



Invarianza idraulica e salvaguardia della permeabilità dei suoli nella progettazione urbanistica ed edilizia

A cura del funzionario della

Autorità di Bacino del Distretto Dell'Appennino Meridionale – Puglia

Ing. Valeria A. INTINI

CONSUMO DI SUOLO:

Quali sono gli impatti potenziali nelle aree circostanti le superfici direttamente coperte artificialmente?

Dalle analisi condotte da ISPRA (2017) emerge che la Puglia si attesta ai primi posti della classifica nazionale per impatti potenziali negativi nell'intorno delle aree artificialmente coperte....

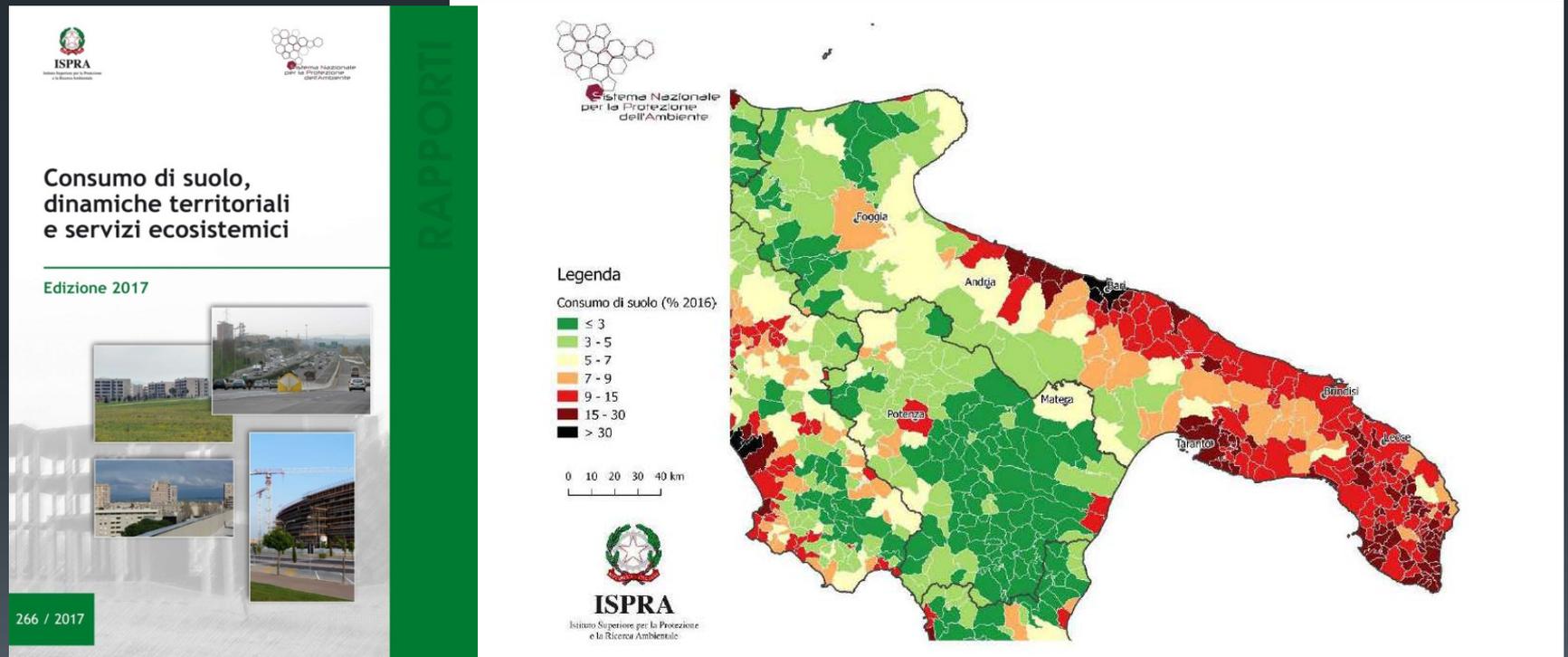
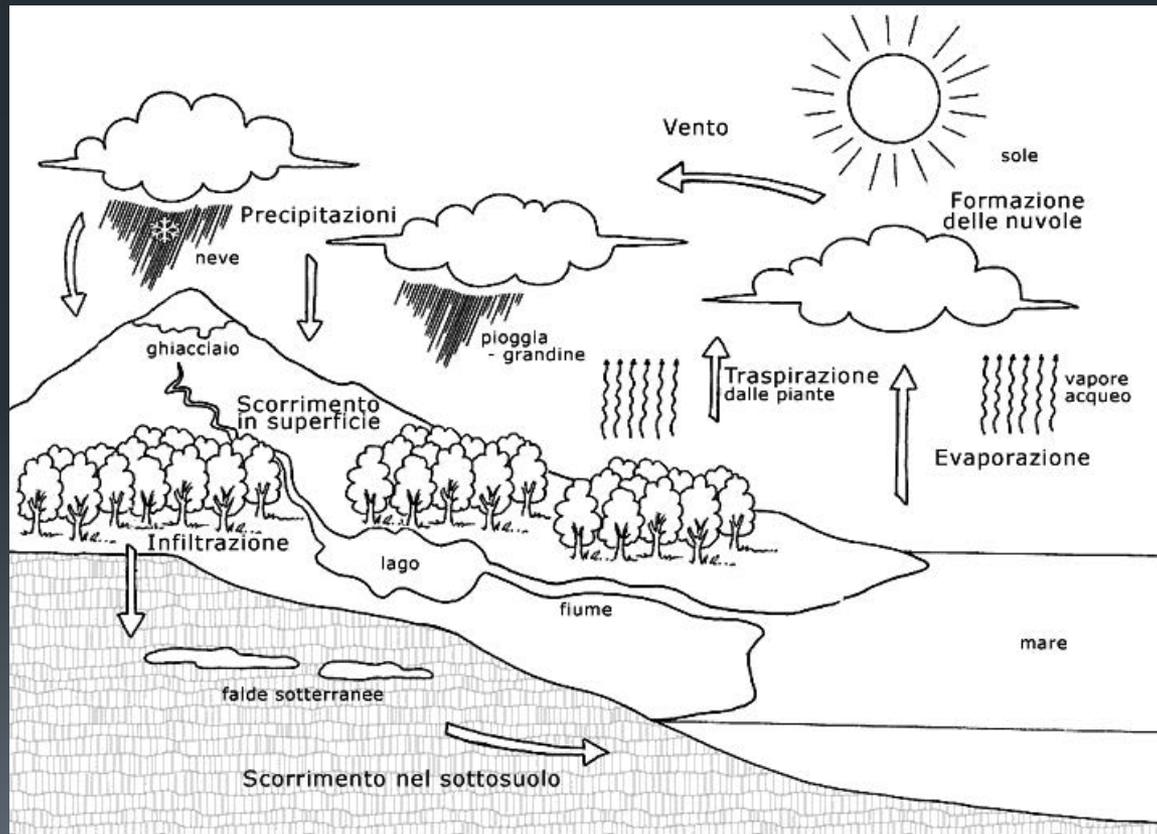


Figura 142 - Consumo di suolo a livello comunale (% 2016)

CONSUMO DI SUOLO:

Quali i principali effetti sul sistema ambiente – suolo – acque?
Proviamo a ragionare, ad es., in termini di modifiche sul ciclo dell'acqua per effetto del consumo di suolo...o meglio, per effetto della copertura artificiale e dell'impermeabilizzazione da esso derivante particolarmente in ambito urbano e periurbano...



CONSUMO DI SUOLO:

Le Norme Tecniche di Attuazione del PAI Puglia:

TITOLO II - ASSETTO IDRAULICO

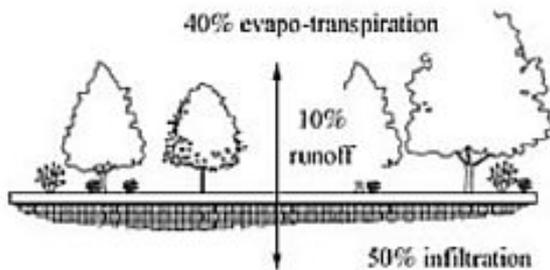
ARTICOLO 4 Disposizioni generali

[...]

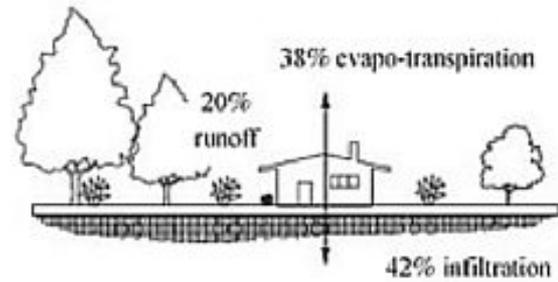
3. Nelle aree a pericolosità idraulica, **tutte le nuove attività e i nuovi interventi** devono essere tali da:

- a) migliorare o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità idraulica;
- b) non costituire in nessun caso un fattore di aumento della pericolosità idraulica né localmente, né nei territori a valle o a monte, producendo significativi ostacoli al normale libero deflusso delle acque ovvero causando una riduzione significativa della capacità di invaso delle aree interessate;
- c) non costituire un elemento pregiudizievole all'attenuazione o all'eliminazione delle specifiche cause di rischio esistenti;
- d) non pregiudicare le sistemazioni idrauliche definitive né la realizzazione degli interventi previsti dalla pianificazione di bacino o dagli strumenti di programmazione provvisoria e urgente;
- e) garantire condizioni adeguate di sicurezza durante la permanenza di cantieri mobili, in modo che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un ostacolo significativo al regolare deflusso delle acque;
- f) **limitare l'impermeabilizzazione superficiale del suolo impiegando tipologie costruttive e materiali tali da controllare la ritenzione temporanea delle acque** anche attraverso adeguate reti di regimazione e di drenaggio;
- g) rispondere a **criteri di basso impatto ambientale** facendo ricorso, laddove possibile, all'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica.

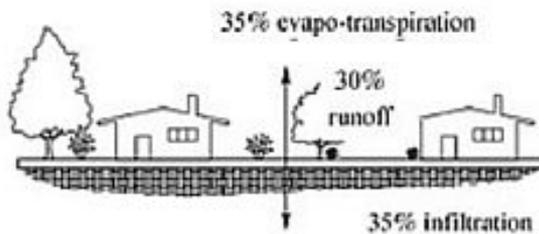
CONSUMO DI SUOLO:



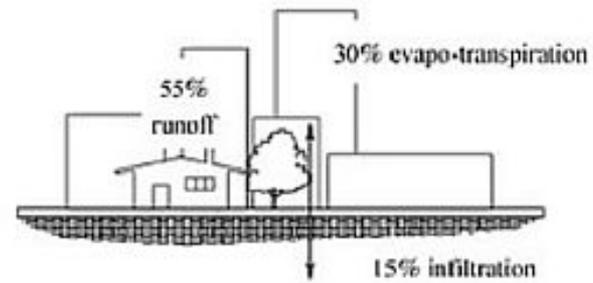
natural ground cover



10%-20% impervious surface



35%-50% impervious surface



75%-100% impervious surface

CONSUMO DI SUOLO:

L'aumento del consumo di suolo significa:

- Maggiore artificializzazione
- Perdita di suolo
- Erosione del paese rurale
- Maggiore vulnerabilità al cambiamento climatico
- Aumento delle criticità idrauliche in ambito urbano e periurbano

Per il raggiungimento dell'obiettivo europeo al 2050, bisogna invertire la tendenza attuale mediante:

- Promozione del capitale naturale
- Edilizia di qualità
- Rigenerazione urbana
- Riutilizzo delle aree dismesse
- Utilizzo di MISURE COMPENSATIVE per aree intercluse in ambiti già fortemente urbanizzati



Qui entrano in gioco i concetti di
INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA
nella programmazione dello sviluppo territoriale futuro

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA:

Le piogge intense in ambito naturale producono due effetti:

INFILTRAZIONE NEL SUOLO → che determina una detrazione dei volumi defluiti e restituiti al ricevitore (definito tecnicamente dal «*coefficiente di deflusso*»);

LAMINAZIONE SUPERFICIALE → che determina uno stoccaggio parziale dei volumi di runoff e una restituzione «*controllata*» al ricevitore

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA:

L'impermeabilizzazione e l'artificializzazione delle aree naturali ha due effetti immediati:

SULL' INFILTRAZIONE NEL SUOLO → ne riduce ai minimi termini la capacità determinando l'annullamento del controllo sui volumi di runoff e il loro sostanziale **AUMENTO** con conseguente **RIDUZIONE DEGLI APPORTI ALLA FALDA SOTTERRANEA**;

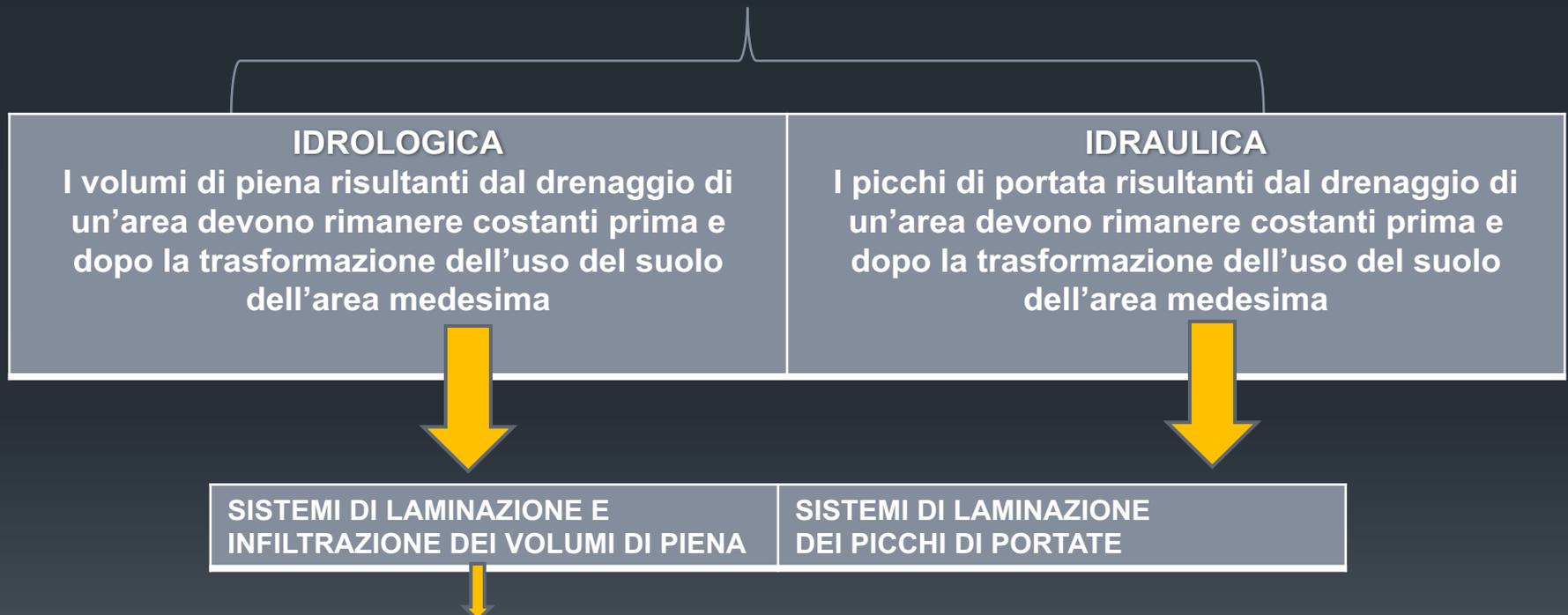
SULLA LAMINAZIONE SUPERFICIALE → le attività di regolarizzazione delle superfici naturali e la canalizzazione artificiale dei deflussi superficiali determinano una sostanziale accelerazione dei deflussi medesimi con aumento progressivo delle capacità di erosione e riduzione notevole dei tempi di corrivazione;

Il risultato è un **AUMENTO delle CRITICITA' IDRAULICHE** derivanti da maggiori volumi d'acqua incidenti in ambiti costruiti, che percorrono le maglie urbane ad alte velocità e raggiungono il proprio recapito in tempi strettissimi non consentendo, spesso e volentieri, ai classici sistemi di drenaggio urbano (le fogne bianche) di smaltire e drenare tali volumi.

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA:

Una delle MISURE COMPENSATIVE da attuare contestualmente alla PROGETTAZIONE URBANISTICA ED EDILIZIA FUTURA è quindi la

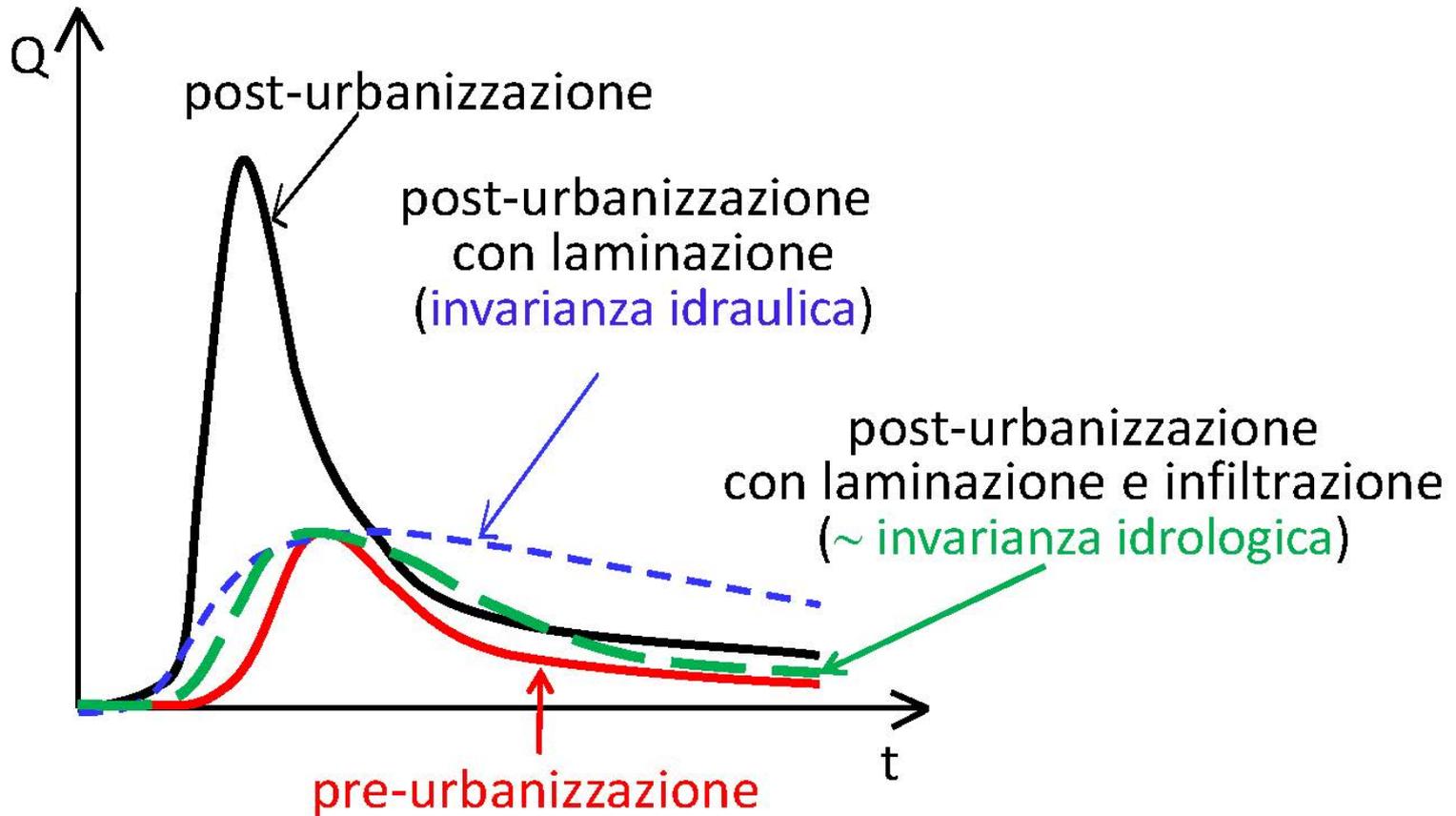
INVARIANZA



Da preferire nei casi in cui si sia preventivamente verificato che non vi siano nell'area ulteriori problemi di:

- Tutela quali-quantitativa della falda;
- Stabilità dei versanti;
- Stabilità del sottosuolo;
- Ecc.

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA:



INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA:

PERSEGUIMENTO DELL'INVARIANZA IDROLOGICA: sistemi di laminazione e infiltrazione dei volumi di piena	PERSEGUIMENTO DELL'INVARIANZA IDRAULICA: sistemi di laminazione dei picchi di portate
---	--



LA PREDISPOSIZIONE DI OGNUNO DI QUESTI SISTEMI DOVRA' PERSEGUIRE, PREFERIBILMENTE E NELL'ORDINE DI PRIORITA' RIPORTATO, I SEGUENTI OBIETTIVI:

- 1. Riuso dei volumi laminati**
- 2. Infiltrazione dei volumi laminati**
- 3. Scarico controllato dei volumi laminati in altro corpo idrico superficiale**
- 4. Scarico controllato dei volumi laminati in fognatura separata**

I volumi di piena e i picchi di portate risultanti dal drenaggio di un'area devono rimanere costanti prima e dopo la trasformazione dell'uso del suolo dell'area medesima



$$Q_{ante} = Q_{post}$$
$$V_{ante} = V_{post}$$



Realizzazione di volumi di invaso e laminazione che consentono :

infiltrazione e immagazzinamento volumi nel suolo	Stoccaggio temporaneo volumi eccedenti e restituzione controllata al ricevitore
---	---

INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA



RICARICA DELLA FALDA



INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA:

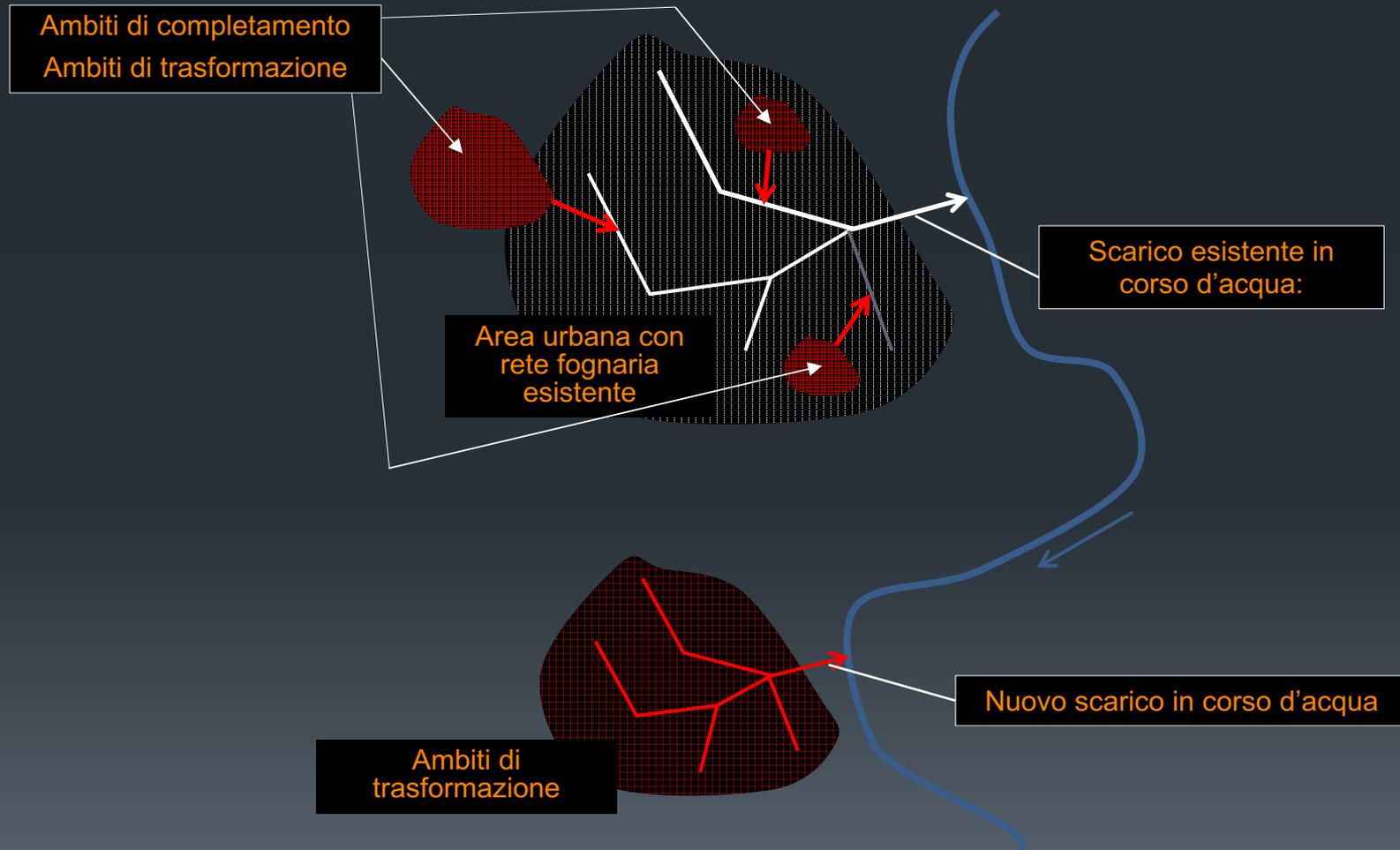
misure possibili nella progettazione urbanistica ed edilizia

Alcune Regioni italiane hanno già provveduto a emanare atti di tipo normativo e/o tecnico-amministrativo che consentono un approfondimento della tematica «Invarianza idraulica e idrologica» nell'ambito della Progettazione Urbanistica ed Edilizia. A titolo esemplificativo:

- **Regione Lombardia, attraverso l'emanazione della Legge Regionale 15 marzo 2016 , n. 4 «Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua»;**
- **Regione Emilia Romagna – Delibera di Giunta n. 53 del 27.01.2014 – predisposizione delle «Linee Guida per i criteri, le modalità e le indicazioni tecnico-operative per la redazione della verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione territoriale e per l'invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali» - *Legge Regionale n. 22 del 23.11.2011 «Norme in materia di riqualificazione urbana sostenibile e assetto idrogeologico»***

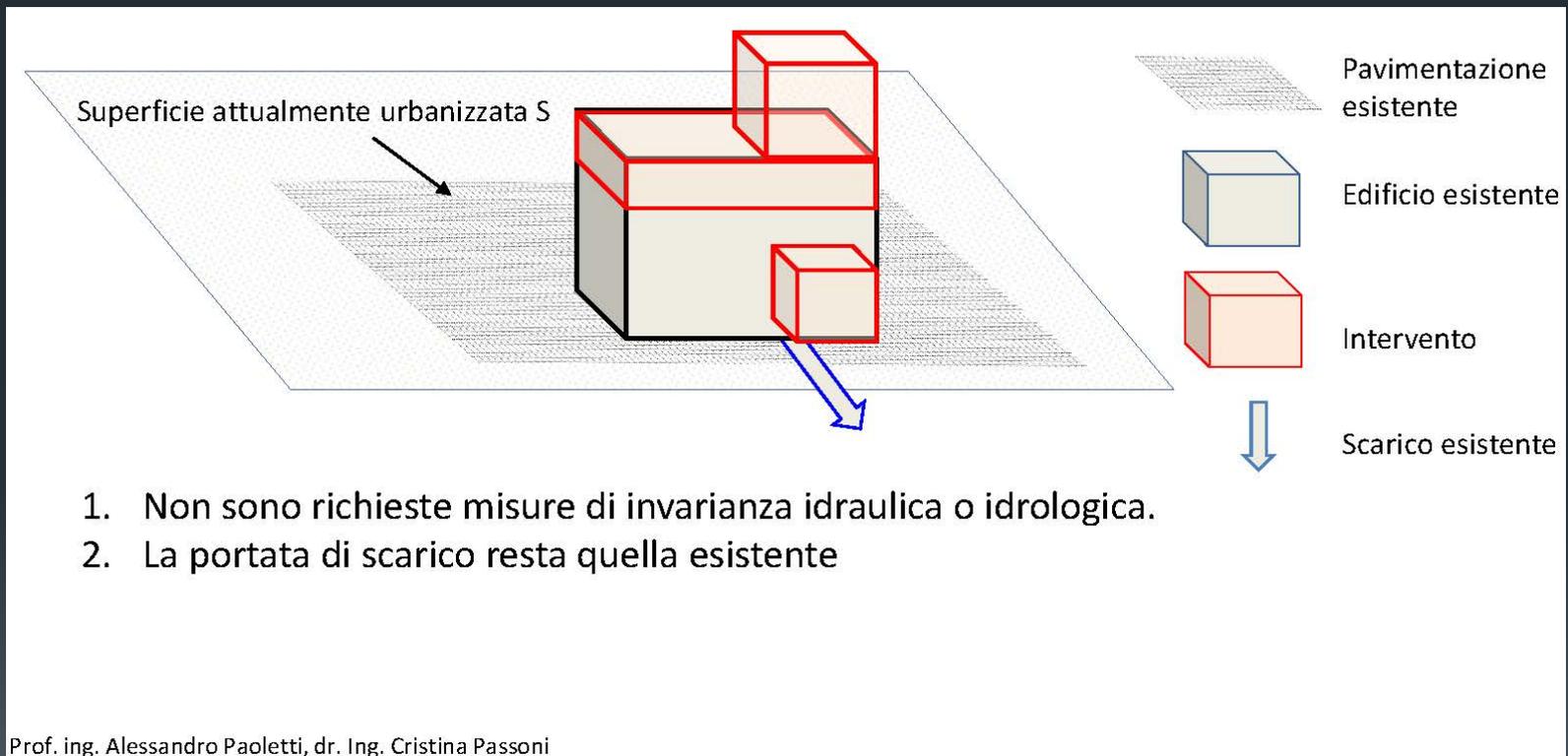
INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA:

misure possibili nella
progettazione urbanistica ed edilizia



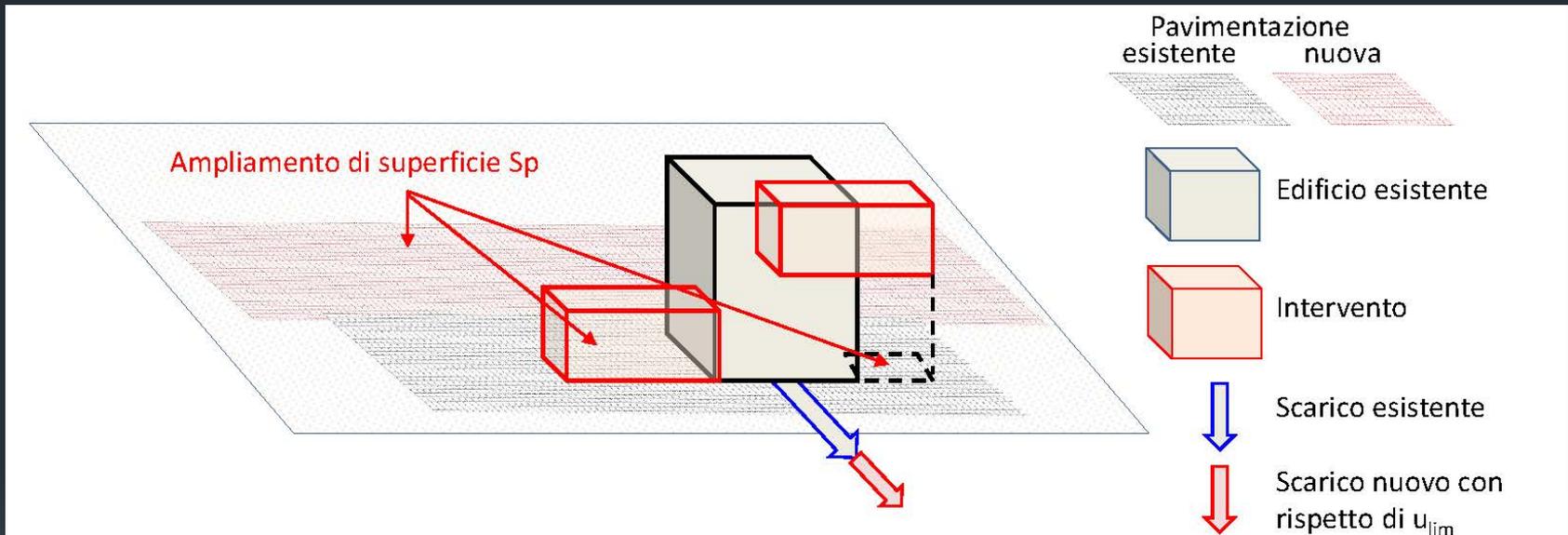
INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA: misure possibili nella progettazione urbanistica ed edilizia

1A. RISTRUTTURAZIONE PARZIALE SENZA MODIFICA DELLA SUPERFICIE INSEDIATA



INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA: misure possibili nella progettazione urbanistica ed edilizia

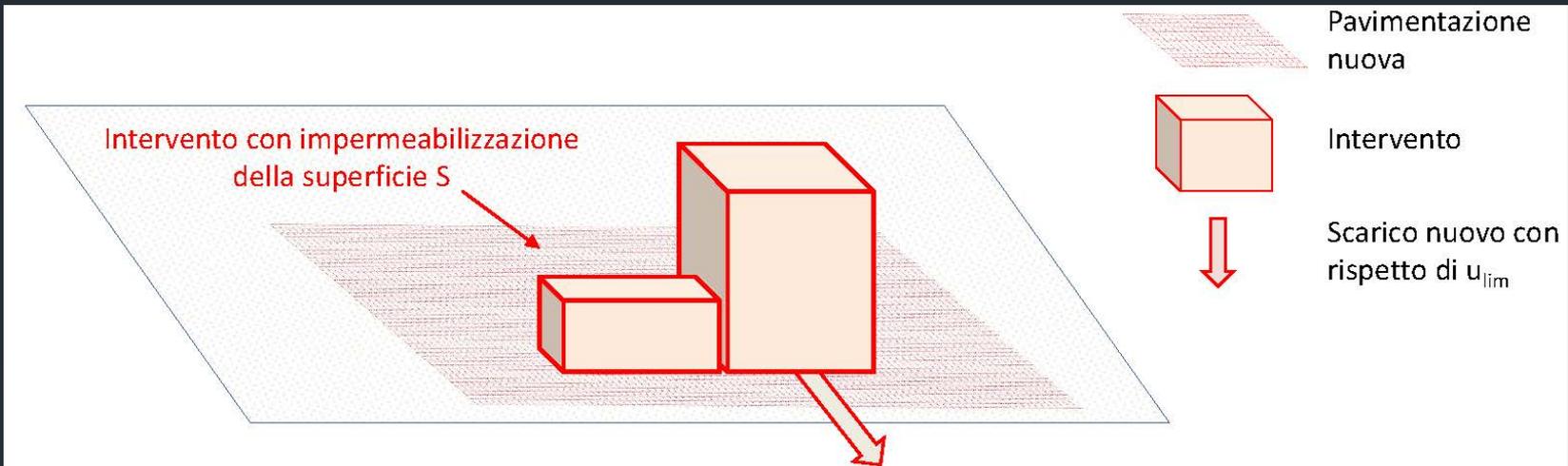
1B. RISTRUTTURAZIONE PARZIALE CON MODIFICA DELLA SUPERFICIE INSEDIATA



1. Sono richieste misure di invarianza idraulica o idrologica calcolate per la superficie S_p di ampliamento dell'edificio (calcolata sulla sua proiezione sul suolo) e della pavimentazione.
2. Alla portata di scarico esistente si aggiunge la portata ($Q \leq u_{lim} \times S_p$) relativa alla superficie S_p ampliata (portata vincolata al limite massimo ammissibile u_{lim} di Regolamento)

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA: misure possibili nella progettazione urbanistica ed edilizia

2. NUOVA COSTRUZIONE

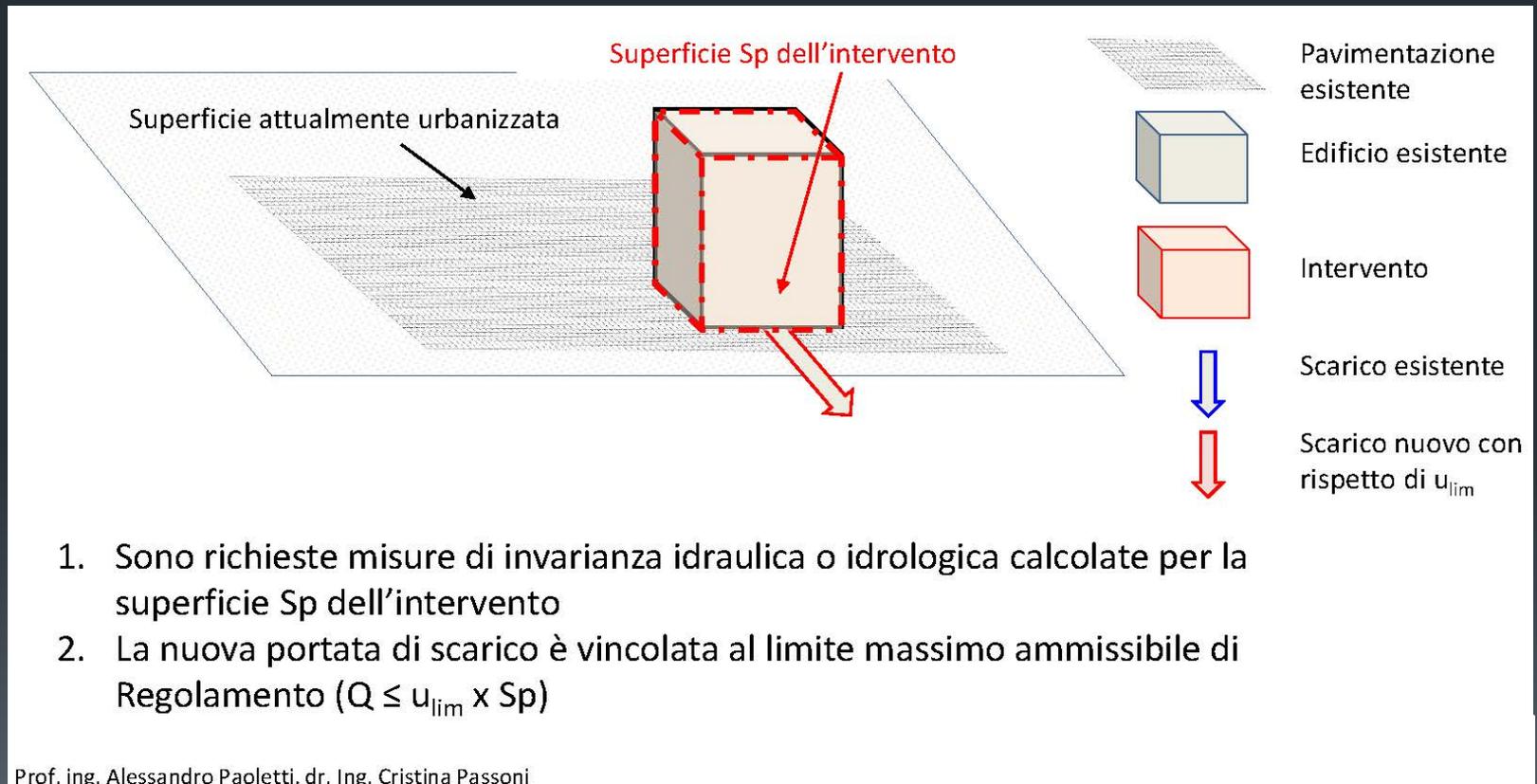


1. Sono richieste misure di invarianza idraulica o idrologica calcolate per la superficie S dell'intervento
2. La portata di scarico è vincolata al limite massimo ammissibile di Regolamento ($Q \leq u_{lim} \times S$)

Prof. ing. Alessandro Paoletti, dr. Ing. Cristina Passoni

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA: misure possibili nella progettazione urbanistica ed edilizia

3A. DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE TOTALE SENZA MODIFICA DELLA SUPERFICIE



Prof. ing. Alessandro Paoletti, dr. Ing. Cristina Passoni

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA: misure possibili nella progettazione urbanistica ed edilizia

3B. DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE PARZIALE

Demolizione e ricostruzione della superficie parziale S_p

Pavimentazione esistente Pavimentazione nuova

Edificio esistente

Intervento

Scarico esistente

Scarico nuovo con rispetto di u_{lim}

1. Sono richieste misure di invarianza idraulica o idrologica calcolate per la superficie S_p ricostruita
2. La portata di scarico della nuova ricostruzione è vincolata al limite massimo ammissibile di Regolamento ($Q \leq u_{lim} \times S_p$)

Prof. ing. Alessandro Paoletti, dr. Ing. Cristina Passoni

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA: misure possibili nella progettazione urbanistica ed edilizia



Le misure di compensazione per il raggiungimento dell'invarianza idrologica e idraulica devono partire da due presupposti:

1. che sia necessario calcolare un volume di invaso da rendere disponibile per compensare l'impermeabilizzazione operata dalla trasformazione dell'uso del suolo dell'area su cui si opera;
2. che sia nota la portata ammissibile allo scarico nel corpo ricettore;

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA: misure possibili nella progettazione urbanistica ed edilizia



L'EFFICACIA DELLA FUNZIONE DI LAMINAZIONE E' REGOLATA DA DUE PARAMETRI DI PROGETTO:



Dimensione della Luce di Scarico (D_n)

Tirante idrico massimo che si può sviluppare in vasca (h_{max})

- A parità di portata in ingresso alla vasca e di volume totale assegnato alla vasca, più piccola è la dimensione della luce di scarico più alto è il tirante idrico che si realizza in vasca;
- A parità di dimensione di luce di scarico e tirante idrico massimo in vasca, l'efficacia della laminazione dipende direttamente dal volume totale della vasca e dalla durata della pioggia.

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA: misure possibili nella progettazione urbanistica ed edilizia

INDIVIDUAZIONE DEGLI AMBITI TERRITORIALI SECONDO UNA CLASSIFICAZIONE PER TIPO DI CRITICITA' IDRAULICA A CUI ASSOCIARE UNA PORTATA MASSIMA AMMISSIBILE AL CORPO RICETTORE (Definita in termini di coefficiente udometrico):

CONVENZIONALMENTE si assume che:

- ad aree naturali possa essere associato un coefficiente udometrico (espressione della portata ammissibile al proprio ricettore finale) che si attesti fra i 10-20 l/s per ha per tempi di ritorno degli eventi alti;
- Ad aree già urbanizzate possa essere associato un coefficiente udometrico comunque inferiore, o al più uguale, ai 40 l/s per ha

A = aree naturali ad Alta criticità idraulica	U_{lim} = 10l/s per ha
B = aree naturali a Media criticità idraulica	
C = aree naturali a Bassa criticità idraulica	U _{lim} = 20 l/s per ha

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA:

misure possibili nella progettazione urbanistica ed edilizia

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	MODALITÀ DI CALCOLO	
			AMBITI TERRITORIALI	
			Aree A, B	Aree C
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	≤ 0,1 ha (≤ 1.000 mq)	Requisiti minimi *	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	≤ 0,1 ha (≤ 1.000 mq)	Metodo delle sole piogge	Requisiti minimi
		da > 0,1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)		
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	Procedura dettagliata	

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA: misure possibili nella progettazione urbanistica ed edilizia

Il requisito minimo è sempre valido per gli ambiti territoriali a Bassa Criticità Idraulica, indipendentemente che si tratti di trasformazioni di uso del suolo a impermeabilizzazione potenziale Bassa, Media o Alta. Infatti esso consiste nell'attribuire un volume di laminazione standard conservando una portata ammissibile allo scarico nel ricettore sempre inferiore o al più uguale a 20l/s per ha.

Criticità dell'area	Volume specifico standard di laminazione
aree A ad alta criticità idraulica	800 mc per ettaro di superficie impermeabile dell'intervento
aree B a media criticità idraulica	600 mc per ettaro di superficie impermeabile dell'intervento
aree C a bassa criticità idraulica	400 mc per ettaro di superficie impermeabile dell'intervento



Portata scarico:
 $\leq 20 \text{ l/s /ha}_{\text{imp}}$

Il requisito minimo è, invece, valido per gli ambiti territoriali a Media e Alta Criticità Idraulica, solo ed esclusivamente in caso di trasformazioni di uso del suolo a impermeabilizzazione potenziale Bassa.

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA:

misure possibili nella progettazione urbanistica ed edilizia

Per tutti gli altri casi:

Classe di intervento	Ambito territoriale	
	A(alta cr.idr.)	B(media cr.idr.)
Imperm. Pot. Media	Metodo delle sole piogge	
Imperm. Pot. Alta	Procedura dettagliata	

Le ipotesi di partenza del metodo sono:

1. Sia trascurabile la trasformazione afflussi/deflussi;
2. La portata di ingresso sia data dalla moltiplicazione di uno ietogramma rettangolare ($i=cost$) per l'area scolante di riferimento;
3. La portata uscente sia anch'essa costante e di forma rettangolare
4. Il volume di compensazione sarà dato dalla differenza fra $Q_{ingresso}$ e Q_{uscita} al termine dell'evento piovoso: in sostanza sarà il massimo volume dell'evento di durata critica

Metodo di trasformazione afflussi/deflussi:

1. Calcolo dello ietogramma di progetto per la specifica area;
2. Calcolo dello ietogramma netto;
3. Elaborazione di un'idrogramma di portate di ingresso;
4. Calcolo del processo di laminazione avendo stabilito l'equazione caratteristica della bocca di scarico

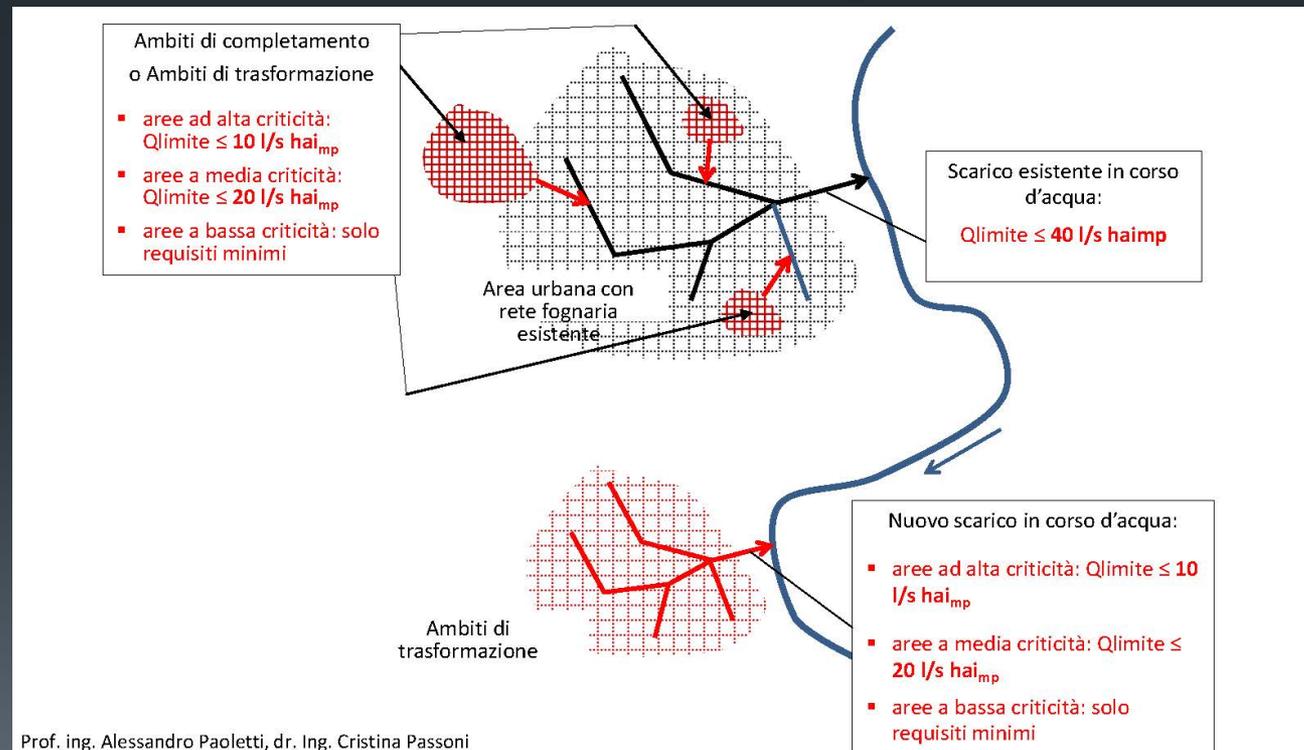
Il tempo di svuotamento sarà un parametro sostanziale del metodo da calcolare come:

$$tsv = \frac{W_{immag.}}{Q_{usc} + q_{infiltr}} \leq 48 \text{ ore}$$

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA:

misure possibili nella progettazione urbanistica ed edilizia

Tornando, quindi, allo schema generale della
Pianificazione Urbanistica coerente
con le misure atte alla compensazione dell'impermeabilizzazione
(invarianza idraulica e/o idrologica)
operata dalla trasformazione dell'uso del suolo ad essa conseguente:



INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA:

misure possibili nella progettazione urbanistica ed edilizia

CALCOLO DEL VOLUME DI INVASO DI COMPENSAZIONE DELL'IMPERMEABILIZZAZIONE:
La formula può essere utilizzata o con riferimento all'intero bacino scolante o alla specifica area Interessata dalla trasformazione dell'uso del suolo

$$W = W^{\circ} \cdot (\phi/\phi^{\circ})^{(1/I-n)} - 15 \cdot I - W^{\circ} \cdot P$$

Dove:

W	=	volume minimo d'invaso (Volume della vasca)
W [°]	=	50 mc/ha (valore convenzionale) volume minimo d'invaso prima della trasformazione
φ	=	Coefficiente di deflusso dopo la trasformazione

Secondo indicazioni note in letteratura (ad es. CSDU 1997) l'invaso specifico di una superficie non urbanizzata può essere assunta pari a c.a. 15mc/ha; mentre per superfici urbanizzate anche se parzialmente permeabili può essere assunto pari a c.a. 50mc/ha (valore assegnato a w[°])

φ [°]	=	Coefficiente di deflusso prima la trasformazione
I [°]	=	Superficie impermeabile esistente
I	=	Superficie impermeabile di progetto (% dell'area che viene trasformata)
P [°]	=	Superficie permeabile esistente
P	=	Superficie permeabile di progetto (% dell'area inalterata)
n	=	0.48 (valore convenzionale) Esponente della curva di possibilità climatica
I + P = 100% area		
IMP [°] = I [°] /V	=	Frazioni di area totale impermeabilizzata prima della trasformazione
PER [°] = P [°] /V	=	Frazioni di area totale permeabile prima della trasformazione
IMP = I/V	=	Frazioni di area totale impermeabilizzata dopo della trasformazione
PER = P/V	=	Frazioni di area totale permeabile dopo la trasformazione

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA: misure possibili nella progettazione urbanistica ed edilizia

$$W = W^{\circ} \cdot (\phi/\phi^{\circ})^{(1/1-n)} - 15 \cdot I - W^{\circ} \cdot P$$

(1)

La formula indicata per il calcolo del volume di compensazione della impermeabilizzazione rappresenta il requisito minimo in tutte le condizioni da soddisfare per il raggiungimento dell'invarianza idraulica di ogni intervento di alterazione e/o modifica dell'uso del suolo.

Gli interventi anche in questo caso vengono classificati come segue:

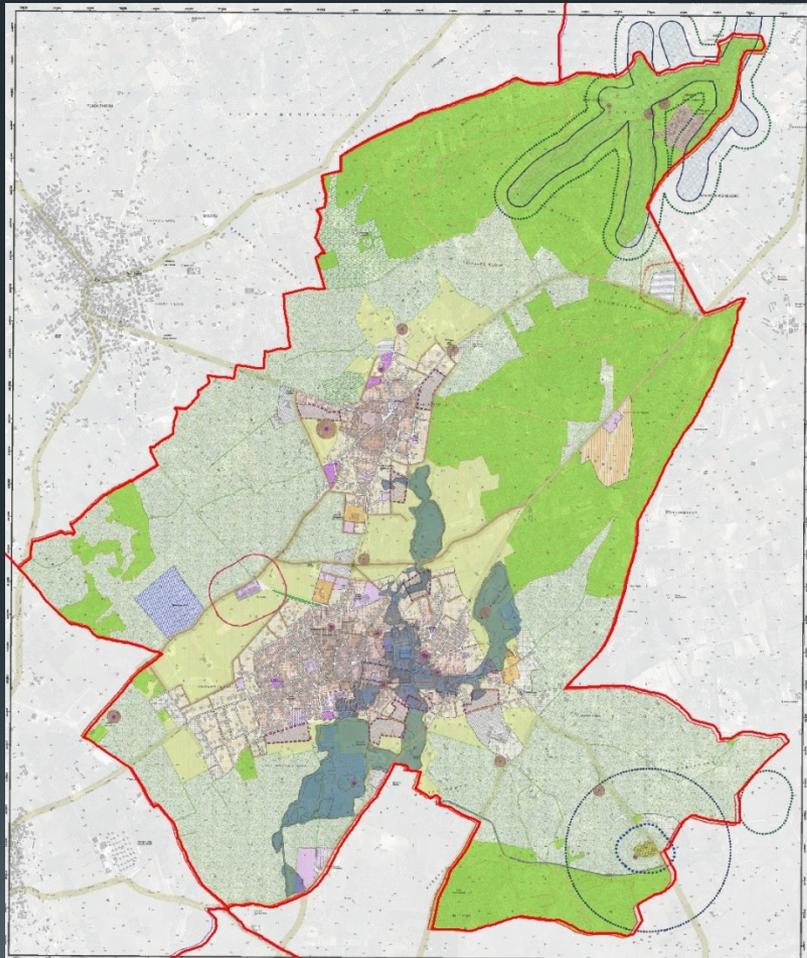
INTERVENTI	DEFINIZIONE	REQUISITI da soddisfare
A TRASCURABILE IMPEREMABILIZZAZIONE	Superfici di trasformazione inferiore a 0.1ha	Requisiti minimi: applicazione della formula (1)
A MODESTA IMPEREMABILIZZAZIONE	Superfici di trasformazione compresa tra 0.1ha<S<1ha	Applicazione della formula (1) oltre a : <ul style="list-style-type: none"> • Dn scarico ≤ 200mm • Hmax vasca ≤ 1m
A SIGNIFICATIVA IMPEREMABILIZZAZIONE	<ol style="list-style-type: none"> 1. Superfici di trasformazione compresa tra 1ha<S<10ha 2. Superfici di trasformazione S>10ha ma con Imp<0.3 	Dimensionamento della vasca di laminazione (Dn e hmax) in modo che sia conservata la portata massima defluente dall'area ai valori antecedenti l'impermeabilizzazione per eventi con: <ul style="list-style-type: none"> • Tr almeno 30 anni • tp = 2 ore
A MARCATA IMPEREMABILIZZAZIONE	Superfici di trasformazione S>10ha con Imp>0.3	Studio di maggiore dettaglio

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA:

misure possibili nella progettazione urbanistica ed edilizia:

CASO APPLICATIVO

Copianificazione per la redazione del PUG comunale di Uggiano La Chiesa (LE): Tavola dei contesti urbani



Legenda

--- Confine Comune Uggiano La Chiesa

--- Confini Comunali

Assetto Idraulico (Titolo I)

--- Reticolo Idrografico artt. 6/10 NTA P.A.I.

Area Golenale m. 75 - art. 6 NTA P.A.I.

Fascia di Pertinenza Fluviale m. 150 - art. 10 NTA P.A.I.

Ambiti di Rispetto

Fascia di Rispetto Stradale

Area di Rispetto Cimiteriale

Area di Rispetto Depuratore Consortile

Limite Zona di Emungimento

Area di Rispetto Discarica Com.le Rifiuti Solidi

Nuova Viabilità

Disciplina d'Uso del Suolo

Ambiti della Città Storica

Zona A - Interesse Storico Ambientale

Ambiti della Città Consolidata ed in via di Consolidamento

Zona B1 - Residenziali Saturate

Zona B2 - Completamento Edilizio

Zona B3 - Completamento Edilizio: Edilizia rada

Ambiti della Città in Formazione e da Riquilibrare

Zona B4 - Completamento Edilizio e Ricicatura Tessuto Urbano

Zona C1 - Residenziali di Espansione

Zona C2 - Aree per Edilizia Economica e Popolare

Ambiti della Città Produttiva

Zona D1 - Piano Insediamenti Produttivi P.I.P.

Zona D2 - Aree Produttive e Residenziali per Attività Artigianali

Zona D3 - Insediamenti a Carattere Turistico da recuperare

Zona D4 - Aree per Attrezzature Campeggistiche

Zona D5 - Aree per Attrezzature Tecnologiche

Zona D6 - Aree per Opere Terminali Impianti di Depurazione

Ambiti Rurali

Zona E1 - Aree Agricole Periurbane

Zona E2 - Aree Agricole

Zona E3 - Aree Agricole di Tutela e Salvaguardia

Zona E4 - Verde Territoriale Privato

Ambiti delle Attrezzature e dei Servizi

Zona F1 - Verde Pubblico di Quartiere

Zona F2 - Attività Sportive (svago e tempo libero) Pubbliche e Private

Zona F3 - Attrezzature di Interesse Comune

Zona F4 - Attrezzature Religiose

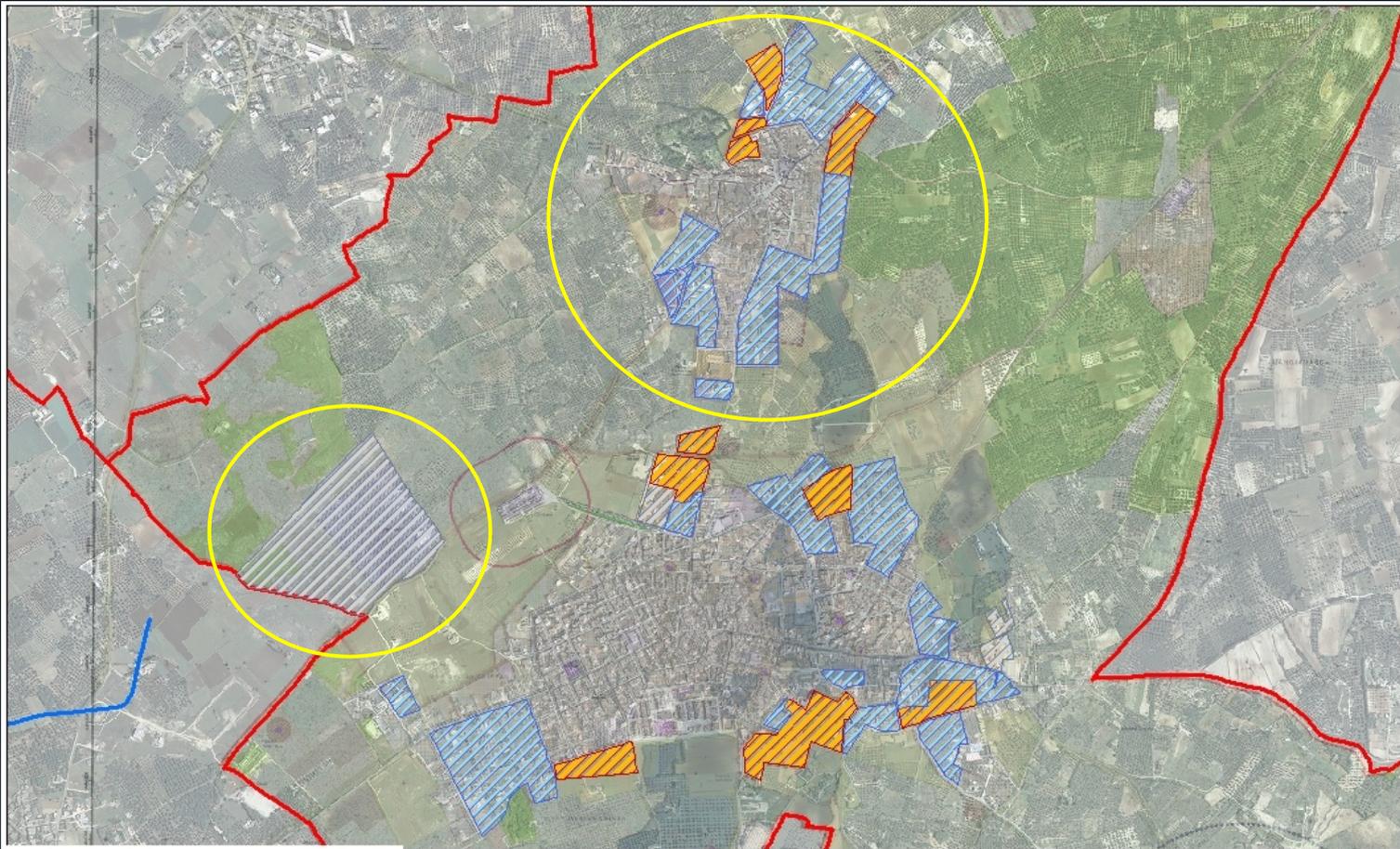
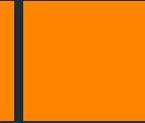
Zona F5 - Aree per Parcheggio

Zona F6 - Verde di Arredo Stradale

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA:

misure possibili nella
progettazione urbanistica ed edilizia:

CASO APPLICATIVO

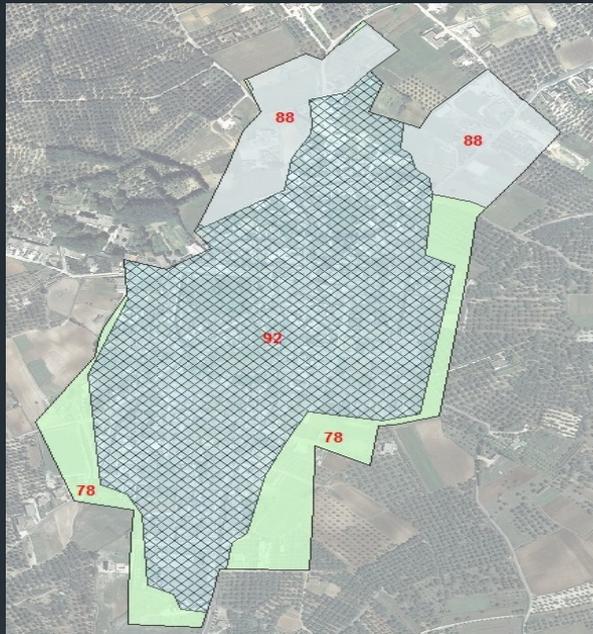


Legenda

Contesti_Urbani

-  CONTESTI URBANI IN FORMAZIONE
-  CONTESTI URBANI IN VIA DI CONSOLIDAMENTO
-  CONTESTI URBANI PRODUTTIVI

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA: misure possibili nella progettazione urbanistica ed edilizia: CASO APPLICATIVO



La prima area presa a riferimento presenta valori del CN variabili in un range di valori che caratterizzerebbe l'area come **SCARSAMENTE PERMEABILE**. Del resto si tratta di un contesto già urbanizzato e prevalentemente in via di completamento.



La seconda area presa a riferimento presenta valori del CN variabili in un range di valori che caratterizzerebbe l'area come **MOLTO PERMEABILE**. Del resto si tratta di un contesto non urbanizzato.

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA:

misure possibili nella progettazione urbanistica ed edilizia: CASO APPLICATIVO

Considerando le sole aree «In formazione»:

$A_{tot} = 4.648 \text{ ha} = 46440.8 \text{ mq}$

La futura trasformazione prevede:

30% tetti e terrazzi ($\phi = 1$)

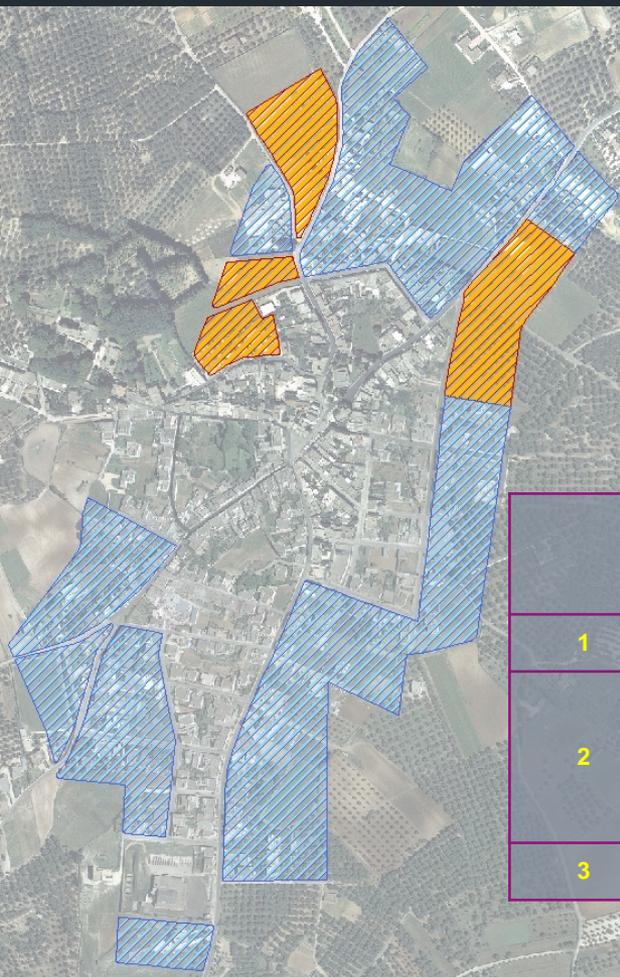
20% pavimentazione semipermeabile ($\phi = 0.7$)

15% « « per viabilità ($\phi = 0.7$)

35% aree a verde pubblico ($\phi = 0.3$)

$\phi_{pond} = 0.65$

Essendo l'area di impermeabilizzazione potenziale compresa fra 1 e 10 ha, essa è classificabile come un intervento di MEDIA IMPERM. POT.



CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	MODALITÀ DI CALCOLO	
			AMBITI TERRITORIALI	
		Aree A, B		Aree C
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	$\leq 0,1 \text{ ha}$ ($\leq 1.000 \text{ mq}$)	Requisiti minimi *	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	$\leq 0,1 \text{ ha}$ ($\leq 1.000 \text{ mq}$)	Metodo delle sole piogge	Requisiti minimi
		da $> 0,1 \text{ a} \leq 1 \text{ ha}$ (da $> 1.000 \text{ a} \leq 10.000 \text{ mq}$)		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da $> 1 \text{ a} \leq 10 \text{ ha}$ (da $> 10.000 \text{ a} \leq 100.000 \text{ mq}$)	Procedura dettagliata	
		da $> 1 \text{ a} \leq 10 \text{ ha}$ (da $> 10.000 \text{ a} \leq 100.000 \text{ mq}$)		

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA:

misure possibili nella progettazione urbanistica ed edilizia: CASO APPLICATIVO

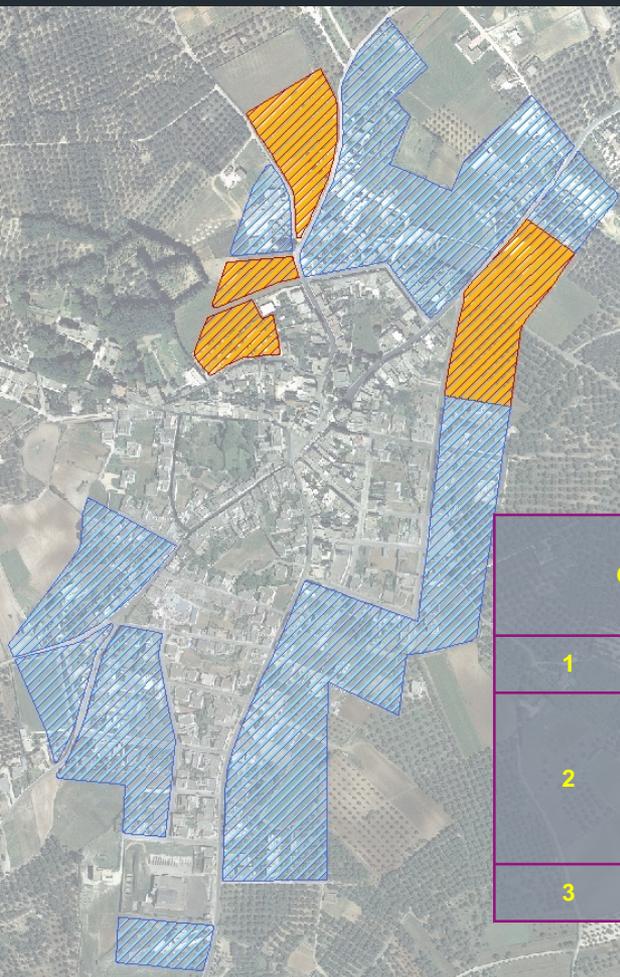
Considerando le sole aree «In formazione»:

Atot = 4.648ha = 46440.8 mq

l'area è classificabile come un intervento di MEDIA IMPERM. POT.

Nell'ipotesi che l'ambito territoriale sia ad Alta o Media Criticità Idraulica, bisognerà procedere con il metodo delle sole piogge per il calcolo del volume di compensazione per l'invarianza idraulica;

Nell'ipotesi che l'ambito territoriale sia a Bassa Criticità, basteranno i requisiti minimi



CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	MODALITÀ DI CALCOLO	
			AMBITI TERRITORIALI	
		Aree A, B		Aree C
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	≤ 0,1 ha (≤ 1.000 mq)	Requisiti minimi *	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	≤ 0,1 ha (≤ 1.000 mq)	Metodo delle sole piogge	Requisiti minimi
		da > 0,1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	Procedura dettagliata	
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)		

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA:

misure possibili nella progettazione urbanistica ed edilizia: CASO APPLICATIVO

Considerando le sole aree «In formazione»:

$A_{tot} = 4.648\text{ha} = 46440.8\text{mq}$

l'area è classificabile come un intervento di MEDIA IMPERM. POT.

Ipotesi che l'ambito territoriale sia ad Alta o Media Criticità Idraulica



Applicazione del metodo delle sole piogge :

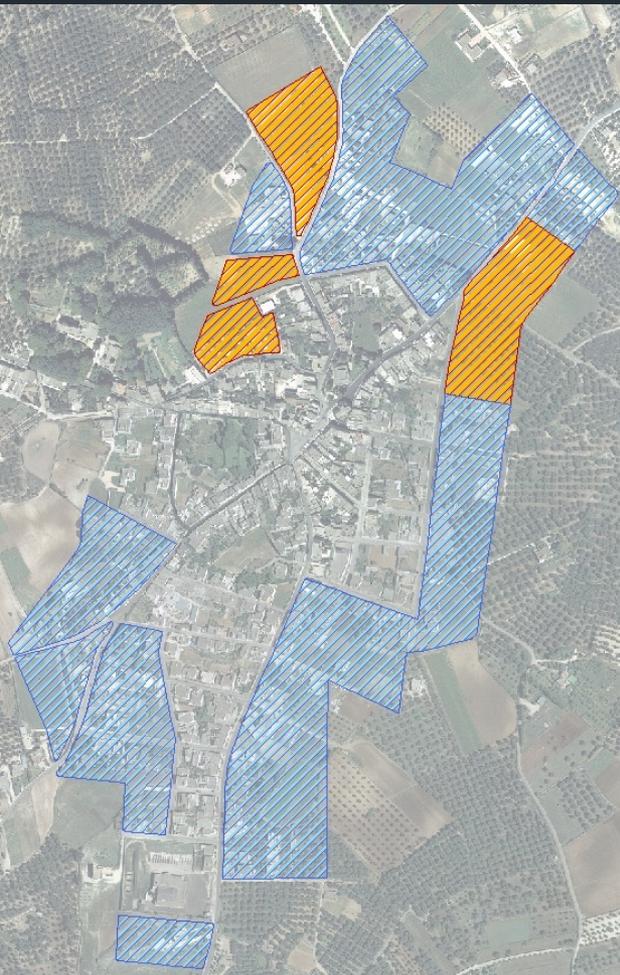
$Q_e(t) = i(t) \cdot A_{trasf}$ - curva rettangolare costante di durata pari a t pioggia

$Q_u(t) = u_{lim} \cdot A_{trasf}$ - curva rettangolare costante di durata pari a t pioggia

U_{lim} in questo caso deve essere assunto fra 10l/s e 20l/s

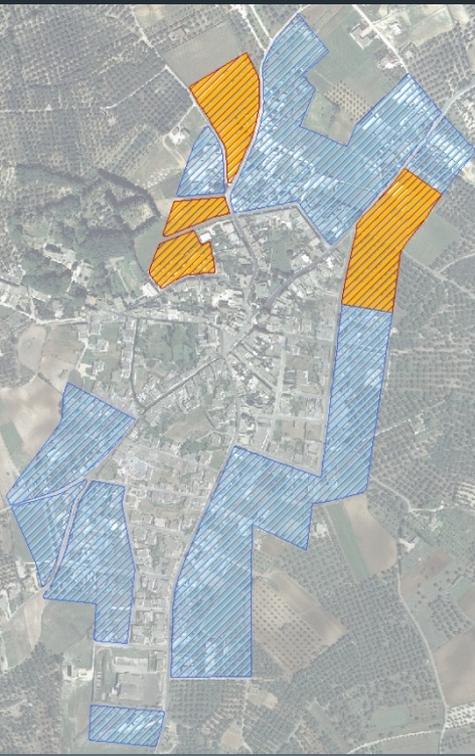
A = aree naturali ad Alta criticità idraulica	$U_{lim} = 10\text{l/s per ha}$
B = aree naturali a Media criticità idraulica	
C = aree naturali a Bassa criticità idraulica	$U_{lim} = 20\text{l/s per ha}$

Il Volume di laminazione sarà calcolato come differenza fra Q_e e Q_u fino all'esaurimento dell'evento di pioggia scegliendo il tempo di pioggia che massimizza tale volume.



INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA: misure possibili nella progettazione urbanistica ed edilizia: CASO APPLICATIVO

t	i30	i (m/h) Tr 30 anni	A (mq)	Qe(mc/h)	ulim (l/s)	ulim (mc/s)per ha	Qu(mc/s)	Qu(mc/h)	dw
1	67.40	0.0674	46440.81	3130.111	10	0.01	0.046440813	167.1869252	2962.92384
3	28.04	0.028040026		1302.202			0.046440813		3405.044005
6	16.12	0.016123858		748.805			0.046440813		3489.70872
12	9.27	0.009271703		430.5854			0.046440813		3160.781712
18	6.71	0.006707914		311.521			0.046440813		2598.012699
24	5.33	0.005331508		247.5995			0.046440813		1929.902851



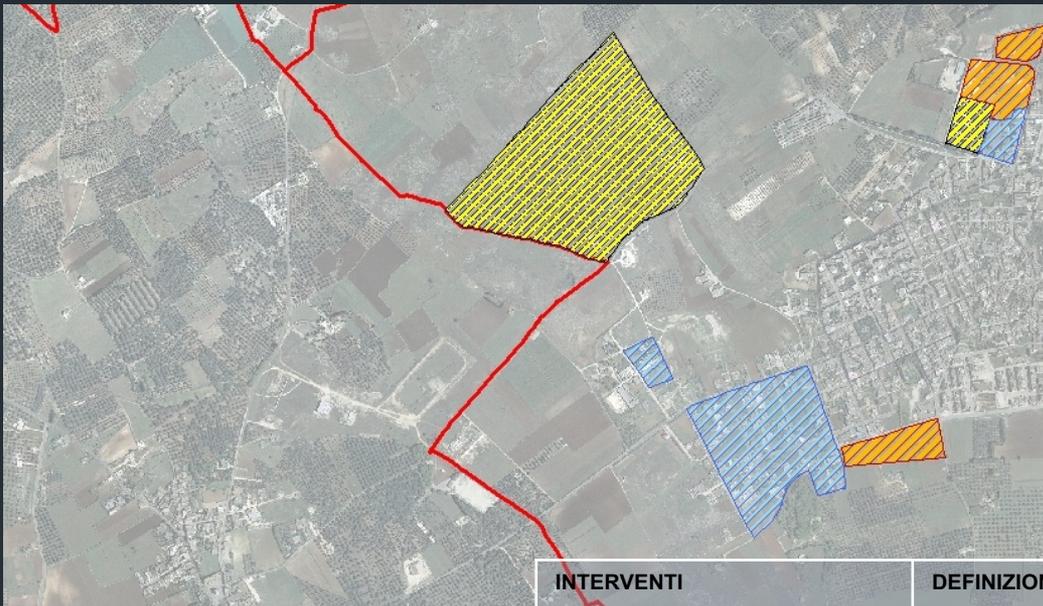
Applicando, invece, il requisito minimo, otterremmo nei tre casi di area ad Alta, Media e Bassa Criticità idraulica i seguenti valori minimi di invaso in mc:

area A	800mc per ha	3715.265004
area B	600 mc per ha	2786.448753
area C	400 mc per ha	1857.632502

Cautelativamente, quindi, sarebbe auspicabile, nel caso di specie, adottare una vasca di c.a. 3700 mc che rappresenta il requisito minimo previsto per un intervento a media impermeabilizzazione potenziale in area ad Alta Criticità idraulica e che soddisfa anche il volume calcolato con il metodo della sola pioggia .

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA:

misure possibili nella progettazione urbanistica ed edilizia: CASO APPLICATIVO



L'area presa in considerazione in questo secondo caso è un contesto urbano produttivo che in fase di progettazione risulta molto permeabile.

Calcoliamo i volumi minimi per garantire l'invarianza idraulica con la formula del W.

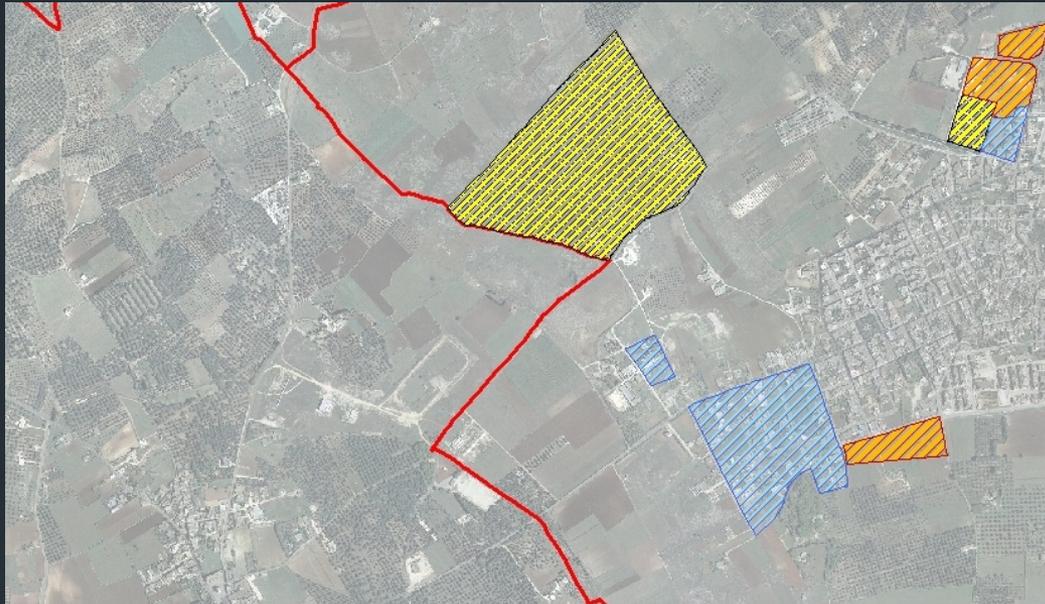
Legenda

-  CONTESTI URBANI IN FORMAZIONE
-  CONTESTI URBANI IN VIADI CONSOLIDAMENTO
-  CONTESTI URBANI PRODUTTIVI

INTERVENTI	DEFINIZIONE	REQUISITI da soddisfare
A TRASCURABILE IMPEREMABILIZZAZIONE	Superfici di trasformazione inferiore a 0.1ha	Requisiti minimi: applicazione della formula (1)
A MODESTA IMPEREMABILIZZAZIONE	Superfici di trasformazione compresa tra 0.1ha<S<1ha	Applicazione della formula (1) oltre a : <ul style="list-style-type: none">• Dn scarico $\leq 200mm$• Hmax vasca $\leq 1m$
A SIGNIFICATIVA IMPEREMABILIZZAZIONE	<ol style="list-style-type: none">1. Superfici di trasformazione compresa tra 1ha<S<10ha2. Superfici di trasformazione S>10ha ma con Imp<0.3	Dimensionamento della vasca di laminazione (Dn e hmax) in modo che sia conservata la portata massima defluente dall'area ai valori antecedenti l'impermeabilizzazione per eventi con: <ul style="list-style-type: none">• Tr almeno 30 anni• tp = 2 ore
A MARCATA IMPEREMABILIZZAZIONE	Superfici di trasformazione S>10ha con Imp>0.3	Studio di maggiore dettaglio

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA:

misure possibili nella progettazione urbanistica ed edilizia: CASO APPLICATIVO



Legenda

- CONTESTI URBANI IN FORMAZIONE
- CONTESTI URBANI IN VIADI CONSOLIDAMENTO
- CONTESTI URBANI PRODUTTIVI

	cn=30	cn=62	cn=78		
	mq			mq	ha
A trasf	193523.8	18864.86	10410.46	222799.1	22.28

Previsioni di trasformazione:

50%	tetti e coperture	111399.6
20%	pavimentazione semipermeabile	44559.83
20%	pavimentazione semipermeabile viabilità	44559.83
	somma	200519.2
10%	verde	22279.91
	somma	222799.1

Il totale dell'area di trasformazione, pari a c.a. 22 ha, con un indice di Impermeabilità <0.3 definisce l'area di trasformazione a **SIGNIFICATIVA IMPERMEABILIZZAZIONE**

Applicando la formula:

$$W = W^{\circ} \cdot (\phi/\phi^{\circ})^{(1/1-n)} - 15 \cdot I - W^{\circ} \cdot P$$

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA:

misure possibili nella progettazione urbanistica ed edilizia:

CASO APPLICATIVO

CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO ANTE OPERAM E POST OPERAM

$$f^{\circ} = 0.9 \times Imp^{\circ} + 0.2 \times Per^{\circ} = 0.9 \times 0.05 + 0.2 \times 0.95 = 0.23 \quad f^{\circ}$$

$$f = 0.9 \times Imp + 0.2 \times Per = 0.9 \times 0.90 + 0.2 \times 0.10 = 0.83 \quad f$$

CALCOLO DEL VOLUME MINIMO DI INVASO

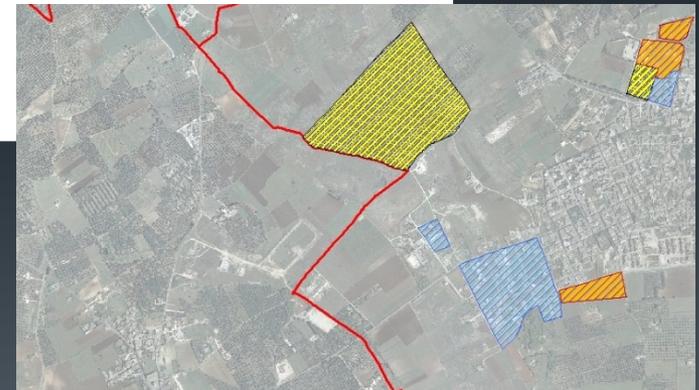
$$w = w^{\circ} \cdot (f/f^{\circ})^{1/(1-n)} - 15 \cdot l - w^{\circ} P = 50 \times 11.54 - 15 \times 1.00 - 50 \times 0.00 = 561.79 \text{ mc/ha} \quad w$$

$$W = w \times \text{Superficie fondiaria (ha)} = 561.79 \times 222,799 : 10,000 = 12,516.73 \text{ mc} \quad W$$

DIMENSIONAMENTO STROZZATURA

Portata amm.le (Qagr.=20 l/sec/ha)	445.60	l/sec	portata ammissibile effluente al ricettore
Battente massimo	7.00	m	battente sopra l'asse della condotta di scarico dell'invaso di laminazione
Sezione massima condotta di scarico	63371	mm ²	
DN max condotta di scarico	284.05	mm	
si adotta condotta DN	250.00	mm	
Portata uscente con la condotta adottata	345.30	l/sec	

$$W = W^{\circ} \cdot (\phi/\phi^{\circ})^{1/(1-n)} - 15 \cdot l - W^{\circ} \cdot P$$



Legenda

- CONTESTI URBANI IN FORMAZIONE
- CONTESTI URBANI IN VIADI CONSOLIDAMENTO
- CONTESTI URBANI PRODUTTIVI

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA:

misure possibili nella progettazione urbanistica ed edilizia: CASO APPLICATIVO

INTERVENTI	DEFINIZIONE	REQUISITI da soddisfare
A TRASCURABILE IMPEREMABILIZZAZIONE	Superfici di trasformazione inferiore a 0.1ha	Requisiti minimi: applicazione della formula (1)
A MODESTA IMPEREMABILIZZAZIONE	Superfici di trasformazione compresa tra 0.1ha<S<1ha	Applicazione della formula (1) oltre a : • Dn scarico $\leq 200mm$ • Hmax vasca $\leq 1m$
A SIGNIFICATIVA IMPEREMABILIZZAZIONE	1. Superfici di trasformazione compresa tra 1ha<S<10ha 2. Superfici di trasformazione S>10ha ma con Imp<0.3	Dimensionamento della vasca di laminazione (Dn e hmax) in modo che sia conservata la portata massima defluente dall'area ai valori antecedenti l'impermeabilizzazione per eventi con: • Tr almeno 30 anni • tp = 2 ore
A MARCATA IMPEREMABILIZZAZIONE	Superfici di trasformazione S>10ha con Imp>0.3	Studio di maggiore dettaglio

VERIFICA DELLA VOLUMETRIA PER PIOGGE CON TR 30 ANNI E DURATA d 2h

da effettuarsi per casi di Superficie fondiaria > 1 ha

Superficie fondiaria	22.28 ha	superficie totale dell'intervento
TR	30 anni	
a	65	
n	0.45	
tp	2.00 ore	durata di pioggia
f	0.83	coeff. di deflusso dopo la trasformazione
h	78.31 mm	altezza pioggia in tp
Vp	17,447.40 mc	Volume piovuto in tp
Ve	14,481.34 mc	Volume effluente in vasca in tp
Qu	345.30 l/sec	Portata scaricabile dalla strozzatura adottata
Vu	2,486.19 mc	Volume scaricato dalla vasca nel ricettore in tp
Ve-Vu	11,995.15 mc	Volume da laminare per evento TR 30 d 2 ore
W	12,516.73 mc	Volume di laminazione (formula del w)

VERIFICATO

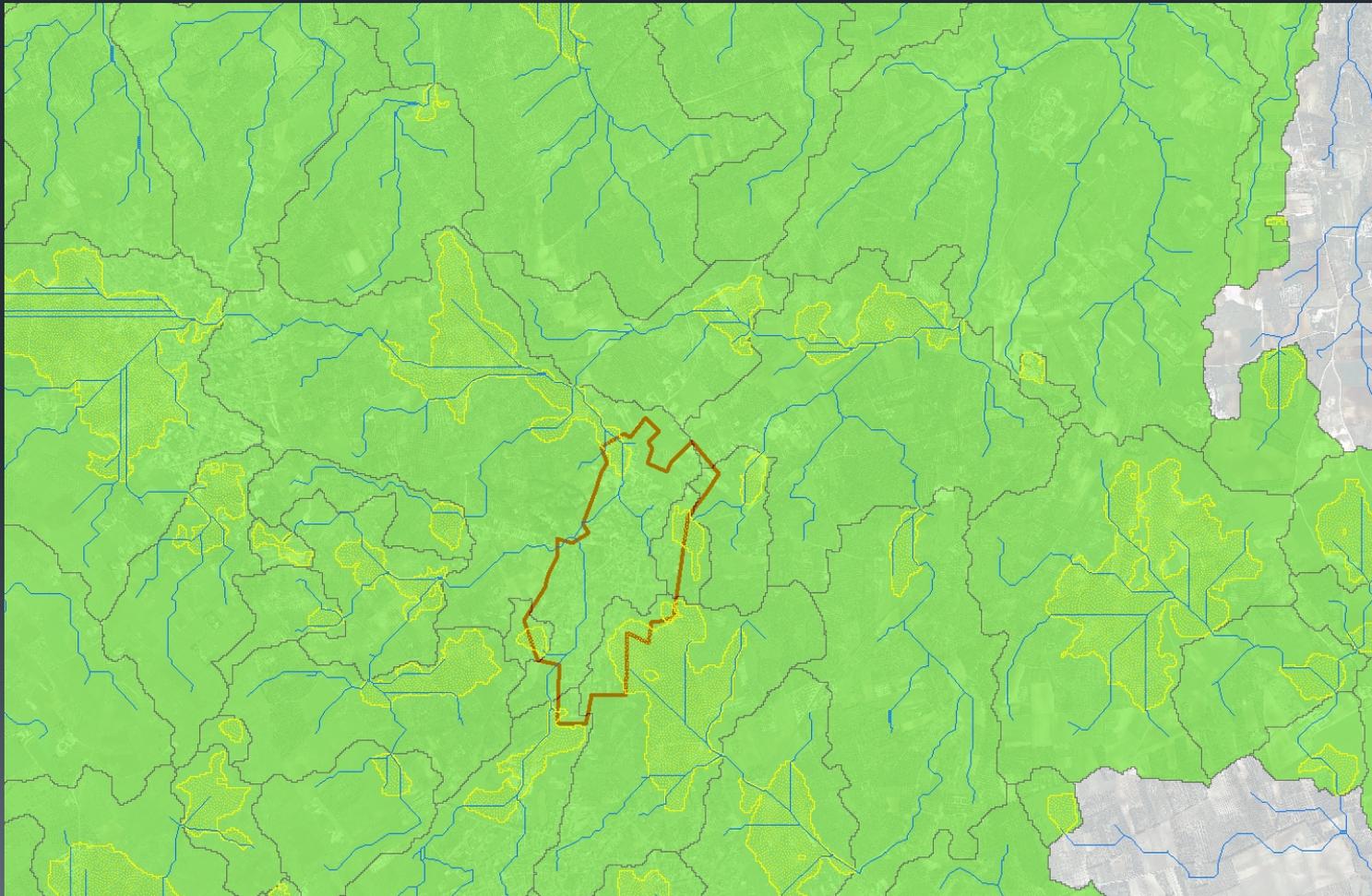
Applicazione dei parametri della c.p.p. relativi al metodo di regionalizzazione del Va.P.i. Puglia per la sottozona 6.

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA:

misure possibili nella
progettazione urbanistica ed edilizia:

CASO APPLICATIVO

Come cambia la pericolosità idraulica rappresentata
nei Piani di Assetto Idrogeologico

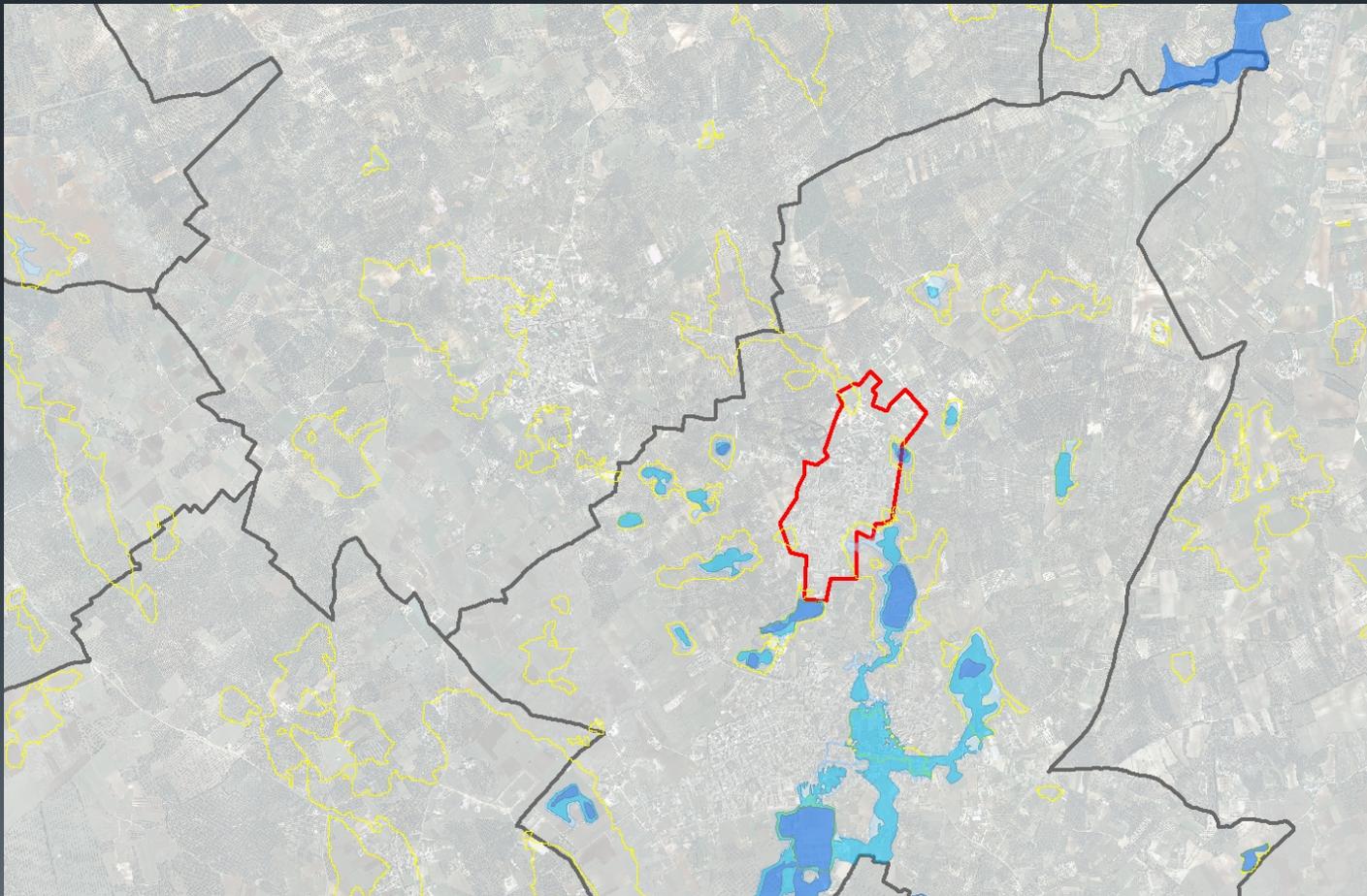


INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA:

misure possibili nella
progettazione urbanistica ed edilizia:

CASO APPLICATIVO

Come cambia la pericolosità idraulica rappresentata
nei Piani di Assetto Idrogeologico

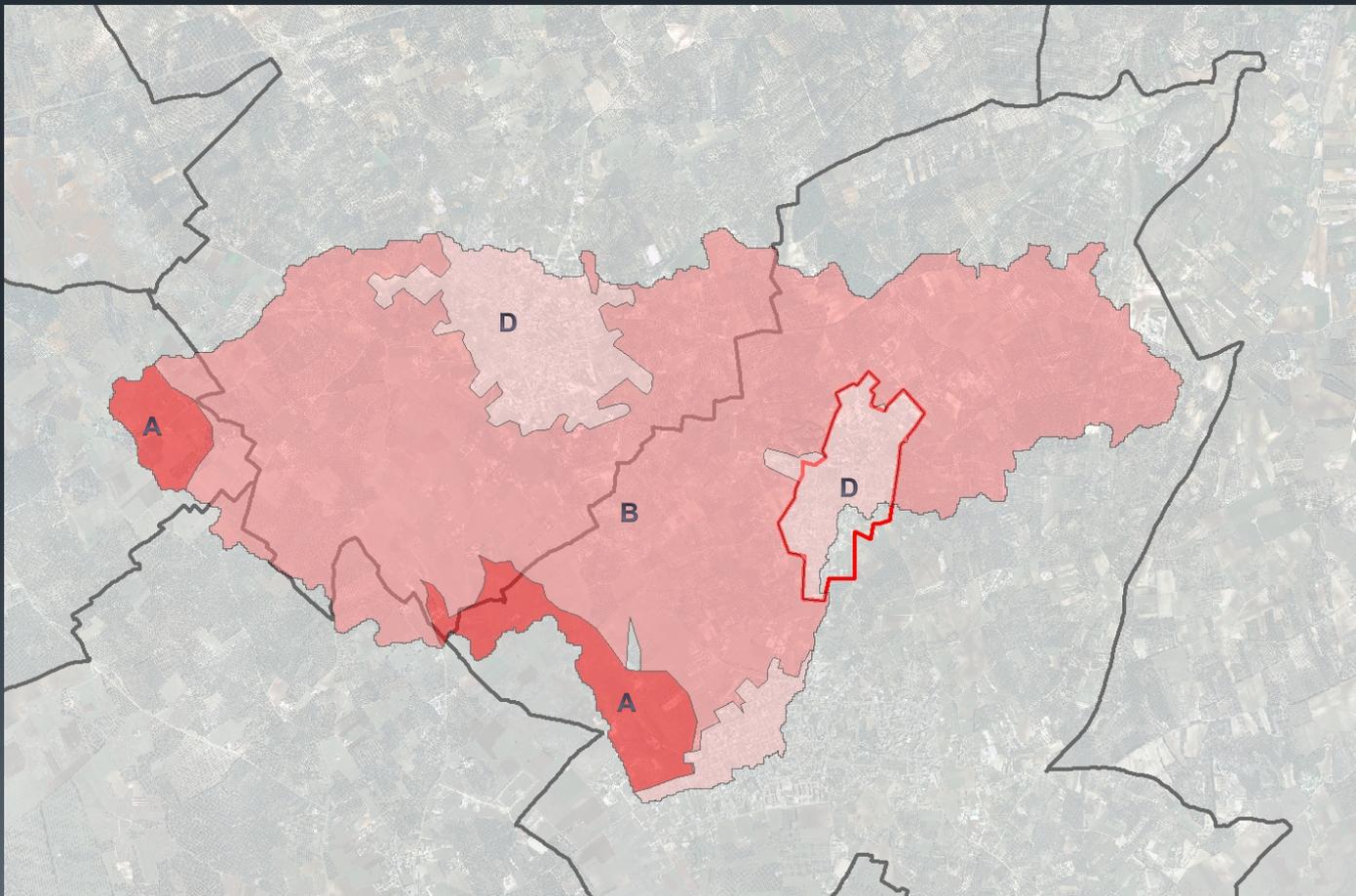


INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA:

misure possibili nella
progettazione urbanistica ed edilizia:

CASO APPLICATIVO

Come cambia la pericolosità idraulica rappresentata
nei Piani di Assetto Idrogeologico

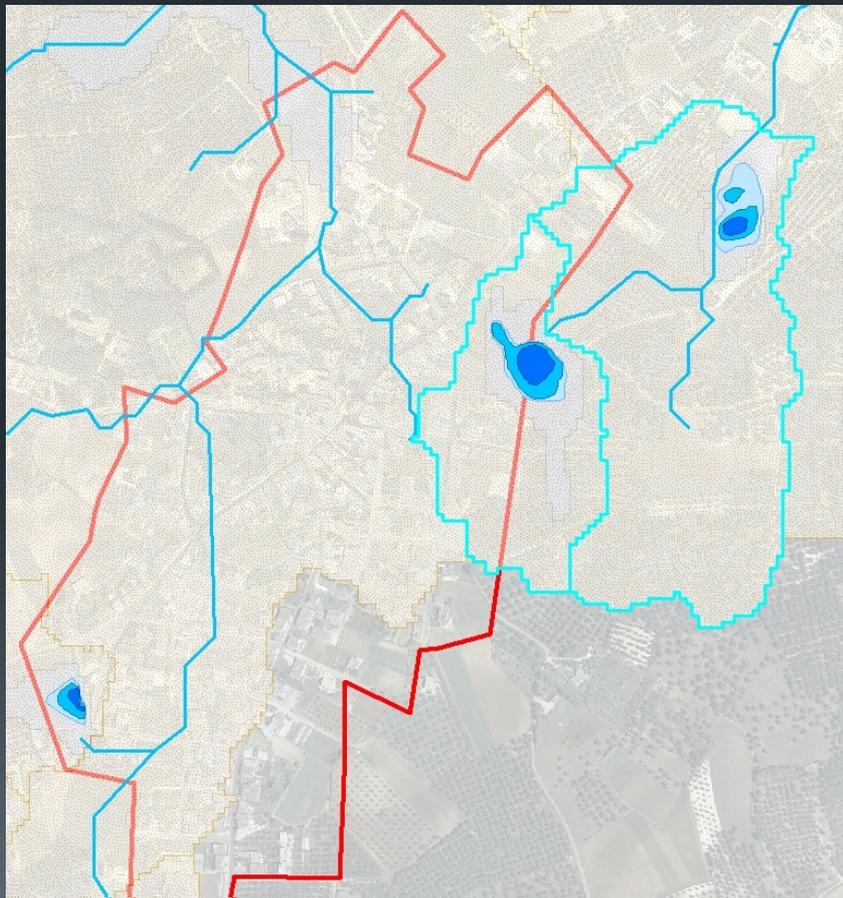


INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA:

misure possibili nella
progettazione urbanistica ed edilizia:

CASO APPLICATIVO

Come cambia la pericolosità idraulica rappresentata
nei Piani di Assetto Idrogeologico



Nelle elaborazioni endoreiche condotte dall'AdB Puglia per la definizione delle aree a vario grado di pericolosità idraulica da inserire all'interno del Piano di Assetto Idrogeologico l'uso del suolo e le sue modifiche e alterazioni conseguenti all'impermeabilizzazione determinano sostanziali variazioni del quadro delle criticità.

Per l'area presa ad es., l'attuale inquadramento, derivante dall'uso del suolo fotografato al momento dello studio, è stato determinato dalla seguente produzione di volumi di deflusso superficiale dei due bacini A e B (non vi sono scambi fra i due bacini in nessun caso perché non si verificano mai sversamenti fra l'uno e l'altro)

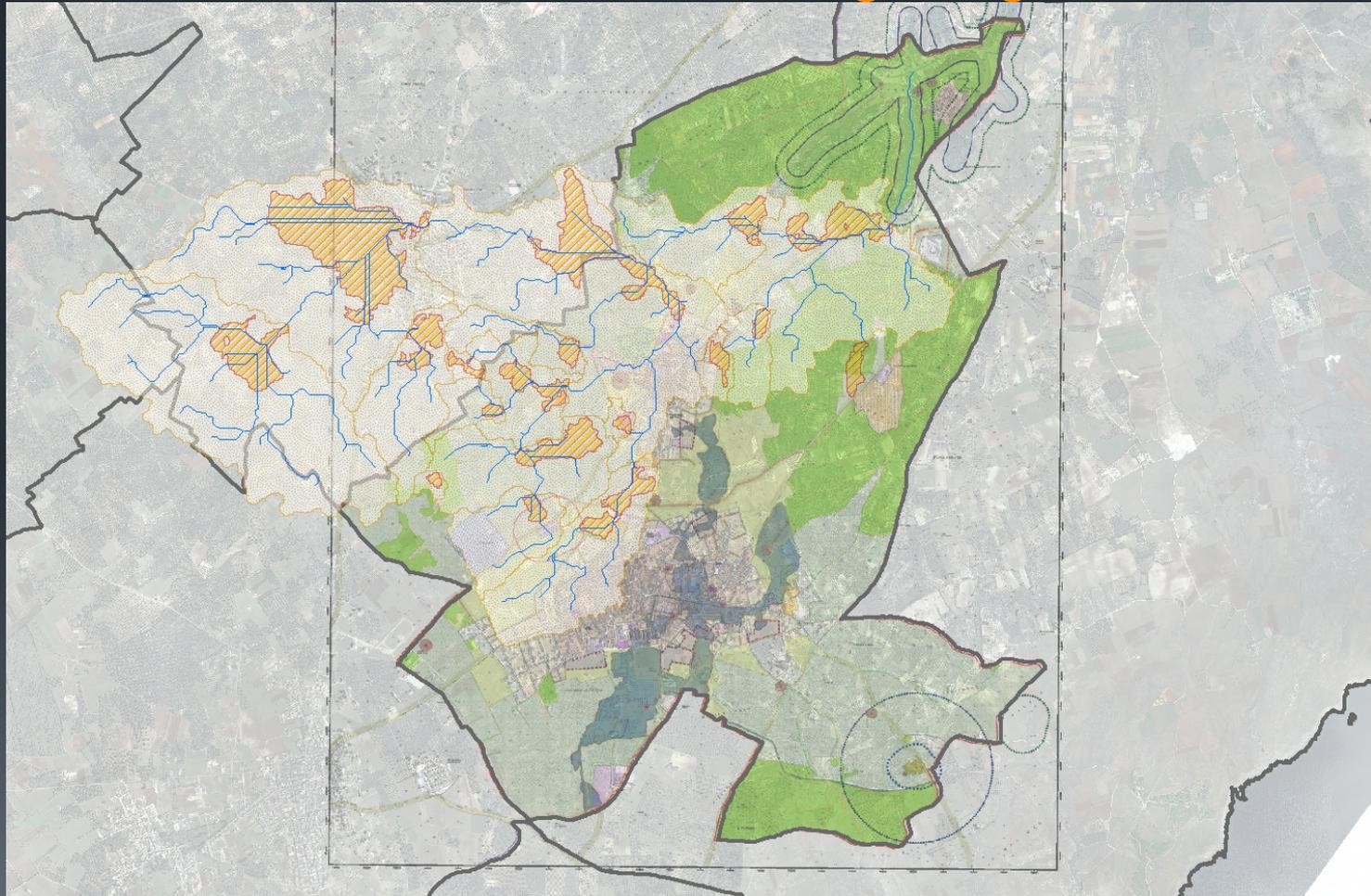
Bacino	V _{eff} Tr=30	V _{eff} Tr=200	V _{eff} Tr=500
A pre	1261.30	2751.61	4088.81
A post	2132.57	4141.35	5574.51
B pre	19.53	2073.76	4432.72
B post	454.64	2513.29	5172.78

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA:

misure possibili nella
progettazione urbanistica ed edilizia:

CASO APPLICATIVO

Come cambia la pericolosità idraulica rappresentata
nei Piani di Assetto Idrogeologico



INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA:

Prospettive future



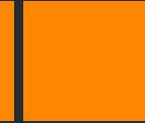
1. L'occasione per aggiornare i quadri conoscitivi al tempo zero rispetto alle criticità idrogeomorfologiche locali al fine della programmazione degli strumenti di pianificazione attuali e futuri coerente con il PAI
2. Ma anche il luogo dell'analisi territoriale in divenire attraverso l'individuazione delle future trasformazioni dell'uso del suolo e delle relative ricadute in termini di aumento delle impermeabilizzazioni e relative programmazioni e localizzazioni delle misure compensative per garantire l'invarianza idraulica e idrologica.

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA: misure possibili nella progettazione urbanistica ed edilizia

Areelneasi sottoporezionevasichietrzipertublaemioazione



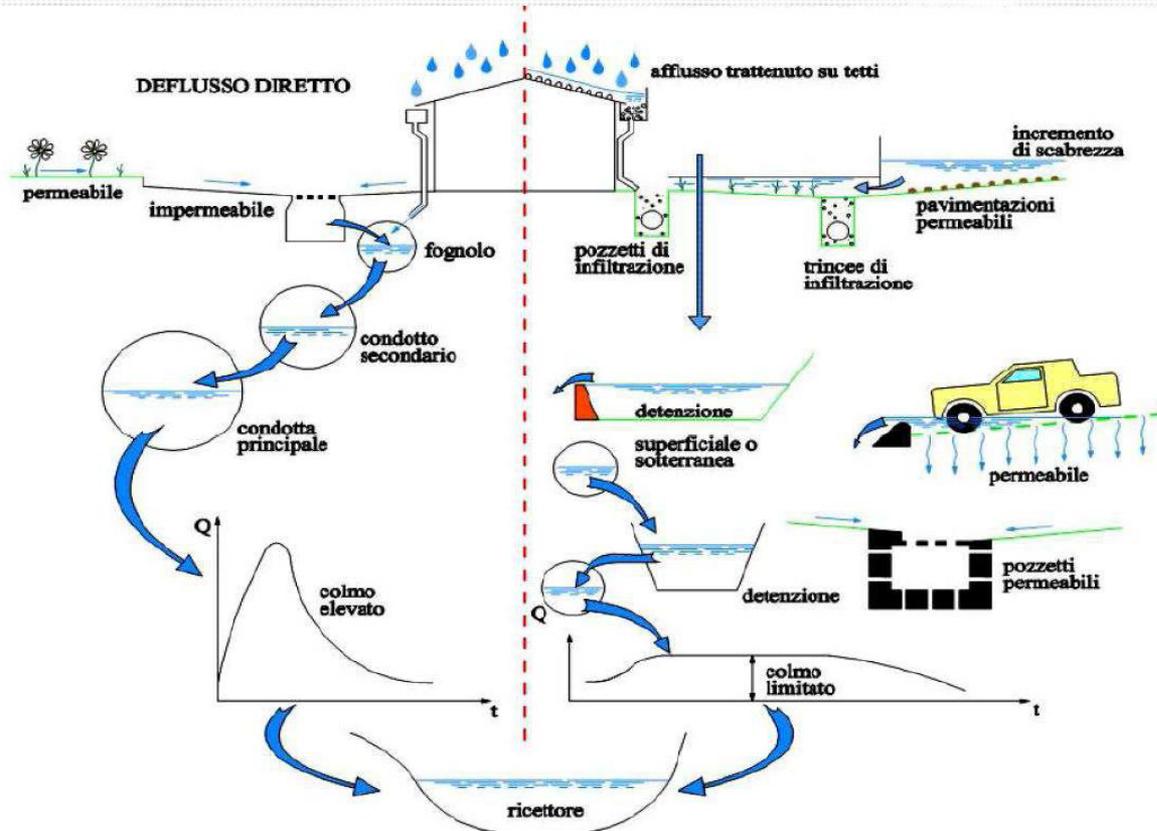
INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA: misure possibili nella progettazione urbanistica ed edilizia



-  TETTI VERDI
TERRAZZI E PARETI
-  SERBATOI ACQUA PIOVANA E
SISTEMI DI STOCCAGGIO E RIUSO

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA: misure possibili nella progettazione urbanistica ed edilizia

BMP - BEST MANAGEMENT PRACTICES



INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA: misure possibili nella progettazione urbanistica ed edilizia



. Esempio di canali infiltranti_ <http://sustainablestormwater.org>



. I canali infiltranti, in questo caso inverditi, se realizzati nello spazio pubblico, possono divenire elementi di riqualificazione legati anche alla fruizione e al tempo libero (foto: Parc Clichy, Parigi)

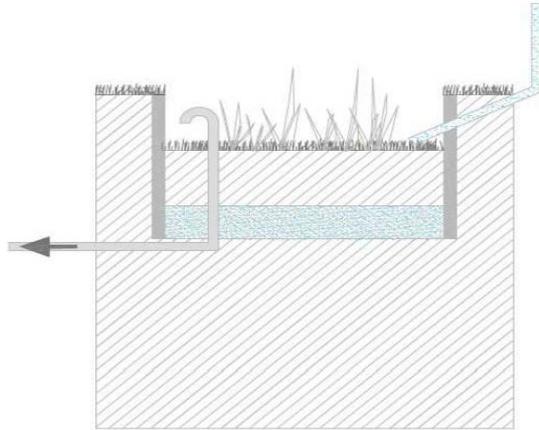


Esempio di parco pubblico a Bagnolo in Piano, Reggio Emilia che ha mantenuto e valorizzato la rete di drenaggio superficiale

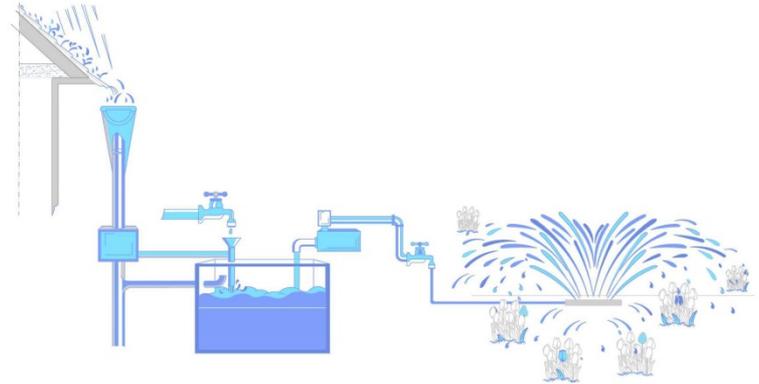


Esempio riqualificazione urbana in cui l'acqua diventa elemento orditore dello spazio urbano
_Torino_riqualificazione Spina 3

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA: misure possibili nella progettazione urbanistica ed edilizia



Sezione esemplificativa di vasca verde filtrante



Schema raccolta e riutilizzo acque



Esempi di tubi drenanti posti lungo il perimetro dell'edificio nascosti da ciottoli.
Tale elemento può integrarsi pienamente nel progetto architettonico.
[<http://www.homeownercare.com>]



- GRAZIE PER L'ATTENZIONE