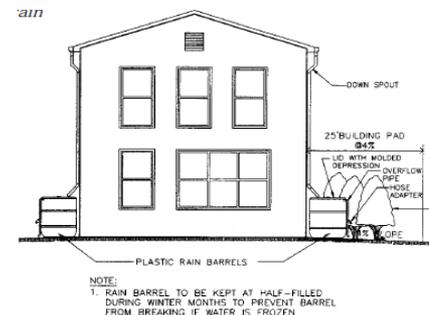
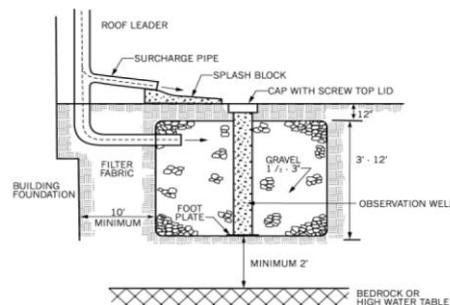
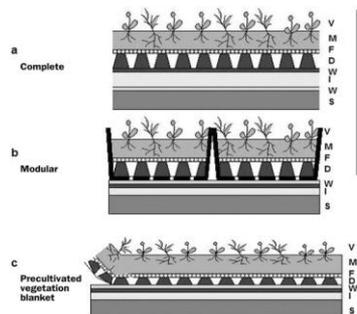
Interventi **diffusi** di riduzione delle portate meteoriche



Interventi **diffusi** di riduzione delle portate meteoriche

Ordine di grandezza indicativo del volume di laminazione necessario (per capacità disperdente molto bassa):

- per $T = 10$ anni \Rightarrow Vol $\approx 500 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{imp}}$
- per $T = 50$ anni \Rightarrow Vol $\approx 800 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{imp}}$
- per $T = 100$ anni \Rightarrow Vol $\approx 1.000 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{imp}}$



Interventi **diffusi** di riduzione delle portate meteoriche

Esempio di invarianza idraulica Lottizzazione privata



Descrizione	SITUAZIONE ATTUALE		percent. sul totale %
	Sup. (m ²)	Sup. (ha)	
SUPERFICIE TOTALE	24'890	2.49	
TETTI	5'857	0.59	24%
STRADE INTERNE	1'399	0.14	6%
PARCHEGGI (IMPERMEABILI)	3'287	0.33	13%
VIALETTI, MARCIAPIEDI, PISTE CICLAB., PIAZZETTE	2'797	0.28	11%
ALTRE AREE PAVIMENTATE (accessi, ecc.)	1'221	0.12	5%
AREE VERDI	10'330	1.03	42%

Invaso necessario: $2.49 \text{ ha}_{\text{imp}} \times 0,58 \times 1000 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{imp}} = \sim 1500 \text{ m}^3$

 PAVIMENTAZIONI
PERMEABILI

 DEPRESSIONI, AREE VERDI
LAMINAZIONI SUPERFICIALI

 CUNETTE E
TRINCEE DRENANTI

 TETTI VERDI
TERRAZZI E PARETI

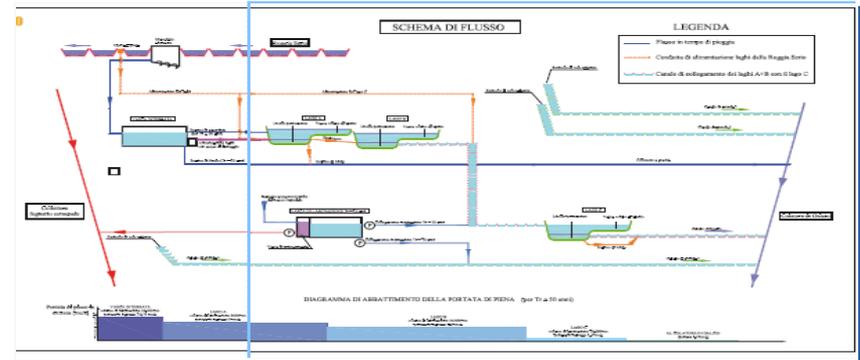
 SERBATOI ACQUA PIOVANA E
SISTEMI DI STOCCAGGIO E RIUSO

Esempio di invarianza idraulica

Nuova area ospedaliera di Parco della Trucca a Bergamo (2009 – 2011)



- Area ospedaliera di 27,5 ha. Parco di 22 ha.
- Portate uscenti nel limite di 20 l/s/ha_{imp} (PTUA Reg. Lombardia)
- Vasca prima pioggia da 50 mc/ha_{imp} (Reg. n. 3 Reg. Lombardia)



5 Vasche di laminazione		Volume (mc)
Vasca interrata di laminazione area ospedaliera	Prima pioggia	1.000
	Laminazione	5.000
4 Vasche di laminazione Roggia Serio e aree extra urbane	Vasca interrata	24.000
	Lago A	8.000
	Lago B	24.000
	Lago C	18.000

Totale 80.000

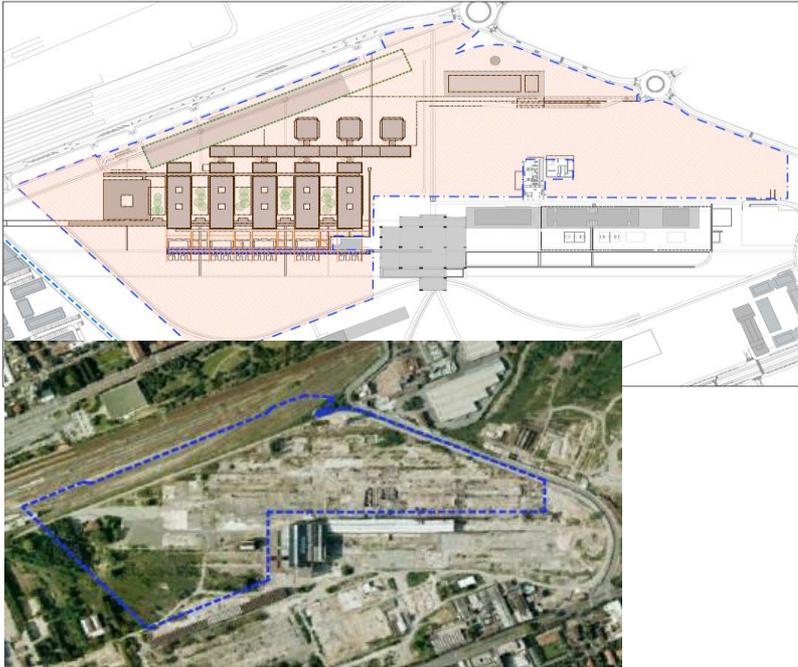
Portata meteorica massima uscente

~ 1,2 mc/s



Esempio di invarianza idraulica

Città della Salute a Sesto S. Giovanni (MI)



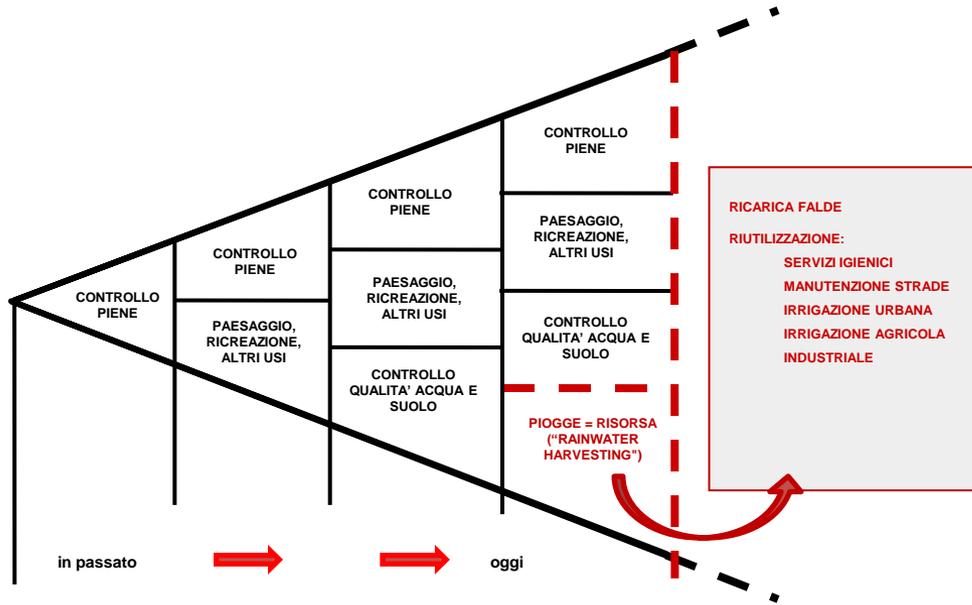
Portata meteorica in
fogna o nel reticolo
superficiale
0 mc/s

Aree coperte Padiglioni	3,30 ha
Aree esterne fruibili	3,80 ha
Aree verdi	6,40 ha
Area agricola	5,50 ha
Area Polo Tecnologico	<u>1,50 ha</u>
Superficie totale	20,5 ha

Vincoli progettuali imposti da disciplinare di gara:

- Reti separate:
 - **rete acque meteoriche**: recapito esclusivo nel sottosuolo (laminazioni e dispersioni atte a evitare totalmente lo scarico in fogna e nel reticolo superficiale)
 - **rete acque reflue**: recapito nella rete fognaria e nell'impianto di depurazione pubblico.

Le aree di laminazione nel quadro della strategia europea a favore di infrastrutture verdi



Le aree di laminazione, destinate al controllo delle piene, rappresentano anche l'occasione per ripensare il rapporto tra i diversi elementi che caratterizzano il territorio e per valorizzare il paesaggio.

(Commissione UE 2013 sulle "GREEN INFRASTRUCTURES")
 (<http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/>)

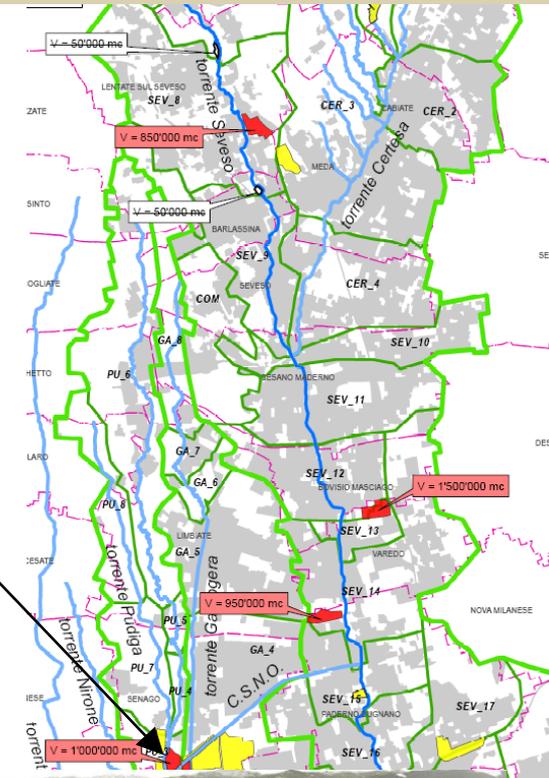
Il progressivo sviluppo delle finalità degli invasi di laminazione [Walesh, 1989; USEPA, 1999]



Laminazione F. Seveso a Senago (MI)

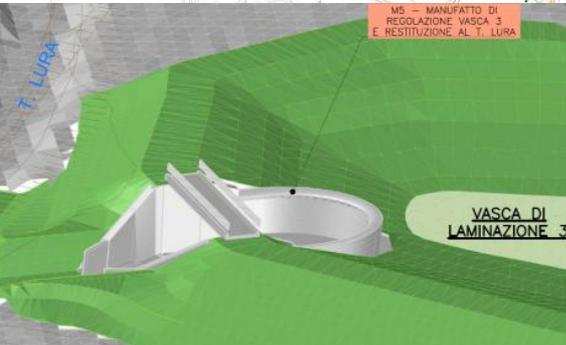


- Laminazione delle piene del F. Seveso derivate nel Canale Scolmatore Nord-Ovest (C.S.N.O.)
- 3 vasche in serie volume 930.000 mc



Laminazione T. Lura a Bregnano e Lomazzo (CO)

3 vasche in serie
volume 520.000 mc



Ordine Ingegneri della Provincia di Monza e Brianza
Seminario: *La manutenzione dei collettori di fognatura per un moderno ed efficace sistema di drenaggio urbano.* Monza, 5 giugno 2015.

La gestione sostenibile delle acque meteoriche
Alessandro Paoletti – Politecnico di Milano - CSDU

La gestione integrata delle acque di pioggia

Conclusioni

- I sistemi di drenaggio urbano costituiscono il principale presidio idraulico e ambientale dei territori urbanizzati.
- Le acque meteoriche urbane influenzano fortemente la gestione delle reti fognarie, sia miste che separate.
- Le acque meteoriche di dilavamento **devono essere depurate** (D. Lgs. 152/2006 e s.m.i.).
- In base al principio del **“chi inquina, paga”** gli oneri di costruzione e di gestione per raccolta, convogliamento, laminazione, e depurazione delle acque meteoriche urbane sono comunque a carico della cittadinanza “utente” delle aree urbane.



Tariffa del servizio SII?
Tassa di scopo?
Fiscalità generale?

La gestione integrata delle acque di pioggia

Conclusioni

- Le incertezze nella determinazione del rischio idraulico sono ineliminabili in quanto dipendono da numerose concause, quali:
 - conoscenza parziale dei fenomeni
 - aleatorietà degli eventi naturali
 - incidenza del trasporto solido e della dinamica geomorfologica
 - continue modificazioni del territorio indotte dagli stessi eventi naturali e dall'uomo
 - effettiva funzionalità delle reti di drenaggio urbano
 - incidenza effettiva delle opere di controllo delle piene (spesso incompiute)
 - cambiamenti climatici.
- Incentivare la percezione del **rischio idraulico** di cittadinanza e amministratori:
 - accettazione sul territorio di misure strutturali e non strutturali di controllo delle piene e di tutela e valorizzazione dei corsi d'acqua
 - consapevolezza di un ineliminabile **rischio idraulico residuo** nelle aree soggette ad alluvionamento, comunque presente anche dopo l'attuazione delle suddette misure di controllo delle piene.



Grazie per l'attenzione

Ordine Ingegneri della Provincia di Monza e Brianza

Seminario: *La manutenzione dei collettori di fognatura per un moderno ed efficace sistema di drenaggio urbano*. Monza, 5 giugno 2015.

La gestione sostenibile delle acque meteoriche

Alessandro Paoletti – Politecnico di Milano - CSDU