



REGIONE MARCHE

Servizio Infrastrutture, Trasporti , Energia

P.F. Difesa del Suolo e Autorità di Bacino Regionale



«Norme in materia urbanistica paesaggistica
e di assetto del territorio – verifica di
compatibilità idraulica e invarianza idraulica

- DGR n. 53 del 27/01/2014

INVARIANZA IDRAULICA

06 giugno 2014 – Jesi (AN)

Dott. Geol. Alessandro Paccapelo

*Responsabile P.O. «Coordinamento dei Presidi relativi alla
difesa del suolo e gestione deli Presidi di AP e FM»*

QUADRO NORMATIVO



L.R. 23 novembre 2011, n. 22

(B.U. 01 dicembre 2011, n. 101)

Art. 10 (*Compatibilità idraulica delle trasformazioni territoriali*)

.....*omissis*.....

3. Al fine altresì di evitare gli effetti negativi sul coefficiente di deflusso delle superfici impermeabilizzate, ogni trasformazione del suolo che provochi una variazione di permeabilità superficiale deve prevedere misure compensative rivolte al perseguimento del principio dell'**invarianza idraulica** della medesima trasformazione.

4. La Giunta regionale stabilisce **i criteri** per la redazione della verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di cui al comma 1, nonché le modalità operative e le indicazioni tecniche relative ai commi 2 e 3, anche con riferimento ad aree di recupero e di riqualificazione



QUADRO NORMATIVO



5. Le opere necessarie per il perseguimento delle finalità di cui al presente articolo e relative alla riduzione del rischio idraulico (opere di difesa fluviale, invasi compensativi, aree verdi conformate in modo da massimizzare la capacità di invaso e laminazione e simili) e geologico (rilevati e valli artificiali e simili) sono classificate tra le **opere di urbanizzazione primaria** e le aree cui vengono conferite funzioni mitigative o compensative devono essere ricomprese nel perimetro considerato, anche se non strettamente contigue alle aree di trasformazione.

QUADRO NORMATIVO



Art. 13 (Norme transitorie e finali)

.....omissis.....

3. Fino all'approvazione della deliberazione di cui all'articolo 10, comma 4, le amministrazioni competenti:

a)omissis.....;

b) per le finalità di cui all'articolo 10, comma 3, dispongono la realizzazione di invasi di laminazione-raccolta delle acque meteoriche dalle superfici impermeabilizzate per una capacità pari ad almeno **350 metri cubi per ogni ettaro di superficie impermeabilizzata.**

4. *omissis...*le disposizioni di cui all'art. 10 comma 3, si applicano agli strumenti di pianificazione e loro varianti adottati successivamente alla data di entrata in vigore della presente legge

QUADRO NORMATIVO



DGR n. 53 del 27/01/2014

(pubblicata sul BURM n. 19 del 17/02/2014)

L.R. 23 novembre 2011 n. 22 – «Norme in materia di riqualificazione urbana sostenibile e assetto idrogeologico – Art. 10, comma 4 – Criteri, modalità e indicazioni tecnico-operative per la redazione della verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione territoriale e per l’invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali»

TITOLO III

L’invarianza idraulica nelle trasformazioni urbanistiche





LINEE GUIDA GENERALI



REGIONE MARCHE
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE

- Prima Pagina
- P.A.I.
- Piano Straordinario PS2006
- Cartografia on-line CED Federati
- Area riservata ai Comuni
- Monitoraggio Interventi Difesa del Suolo
- L.R. 22/2011 - Compatibilità e Invarianza Idraulica**
- La salvaguardia della costa
- Tutela delle Acque - Risorse Idriche
- Bacini Idrografici
- Organi
- Segreteria Tecnico-Operativa
- Normative
- Gestione Prelievi Idrici
- Link
- FAQ
- News
- Gemellaggio
- Per contattarci - PEC
- (Posta Elettronica Certificata)
- Mappa del sito

News

- 22/05/2014 Inserimento nuova area a rischio idrogeologico F-23-0684
- 22/05/2014 Modifica area a rischio idrogeologico F-19-1842
- 22/05/2014 Modifica area a rischio idrogeologico F-23-0106
- 19/05/2014 Delega di poteri al Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Regione Marche
- 19/05/2014 Nomina del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Regione Marche
- 07/05/2014 Modifica aree a rischio idrogeologico E-05-0048, E-05-0050

In evidenza

- 04/04/2014 Link alla sezione L.R. 22/2011 - Verifica Compatibilità Idraulica (VCI) e Verifica Invarianza idraulica (VII)

L'Autorità di Bacino Regionale delle Marche
persegue le finalità di assicurare

- la difesa del suolo
- il risanamento delle acque
- la fruizione e la gestione del patrimonio idrico per gli usi di razionale sviluppo economico, sociale
- la tutela degli aspetti ambientali connessi

P.A.I.
Il Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico

- individua le aree a differente livello di pericolosità e rischio idrogeologico
- disciplina gli usi del suolo consentiti in tali aree e fornisce direttive per l'intero territorio dei bacini di interesse regionale ai fini della mitigazione delle condizioni di rischio
- quantifica il fabbisogno finanziario di massima per la mitigazione delle condizioni di rischio e stabilisce i criteri per la definizione delle priorità dei programmi di intervento

La salvaguardia della costa

- la Boa nella Rete Ondometrica Nazionale (R.O.N.)
- gli studi, le indagini e i modelli matematici finalizzati alla redazione del piano della costa
- il piano di gestione integrata delle aree costiere nelle Marche

L'Autorità di Bacino Regionale delle Marche:
- **partecipa al Progetto "SCC-PCN (CED Federati)" promosso dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare**

Autorità di Bacino Marche
Ente Cooperante

PCN
ECC
SISTEMA CARTOGRAFICO COOPERANTE

Sul sito istituzionale della P.F. Difesa del Suolo e Autorità di bacino regionale

www.autoritabacino.marche.it

Sono state pubblicate le linee guida per lo sviluppo dell'Invarianza idraulica



SCHEMA DI ASSEVERAZIONE



REGIONE MARCHE
GIUNTA REGIONALE

REGIONE MARCHE – L.R. 22 DEL 23/11/2011, ART. 10
COMPATIBILITA' IDRAULICA DELLE TRASFORMAZIONI TERRITORIALI

DGR N. 53 DEL 27/01/2014

ASSEVERAZIONE SULLA
COMPATIBILITA' IDRAULICA DELLE TRASFORMAZIONI TERRITORIALI
(Verifica di Compatibilità Idraulica e/o Invarianza Idraulica)

Il/la sottoscritto/i

nato/a a il

residente a in via
n.

in qualità di: tecnico dell'Ente Libero professionista

in possesso di
diploma/laurea.....

incaricato/a, nel rispetto delle vigenti disposizioni che disciplinano l'esercizio di attività
professionale/amministrativa, da (ente pubblico o altro

soggetto)..... con Determina/Delibera (altro).....

in data (DA REPLICARE PER OGNI SOGGETTO INCARICATO)

(selezionare le voci secondo i casi trattati: sola verifica di compatibilità idraulica, sola invarianza idraulica, entrambe)

di redigere la Verifica di Compatibilità Idraulica del seguente strumento di
pianificazione del territorio, in grado di modificare il regime idraulico:

.....
.....

di definire le misure compensative rivolte al perseguimento dell'invarianza idraulica,
per la seguente trasformazione/intervento che può provocare una variazione di
permeabilità superficiale:

.....
.....

Sul sito istituzionale della P.F. Difesa
del Suolo e Autorità di bacino
regionale

www.autoritabacino.marche.it

e sulla DGR 53/2014

è pubblicato lo

SCHEMA DI ASSEVERAZIONE

in cui vengono attestate le adeguate
misure compensative adottate per
perseguire l'invarianza idraulica



PRINCIPIO DELL'INVARIANZA IDRAULICA

PREMESSE

Le piogge di forte intensità che cadono su un bacino idrografico subiscono due tipi di processi che determinano l'entità delle piene nei corsi d'acqua riceventi: l'infiltrazione nei suoli e l'immagazzinamento superficiale. Il primo processo controlla i volumi di acqua restituiti, e viene descritto in via speditiva mediante un "coefficiente di deflusso", il quale rappresenta la percentuale della pioggia che raggiunge il corpo recettore. Il secondo processo agisce trattenendo i volumi che scorrono in superficie, facendoli transitare attraverso i volumi disponibili e determinandone una restituzione rallentata, che viene definita "laminazione".



Un bacino naturale presenta la caratteristica di lasciare infiltrare una certa quantità di acqua durante gli eventi di piena e di restituire i volumi che non si infiltrano in modo graduale. L'acqua ristagna nelle depressioni superficiali, segue percorsi tortuosi, si espande in aree normalmente non interessate dal deflusso ed in questo modo le piene hanno un colmo di portata relativamente modesto ed una durata delle portate più lunga. Quando un bacino subisce una artificializzazione, i deflussi vengono canalizzati e le superfici vengono regolarizzate, di modo che il deflusso viene accelerato.



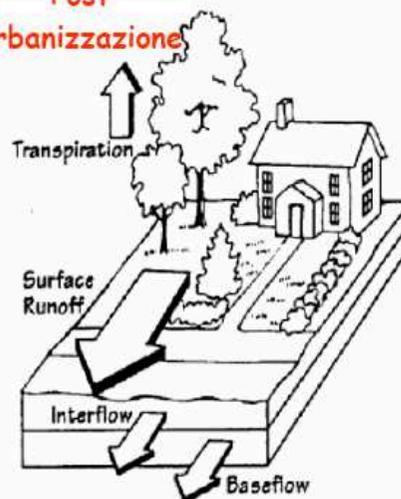


Bilancio idrico

Pre urbanizzazione

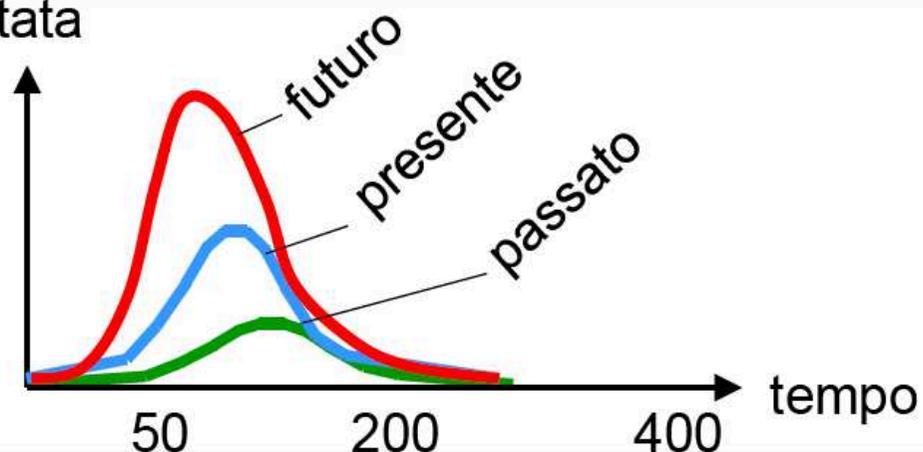


Post urbanizzazione

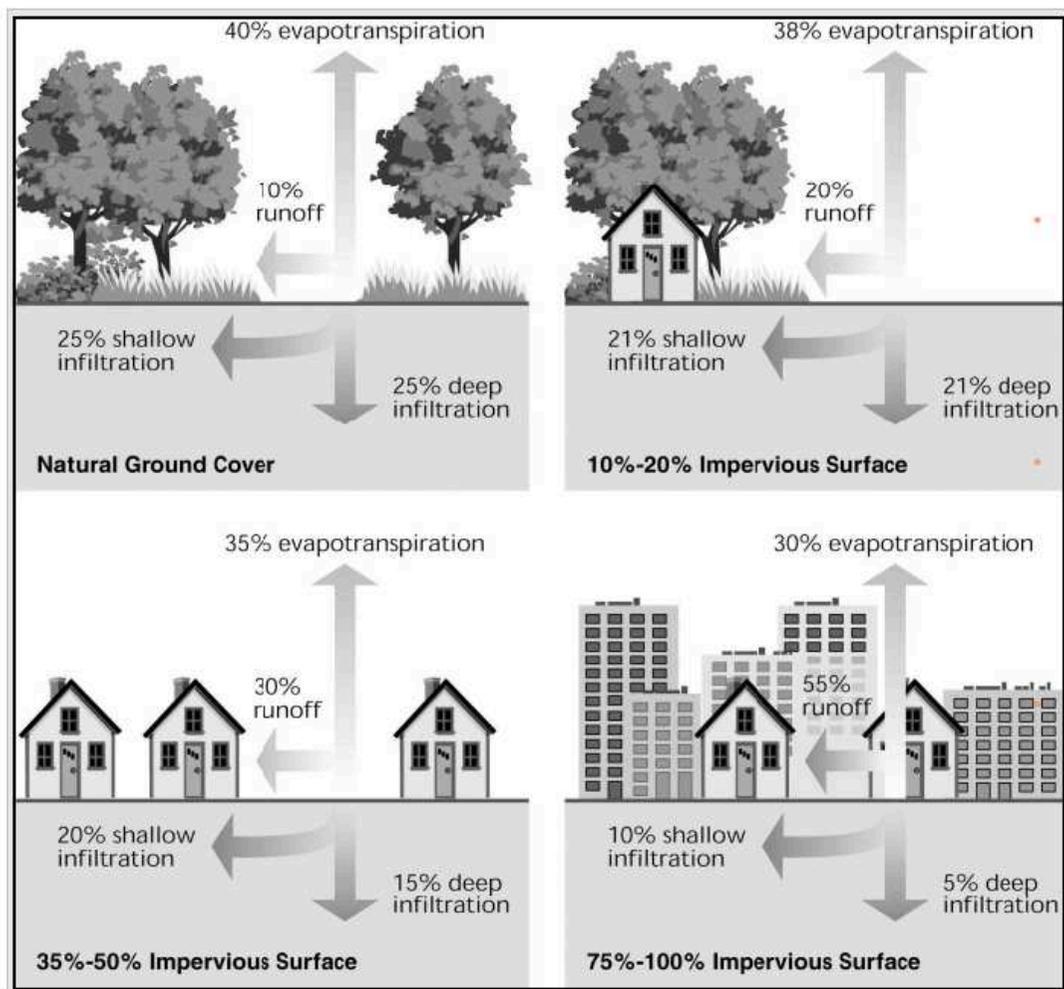


- Aumento della portata al colmo e del volume di deflusso
- Diminuzione del tempo di corrivazione
- Riduzione della ricarica della falda
- Aumento della frequenza e della intensità delle piene fluviali
- Diminuzione delle portate di magra nei corpi idrici ricettori

Portata



Effetti dell'urbanizzazione sui deflussi superficiali



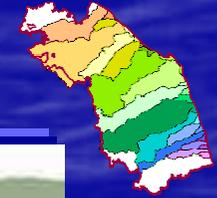
Conseguenze:

Maggiori deflussi
10% → 55%

Minore infiltrazione
50% → 15%

Minore evapotraspirazione
40% → 30%

Effetti dell'urbanizzazione: impatto sull'idrologia dei bacini



Sistema tipico di drenaggio urbano





Quando piove, l'acqua ...



Defluisce sulle
superfici
impermeabili



Entra nel
sistema di
drenaggio



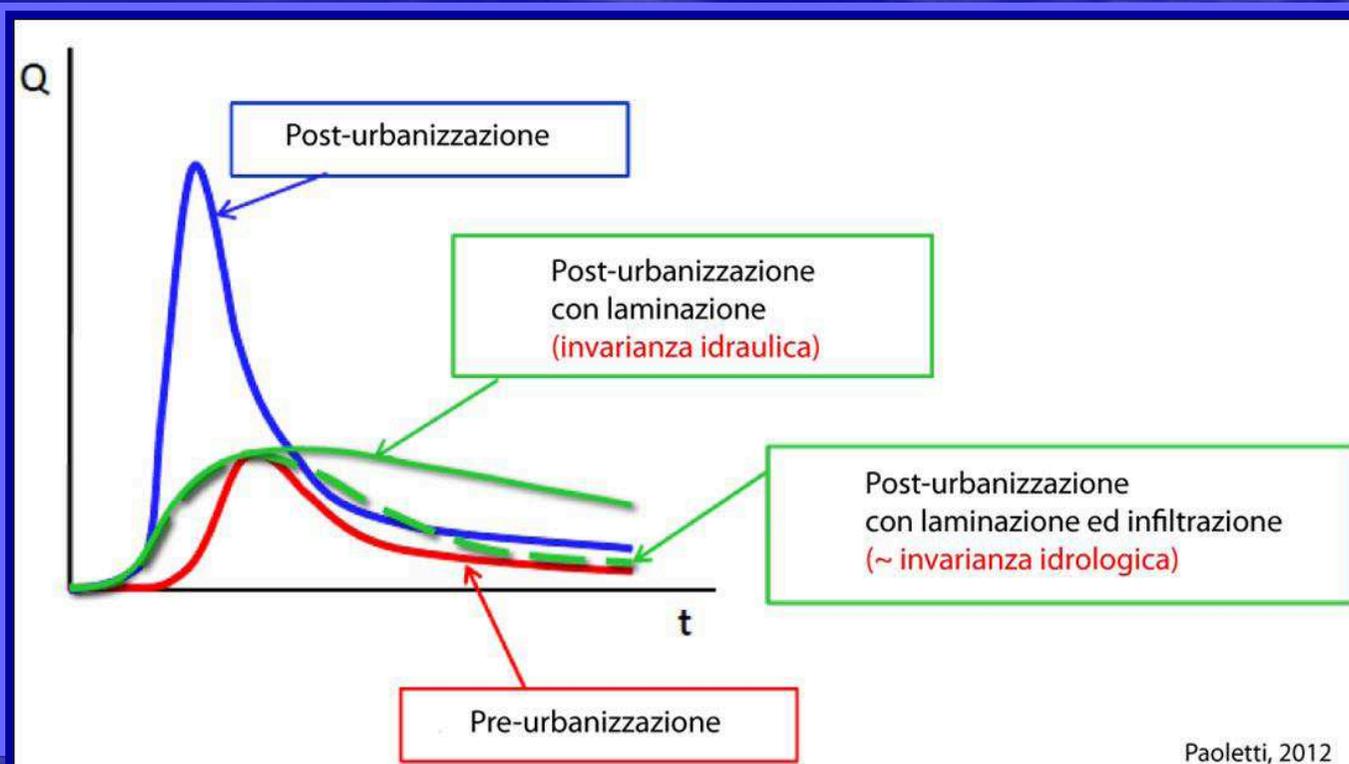
Viene scaricata
nel corpo idrico
ricettore

Sistema tipico di drenaggio urbano

Lo schema tipico del drenaggio urbano comporta un aumento dei picchi di piena e può determinare situazioni di **rischio idraulico**. Inoltre, l'impermeabilizzazione dei suoli provoca un aumento dei volumi che scorrono in superficie, aggravando ulteriormente le possibili criticità. Maggiori volumi che scorrono in superficie rappresentano, oltre ad un aggravio dei possibili rischi idraulici, anche un più rapido esaurimento dei deflussi e una riduzione di apporti alla falda e in definitiva una riduzione delle risorse idriche utilizzabili. L'urbanizzazione degli ultimi decenni ha configurato situazioni di **rischio idraulico** significative conseguentemente alla perdita di capacità di invaso del territorio connessa alla sensibile riduzione dei volumi riconducibili al drenaggio minuto (scoline, fossi...) e all'infiltrazione.



Confronto idrogrammi di piena pre e post- trasformazioni



Idrogramma di piena bacino in condizioni naturali (Pre-urbanizzazione)

Idrogramma di piena bacino urbanizzato (Post-urbanizzazione)

Idrogramma di piena bacino urbanizzato in cui è stata predisposta un'opera di mitigazione (Post-urbanizzazione con laminazione)

Idrogramma di piena bacino urbanizzato in cui è stata predisposta un'opera di mitigazione (Post-urbanizzazione con laminazione ed infiltrazione)





Consumo del suolo nella Regione Marche

“Consumo di suolo nella Regione Marche”

49000 ettari di territorio edificato al **2010**, corrispondenti al **5,23%** della superficie delle Marche contro i **13000 ettari** del 1954 (1,4% della superficie), aumento della superficie edificata pari al **+274,4%** (1954-2010) in nessun modo proporzionale all'aumento della popolazione residente (+15,7%)

Provincia	ABITANTI - incrementi %				SUPERFICIE URBANIZZATA - incrementi %			
	1954-1984	1984-2001	2001-2010	1954-2010	1954-1984	1984-2001	2001-2010	1954-2010
Pesaro e Urbino	3,93%	4,89%	9,56%	19,43%	154,64%	30,89%	11,00%	269,95%
Ancona	7,61%	2,48%	6,66%	17,62%	150,07%	32,70%	9,24%	262,52%
Macerata	-1,78%	2,50%	7,58%	8,30%	131,44%	37,91%	11,11%	254,62%
Ascoli Piceno	2,84%	3,94%	5,14%	12,38%	158,87%	49,52%	7,49%	316,08%
Fermo	11,48%	2,96%	6,97%	22,77%	184,82%	34,44%	9,90%	320,82%
Regione Marche	4,32%	3,29%	7,34%	15,67%	151,32%	35,55%	9,91%	274,41%

Provincia di Pesaro e Urbino

1954-2010 da 3128 a 11572 ha
pari al +269,95%

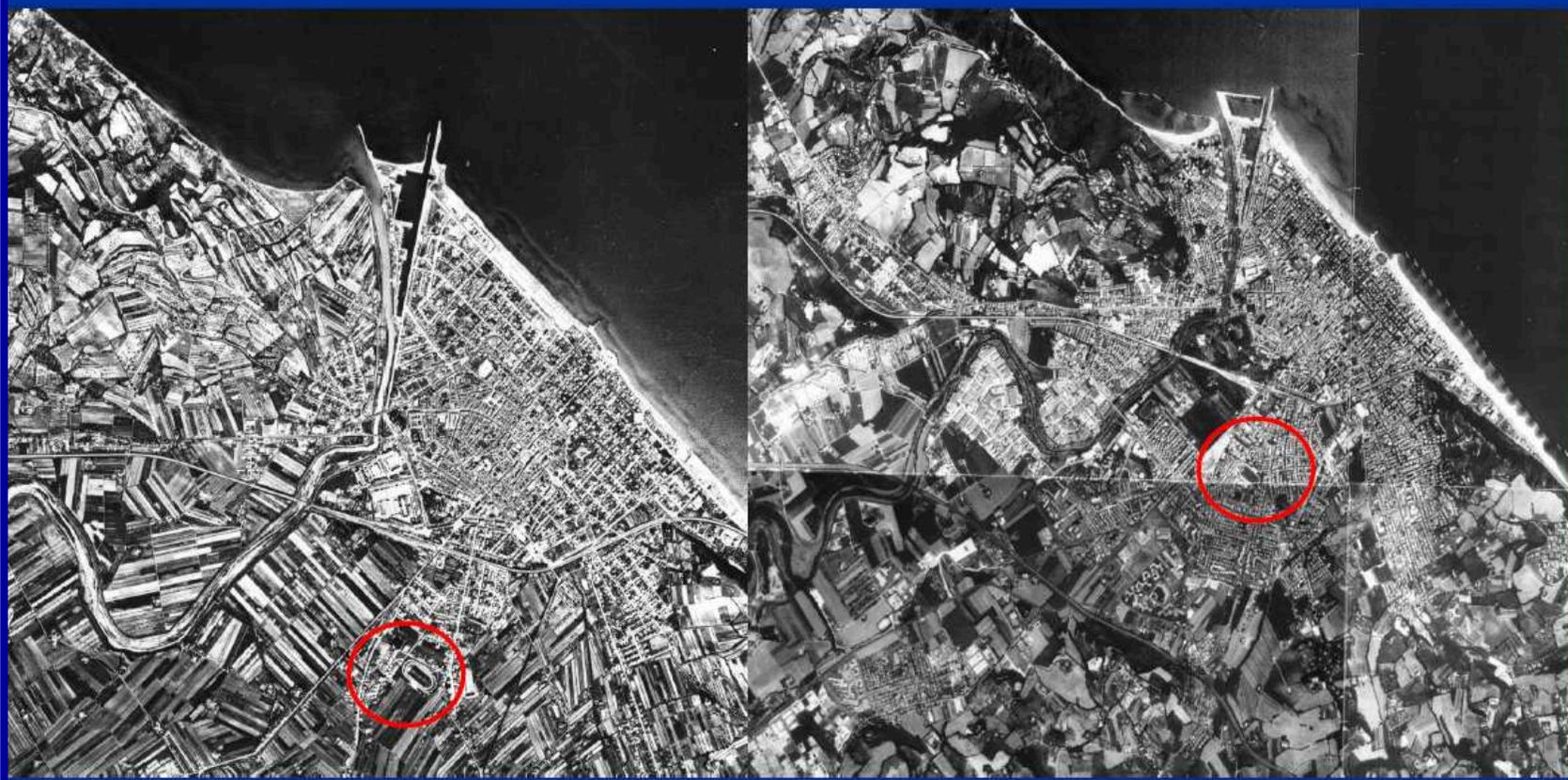
Provincia	Superficie urbanizzata			
	1954	1984	2001	2010
Pesaro e Urbino	3.128	7.965	10.425	11.572
Ancona	4.112	10.283	13.646	14.907
Macerata	3.041	7.038	9.706	10.784
Ascoli Piceno	1.493	3.865	5.779	6.212
Fermo	1.311	3.734	5.020	5.517
Regione Marche	13.085	32.885	44.576	48.992



Consumo del suolo nella città di Pesaro

Volo GAI, 1955

Ortofoto carta 1984

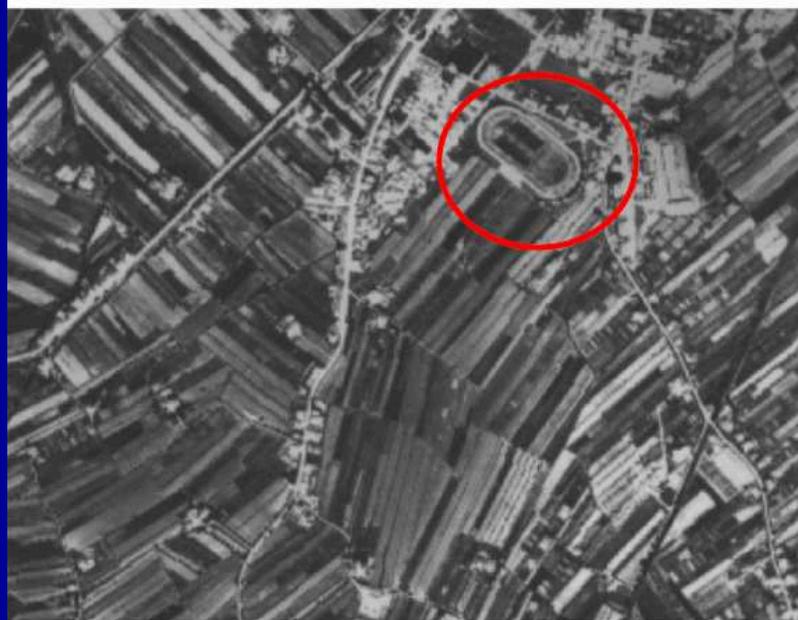




... nel dettaglio

Volo GAI, 1955

Ortofoto carta 1984





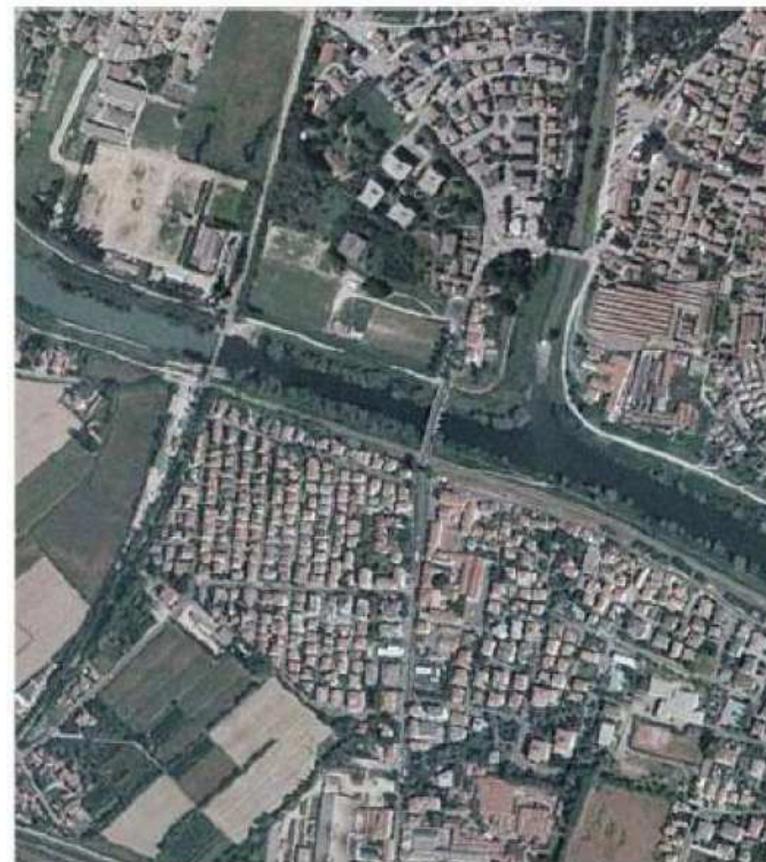
Estensione dell'urbanizzazione nel quartiere Arcella di Padova dal 1945 al 2000



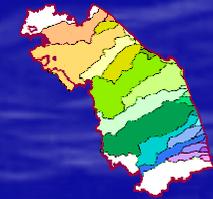
(da V. Bixio, in STADIUM 2010, CSDU – Politecnico Milano)



Estensione dell'urbanizzazione a Pontevigodarzere (Pd) dal 1945 al 2000



(da V. Bixio, in STADIUM 2010, CSDU – Politecnico Milano)



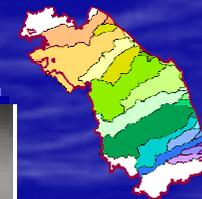
Effetti dell'urbanizzazione: differenti gradi di urbanizzazione





Effetti dell'urbanizzazione: allagamenti (Ancona 2006)





Effetti dell'urbanizzazione: allagamenti (Ancona 2006)





S.Giorgio bridge - Villasanta (27/11/2002)



Merone (26/11/2002)



Effetti dell'urbanizzazione: allagamenti





Monza centro



cologno

Cologno Monzese



via Annoni bridge - Monza



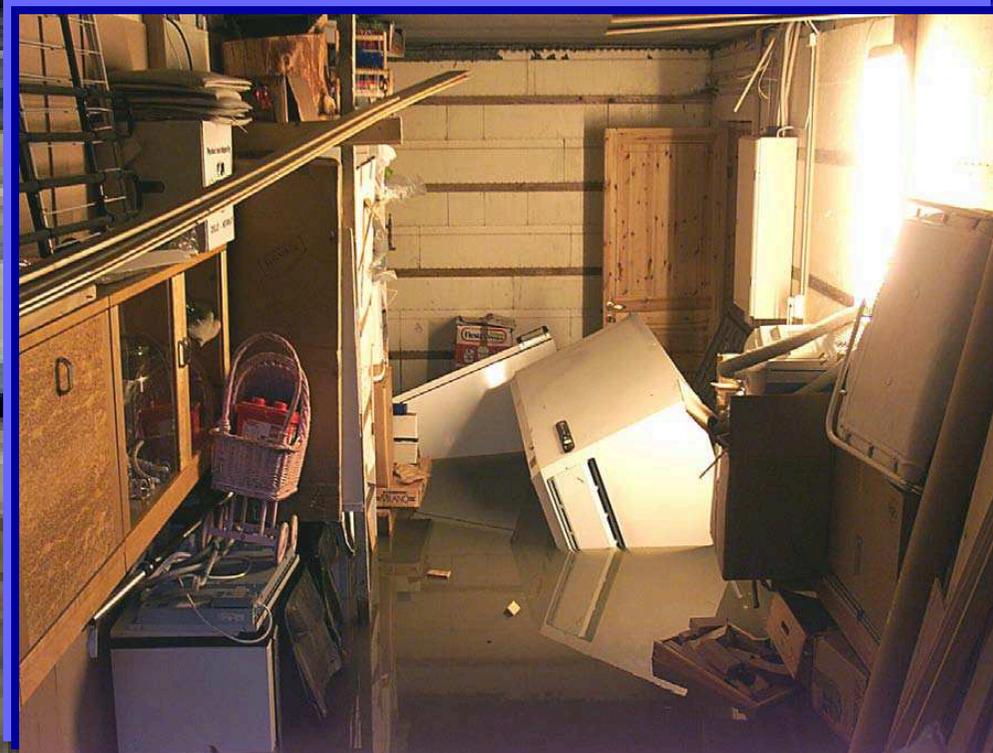
Parco Lambro - Milano

Effetti dell'urbanizzazione: allagamenti





Acqua alta a Milano



Effetti dell'urbanizzazione: allagamenti



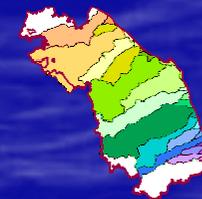
The Daily Telegraph

SATURDAY, JUNE 12, 1993



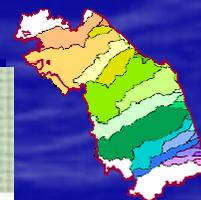
Effetti dell'urbanizzazione: allagamenti





Effetti dell'urbanizzazione: allagamenti per rigurgito fognature





NAPOLI
Allagamenti 9 settembre 2003: via Marconi e piazzale Tecchio



Effetti dell'urbanizzazione: allagamenti





NAPOLI

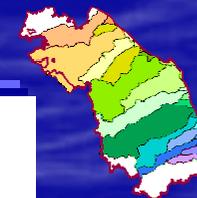
Allagamenti 17-18 settembre 2005:

via Ben Hur nel tratto tra via Epomeo e attraversamento Ferrovia SEPSA



Effetti dell'urbanizzazione: allagamenti





Germania, 2010



Australia, 2010

Germania, 2010



Effetti dell'urbanizzazione: allagamenti





Effetti dell'urbanizzazione: allagamenti





Stazione Brignole

Effetti dell'urbanizzazione: allagamenti





Stazione Brignole

Effetti dell'urbanizzazione: allagamenti





Via Colombo - Piazza Colombo

Effetti dell'urbanizzazione: allagamenti





Effetti dell'urbanizzazione: impatto sui corpi idrici





Effetti dell'urbanizzazione: impatto sui corpi idrici





Effetti dell'urbanizzazione: impatto sui corpi idrici





Le superfici impermeabili

- riducono l'opportunità di rimozione dei contaminanti dalle acque di pioggia attraverso processi naturali di infiltrazione ed evaporazione.
- si prestano all'accumulo di inquinanti



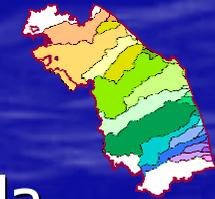
Effetti dell'urbanizzazione: inquinamento dei deflussi superficiali



Gli inquinanti si accumulano sulle superfici impermeabili e vengono mandati in sospensione dai deflussi quando piove

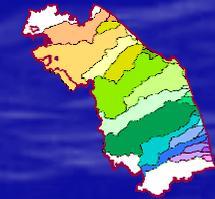


Effetti dell'urbanizzazione: inquinamento dei deflussi superficiali



Alla luce di quanto descritto, si pone il problema, nella pianificazione, sia a piccola che a grande scala, di adottare strumenti che garantiscano la sostenibilità di lungo periodo di un assetto idrografico. In particolare, è necessario limitare in futuro possibili effetti di aggravio delle piene legati alla progressiva urbanizzazione e all'impermeabilizzazione dei suoli conseguente alle trasformazioni di uso del suolo.





Ogni intervento che provoca impermeabilizzazione dei suoli ed aumento delle velocità di corrivazione deve prevedere azioni correttive volte a mitigarne gli effetti; tali azioni sono da rilevare essenzialmente nella realizzazione di volumi di invaso finalizzati alla laminazione; se la laminazione è attuata in modo da mantenere i colmi di piena prima e dopo la trasformazione inalterati, si parla di "invarianza idraulica" delle trasformazioni di uso del suolo (Pistocchi, 2001).



Ogni trasformazione del suolo che comporti una variazione di permeabilità superficiale deve prevedere misure compensative volte al perseguimento del **principio dell'invarianza idraulica**



**Le Buone pratiche (BMPs):
Tetti verdi, pavimenti porosi, cisterne
sotterranee, sistemi geocellulari,
vasche di laminazione....**



DEFINIZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA

La L.R. n. 22 del 23 novembre 2011 introduce all'art. 10, il principio di invarianza idraulica delle trasformazioni del territorio, definito nel seguente modo:

«Per trasformazione del territorio ad invarianza idraulica, si intende la trasformazione di un'area che non provochi un aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall'area stessa»



A seguito dell'introduzione delle prescrizioni riguardo all'invarianza idraulica delle trasformazioni urbanistiche, pare opportuno fornire alcuni elementi tecnici per la valutazione delle opere di mitigazione delle impermeabilizzazioni.

È da sottolineare che la predisposizione dei volumi di invaso di laminazione-raccolta, di cui all'art. 13 della suddetta L.R. n. 22 del 2011, a compensazione delle impermeabilizzazioni non è finalizzata a trattenere le acque di piena nel lotto, ma a mantenere inalterate le prestazioni complessive del bacino.



OBIETTIVO DELL'INVARIANZA IDRAULICA

L'obiettivo dell'invarianza idraulica richiede a chi propone una trasformazione di uso del suolo di accollarsi, attraverso opportune azioni compensative, gli oneri del consumo della risorsa territoriale costituita dalla capacità di un bacino di regolare le piene e quindi di mantenere le condizioni di sicurezza nel tempo.

MODALITÀ DI CALCOLO DEI VOLUMI E DEGLI INVASI DI COMPENSAZIONE DELL'IMPERMEABILIZZAZIONE



La misura del volume minimo d'invaso da prescrivere in aree sottoposte a una quota di trasformazione I (% dell'area che viene trasformata) e in cui viene lasciata inalterata una quota P (tale che I+P=100%) è data dal valore convenzionale:

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

$w^{\circ} = 50$ mc/ha;

ϕ = coefficiente di deflusso dopo la trasformazione,

ϕ° = coefficiente di deflusso prima della trasformazione;

I e P espressi come frazione dell'area trasformata ;

$n=0.48$ (esponente delle curve di possibilità climatica di durata inferiore all'ora, stimato nell'ipotesi che le percentuali della pioggia oraria cadute nei 5', 15' e 30' siano rispettivamente il 30%, 60% e 75%, come risulta – orientativamente - da vari studi sperimentali; si veda ad es. CSDU, 1997).



Per le classi denominate come "Significativa" e "Marcata" impermeabilizzazione come di seguito definite, è ammesso l'utilizzo di un valore diverso del parametro n qualora opportunamente motivato da un'analisi idrologica specifica contestualizzata al sito oggetto di trasformazione.



Per la stima dei coefficienti di deflusso ϕ e ϕ° si fa riferimento alla relazione convenzionale:

$$\phi^\circ = 0.9 \text{Imp}^\circ + 0.2 \text{Per}^\circ$$

$$\phi = 0.9 \text{Imp} + 0.2 \text{Per}$$

in cui Imp e Per sono rispettivamente le frazioni dell'area totale da ritenersi impermeabile e permeabile, prima della trasformazione (se connotati dall'apice $^\circ$) o dopo (se non c'è l'apice $^\circ$).

In letteratura (CSDU, 1997) si trovano indicazioni riguardo al fatto che l'invaso specifico di superfici urbanizzate, anche se permeabili, può essere valutato cautelativamente in 15 mc/ha, mentre di regola si suppone che superfici non urbanizzate abbiano capacità d'invaso di 50 mc/ha. Quindi anche in assenza di impermeabilizzazioni il principio dell'invarianza richiede di tenere conto del volume di vaso perso, cosa che viene fatta di regola con l'utilizzo corretto della formula (1).



Il volume così ricavato è espresso in mc/ha e deve essere moltiplicato per l'area totale dell'intervento (superficie territoriale, St), a prescindere dalla quota P che viene lasciata inalterata.

Il calcolo del volume di invaso richiede quindi la definizione delle seguenti grandezze:

- quota dell'area di progetto che viene interessata dalla trasformazione (I): è da notare che anche le aree che non vengono pavimentate con la trasformazione, ma vengono sistemate e regolarizzate, devono essere incluse a computare la quota I;
- quota dell'area di progetto non interessata dalla trasformazione (P): essa è costituita solo da quelle parti che non vengono significativamente modificate, mediante regolarizzazione del terreno o altri interventi anche non impermeabilizzanti;
- quota dell'area da ritenersi permeabile (Per): tale grandezza viene valutata prima e dopo la trasformazione;
- quota dell'area da ritenersi impermeabile (Imp): tale grandezza viene valutata prima e dopo la trasformazione.



FOGLIO DI CALCOLO PER L'INVARIANZA IDRAULICA



CALCOLO INVARIANZA IDRAULICA AI SENSI DELLA FORMULA (1)
AI SENSI DEL TITOLO III DELLA DGR 53 DEL 27/01/2014

Requisiti richiesti per ogni classe sulla base del volume minimo di laminazione determinato:

$$w = w' (\phi \psi)^{1/(1-\phi)} - 15 | - w' P$$

$$\psi = 0.9 \text{imp} + 0.2 \text{Per} \quad \phi = 0.9 \text{imp} + 0.2 \text{Per}$$

$w' = 50 \text{ m}^3/\text{ha}$ volume "convenzionale" d'inviosoprma della trasformazione
 ψ = coefficiente di deflusso post trasformazione ϕ = coefficiente di deflusso ante trasformazione
 $\phi = 0.48$ ψ e Per e imp espressi come frazione dell'area trasformata
 imp e Per espressi come frazione totale dell'area impermeabile e permeabile prima della trasformazione (se convertiti dall'apice "i" o "p" a "e" o "a")
 VOLUME RICAVATO dalla formula w moltiplicando la Superficie totale del terreno

Oggetto:

INSERIRE I DATI ESCLUSIVAMENTE NEI CAMPI CONTRASTATI

ANTE OPERAM	Superficie fondiaria-tutta (mq)	-	0,00	mq	Inserire la superficie totale dell'interale			
	Superficie impermeabile orizzonta	-	0,00	mq	Inserire il 48% della superficie impermeabile più frazione X della superficie generale con materiali impermeabili (es. betonelle, grigliati)			
	Imp^e							
	Superficie permeabile orizzonta (mq)	-	0,00	mq	Inserire il 48% della superficie permeabile (erba e agrivola) più frazione X della superficie generale con materiali impermeabili (es. betonelle, grigliati)			
	Per^e							
	Imp^e + Per^e				ATTENZIONE - LA SOMMA DEVE ESSERE PARI A 1 - CONTROLLARE I VALORI INSERITI			
POST OPERAM	Superficie impermeabile trasformata di praquetta	-	0,00	mq	Inserire il 48% della superficie impermeabile più frazione X della superficie trasformata con materiali impermeabili (es. betonelle, grigliati)			
	Imp^p							
	Superficie permeabile di praquetta	-	0,00	mq	Inserire il 48% della superficie permeabile (erba e agrivola) più frazione X della superficie generale con materiali impermeabili (es. betonelle, grigliati)			
	Per^p							
	Imp^p + Per^p				ATTENZIONE - LA SOMMA DEVE ESSERE PARI A 1 - CONTROLLARE I VALORI INSERITI			
INDICI DI TRASFORMAZIONE DELL'AREA	Superficie trasformata/interale	-	0,00	mq	superficie impermeabile più superficie permeabile trasformata rispetto all'agrivola			
	I							
	Superficie agrivola inalterata	-	0,00	mq	superficie inalterata			
	P							
	I + P				ATTENZIONE LA SOMMA DEVE ESSERE PARI A 1 - CONTROLLARE I VALORI INSERITI			
CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO ANTE OPERAM E								
	$\psi = 0.9 \text{imp} + 0.2 \text{Per}$	-	0,9	x	+ 0,2	x	-	
	$\phi = 0.9 \text{imp} + 0.2 \text{Per}$	-	0,9	x	+ 0,2	x	-	
	$w = w' (\phi \psi)^{1/(1-\phi)} - 15 - w' P$	-	50	x	- 15	x	-	50
	$w' = 50 \text{ m}^3/\text{ha}$							metri
	$\phi = 0,48$							
	$\psi = 0,92$							
VOLUME MINIMO DI INFASO								
			10.000,00	x	-	-		mc
Q	Partata ammissibile sul carapaccettare 20 l/ha							l/ha

Sul sito istituzionale della P.F. Difesa del Suolo e Autorità di bacino regionale

www.autoritabacino.marche.it

Per agevolare i soggetti interessati all'attuazione dei Criteri, si rendono disponibili **ulteriori documenti**, utili per lo sviluppo delle verifiche.

Si rimane a disposizione per apportare eventuali rettifiche in caso di problematiche applicative.

- **Foglio di calcolo** per lo sviluppo della Verifica per l'Invarianza Idraulica (il file contiene sia il foglio di calcolo per lo sviluppo della formula che esempi reperiti in letteratura e citati tra le fonti bibliografiche delle Linee Guida. Il foglio di calcolo viene fornito per l'utilizzo senza limitazioni d'uso, in nessun caso la Regione Marche potrà essere ritenuta responsabile di errori derivanti dal suo utilizzo).

INDICAZIONI OPERATIVE E MISURE PER LA PERMEABILITÀ DELLE AREE



Nella grande varietà di soluzioni progettuali, che sconsigliano di definire in modo rigido soluzioni "tecnicamente conformi", si possono comunque individuare le tipologie di soluzione seguenti:

- vasca in c.a. o altro materiale "rigido" posta a monte del punto di scarico, sia aperta e sia coperta (sia in serie, sia in parallelo; in quest'ultimo caso, è richiesto uno studio idraulico);
- invaso in terra posto a monte del punto di scarico (sia in serie, sia in parallelo; in quest'ultimo caso, è richiesto uno studio idraulico);
- depressione in area verde o in piazzale posta a monte del punto di scarico;
- dimensionamento con "strozzatura" delle caditoie in modo da consentire un invaso su strade e piazzali (*);
- dimensionamento con "strozzatura" delle grondaie e tetti piatti con opportuno bordo di invaso in modo da consentire un invaso sulle coperture (*, #);





- sovradimensionamento delle fognature interne al lotto (1 mc di tubo o canale = 0,8 mc di invaso);
- mantenimento di aree allagabili (es. verde, piazzali) con "strozzatura" adeguata degli scarichi (*);
- scarico in acque costiere o comunque che non subiscono effetti idraulici dagli apporti meteorici;
- scarico in vasche adibite ad altri scopi (sedimentazione, depurazione ecc.) purché il volume di invaso si aggiunga al volume previsto per altri scopi, e purché siano comunque rispettati i vincoli e i limiti allo scarico per motivi di qualità delle acque;
- scarico a dispersione in terreni agricoli senza afflusso diretto alle reti di drenaggio sia superficiale, sia tubolare sotterraneo.

(*) = richiesto un calcolo di dimensionamento idraulico degli scarichi

(#) = i volumi così realizzati servono solo per la quota di impermeabilizzazione imputabile alle coperture, mentre quelli che servono per strade, piazzali ecc. devono essere realizzati a parte.



IL RUOLO DELLA RETE FOGNARIA



In linea generale, si può considerare che **il volume totale delle condotte di fognatura sia efficace all'80% ai fini dell'invarianza idraulica** (si veda ad es. Paoletti, 1996; Pistocchi, 2001); questo significa che l'80% del volume totale della rete fognaria interna al lotto può essere considerato in diminuzione del valore di volume minimo d'invaso previsto dall'equazione (1).

I volumi di invaso vanno di regola realizzati come aree di espansione poste a monte del punto di scarico. È da evitare il caso di volumi depressi rispetto al punto di scarico, nel qual caso si verificherebbe un riempimento e la successiva necessità di scolo meccanico.

In linea generale non deve essere previsto lo scarico diretto con sollevamento meccanico nel corpo idrico recettore. Nel caso sia dimostrata l'impossibilità di una soluzione alternativa è necessario prevedere luci di efflusso adeguatamente dimensionate a valle del sollevamento, sulla base delle indicazioni dell'autorità idraulica competente o del gestore del SII, in modo da consentire la limitazione alle portate uscenti richiesta. Inoltre è necessario che tutte le parti della vasca possano essere drenate a gravità verso l'impianto di sollevamento.

I volumi di invaso devono essere intesi come zone periodicamente allagabili mantenute drenate in condizioni di tempo asciutto. Ciò previene fra l'altro problemi di tipo igienicosanitario connessi al trattenimento e allo stoccaggio delle acque.



IL RUOLO DELLA RETE FOGNARIA

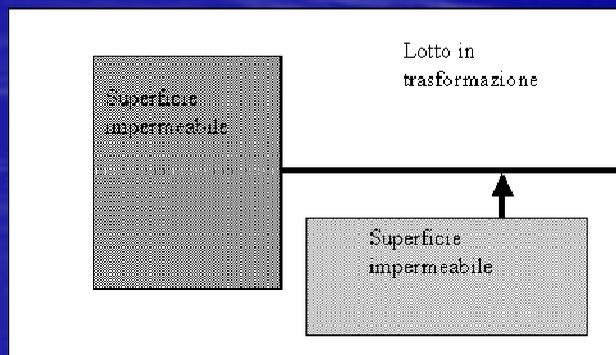


Nelle situazioni in cui si renda necessario adottare sia interventi di gestione delle acque di prima pioggia, sia azioni nei confronti dell'invarianza idraulica attraverso la realizzazione di vasche volano o laminazione, le stesse possono essere realizzate per soddisfare entrambe le esigenze qualitative e quantitative, nel rispetto dei parametri progettuali previsti per queste tipologie di manufatti.

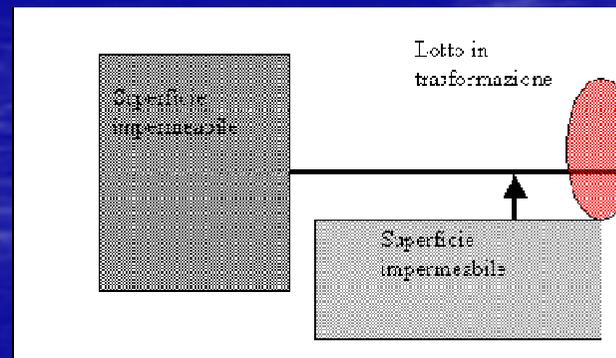
Concorrono al calcolo dei volumi di laminazione, oltre alle suddette opere, tutti i manufatti (scatolari di ripartizione/sollevarimento, ripartitori d'ingresso, ecc.) strutturalmente idonei a garantire uno stoccaggio anche temporaneo delle acque meteoriche di deflusso superficiale, ricomprese all'interno della trasformazione che determina impermeabilizzazione.



SCHEMI DI DRENAGGIO CON INVARIANZA

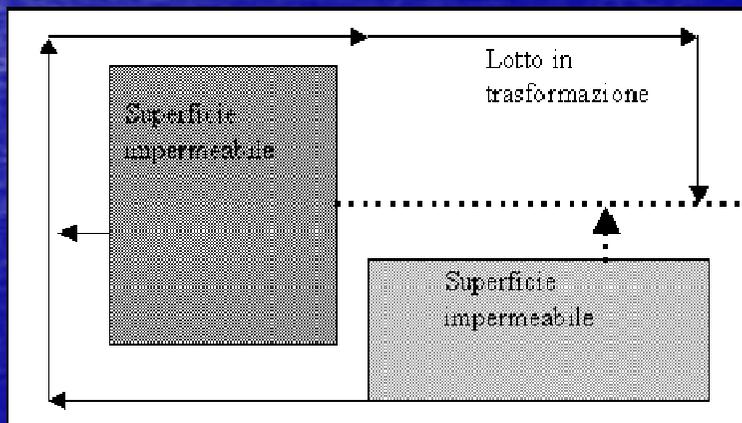


A) schema di drenaggio "tradizionale": le superfici impermeabili vengono drenate con sistemi di fognatura che recapitano al corpo idrico ricevente

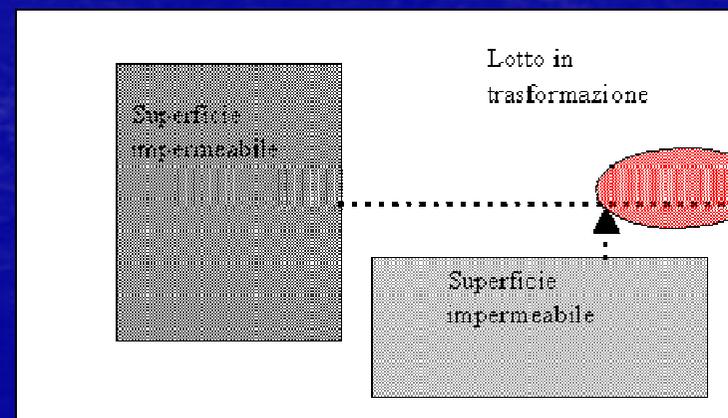


B) schema di drenaggio con dispositivo di invarianza costituito da una vasca di espansione posta a monte del punto di recapito; il volume di invaso viene calcolato in relazione al tasso di impermeabilizzazione indotto

Vasca di espansione



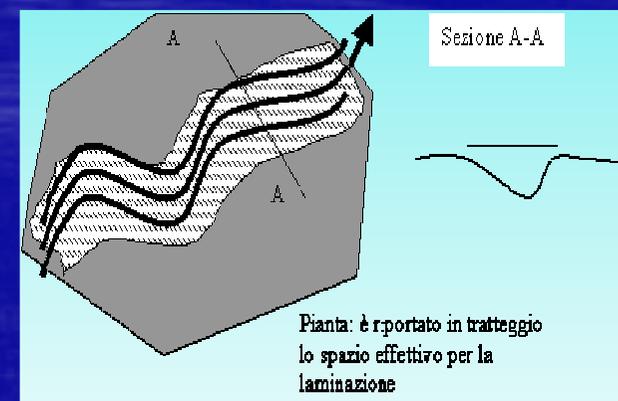
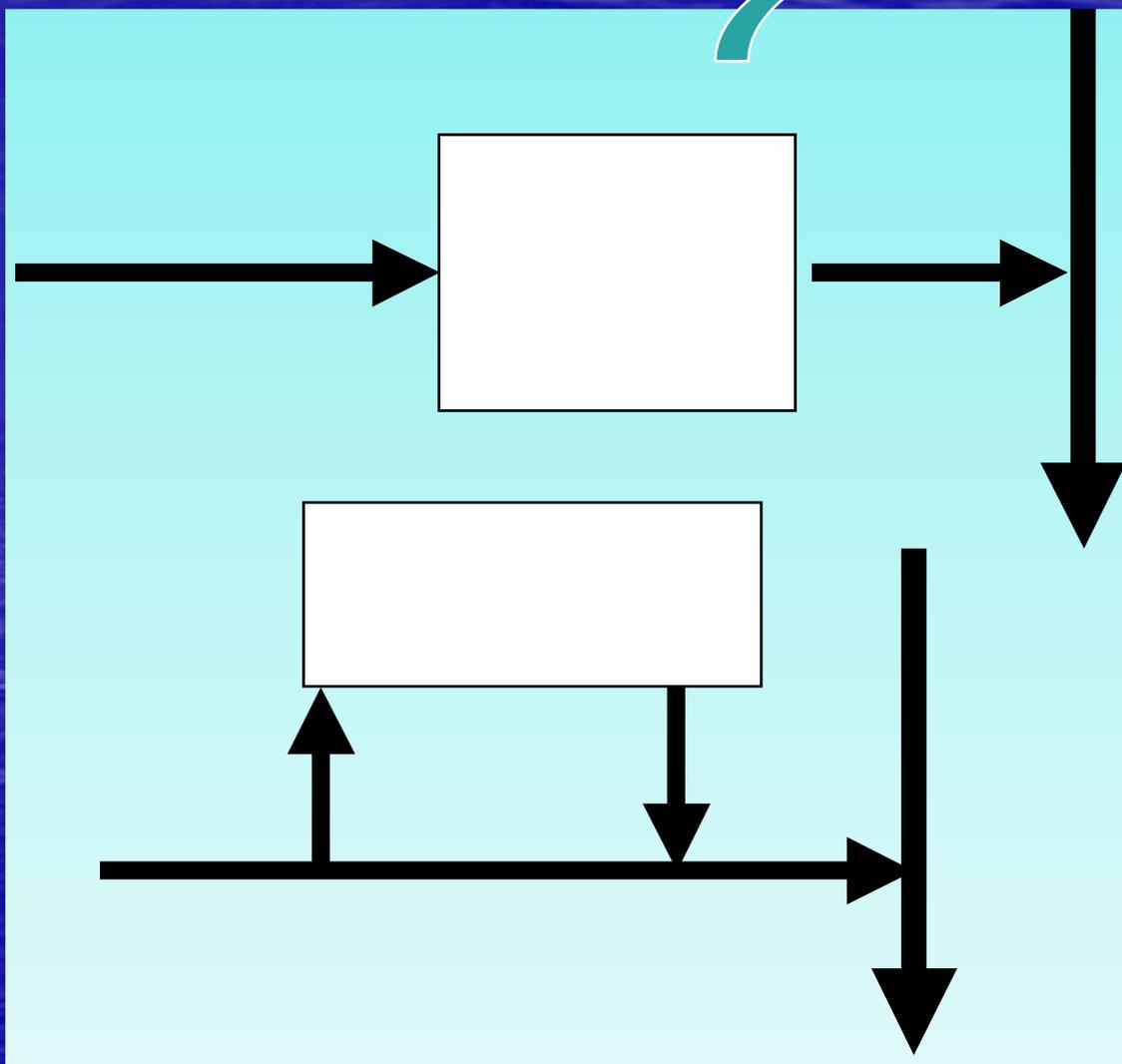
C) schema di drenaggio con dispositivo di invarianza costituito da un sovradimensionamento della rete di fognatura: al posto del percorso minimo (tratteggiato) si realizza un percorso più lungo nel quale le piene vengono laminate



D) schema di drenaggio con dispositivo di invarianza ibrido (sovradimensionamento della rete di fognatura + vasca di laminazione)



VASCHE DI LAMINAZIONE IN SERIE E IN PARALLELO



I volumi di invaso posti in serie rispetto al sistema di drenaggio non devono presentare "cunette di magra" in cui l'acqua trovi vie preferenziali di scolo, in assenza di valutazioni idrauliche specifiche sul funzionamento di tali cunette. Tale sistema infatti riduce lo spazio effettivo per la laminazione.

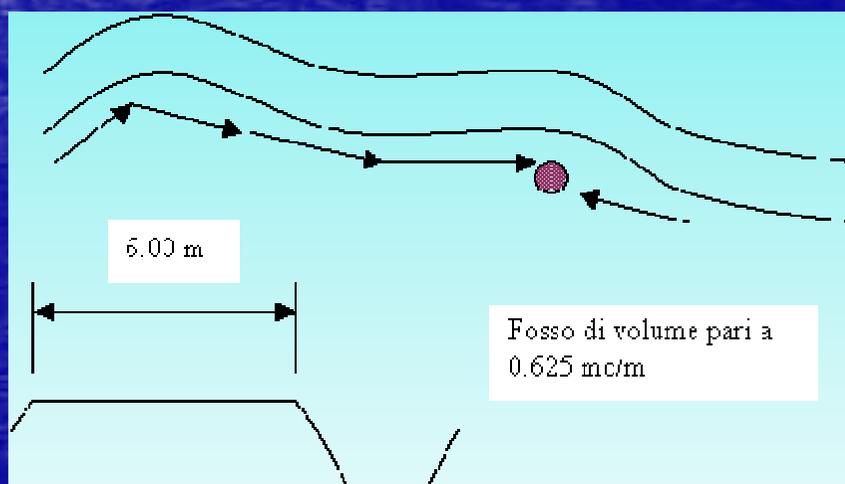
vasche in serie (sopra) e in parallelo (sotto)



IMPERMEABILIZZAZIONI DOVUTE A STRADE



Nel caso di impermeabilizzazioni dovute a strade, l'invarianza idraulica si può realizzare con un opportuno dimensionamento dei fossi laterali e delle canalette di drenaggio. Ovunque sia presente lo spazio necessario, è opportuno accoppiare il volume ottenuto dalla (1) a spazi di laminazione concentrati (aree di espansione), in corrispondenza delle immissioni nei corpi recettori. Questo consente fra l'altro di operare una blanda autodepurazione del deflusso, aumentandone i tempi di residenza nella rete scolante e la possibilità di sedimentazione dei solidi sospesi. In generale, è opportuno sviluppare comunque tutte le considerazioni idrauliche e geotecniche suggerite dal caso specifico, anche in relazione ai possibili effetti del sistema di drenaggio sulla stabilità della sede stradale. La figura seguente mostra uno schema di realizzazione dell'invarianza idraulica per un tracciato stradale



Ai sensi dell'art. 42 delle N.T.A. del P.T.A. regionale, le acque meteoriche di dilavamento delle strade pubbliche e private non sono assoggettate alla disciplina delle acque reflue industriali e pertanto non devono essere convogliate in dispositivi di accumulo con relativo trattamento, ad eccezione dei casi previsti nel medesimo articolato.



TIPI DI SUPERFICIE – COEFFICIENTI DI DEFLUSSO



TIPO DI SUPERFICIE	C
<i>Superfici permeabili</i> (aree agricole, aree verdi, boschi e/o assimilabili)	0,1-0,4
<i>Superfici semi-permeabili</i> (grigliati drenanti con sottostante materasso ghiaioso, strade in terra battuta o stabilizzato, ecc.)	0,5-0,7
<i>Superfici impermeabili</i> (tetti, strade, piazzali, ecc.)	0,8 -1

Nella tabella sono indicati, in via del tutto qualitativa, alcuni valori dei coefficienti attribuiti ai diversi tipi di uso del suolo. I range di valori per ogni tipologia di superficie, sono espressi in funzione delle condizioni pedologiche, morfologiche, colturali, antropiche, ecc. del contesto indagato che possono variare significativamente all'interno di ciascuna classe.

Ai fini della stima delle percentuali permeabili e impermeabili, nel caso in cui si presentino elementi da valutare caso per caso, è compito del progettista dell'intervento di trasformazione delle superfici certificare, attraverso gli elaborati progettuali, il tasso di permeabilità delle soluzioni adottate.

Le valutazioni della permeabilità superficiale "idrologica", devono essere valutate con prove idonee in situ sui primi centimetri di suolo, e non da una permeabilità desunta da prove di laboratorio riferita agli strati del primo sottosuolo come è uso ad es. per i problemi di subirrigazione e similari. Gli strati superficiali del suolo sono sempre dotati di permeabilità molto più elevata di quella considerata dalle valutazioni di tipo geologico, e mostrano quasi sempre, se non particolarmente compattati, una notevole capacità di trattenimento dei millimetri di pioggia corrispondenti agli eventi di precipitazione critici.



TIPI DI SUPERFICI – COEFFICIENTI DI DEFLUSSO



SUPERFICI PERMEABILI O ASSIMILABILI

In generale, ogni tipo di copertura che consenta la percolazione nel suolo almeno ai tassi di infiltrazione propri del suolo "naturale" in posto è da considerare permeabile. Sono quindi certamente permeabili tutte le superfici mantenute a verde, a meno dell'ovvio controesempio di verde al di sopra di elementi interrati quali scantinati e similari, e di giardini pensili.

Le coperture del suolo che possono essere considerate permeabili comprendono il caso delle griglie plastiche portanti e di dispositivi similari. Si tratta di strutture di pavimentazione costituite da elementi a griglia con percentuale di vuoti molto alta, e con caratteristiche tali da non indurre una compattazione spinta del terreno.

SUPERFICI SEMIPERMEABILI O ASSIMILABILI

Nel caso invece di elementi di pavimentazione tipo "Betonella" e similari, occorre valutare caso per caso il grado di impermeabilizzazione indotto, anche tenendo conto che, essendovi una percentuale di vuoti molto minore e una forte possibilità di compattazione del terreno al di sotto e negli interstizi degli elementi di pavimentazione, si può configurare una situazione di impermeabilità di fatto. Con le stesse cautele devono essere trattate le superfici in misto granulare stabilizzato e altri materiali analoghi. In linea di massima, si può valutare le superfici di queste ultime due tipologie come permeabili al 30 - 50%.

SUPERFICI IMPERMEABILI O ASSIMILABILI

Sono invece da considerare impermeabili le superfici asfaltate e cementificate, oltre alle coperture degli edifici anche qualora presentino elementi a verde, giardini pensili ecc.



CARATTERISTICHE DEL TERRENO



Le caratteristiche del terreno possono restringere o precludere l'uso di particolari dispositivi di drenaggio. Le caratteristiche del sito che possono influenzare la selezione dei dispositivi sono discusse e rappresentate nell'Appendice A - *Tabella di orientamento nella scelta dei dispositivi* – pubblicata sulle linee guida sezione «B».

In caso di terreni ad elevata capacità di accettazione delle piogge (coefficiente di filtrazione maggiore di 10^{-3} m/s e frazione limosa inferiore al 5%), in presenza di falda freatica sufficientemente profonda e di regola in caso di piccole superfici impermeabilizzate, è possibile realizzare sistemi di infiltrazione ricorrendo all'invarianza idraulica per il solo 50% dell'aumento di portata.

Qualora si voglia aumentare la percentuale di portata attribuita all'infiltrazione, fino ad una incidenza massima del 75%, il progettista dovrà documentare, attraverso appositi elaborati progettuali e calcoli idraulici, la funzionalità del sistema a smaltire gli eccessi di portata prodotti dalle superfici impermeabilizzate rispetto alle condizioni antecedenti la trasformazione, almeno per un tempo di ritorno di 30 anni.



INDICAZIONI PER LE AREE DI VERSANTE E DI COLLINA



Nel caso di interventi in territorio collinare e montano, fermo restando l'obbligo di prevedere idonei dispositivi di invarianza idraulica, è consigliabile realizzare, ovunque possibile, i volumi di invaso mediante opere di regimazione idrica (quali scoline, viminate, gradonate, terrazzamenti, ecc.) distribuite su tutte le superfici non pavimentate della superficie territoriale dell'intervento. Queste opere di regimazione devono essere pensate per aumentare il tempo di persistenza del deflusso sulle superfici e il volume dinamico immagazzinato sulle stesse.

In questi casi, il volume di invaso utile è da computarsi come l'80 % del volume fisico realizzato a tergo dei rilevati prodotti dalle opere di regimazione, come illustrato nella figura seguente.



In caso di terreni ad elevata capacità di accettazione delle piogge, in presenza di falda freatica sufficientemente profonda e di regola in caso di piccole superfici impermeabilizzate, è possibile realizzare sistemi di infiltrazione facilitata in cui convogliare i deflussi in eccesso prodotti dall'impermeabilizzazione. Questi sistemi, che fungono da dispositivi di rimessaggio in falda, possono essere realizzati, a titolo esemplificativo, sotto forma di pozzetti o vasche o condotte disperdenti in cui sia consentito l'accumulo di un battente idraulico che favorisca l'infiltrazione e la dispersione nel terreno.

INDICAZIONI OPERATIVE E MISURE PER LA PERMEABILITÀ DELLE AREE



In linea generale, è stata introdotta una classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici. Tale classificazione consente di definire soglie dimensionali in base alle quali si applicano considerazioni differenziate in relazione all'effetto atteso dell'intervento. La classificazione è riportata nella seguente tabella

Classe di Intervento	Definizione
<u>Trascurabile</u> impermeabilizzazione potenziale	intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1 ha
<u>Modesta</u> impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 0.1 e 1 ha
<u>Significativa</u> impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha; interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con $Imp < 0,3$
<u>Marcata</u> impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici superiori a 10 ha con $Imp > 0,3$





A seconda della classe di si suggeriscono i seguenti criteri:

- nel caso di trascurabile impermeabilizzazione potenziale, è sufficiente che i volumi disponibili per la laminazione soddisfino i requisiti dimensionali della formula (1);
- nel caso di modesta impermeabilizzazione, oltre al soddisfacimento dei requisiti della formula (1) 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, si consiglia di dimensionare le luci di scarico e i tiranti idrici ammessi nell'invaso in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area in trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione, almeno per una durata di pioggia di 2 ore e un tempo di ritorno di 30 anni;
- nel caso di marcata impermeabilizzazione, si richiede la presentazione di uno studio di maggiore dettaglio.



Per le previsioni degli strumenti di pianificazione territoriale, generale e attuativa vigenti alla data di entrata in vigore dei presenti criteri, solamente per i casi a) e b) sopra riportati, in alternativa all'utilizzo della formula (1) può essere adottato il dimensionamento per una capacità di invaso pari ad almeno 350 metri cubi per ogni ettaro di superficie impermeabilizzata.

Fatto salvo quanto previsto dal Titolo IV dei criteri di cui alla DGR 53/2014, il valore determinato dal dimensionamento dell'invarianza idraulica rappresenta un elemento prestazionale da conseguire attraverso la realizzazione di interventi derivanti da un'opportuna combinazione di una o più soluzioni tipologiche.



Considerata la particolare criticità in cui si trova il territorio, nel caso lo stato di fatto dell'area oggetto di studio risulti già urbanizzata, per i casi di modesta e significativa impermeabilizzazione oltre al rispetto dei criteri sopra indicati, la portata massima imposta in uscita (allo scarico) nella configurazione di progetto non potrà essere superiore a quella desumibile da un **coefficiente udometrico di 20 litri al secondo per ettaro di superficie impermeabilizzata**.

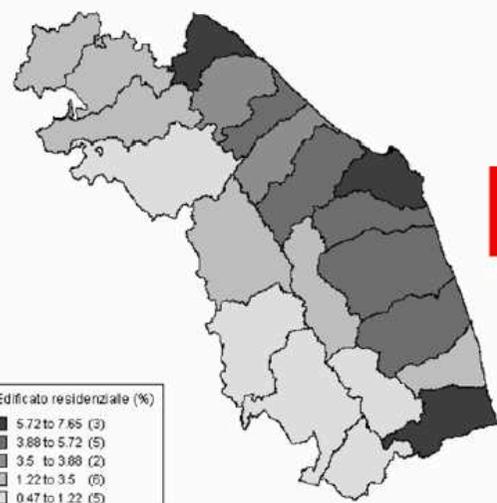
Il valore deve essere inteso in via preliminare come predimensionamento delle opere. In situazioni di difficile raggiungimento del limite pari 20 litri al secondo per ettaro, ad esempio in aree ristrette e fortemente impermeabilizzate, lo stesso potrà essere oggetto di modifica da parte dell'Autorità Idraulica o del Gestore S.I.I. che dovranno esprimere parere sul progetto, e se positivo, al rilascio della successiva autorizzazione allo scarico o all'allaccio.



I volumi calcolati con i metodi descritti indicano i volumi minimi da realizzare al fine di garantire l'invarianza idraulica in termini di portata scaricata al recapito finale e devono essere realizzati in modo tale da essere pienamente efficienti. I volumi calcolati nel caso di trascurabile impermeabilizzazione, non necessitano di manufatto di regolazione delle portate, è sufficiente che siano protetti in sezione di chiusura da valvole di non ritorno di tipo a clapet. Diversamente i volumi calcolati nel caso di modesta e significativa impermeabilizzazione devono essere afferenti ad un manufatto di regolazione delle portate per esempio un manufatto con bocca tarata o una stazione di sollevamento. Per quanto concerne il caso di marcata impermeabilizzazione, i manufatti di protezione devono essere stabiliti e dimensionati in relazione agli esiti degli studi di maggiore dettaglio.



Stima quantitativa del volume di invaso necessario a garantire l'invarianza idraulica



nelle 11 Aree Urbane Funzionali (FUA) a più elevata dinamica urbanizzativa e di trasformazione del suolo:

- sup. urbanizzata pari a 30.000 ettari
- sup. Imp minimo la metà (50%)
- aree sottoposte a trasformazione 11,5% (ISTAT 2001/2008)

Volume di invaso necessario

($S_{imp}=1.800\text{ ha}$)

	Aree sottoposte a trasformazione territoriale	Adeguamento delle situazioni esistenti		
		Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Volume complessivo (mc)	630.000	5.250.000	6.930.000	7.875.000
Vol. acque di prima pioggia (mc)	90.000	750.000	990.000	1.125.000

normativa vigente



invasi min. $350\text{ m}^3/\text{ha}_{imp}$

Volume di invaso necessario

Aree sottoposte a trasformazione territoriale

($S_t=3.600\text{ ha}$)

Volume minimo specifico (mc/ha)	317
Volume complessivo (mc)	1.142.340

normativa in corso di approvazione



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



AMBITI DI APPLICAZIONE

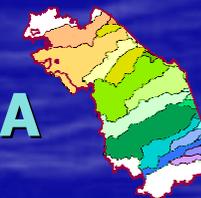


Per le finalità dell'invarianza idraulica, l'ambito di applicazione è l'intero territorio regionale ed in particolare le trasformazioni del suolo che provocano una variazione di permeabilità superficiale. Le disposizioni di cui la Titolo III della DGR 53/2014, non si applicano:

- ad attività di trasformazione non comportanti variazione di permeabilità superficiale;
- ad attività di trasformazione caratterizzate per loro natura da comportare una variazione in «positivo» della permeabilità superficiale;
- ad attività di trasformazione in cui lo scarico delle acque meteoriche da una superficie giunga direttamente a mare o ad altro corpo idrico in cui livello non risulti influenzato dagli apporti meteorici;
- ad interventi comportanti la realizzazione di impermeabilizzazione per una superficie pari o inferiore a 100 mq.



PROCEDIMENTI AMMINISTRATIVI IN CUI VIENE VALUTATA L'INVARIANZA IDRAULICA



In sede di **redazione/variazione degli strumenti di pianificazione territoriale**, vanno considerate le misure relative all'invarianza idraulica, ancorché la loro definizione ed attuazione possa essere rimandata a fasi successive.

In sede di **approvazione di Strumenti Urbanistici Attuativi** deve essere redatto uno schema di valutazione dell'invarianza idraulica valutando gli interventi utili a garantire la stessa. La progettazione esecutiva di detti interventi può avvenire all'interno delle opere di urbanizzazione, per gli interventi su aree pubbliche e in sede di permesso di costruire per quelli su aree private.

L'applicazione delle misure per l'invarianza idraulica, qualora richieste, costituisce ulteriore elemento da soddisfare per il rilascio del **titolo abilitativo alla realizzazione degli interventi edilizi**.



TABELLA DI ORIENTAMENTO NELLA SCELTA DEI DISPOSITIVI COSTRUTTIVI PER L'INVARIANZA IDRAULICA



Codice	DISPOSITIVO	PROCESSO				GESTIONE			DESTINAZIONE D'USO					SPAZIO DISPONIBILE		TIPO DI TERRENO		RISCHIO IDRAULICO		INQUINAMENTO							
		Infiltrazione	Detenzione/Atenuazione	Trasporto	Riutilizzo	Controllo locale	Controllo nell'intero	Controllo territoriale	Residenziale a bassa densità	Residenziale ad alta densità	Strade	commerciale	Industriale	di Riquasifica	Contaminata	Basso	Alto	Impermeabile	Permeabile	Riduzione picchi di deflusso	Riduzione del volume	Riduzione colpi d'acqua	Riduzione nutrienti	Riduzione metalli pesanti	VALORE ESTETICO	VALORE ECOLOGICO	COSTI
D1	Tetti verdi	●	●		●			●	●		●	●	●	●	●	●			MEDIO	MEDIO	ALTO	BASSO	MEDIO	BUONO	BUONO	ALTO	ALTO
D2	Cisterne di raccolta		●		●	●		●	●		●	●	●	●			●	●	ALTO	ALTO	ALTO	BASSO	MEDIO	BASSO	ALTO	ALTO	ALTO
D3	Cisterne domestiche		●		●	●		●	●		●	●	●	●			●	●	BASSO	BASSO	BASSO	BASSO	BASSO	BASSO	BASSO	BASSO	BASSO
D4	Superfici permeabili	●			●			●	●		●	●	●	●	●	●			BUONO	BUONO	ALTO	ALTO	ALTO	BASSO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
D5	Sistemi di bioritenzione	●	●			●	●	●	●		●	●	●	●		●			MEDIO	MEDIO	ALTO	BASSO	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
D6	Fasce di infiltrazione	●				●	●		●		●	●	●	●					BASSO	BASSO	MEDIO	BASSO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
D7	Gallerie di infiltrazione	●	●			●	●		●		●	●	●	●	●	●			MEDIO	ALTO	ALTO	MEDIO	ALTO	BASSO	BASSO	BASSO	MEDIO
D8	Cisterne Sotteranee	●	●	●		●	●		●		●	●	●	●	●	●			BUONO	BUONO	MEDIO	BASSO	MEDIO	BASSO	MEDIO	MEDIO	BASSO
D9	Sistemi modulari necellulari	●	●			●	●		●		●	●	●	●		●			BUONO	BUONO	BASSO	N/A	BASSO	BASSO	BASSO	BASSO	BASSO
D10	Bacini di infiltrazione	●	●			●	●		●		●	●	●	●	●	●			MEDIO	BUONO	ALTO	MEDIO	ALTO	BUONO	BASSO	BASSO	MEDIO
D11	Vassoi	●	●	●		●	●		●		●	●	●	●	●	●			MEDIO	MEDIO	ALTO	BASSO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO
D12	Bacini di detenzione	●	●			●	●		●		●	●	●	●	●	●			BUONO	BASSO	MEDIO	BASSO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO	BASSO
D13	Zone umide		●		●	●	●		●		●	●	●	●	●	●			BUONO	BUONO	ALTO	MEDIO	ALTO	BUONO	ALTO	ALTO	ALTO
D14	Stagni		●		●	●	●		●		●	●	●	●	●	●			BUONO	BASSO	ALTO	MEDIO	ALTO	BUONO	MEDIO	MEDIO	MEDIO



SCHEDE TIPOLOGICHE TETTI VERDI



Tetti verdi

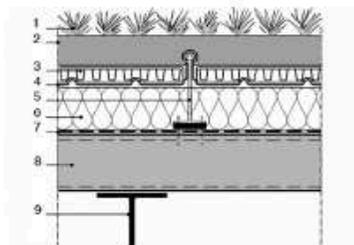
D1



I tetti verdi sono sistemi multistrato permeabili sopra uno strato drenante che possono ricoprire con vegetazione i tetti degli edifici, piattaforme, parcheggi. Sono progettati per intercettare e trattenere l'acqua piovana, attenuando i picchi massimi di deflusso.

PROCESSO		GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO	
Infiltrazione	SI	Controllo locale	SI	Residenziale a bassa densità	SI
Detenzione/ attenuazione	SI	Controllo nell'intorno	NO	Residenziale ad alta densità	SI
Trasporto	NO	Controllo territoriale	NO	Strade	NO
Riutilizzo	SI			Commerciale	SI
				Industriale	SI
				di Riqualifica	SI
				Contaminata	SI
SPAZIO DISPONIBILE			TIPO DI TERRENO		
Basso	SI		Impermeabile	SI	
Alto	SI		Permeabile	SI	
RIDUZIONE DEL RISCHIO					
Idraulico	Riduzione dei Picchi di deflusso		MEDIO		
	Riduzione del Volume di deflusso		MEDIO		
Inquinamento	Corpi sospesi		ALTO		
	Nutrienti		BASSO		
	Metalli pesanti		MEDIO		
VALORE ECOLOGICO			VALORE ESTETICO		
BUONO			BUONO		

SEZIONE



1. Piante con crescita a raso, autorigeneranti e resistenti alle alluvia sia al gelo.
2. Sottostrato per la vegetazione - Consiste in un terriccio naturale di qualità controllata.
3. Giuola drenante integrata con strato di tessuto filtrante.
4. Il pannello di alluminio è totalmente resistente all'umidità e alla penetrazione da parte delle radici.
5. Giunto fra copertura e struttura.
6. Isolamento termico - Questo può essere adattato perfettamente ai requisiti specifici di ciascun edificio e clima.
7. Barriera al vapore - La barriera al vapore fornisce protezione dalla condensa.
8. Pannelli profilati in alluminio. Forniscono una sovrastruttura calpestabile resistente e non fragile per tetti con struttura a orditura metallica di travi e arcarecci.
9. Sottostruttura metallica a travi e arcarecci - Sistema costruttivo dell'edificio da coprire.

VANTAGGI

- Buona capacità di rimozione delle sostanze inquinanti dovute a fattori atmosferici.
- Riduce le sollecitazioni di espansione e contrazione delle strutture della copertura.
- Miglioramento dell'aria.
- Isola gli edifici.
- Assorbimento delle vibrazioni sonore.

SVANTAGGI

- Elevati costi manutenzione rispetto alle coperture convenzionali.
- Qualsiasi danno alla membrana impermeabilizzante può causare problemi quando l'acqua è trattenuta sul tetto.





SCHEDE TIPOLOGICHE TETTI VERDI



TETTI VERDI – VERDE PENSILE

STRATI VERDI

In genere, il tetto verde di un edificio commerciale è composto da questi strati:

Vegetazione

Piante succulente come la borraicina assorbono la pioggia, che un tetto tradizionale non può trattenerne.

Substrato di crescita

Quando è impregnata d'acqua la terra naturale pesa troppo, perciò si ricorre a un terriccio composto.

Drenaggio

La pioggia in eccesso filtra su vaschette di accumulo o su ghiaia, per poi essere smaltita dal sistema di drenaggio.

Nei periodi di siccità, l'acqua così accumulata torna a essere assorbita dalle radici.

Supporto

Una barriera antiradice e una membrana impermeabile separano il sistema del tetto vegetale dall'edificio isolato sottostante.

SARDELLI, FUKUNAGA, WISE
ILLUSTRAZIONE DI SARA POLEY
DIPINTO DI ROBERTO G. G. G. G.



OBIETTIVI

- ridurre e controllare gli afflussi ai sistemi di drenaggio mediante la ritenzione e la detenzione delle acque meteoriche
- permette di contenere l'aumento delle temperature, attraverso l'evapotraspirazione e l'assorbimento della radiazione solare incidente
- abbattere considerevolmente il ricircolo delle polveri inquinanti mediante la capacità di assorbimento e trattenuta delle stesse
- preservare la biodiversità grazie alla creazione di nuovi ambienti di vita per animali e piante
- mitigare l'inquinamento acustico con la riduzione della riflessione del suono all'esterno e della diffusione all'interno
- simulare i processi del ciclo dell'acqua, tramite la ritenzione (immagazzinamento e dispersione) del volume di pioggia



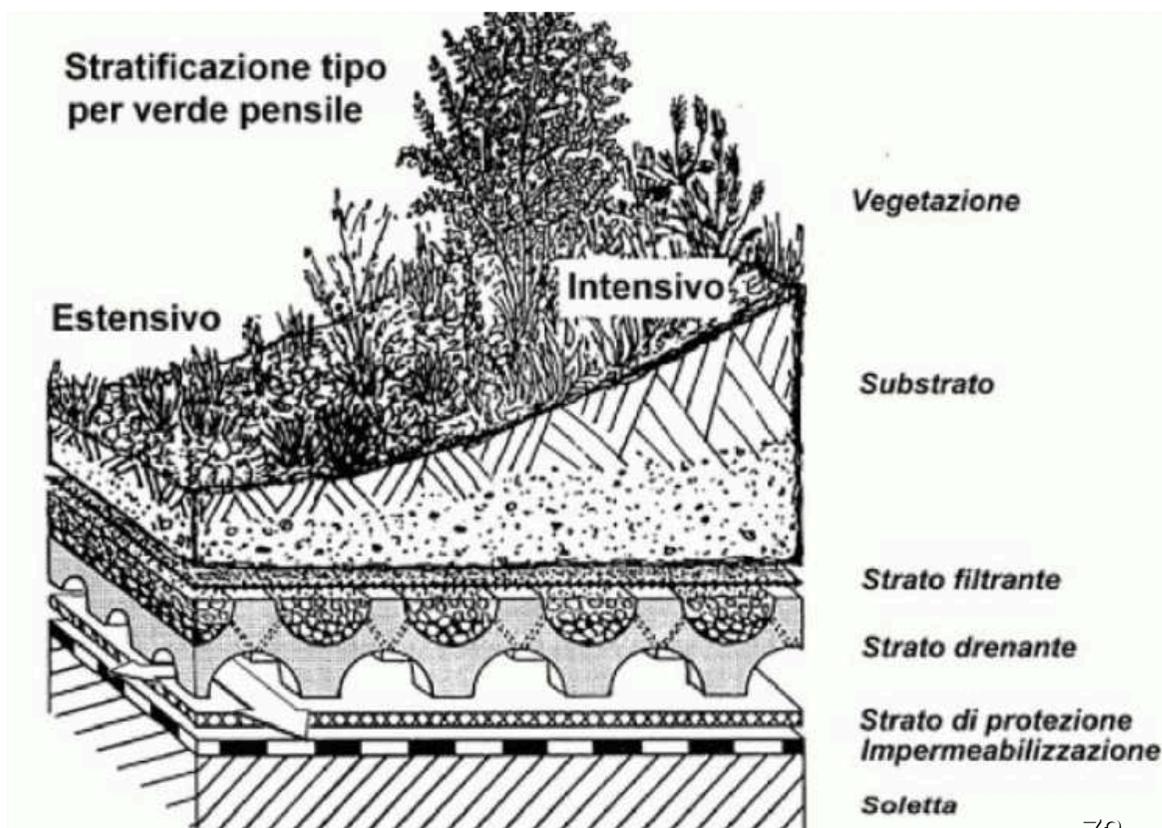


SCHEDE TIPOLOGICHE TETTI VERDI



Le coperture a verde sono di solito realizzate utilizzando uno schema di inverdimento multistrato:

- ◆ strato di protezione meccanica
- ◆ substrato drenante
- ◆ strato filtrante
- ◆ substrato colturale
- ◆ strato di vegetazione





SCHEDE TIPOLOGICHE TETTI VERDI



■ Le coperture a verde sono di solito realizzate utilizzando uno schema di inverdimento multistrato:

- ◆ strato di protezione meccanica
- ◆ substrato drenante
- ◆ strato filtrante
- ◆ substrato colturale
- ◆ strato di vegetazione

inverdimento multistrato con strato drenante in materiale sfuso



inverdimento multistrato con strato drenante in plastico preformato

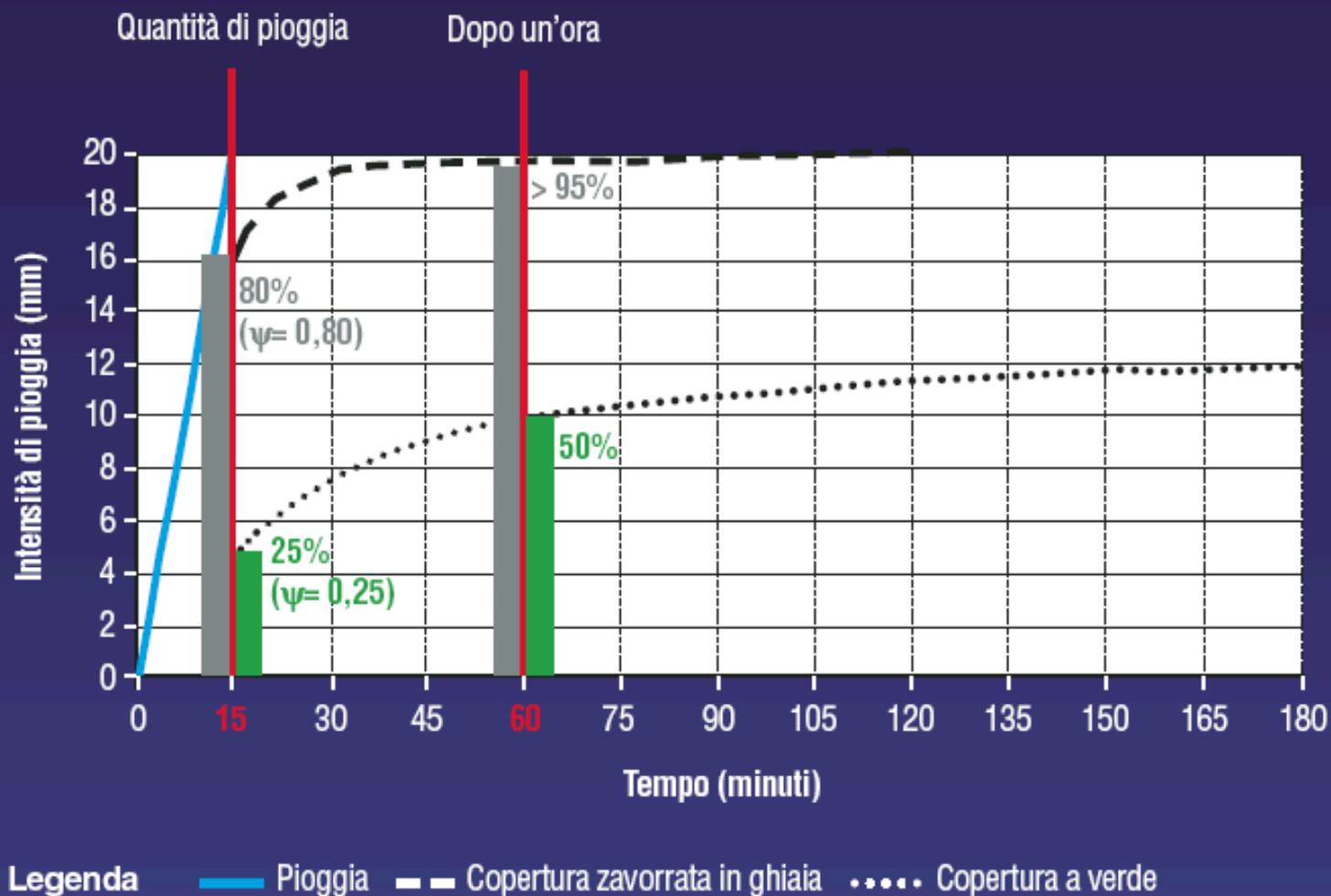




SCHEDE TIPOLOGICHE TETTI VERDI

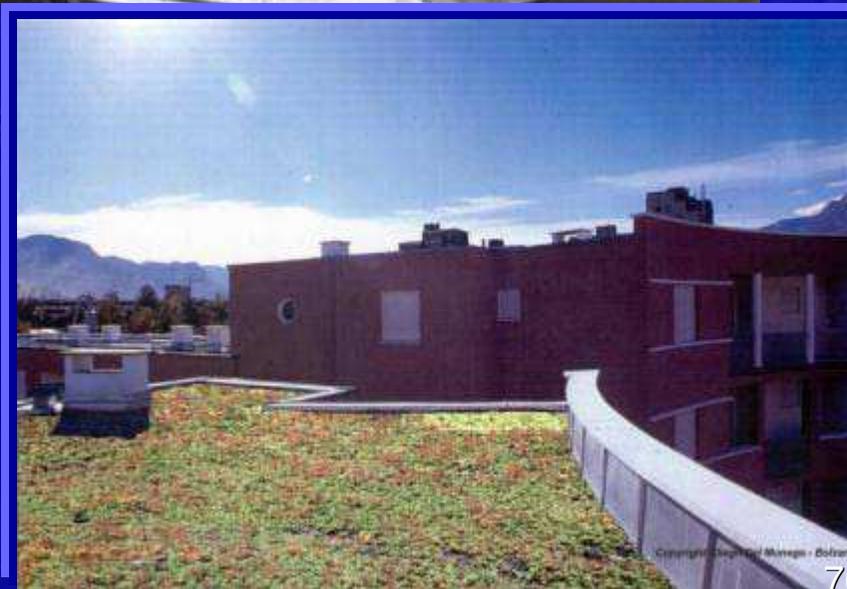


Grafico 1 - Confronto tra la capacità di regimazione idrica di una copertura con zavorrata in ghiaia e una copertura a verde pensile estensivo con spessore del substrato di 10 cm (Germania)





SCHEDE TIPOLOGICHE ESEMPI DI REALIZZAZIONI DI TETTI VERDI PER LA RIDUZIONE DI DEFLUSSI METEORICI

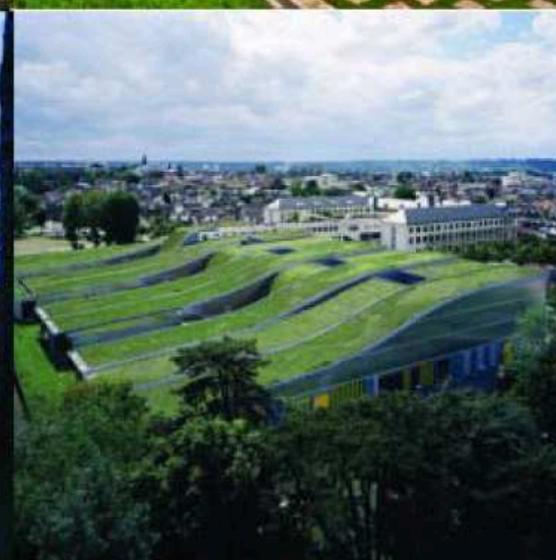
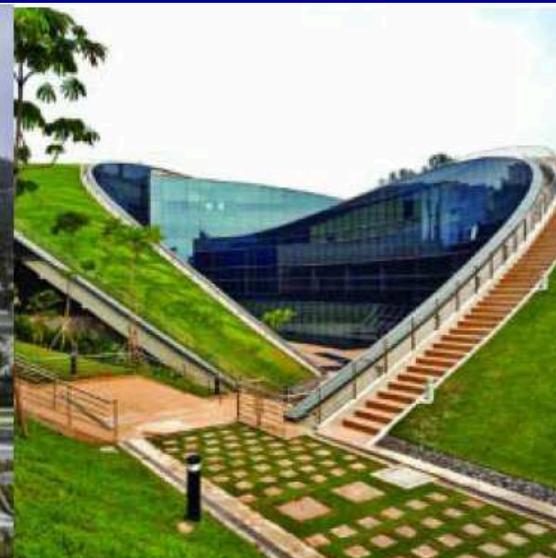




SCHEDE TIPOLOGICHE ESEMPI DI REALIZZAZIONI DI TETTI VERDI PER LA RIDUZIONE DI DEFLUSSI METEORICI

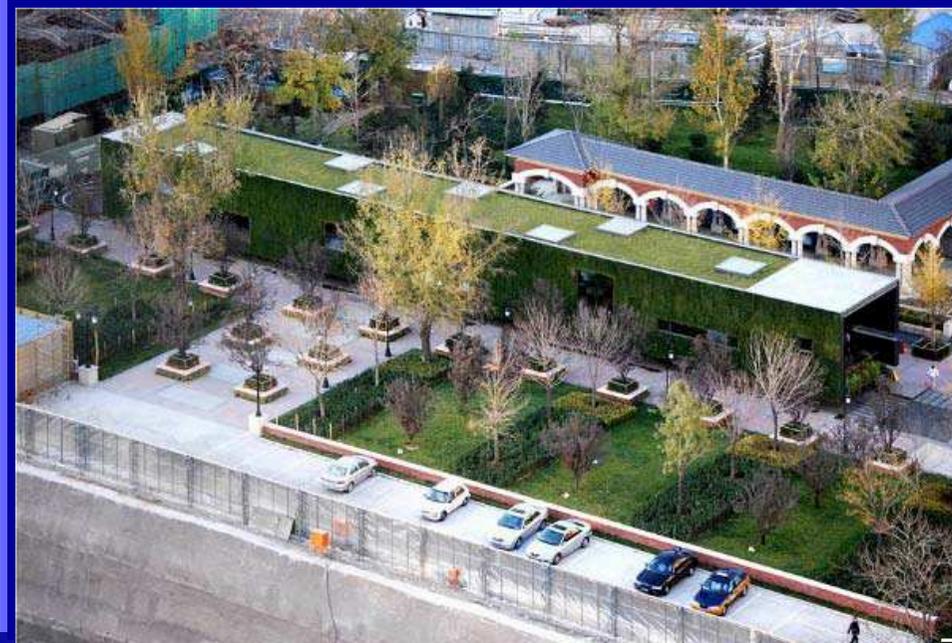


■ Esempi di realizzazioni:





SCHEDE TIPOLOGICHE ESEMPI DI REALIZZAZIONI DI TETTI VERDI PER LA RIDUZIONE DI DEFLUSSI METEORICI





SCHEDE TIPOLOGICHE CISTERNE DI RACCOLTA



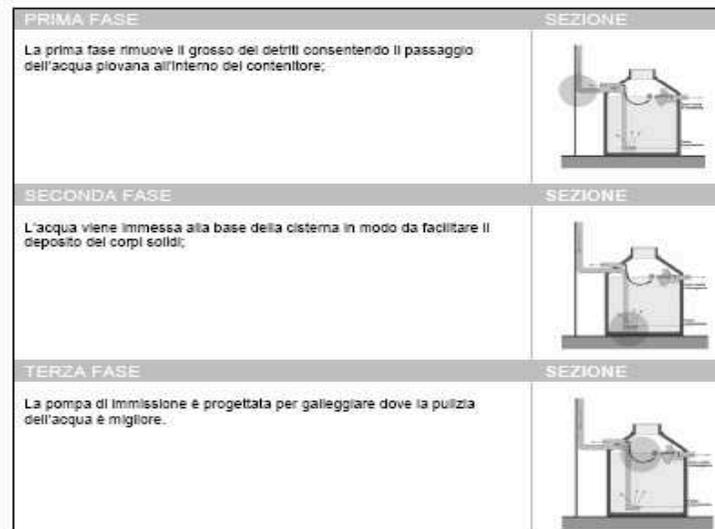
D2

Cisterne di raccolta



L'acqua piovana dai tetti o da superfici impermeabili può essere raccolta in grandi cisterne che consentano il suo riutilizzo per usi non potabili. Se propriamente progettate, le cisterne di raccolta possono contribuire ad aiutare a ridurre i rischi idraulici.

PROCESSO	GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO		
Infiltrazione	NO	Controllo locale	SI	Residenziale a bassa densità	SI
Detenzione/ attenuazione	SI	Controllo nell'intorno	NO	Residenziale ad alta densità	SI
Trasporto	NO	Controllo territoriale	NO	Strade	NO
Riutilizzo	SI			Commerciale	SI
				Industriale	NO
				di Riqualifica	SI
				Contaminata	SI
SPAZIO DISPONIBILE		TIPO DI TERRENO			
Basso	n/c	Impermeabile	SI		
Alto	n/c	Permeabile	SI		
RIDUZIONE DEL RISCHIO					
Idraulico	Riduzione dei Picchi di deflusso		ALTO		
	Riduzione del Volume di deflusso		ALTO		
Inquinamento	Corpi sospesi		ALTO		
	Nutrienti		BASSO		
	Metalli pesanti		MEDIO		
VALORE ECOLOGICO			VALORE ESTETICO		
BASSO			BASSO		



VANTAGGI

- Facili da Introdurre in spazi aperti.
- Riduce i consumi d'acqua.
- Costi non eccessivi nel tempo.

SVANTAGGI

- Inizialmente il sistema può essere complesso e costoso.
- Non consigliabile in aree il cui margine è usato a parcheggio.
- Non sempre il suo inserimento risulta gradevole.





SCHEDE TIPOLOGICHE



RECUPERO ACQUE PIOVANE



SANTA MONICA
RAIN BARREL TRUCKLOAD SALE
1-DAY EVENT

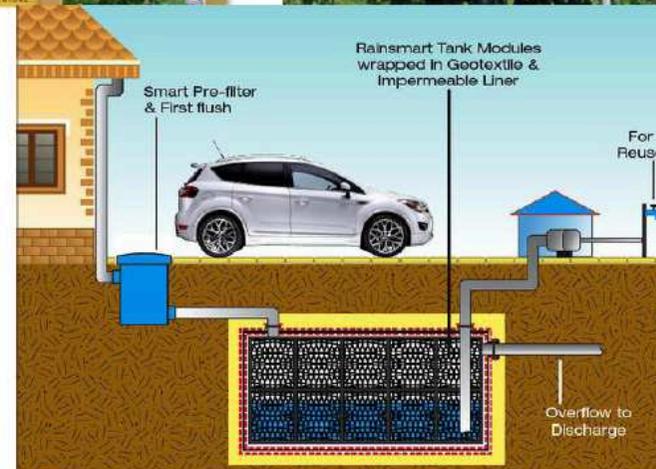
Proceeds support:
SustainableWorks
Environmental Education and Action

50 GALLON SYSTEM
Build-A-Barrel
✓ With Diverter Kit
\$149.99
FREE!
AFTER REBATE

April 12
10am to 2pm
Pick up yours at:
1744 Pearl Street
Santa Monica College
(Parking Lot)

110 GALLON SYSTEM
Two 55 Gal. Recycled Barrels
✓ With Diverter Kit
\$199.99
FREE!
AFTER REBATE

Sponsored by:
RAIN RESERVE
RESERVING YOUR RAIN. PRESERVING OUR FUTURE.





SCHEDE TIPOLOGICHE CISTERNE DOMESTICHE



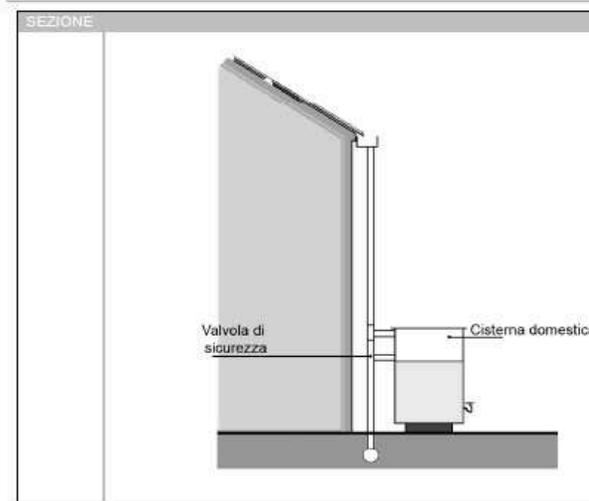
D3

Cisterne domestiche



Sono i più comuni ed economici sistemi per la raccolta dell'acqua piovana, normalmente di caduta delle grondaie dei tetti. Sono di piccole dimensioni e sono pensati per raccogliere e conservare l'acqua piovana un uso non potabile limitato.

PROCESSO	GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO		
Infiltrazione	NO	Controllo locale	SI	Residenziale a bassa densità	SI
Detenzione/attenuazione	SI	Controllo nell'intorno	NO	Residenziale ad alta densità	SI
Trasporto	NO	Controllo territoriale	NO	Strade	NO
Riutilizzo	SI			Commerciale	SI
				Industriale	NO
				di Riqualifica	SI
				Contaminata	SI
SPAZIO DISPONIBILE		TIPO DI TERRENO			
Basso	n/c	Impermeabile	SI		
Alto	n/c	Permeabile	SI		
RIDUZIONE DEL RISCHIO					
Idraulico	Riduzione dei Picchi di deflusso		BASSO		
	Riduzione del Volume di deflusso		BASSO		
Inquinamento	Corpi sospesi		BASSO		
	Nutrienti		BASSO		
	Metalli pesanti		BASSO		
VALORE ECOLOGICO		VALORE ESTETICO			
BASSO		BASSO			



VANTAGGI

- Facili da installare.
- Facili da inserire nella ricostruzione.
- Risparmio sul consumo dell'acqua.
- Bassi costi di installazione e manutenzione.

SVANTAGGI

- Poca capacità.
- Rischi di bloccaggio dei sistemi di connessione.
- Necessitano di continue ispezioni per assicurare un effettivo funzionamento.





SCHEDE TIPOLOGICHE SUPERFICI PERMEABILI



D4

Superfici permeabili



Sono marciapiedi o parcheggi che permettono alla pioggia di infiltrarsi attraverso la superficie pavimentata in uno strato di raccolta inferiore, dove l'acqua è contenuta prima di essere infiltrata nel terreno, riutilizzata, o rilasciata ad altri dispositivi drenanti.

PROCESSO	GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO	
Infiltrazione	SI	Controllo locale	SI	Residenziale a bassa densità
Detenzione/attenuazione	SI	Controllo nell'intorno	NO	Residenziale ad alta densità
Trasporto	NO	Controllo territoriale	NO	Strade
Riutilizzo	SI			Commerciale
				Industriale
				di Riqualifica
				Contaminata
SPAZIO DISPONIBILE		TIPO DI TERRENO		
Basso	SI	Impermeabile	SI	
Alto	SI	Permeabile	SI	
RIDUZIONE DEL RISCHIO				
Idraulico	Riduzione dei Picchi di deflusso		BUONO	
	Riduzione del Volume di deflusso		BUONO	
Inquinamento	Corpi sospesi		ALTO	
	Nutrienti		ALTO	
	Metalli pesanti		ALTO	
VALORE ECOLOGICO		VALORE ESTETICO		
BASSE		MEDIO		

tipologia A	SEZIONE
L'acqua passa attraverso la superficie permeabile (dove può essere detenuta temporaneamente) per poi essere rilasciata e filtrata negli strati inferiori del terreno. Per evitare che il dispositivo si saturi, e diventi meno efficiente, un sistema di troppo pieno deve provvedere a trattare e trasferire l'acqua in eccesso durante eventi particolarmente critici.	
tipologia B	SEZIONE
Concettualmente simile alla tipologia A, vede l'inserimento di una serie di tubi forati che aiutano a trasferire ad altri sistemi di drenaggio parte dell'acqua piovana che il dispositivo non è in grado di infiltrare nel terreno.	
tipologia C	SEZIONE
Non permette l'infiltrazione. Viene posta una membrana impermeabile alla base del dispositivo che impedisce all'acqua filtrata attraverso i vari strati superiori della struttura di infiltrarsi nel terreno. Viene e trasferita attraverso un sistema di tubazioni forate simile a quella della tipologia B. Viene spesso usata dove il terreno ha una bassa permeabilità, quando l'acqua deve essere conservata e riutilizzata o quando ci sono seri rischi di inquinamento delle falde acquifere.	

VANTAGGI	SVANTAGGI
<ul style="list-style-type: none"> o Rimozione dell'inquinamento urbano. o Significativa riduzione dei deflussi di scorrimento dell'acqua piovana. o Ottimi per aree ad alta densità. o Buon utilizzo nella ristrutturazione. o Basse costi di manutenzione. o Rimozione dei canali di suolo e tombini. 	<ul style="list-style-type: none"> o Non consigliato per aree con abbondanti formazioni di sedimenti. o Accumulo di detriti e sporcizia se la pulizia non viene garantita.





SCHEDE TIPOLOGICHE SUPERFICI PERMEABILI



pervious





SCHEDE TIPOLOGICHE *SUPERFICI PERMEABILI*



Pavimentazione porosa



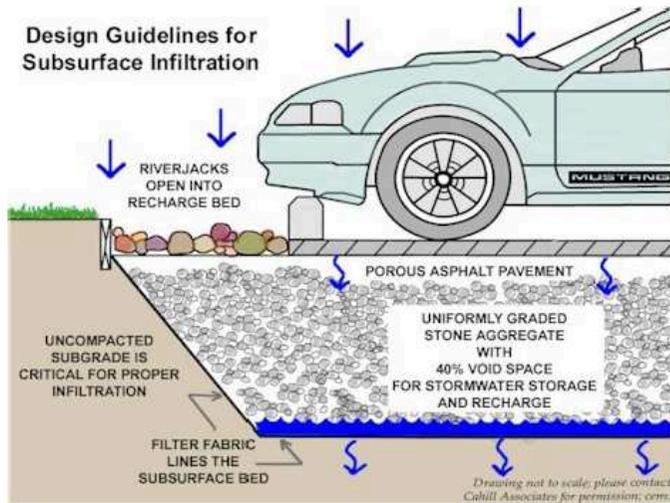


SCHEDE TIPOLOGICHE SUPERFICI PERMEABILI



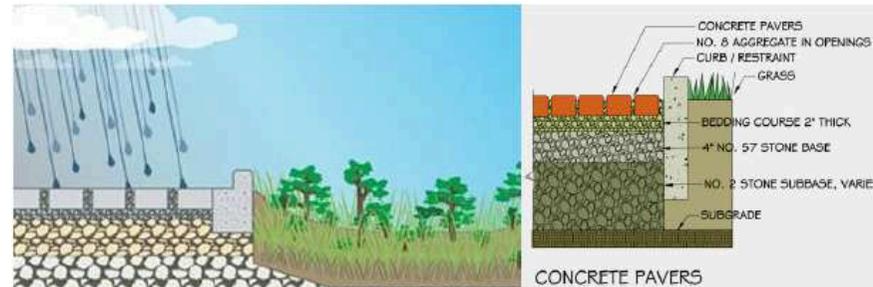
Porose

sono realizzate mediante materiali, generalmente asfalto e cemento, che consentono il passaggio dell'acqua grazie alla presenza di materiale inerte grossolano



Permeabili

sono realizzate mediante elementi prefabbricati (blocchi) dotati di aperture per il passaggio dell'acqua o accostati con giunti non sigillati





SCHEDE TIPOLOGICHE SISTEMI DI BIORITENZIONE



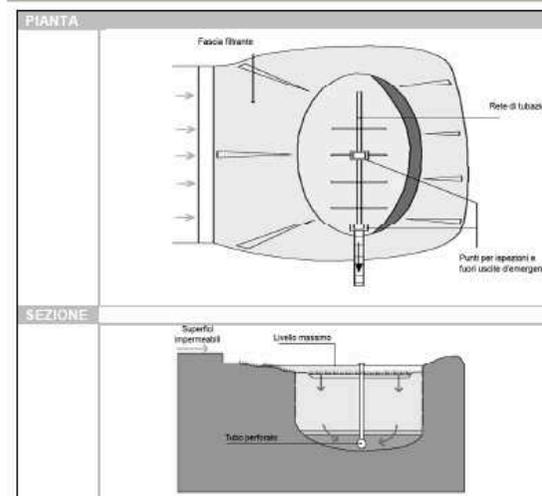
D5

Sistemi di bioritenzione



Le aree di bioritenzione sono zone depresse poco profonde costituite da substrati di terreno drenante ricoperti da fitta vegetazione. Svolgono un trattamento dell'acqua piovana che permette di rimuovere parte dell'inquinamento e riduce il volume dei deflussi d'acqua.

PROCESSO		GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO	
Infiltrazione	SI	Controllo locale	SI	Residenziale a bassa densità	SI
Detenzione/attenuazione	SI	Controllo nell'intorno	SI	Residenziale ad alta densità	SI
Trasporto	NO	Controllo territoriale	NO	Strade	SI
Riutilizzo	NO			Commerciale	SI
				Industriale	SI
				di Riqualifica	SI
				Contaminata	SI
SPAZIO DISPONIBILE			TIPO DI TERRENO		
Basso	NO		Impermeabile	SI	
Alto	SI		Permeabile	SI	
RIDUZIONE DEL RISCHIO					
Idraulico	Riduzione dei Picchi di deflusso				MEDIO
	Riduzione del Volume di deflusso				MEDIO
Inquinamento	Corpi sospesi				ALTO
	Nutrienti				BASSO
	Metalli pesanti				ALTO
VALORE ECOLOGICO			VALORE ESTETICO		
MEDIO			BUONO		



VANTAGGI

- Facilmente inseribile entro spazi aperti.
- Promuove l'infiltrazione.
- Facile da costruire.
- Può essere usato come pre-trattamento.
- Bassi costi di realizzazione e manutenzione.

SVANTAGGI

- Non consigliato per aree scoscese.
- Grandi spazi richiesti.
- Non consigliabili in aree il cui esiste il rischio di inquinamento delle falde freatiche.
- Non significativi per ridurre il deflusso delle acque per eventi particolarmente critici.





SCHEDE TIPOLOGICHE FASCE DI INFILTRAZIONE



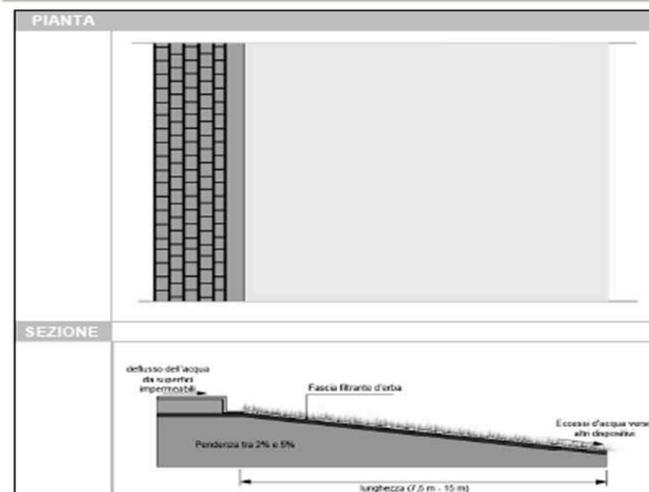
D6

Fasce di infiltrazione



Sono vaste fasce di verde, lievemente inclinate che trattano l'acqua in eccesso proveniente da vicine zone impermeabili.

PROCESSO	GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO	
Infiltrazione	SI	Controllo locale	SI	Residenziale a bassa densità
Detenzione/ attenuazione	NO	Controllo nell'intorno	SI	Residenziale ad alta densità
Trasporto	NO	Controllo territoriale	NO	Strade
Riutilizzo	NO			Commerciale
				Industriale
				di Riqualifica
				Contaminata
SPAZIO DISPONIBILE		TIPO DI TERRENO		
Basso	NO	Impermeabile	NO	
Alto	SI	Permeabile	SI	
RIDUZIONE DEL RISCHIO				
Idraulico	Riduzione dei Picchi di deflusso		BASSO	
	Riduzione del Volume di deflusso		BASSO	
Inquinamento	Corpi sospesi		MEDIO	
	Nutrienti		BASSO	
	Metalli pesanti		MEDIO	
VALORE ECOLOGICO		VALORE ESTETICO		
MEDIO		MEDIO		



VANTAGGI

- o Buona riduzione volumi dei deflussi d'acqua.
- o Buona rimozione dell'inquinamento.
- o Buona flessibilità di inserimento in spazi chiusi.
- o Ottimi in zone con alte concentrazioni di inquinamento.
- o Possibilità di inserimento in progetti di ricostruzione.

SVANTAGGI

- o Non consigliabili in aree con forte pendenza.
- o Rischi di blocco nei sistemi di connessione.





SCHEDE TIPOLOGICHE GALLERIE DI INFILTRAZIONE



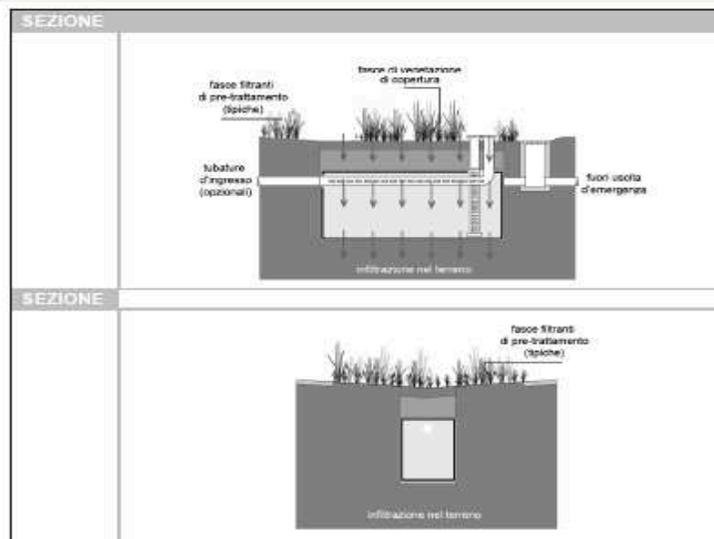
D7

Gallerie di infiltrazione



Riempite con detriti o pietre le trincee infiltranti e filtranti sono scavate in profondità nel terreno e creano superfici per stazionamenti temporanei dell'acqua piovana. Sono dispositivi con la possibilità di ricaricare le falde acquifere preservandone il loro livello.

PROCESSO		GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO	
Infiltrazione	SI	Controllo locale	SI	Residenziale a bassa densità	SI
Detenzione/ attenuazione	SI	Controllo nell'intorno	SI	Residenziale ad alta densità	SI
Trasporto	NO	Controllo territoriale	NO	Strade	SI
Riutilizzo	NO			Commerciale	SI
				Industriale	SI
				di Riqualifica	SI
				Contaminata	SI
SPAZIO DISPONIBILE			TIPO DI TERRENO		
Basso	SI	Impermeabile	NO		
Alto	SI	Permeabile	SI		
RIDUZIONE DEL RISCHIO					
Idraulico	Riduzione dei Picchi di deflusso		MEDIO		
	Riduzione del Volume di deflusso		ALTO		
Inquinamento	Corpi sospesi		ALTO		
	Nutrienti		MEDIO		
	Metalli pesanti		ALTO		
VALORE ECOLOGICO			VALORE ESTETICO		
BASSO			BASSO		



VANTAGGI

- Buona riduzione di volume dei deflussi d'acqua.
- Ottimi per rimozione dell'inquinamento in zone con alte concentrazioni d'inquinamento.
- Buona flessibilità di inserimento in spazi chiusi.
- Possibilità di inserimento in progetti di ricostruzione.

SVANTAGGI

- Non consigliabili in aree scoscese.
- Rischi di blocco nei sistemi di connessione.





SCHEDE TIPOLOGICHE GALLERIE DI INFILTRAZIONE





SCHEDE TIPOLOGICHE BACINI DI INFILTRAZIONE



D10

Bacini di infiltrazione



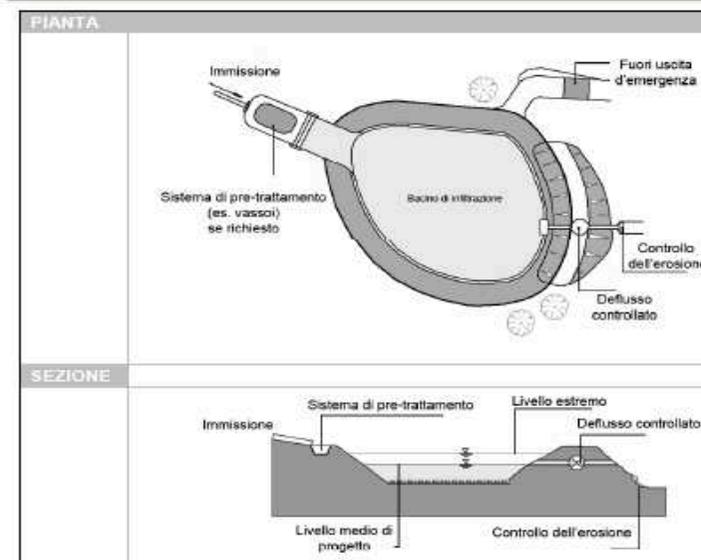
Sono superfici depresse di vegetazione studiate per trattenere l'acqua piovana in eccesso e farla infiltrare successivamente nel terreno, facilitando un lento deflusso delle acque durante fenomeni di piogge intense.

PROCESSO	GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO		
Infiltrazione	SI	Controllo locale	NO	Residenziale a bassa densità	SI
Detenzione/ attenuazione	SI	Controllo nell'intorno	SI	Residenziale ad alta densità	NO
Trasporto	NO	Controllo territoriale	NO	Strade	SI
Riutilizzo	NO			Commerciale	SI
				Industriale	NO
				di Riqualifica	SI
				Contaminata	SI

SPAZIO DISPONIBILE		TIPO DI TERRENO	
Basso	NO	Impermeabile	NO
Alto	SI	Permeabile	SI

RIDUZIONE DEL RISCHIO		
Idraulico	Riduzione dei Picchi di deflusso	MEDIO
	Riduzione del Volume di deflusso	BUONO
Inquinamento	Corpi sospesi	ALTO
	Nutrienti	MEDIO
	Metalli pesanti	ALTO

VALORE ECOLOGICO	VALORE ESTETICO
BUONO	BUONO



- | VANTAGGI | SVANTAGGI |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> o Buona riduzione volumi dei deflussi d'acqua. o Buona riduzione velocità dei flussi d'acqua. o Buona rimozione dell'inquinamento. o Contribuiscono alla ricarica della falda freatica. | <ul style="list-style-type: none"> o Richiede un a specifica conoscenza geotecnica. o Richiede ampi spazi. |





SCHEDE TIPOLOGICHE *BACINI DI INFILTRAZIONE*





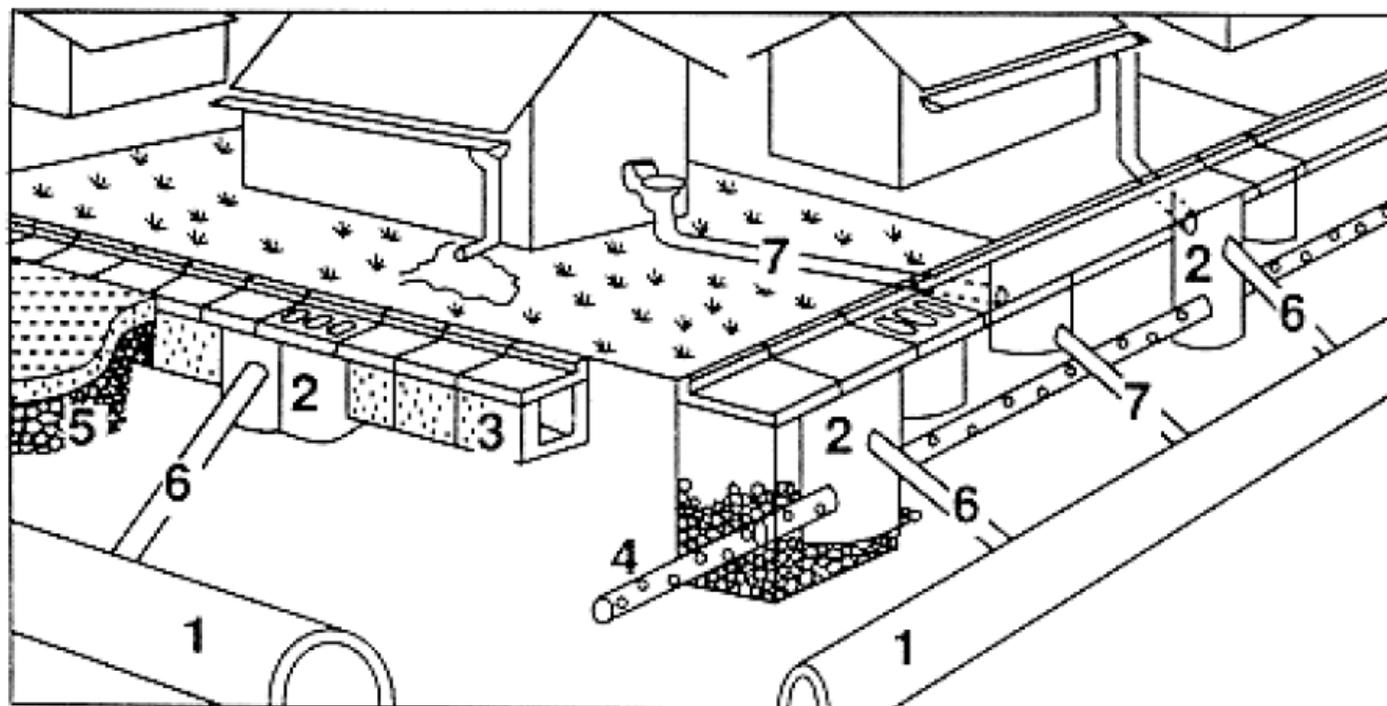
SCHEDE TIPOLOGICHE *BACINI DI INFILTRAZIONE*



Trincea di infiltrazione



SCHEDE TIPOLOGICHE STRUTTURE DI INFILTRAZIONE



1 Sistema di drenaggio

2 Pozzo di infiltrazione

3 Trincea di infiltrazione

4 Condotta infiltrante

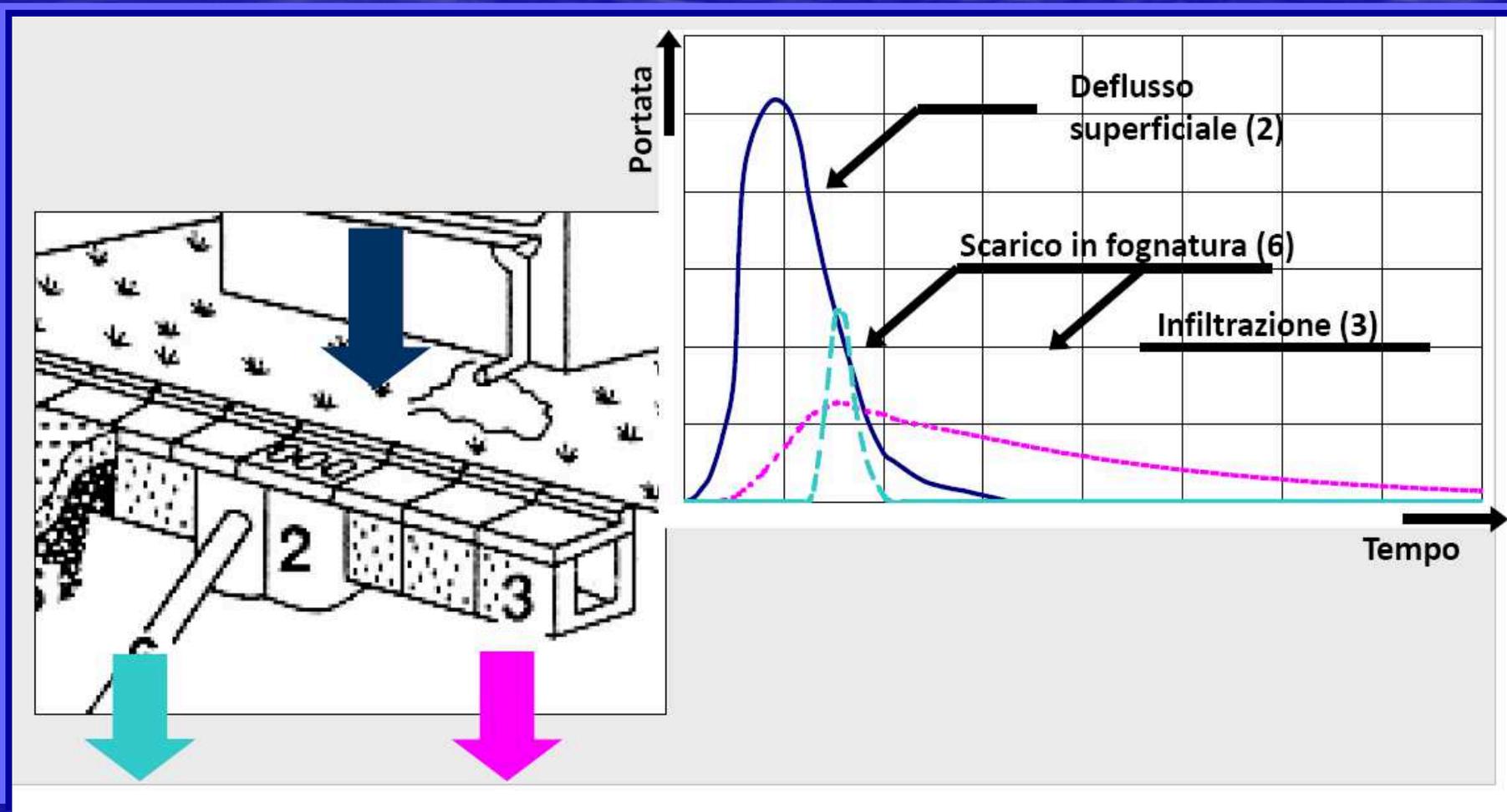
5 Pavimentazione porosa

6 Scarico di troppo pieno

7 Allaccio fognario ordinario



SCHEDE TIPOLOGICHE STRUTTURE DI INFILTRAZIONE – PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO





SCHEDE TIPOLOGICHE CISTERNE SOTTERRANEE



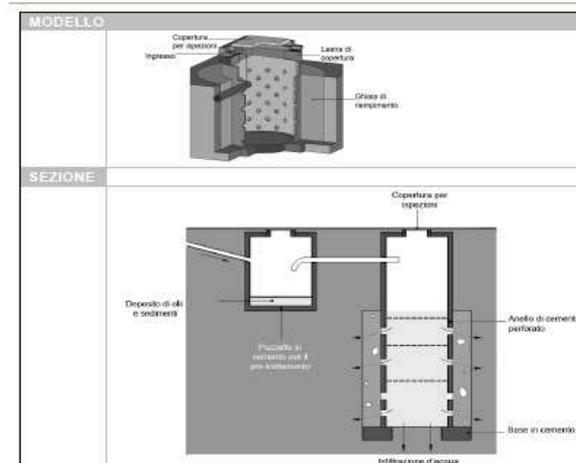
D8

Cisterne sotterranee



Sono cisterne sotterranee di forma quadrata o circolare che vengono alloggiate in contenitori di materiale plastico precedentemente inseriti nel terreno oppure ricoperte in terra battuta o in ghiaia. Possono essere collegate tra loro per il drenaggio di vaste aree aumentando la loro efficacia nella riduzione del rischio idraulico.

PROCESSO		GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO	
Infiltrazione	SI	Controllo locale	SI	Residenziale a bassa densità	SI
Detenzione/ attenuazione	SI	Controllo nell'intorno	SI	Residenziale ad alta densità	SI
Trasporto	NO	Controllo territoriale	NO	Strade	SI
Riutilizzo	SI			Commerciale	SI
				Industriale	NO
				di Riqualifica	SI
				Contaminata	SI
SPAZIO DISPONIBILE			TIPO DI TERRENO		
Basso	SI	Impermeabile	NO		
Alto	SI	Permeabile	SI		
RIDUZIONE DEL RISCHIO					
Idraulico	Riduzione dei Picchi di deflusso		BUONO		
	Riduzione del Volume di deflusso		BUONO		
Inquinamento	Corpi sospesi		MEDIO		
	Nutrienti		BASSO		
	Metalli pesanti		MEDIO		
VALORE ECOLOGICO			VALORE ESTETICO		
BASSO			BASSO		



VANTAGGI

- Facili da installare.
- Facilitano la ricarica della falda acquifera.
- Buona riduzione del volume dei flussi d'acqua.
- Buona rimozione dell'inquinamento.

SVANTAGGI

- Non consigliati per terreni impermeabili.
- Rischi di bloccaggio dei sistemi di connessione.
- Necessitano di continue ispezioni per assicurare un'effettiva infiltrazione.
- Non consigliabile in zone in cui esiste il rischio di inquinamento della falda acquifera.

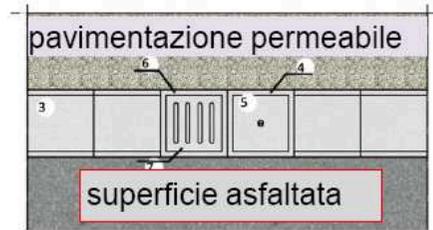
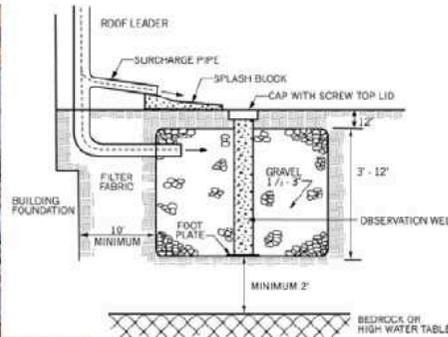




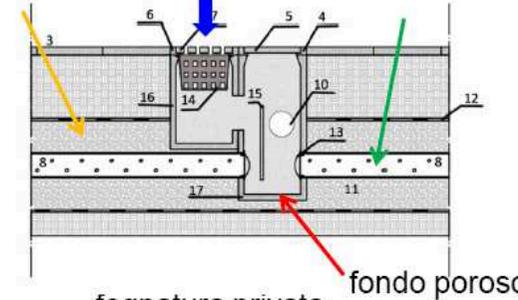
SCHEDE TIPOLOGICHE



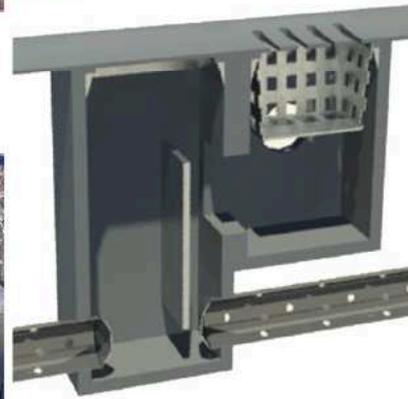
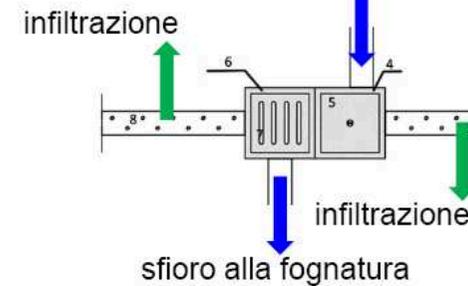
POZZETTI E CADITOIE FILTRANTI



portata influente
ghiaia igroscopica
tubo forato di distribuzione



fognatura privata





SCHEDE TIPOLOGICHE MODULI GEOCELLULARI



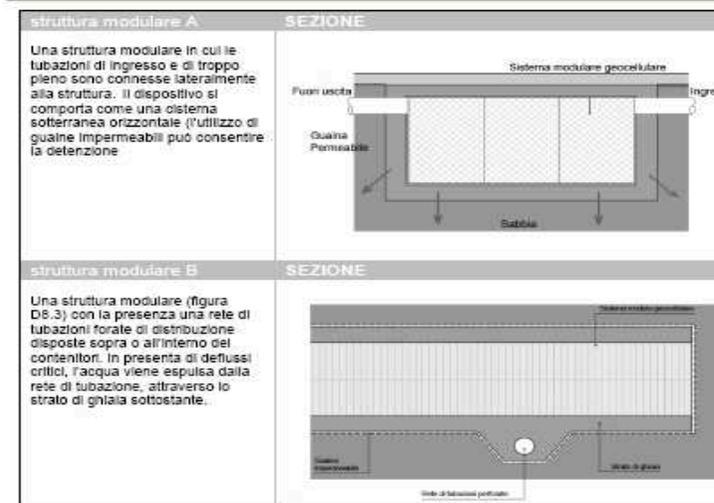
D9

Sistemi modulari geocellulari



Sono dispositivi con un'alta capacità di detenzione che possono essere usati per creare sotto il terreno strutture in grado di contenere grandi quantità d'acqua o di permettere l'infiltrazione nel terreno.

PROCESSO	GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO	
Infiltrazione	SI	Controllo locale	SI	Residenziale a bassa densità
Detenzione/attenuazione	SI	Controllo nell'intorno	SI	Residenziale ad alta densità
Trasporto	NO	Controllo territoriale	NO	Strade
Riutilizzo	NO			Commerciale
				Industriale
				di Riqualifica
				Contaminata
SPAZIO DISPONIBILE		TIPO DI TERRENO		
Basso	NO	Impermeabile	SI	
Alto	SI	Permeabile	SI	
RIDUZIONE DEL RISCHIO				
Idraulico	Riduzione dei Picchi di deflusso		BUONO	
	Riduzione del Volume di deflusso		BUONO	
Inquinamento	Corpi sospesi		BASSO	
	Nutrienti		n/c	
	Metalli pesanti		BASSO	
VALORE ECOLOGICO		VALORE ESTETICO		
BASSO		BASSO		



VANTAGGI

- Facili da introdurre in spazi aperti.
- Buona riduzione della velocità dei flussi d'acqua.
- Buona rimozione dell'inquinamento.
- Bassi costi.

SVANTAGGI

- Non consigliato in aree scoscese.
- Non consigliabili in aree il cui margine è usato a parcheggio.
- Rischi di blocco dei sistemi di connessione.



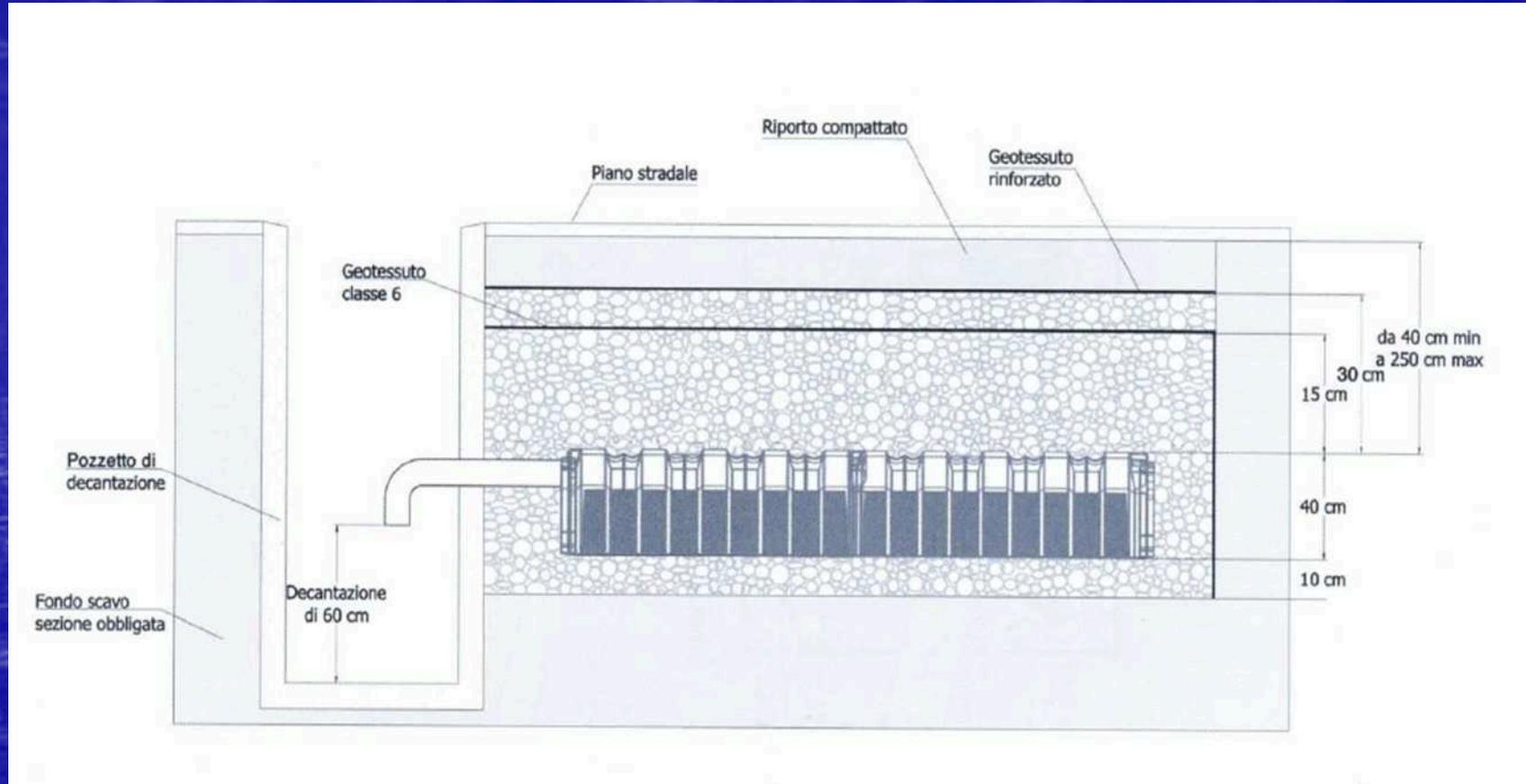


SCHEDE TIPOLOGICHE MODULI GEOCELLULARI





SCHEDE TIPOLOGICHE MODULI GEOCELLULARI





SCHEDE TIPOLOGICHE *MODULI GEOCELLULARI*



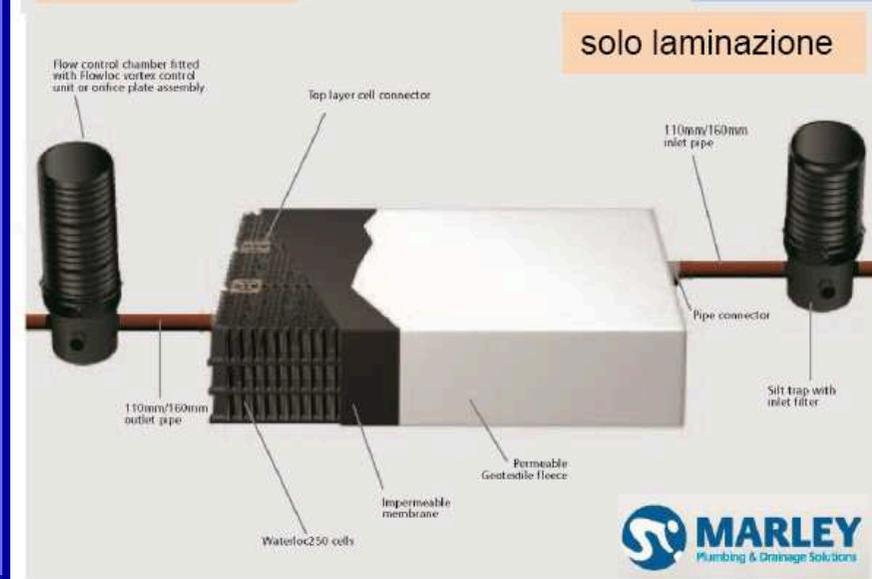


SCHEDE TIPOLOGICHE MODULI GEOCELLULARI



laminazione e
infiltrazione

STRUTTURE
GEOCELLULARI
MODULARI
(95% vuoti)



solo laminazione





SCHEDE TIPOLOGICHE MODULI GEOCELLULARI





SCHEDE TIPOLOGICHE VASSOI



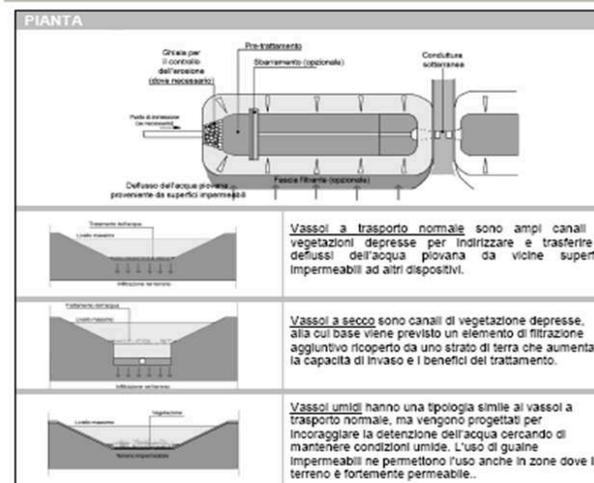
D11

Vassoi



Sono formati da zone depresse lineari di vegetazioni che raccolgono flussi d'acqua da zone impermeabili. Dove possibile, possono essere progettati in modo da consentire infiltrazioni. Possono sostituire i sistemi convenzionali di drenaggio dell'acqua.

PROCESSO		GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO	
Infiltrazione	SI	Controllo locale	SI	Residenziale a bassa densità	SI
Detenzione/ attenuazione	SI	Controllo nell'intorno	SI	Residenziale ad alta densità	NO
Trasporto	SI	Controllo territoriale	NO	Strade	SI
Riutilizzo	NO			Commerciale	SI
				Industriale	SI
				di Riqualifica	SI
				Contaminata	SI
SPAZIO DISPONIBILE		TIPO DI TERRENO			
Basso	NO	Impermeabile	SI		
Alto	SI	Permeabile	SI		
RIDUZIONE DEL RISCHIO					
Idraulico	Riduzione dei Picchi di deflusso			MEDIO	
	Riduzione del Volume di deflusso			MEDIO	
Inquinamento	Corpi sospesi			ALTO	
	Nutrienti			BASSO	
	Metalli pesanti			MEDIO	
VALORE ECOLOGICO		VALORE ESTETICO			
MEDIO		MEDIO			



VANTAGGI

- o Facili da introdurre in spazi aperti.
- o Buona riduzione velocità del deflusso d'acqua piovana.
- o Buona rimozione dell'inquinamento.
- o Basi costi.

SVANTAGGI

- o Non consigliati per aree scoscese.
- o Non consigliabili in aree il cui margine è usato a parcheggio.
- o Rischi di intasamenti nei sistemi di connessione.





SCHEDE TIPOLOGICHE BACINI DI DETENZIONE



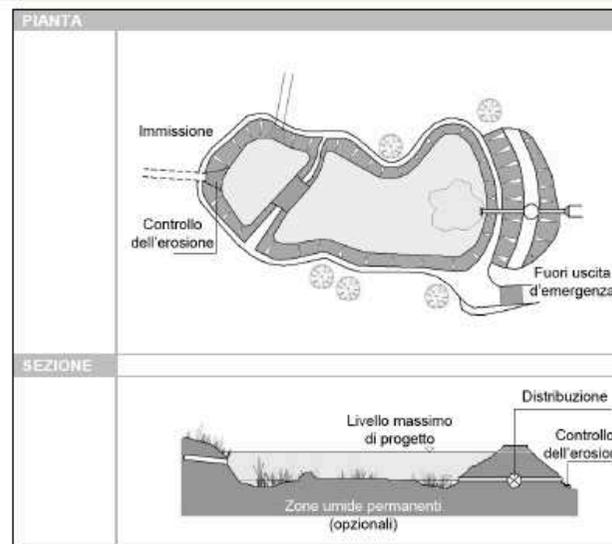
D12

Bacini di detenzione



I Bacini di detenzione sono superfici progettati per detenere il deflusso delle acque piovane. Normalmente asciutti sebbene possono avere piccole vasche piene tra le insenature e nelle vicinanze dei canali di scolo e possono essere usati per funzioni ricreative.

PROCESSO		GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO	
Infiltrazione	SI	Controllo locale	NO	Residenziale a bassa densità	SI
Detenzione/ attenuazione	SI	Controllo nell'intorno	SI	Residenziale ad alta densità	SI
Trasporto	NO	Controllo territoriale	SI	Strade	SI
Riutilizzo	NO			Commerciale	SI
				Industriale	SI
				di Riqualifica	SI
				Contaminata	SI
SPAZIO DISPONIBILE			TIPO DI TERRENO		
Basso	NO	Impermeabile	SI		
Alto	SI	Permeabile	SI		
RIDUZIONE DEL RISCHIO					
Idraulico	Riduzione dei Picchi di deflusso		BUONO		
	Riduzione del Volume di deflusso		BASSO		
Inquinamento	Corpi sospesi		MEDIO		
	Nutrienti		BASSO		
	Metalli pesanti		MEDIO		
VALORE ECOLOGICO			VALORE ESTETICO		
BUONO			BUONO		



VANTAGGI

- o Buona riduzione volumi dei deflussi d'acqua.
- o Buona rimozione dell'inquinamento.
- o Ottimi in zone con alte concentrazioni di inquinamento.
- o Possono contenere grandi volumi d'acqua.
- o Doppio uso del suolo.

SVANTAGGI

- o Non consigliabili in aree scoscese.





SCHEDE TIPOLOGICHE BACINI DI DETENZIONE



- Accumulano temporaneamente l'acqua piovana abbattendo le portate al colmo dell'idrogramma di piena (**Flood control**).
- Consentono la rimozione dei contaminanti per sedimentazione (**quality control**)





SCHEDE TIPOLOGICHE ZONE UMIDE



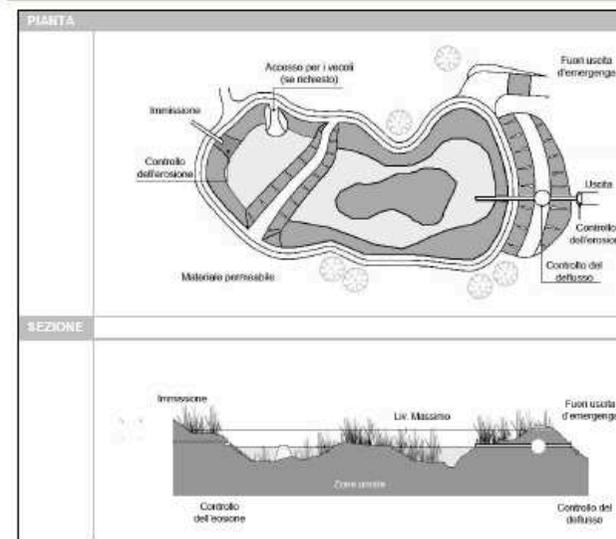
D13

Zone umide



Sono dispositivi che possono fornire attenuazioni al rischio idraulico e trattamenti per migliorare le qualità delle acque. Alternano stagni poco profondi a zone umide paludose ricoperte quasi interamente da vegetazione acquatica. Catturano e detengono i flussi per lunghi periodi premettendo una accurata sedimentazione, facilitando i processi di fitodepurazione in grado di rimuovere i contaminanti, apportando significativi benefici estetici ed ecologici.

PROCESSO		GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO	
Infiltrazione	NO	Controllo locale	NO	Residenziale a bassa densità	SI
Detenzione/ attenuazione	SI	Controllo nell'intorno	SI	Residenziale ad alta densità	SI
Trasporto	NO	Controllo territoriale	SI	Strade	SI
Riutilizzo	SI			Commerciale	SI
				Industriale	SI
				di Riqualifica	SI
				Contaminata	SI
SPAZIO DISPONIBILE			TIPO DI TERRENO		
Basso	NO	Impermeabile	SI		
Alto	SI	Permeabile	SI		
RIDUZIONE DEL RISCHIO					
Idraulico	Riduzione dei Picchi di deflusso		BUONO		
	Riduzione del Volume di deflusso		MEDIO		
Inquinamento	Corpi sospesi		ALTO		
	Nutrienti		MEDIO		
	Metalli pesanti		ALTO		
VALORE ECOLOGICO			VALORE ESTETICO		
BUONO			BUONO		



- | VANTAGGI | SVANTAGGI |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Possono provvedere a diminuire il rischio idraulico. Notevoli benefici estetici ed ecologici. Buona capacità di rimozione dell'inquinamento urbano. | <ul style="list-style-type: none"> Necessitano di grandi spazi. Limitate attenuazioni dei volumi di deflusso. potenziali rischi per la salute pubblica nel caso di scarsa manutenzione. |





SCHEDE TIPOLOGICHE STAGNI



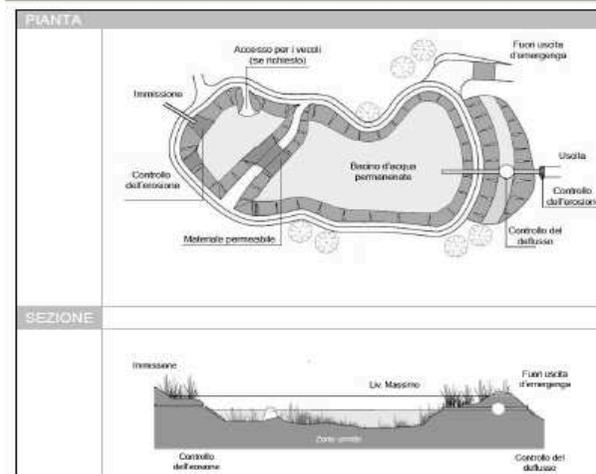
Stagni

D14



Uno stagno è un sistema per il controllo delle acque piovane costituito principalmente da un bacino d'acqua permanentemente. Pensati come luoghi ricchi di vegetazione acquatica emergente e sommersa apportano notevoli benefici estetici ed ecologici consentendo la detenzione e il trattamento dei deflussi di qualsiasi precipitazione al loro interno. Il tempo di ritenzione promuove la rimozione degli inquinanti attraverso la sedimentazione e i processi di fitodepurazione per ridurre le concentrazioni di nutrienti.

PROCESSO		GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO	
Infiltrazione	NO	Controllo locale	NO	Residenziale a bassa densità	SI
Detenzione/attenuazione	SI	Controllo nell'intorno	SI	Residenziale ad alta densità	SI
Trasporto	NO	Controllo territoriale	SI	Strade	SI
Riutilizzo	SI			Commerciale	SI
				Industriale	SI
				di Riqualfica	SI
				Contaminata	SI
SPAZIO DISPONIBILE			TIPO DI TERRENO		
Basso	NO	Impermeabile	SI		
Alto	SI	Permeabile	SI		
RIDUZIONE DEL RISCHIO					
Idraulico	Riduzione dei Picchi di deflusso			MEDIO	
	Riduzione del Volume di deflusso			BASSO	
Inquinamento	Corpi sospesi			ALTO	
	Nutrienti			BASSO	
	Metalli pesanti			MEDIO	
VALORE ECOLOGICO			VALORE ESTETICO		
BUONO			BUONO		



- | VANTAGGI | SVANTAGGI |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Possono provvedere a diminuire il rischio idraulico. Notevoli benefici estetici ed ecologici. Buona capacità di rimozione dell'inquinamento urbano. | <ul style="list-style-type: none"> Non riduce il volume del deflusso idraulico. Può essere limitato l'utilizzo in luoghi ad alta densità. potenziali rischi per la salute pubblica nel caso di scarsa manutenzione. |





SOLUZIONI DI INTERVENTO COMBINAZIONI TRA PROCESSI DI LAMINAZIONE E INFILTRAZIONE



- Le strutture diffuse di laminazione e d' infiltrazione sono composte da:
 - ◆ un sistema separato delle acque meteoriche afferenti alle superfici impermeabili esenti da inquinamento atto ad addurre le stesse verso le opere di infiltrazione/laminazione;
 - ◆ una o più opere di infiltrazione e laminazione tra loro interconnesse e collegate allo scarico finale verso la rete fognaria o il corpo idrico ricettore mediante una bocca di scarico tarata nel rispetto della portata massima ammissibile allo scarico (ad esempio 20 l/s/ha_{imp})
 - ◆ un pozzetto di ispezione e controllo che consenta l' accesso, il monitoraggio e la manutenzione della detta bocca di scarico tarata.





SOLUZIONI DI INTERVENTO COMBINAZIONI TRA PROCESSI DI LAMINAZIONE E INFILTRAZIONE



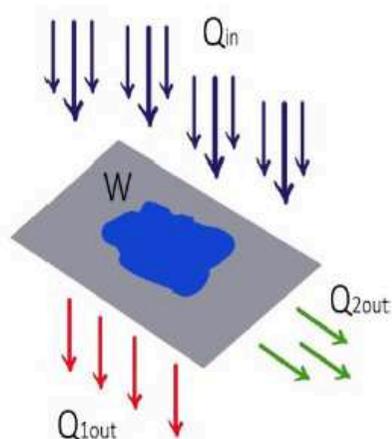
- Il dimensionamento delle strutture diffuse di laminazione e d' infiltrazione si basa su:
 - ◆ analisi sulla capacità disperdente del suolo (ovvero della sua permeabilità), anche in relazione ai provvedimenti incentivanti tale capacità;
 - ◆ conseguente necessità di laminare gli afflussi meteorici in eccesso rispetto alla capacità disperdente del suolo;
 - ◆ bilancio idrico, tramite l' equazione di continuità, delle portate entranti e uscenti dalle strutture di laminazione;
 - ◆ ove necessario, a seconda della tipologia de manufatti, accoppiamento del bilancio idrico relativo alle strutture di laminazione con l' equazione che descrive la capacità disperdente delle strutture d' infiltrazione.



SOLUZIONI DI INTERVENTO COMBINAZIONI TRA PROCESSI DI LAMINAZIONE E INFILTRAZIONE



Il dimensionamento delle strutture diffuse di laminazione e d'infiltrazione si basa su:



Equazione di continuità

$$\Delta W = Q_{in} \cdot \Delta t - Q_{out} \cdot \Delta t$$



$$\Delta W = \Delta t \cdot S_{imp} \cdot \varphi \cdot \left[\frac{i \cdot 10^{-3}}{3600} \left(k_s \cdot \frac{S_{inf}}{S_{imp} \cdot \varphi} - u_{lim} \cdot 10^{-7} \right) \right]$$

avendo ammesso che:

- portata di pioggia costante $Q_{in} = \varphi \cdot \bar{i} \cdot S_{imp}$
- portata di infiltrazione Q_{1out} costante durante l'evento calcolata con la legge di Darcy con coefficiente di permeabilità k_s e $J = 1$
- portata di scarico Q_{2out} costante durante l'evento e pari al valore limite ammesso (u_{lim} [l/s/ha_{imp}])



SOLUZIONI DI INTERVENTO MODELLO DI INFILTRAZIONE



Infiltrazione secondo Darcy

$$Q_{inf} = k_s \cdot J \cdot S_{inf}$$

Tipo di suolo	k_s [m/s]	permeabilità
Ciottoli, ghiaia senza elementi fini	$> 10^{-2}$	elevata
Sabbia, sabbia e ghiaia	$> 10^{-2} \div 10^{-5}$	buona
Sabbia fine, limo, argilla con limo e sabbia	$> 10^{-5} \div 10^{-9}$	cattiva
Argilla omogenea	$> 10^{-9} \div 10^{-11}$	impermeabile

Infiltrazione secondo Horton

$$f(t) = f_c + (f_0 - f_c) \cdot e^{-kt}$$

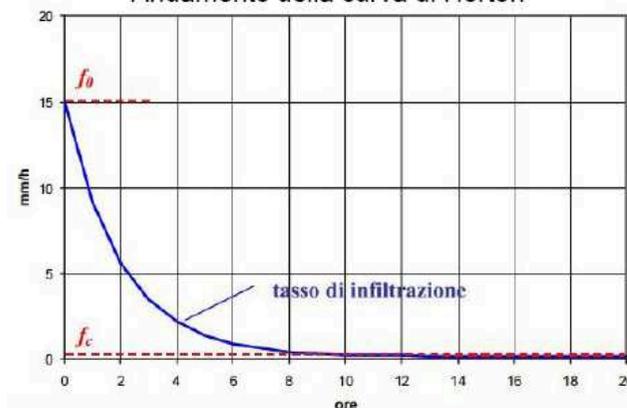
Parametri Horton secondo SCS

classe suolo	tipo	f_0 [mm/ora]	f_c [mm/ora]	k [ore ⁻¹]
A	Permeabilità elevata. Sabbie e ghiaie pulite e profonde	250	25,4	2
B	Permeabilità discreta. Sabbie e ghiaie poco profonde, con percentuali di argilla	200	12,7	2
C	Permeabilità scarsa. Suoli sottili e contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidi	125	6,3	2
D	Permeabilità trascurabile. Argille con alta capacità di rigonfiamento	76	2,5	2

k_s [m/s]	q_{inf} (per J=1)	
	[l/s/ha _{inf}]	[mm/ora]
10^{-4}	10^3	360
10^{-5}	10^2	36
10^{-6}	10	3,6
10^{-7}	1	0,36

classe suolo	q_{inf} (per J=1)	
	f_c [mm/ora]	k_s [m/s]
A	25,4	$\sim 7 \cdot 10^{-6}$
B	12,7	$\sim 3,5 \cdot 10^{-6}$
C	6,3	$\sim 1,7 \cdot 10^{-6}$
D	2,5	$\sim 7 \cdot 10^{-7}$

Andamento della curva di Horton

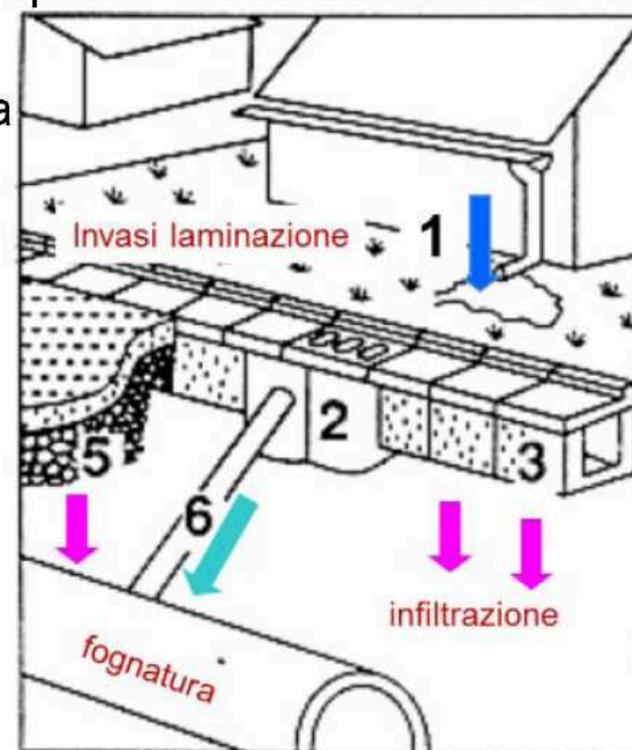
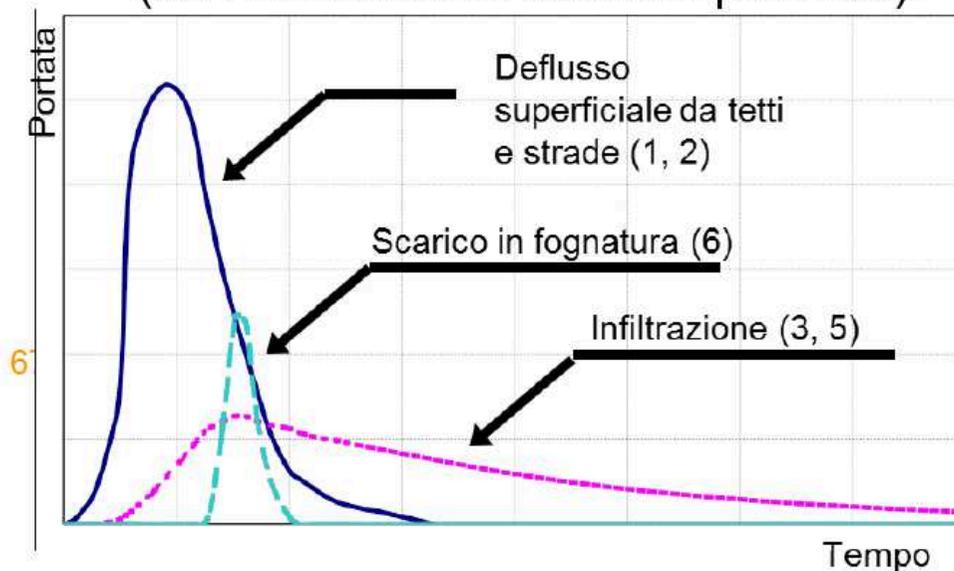




SOLUZIONI DI INTERVENTO COMBINAZIONI TRA PROCESSI DI LAMINAZIONE E INFILTRAZIONE



- L'obiettivo è, come già detto, la riduzione o l'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 fogna (con manufatto di controllo pubblico).





SOLUZIONI DI INTERVENTO COMBINAZIONI TRA PROCESSI DI LAMINAZIONE E INFILTRAZIONE



PROTOTYPE STORM WATER MANAGEMENT FACILITY

VEGETATION PLANTED ON
HIGH POINT 12" BELOW
WATER LEVEL

SEDIMENT DISPOSAL
DUMP
SITE GRADING EXTERIOR
DESIGN FORM
UNDERDRAINS
MAXIMUM DEPTH 24"

24" MEADOW GRASS FILTER

REGULAR CUT
TURF GRASS

USMC

PUMP

INFLOW DRAINAGE
BASIN CONSIST OF
15,000 SF
FOREBAY MAINTENANCE
AREA PRETREATMENT
VEGETATION FILTERING
VEGETATIVE BUFFER
WATER VOLUME
DRAINAGE BASIN
CONSTRUCTION CONTEXT
ZONE
DEEPWATER
CLEANING AND SETTLEMENT
AREA
FACILITY SIZE
FILTRATION MEDIUM
WATER DEPTH
MONITORING POINT
OUTFALL



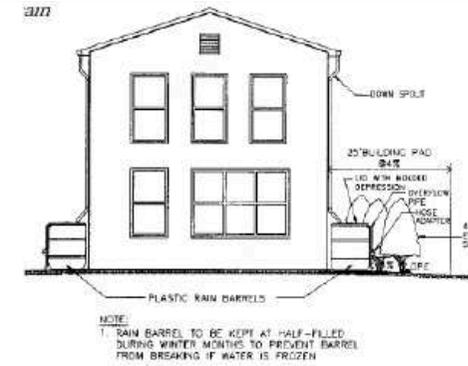
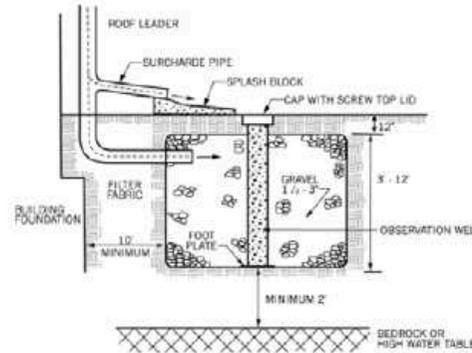
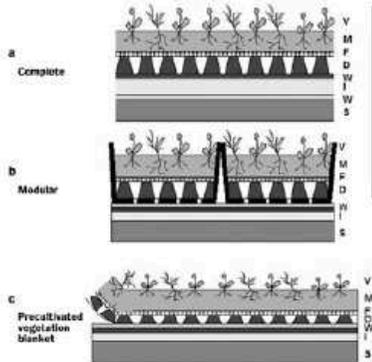


SOLUZIONI DI INTERVENTO COMBINAZIONI TRA PROCESSI DI LAMINAZIONE E INFILTRAZIONE ESEMPI DI REALIZZAZIONI

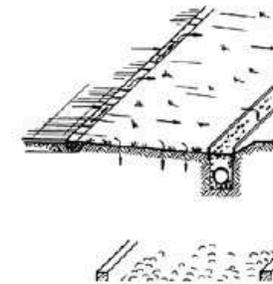




SOLUZIONI DI INTERVENTO COMBINAZIONI TRA PROCESSI DI LAMINAZIONE E INFILTRAZIONE ESEMPI DI REALIZZAZIONI

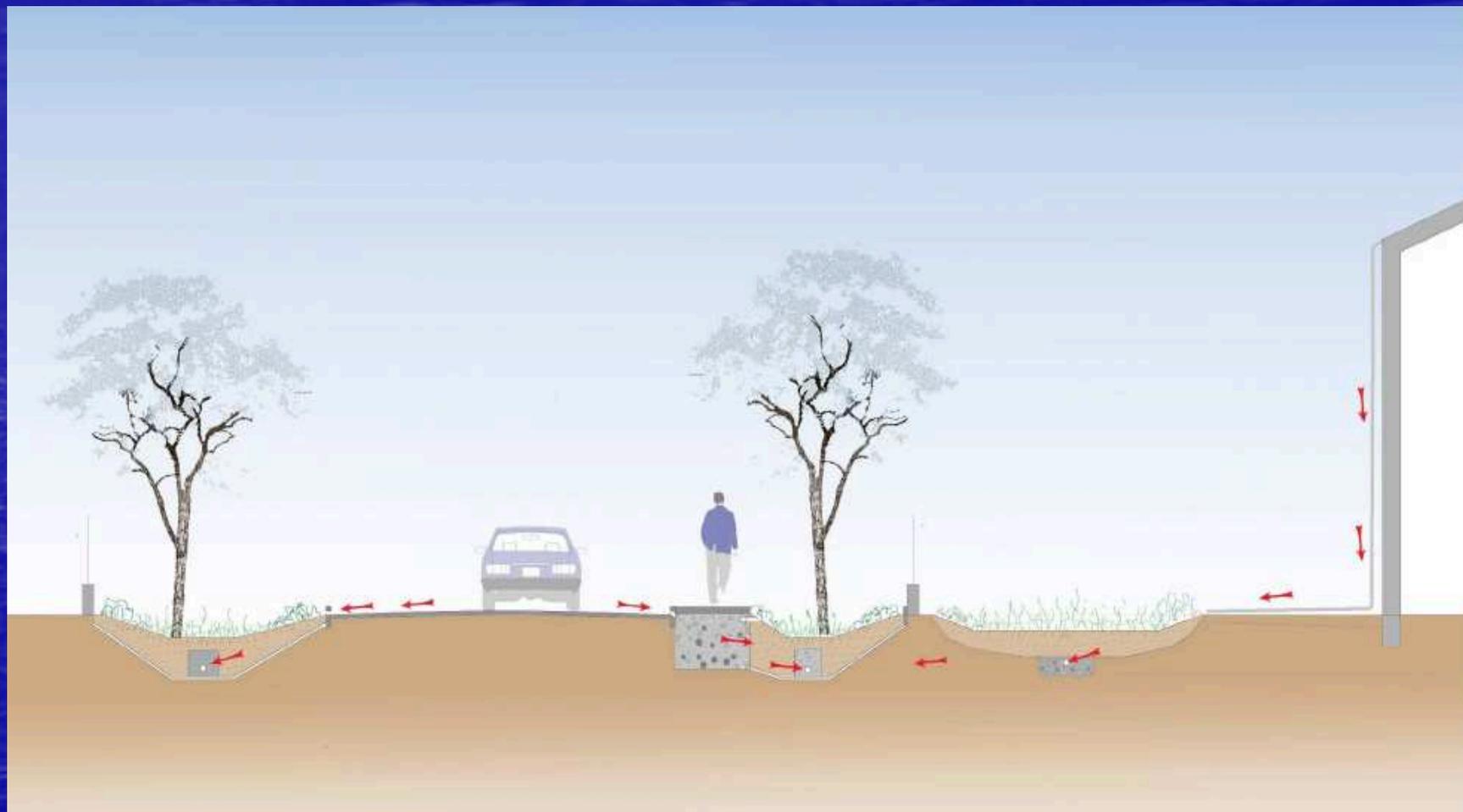


69





SCHEMA DI REGIMAZIONE ACQUE IN AMBITO URBANO





SCHEMA DI REGIMAZIONE ACQUE IN AMBITO URBANO



PRIMA



DOPO



SCHEMA DI REGIMAZIONE ACQUE IN AMBITO URBANO



Esempi concreti di “best practices” idrauliche

Lottizzazioni - tombinamenti

NO



FOSSO TOMBINATO = PERDITA DEL VOLUME D'INVASO

SI



FOSSO APERTO = MANTENIMENTO DEL VOLUME D'INVASO



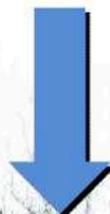
SCHEMA DI REGIMAZIONE ACQUE IN AMBITO URBANO



Esempi concreti di “best practices” idrauliche

Lottizzazioni – drenaggi superficiali

NO



SI



SUPERFICI IMPERMEABILI = AUMENTO DELLE PORTATE



SUPERFICI DRENANTI = CAPACITA' DI ASSORBIMENTO



SCHEMA DI REGIMAZIONE ACQUE IN AMBITO URBANO



Esempi concreti di "best practices" idrauliche

Scarichi

NO



DIRETTI = AUMENTO DELLA PORTATA E POSSIBILE RIGURGITO

SI



PORTA A VENTO E BOCCA TARATA = MAGGIORE INVASO



SCHEMA DI REGIMAZIONE ACQUE IN AMBITO URBANO



Esempi concreti di “best practices” idrauliche

Ponti e accessi

NO



CON TUBAZIONE = DIFFICOLTA' DI DEFLUSSO - RIDUZIONE DELLA SEZIONE - DIFFICOLTA' DI PULIZIA

SI



A LUCE NETTA = MANTENIMENTO DELLA SEZIONE IDRAULICA

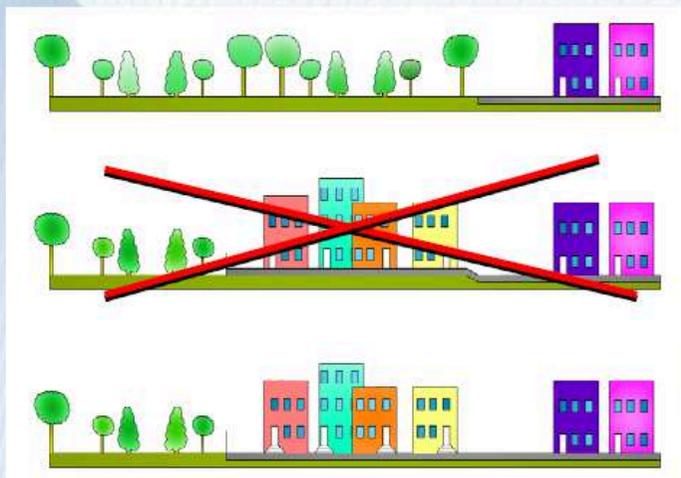


SCHEMA DI REGIMAZIONE ACQUE IN AMBITO URBANO

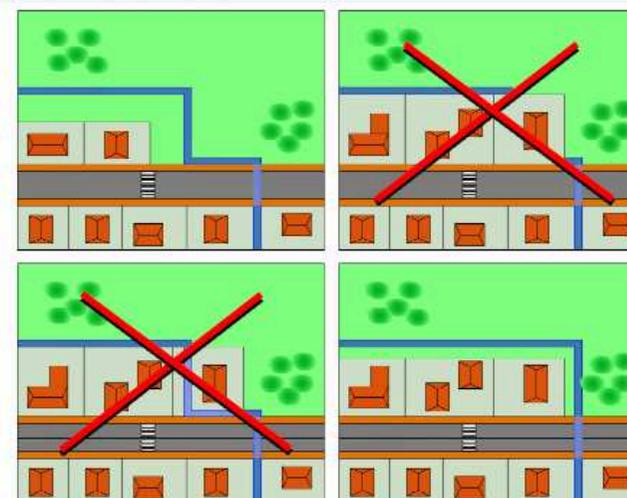


Esempi concreti di “best practices” idrauliche

Variazioni altimetriche del piano campagna



Interferenza delle urbanizzazioni con la rete idraulica





INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO ASSOCIATI ALL'INVARIANZA IDRAULICA



Alcune opere di mitigazione idraulica dei nuovi interventi-invarianza idraulica

3- Aree ad esondazione controllata

CONDIZIONI ORDINARIE





INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO ASSOCIATI ALL'INVARIANZA IDRAULICA



Alcune opere di mitigazione idraulica dei nuovi interventi-invarianza idraulica

3 – Aree ad esondazione controllata

CONDIZIONI DI PIENA





INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO ASSOCIATI ALL'INVARIANZA IDRAULICA



Alcune opere di mitigazione idraulica dei nuovi interventi-invarianza idraulica

3 – Aree ad esondazione controllata

CONDIZIONI DI PIENA ECCEZIONALE

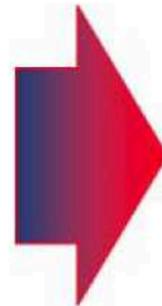




**Vasche di laminazione
di vecchia concezione
(SOLO A FINI IDRAULICI)**

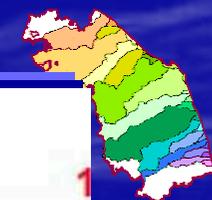


paoletti10.tiff

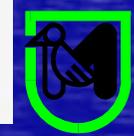
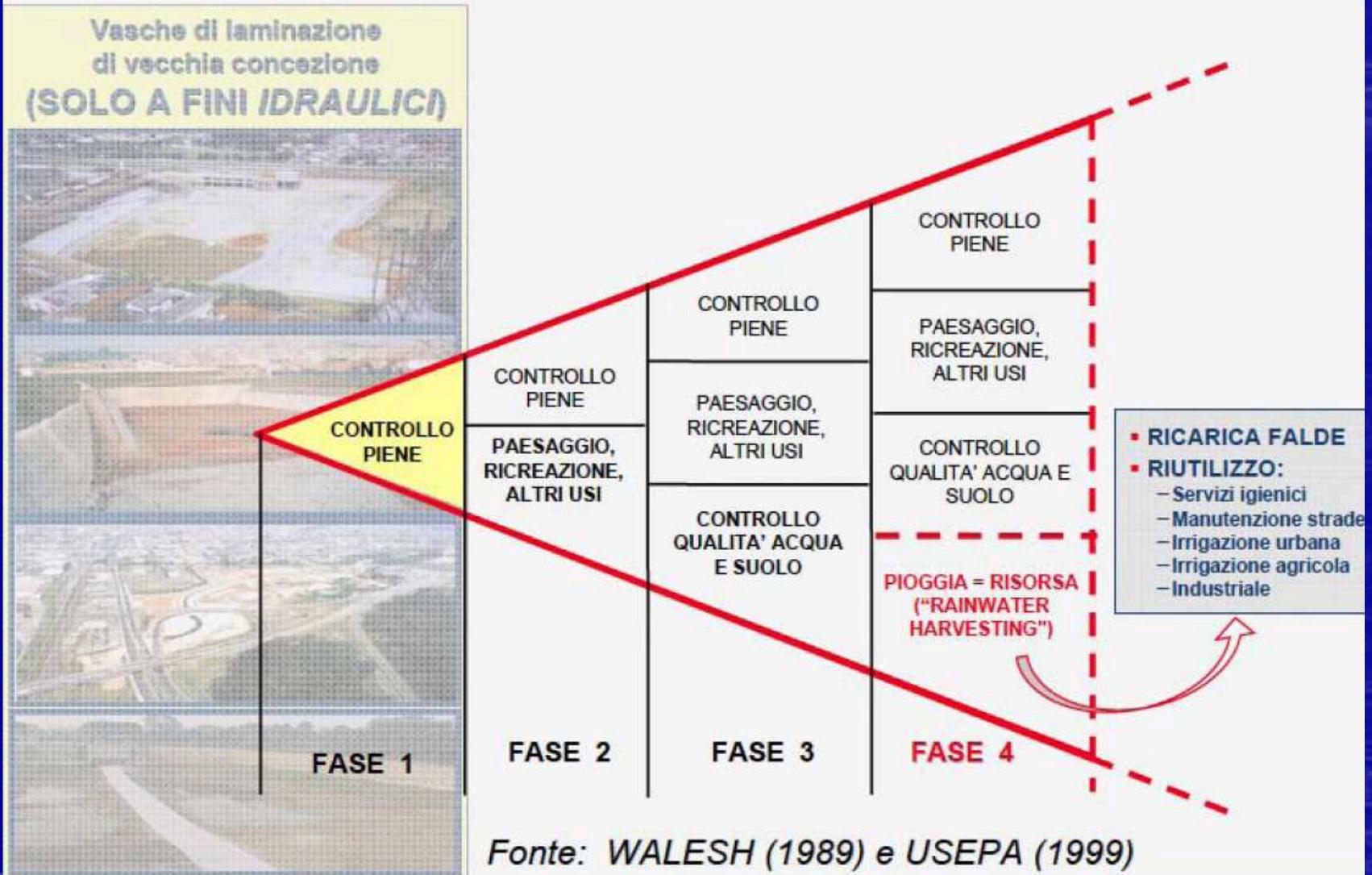


**Aree di laminazione
di nuova concezione
(MULTI-SCOPO)**





NUOVA CONCEZIONE DELLE AREE DI LAMINAZIONE

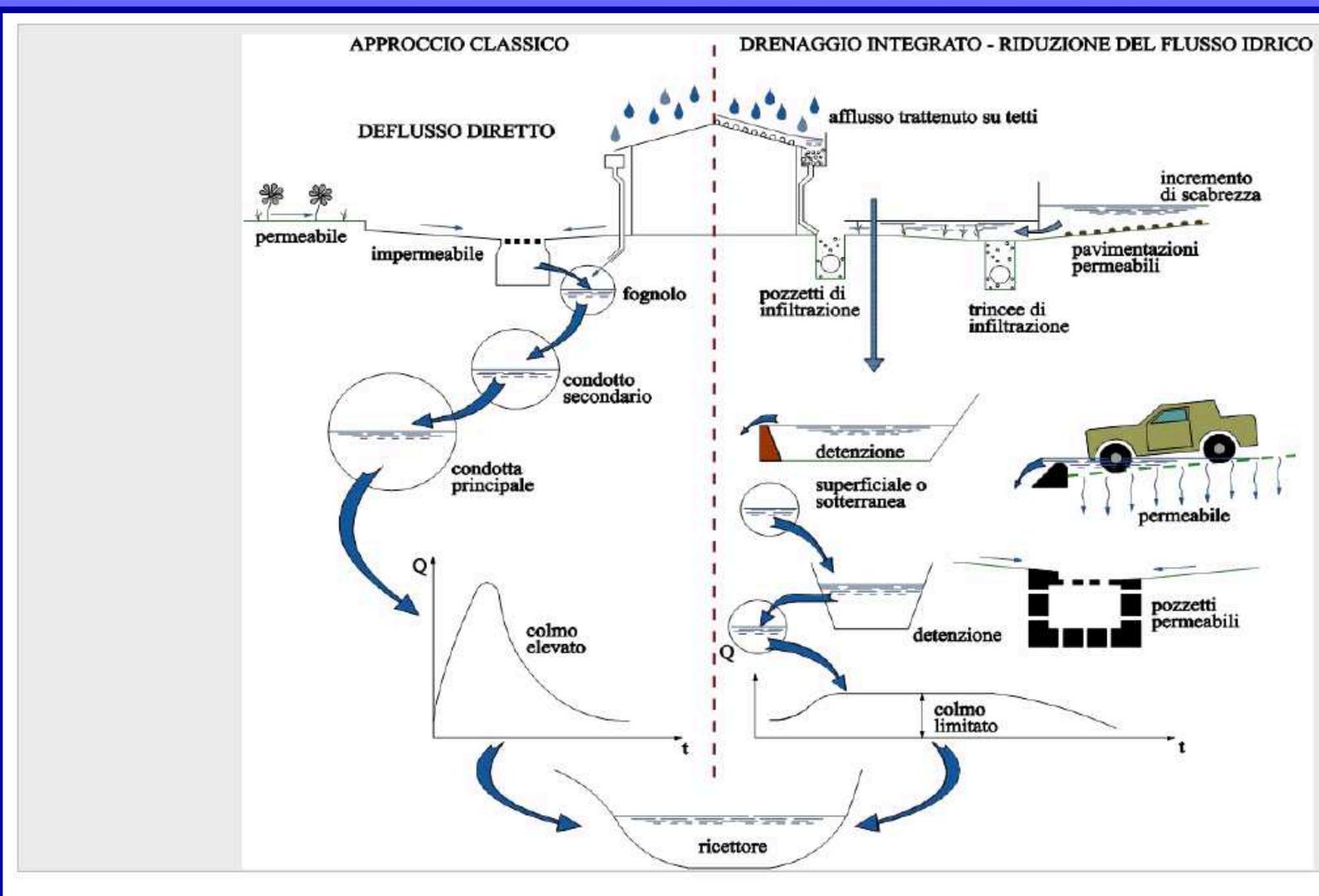




**Esempio di controllo "in situ" con serie di piccoli invasi e rallentamenti
Hannover - Germania**



RIPENSARE LA STRUTTURA DEI SISTEMI DI DRENAGGIO URBANO



BMPs (Best Management Practice): INTERVENTI STRUTTURALI



STRUTTURE DI INVASO

- Bacini di detenzione superficiale
- Vasche interrato di detenzione
- Bacini di ritenzione

SISTEMI VEGETATI

- Wetlands
- Cunette vegetate
- Filter strips

SISTEMI DI FILTRAZIONE

- Filtri superficiali di sabbia
- Filtri organici (prefabbricati)

STRUTTURE DI INFILTRAZIONE

- Trincee di infiltrazione
- Pozzi drenanti
- Pavimentazioni permeabili





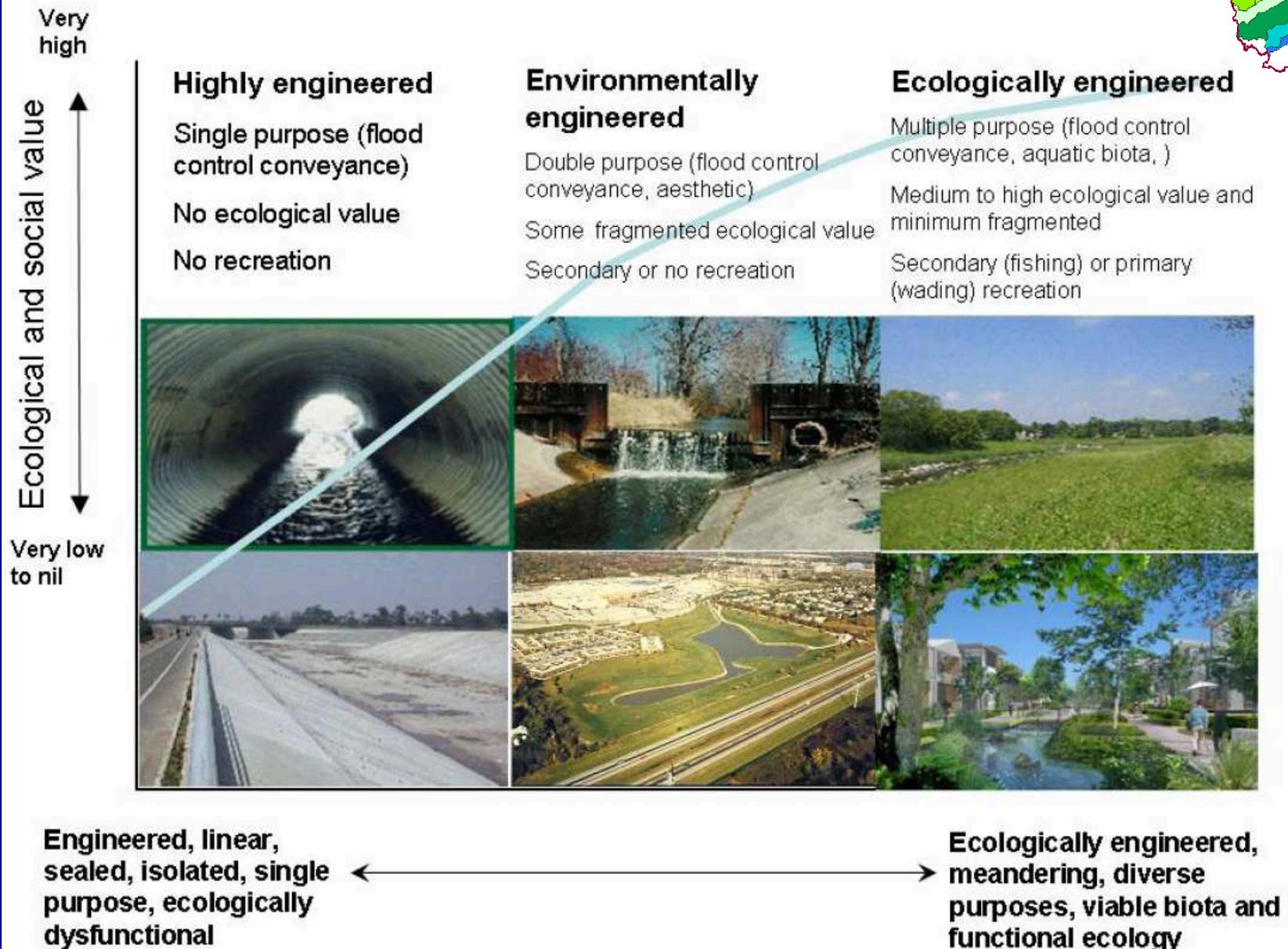
RELAZIONE TRA BMPs ED EFFETTI SUI DEFLUSSI



BMPs	EFFETTO SUI DEFLUSSI
Pozzi e trincee di infiltrazione Pavimentazioni porose Disconnessione aree imp.	Riduzione della percentuale di area impermeabile connessa alla rete drenante
Vasche di laminazione Controllo degli organi di intercettazione	Aumento del tempo di corrivazione del bacino; riduzione della portata al picco
Serbatoi di accumulo delle acque piovane Vasche di ritenzione Lagune	Separazione delle prime acque di pioggia Riduzione dell'impatto inquinante dei deflussi meteorici
Cunette erbose Filtri vegetali	Riduzione dell'impatto inquinante dei deflussi meteorici Aumento del tempo di corrivazione del bacino



PARADIGMI DEL DRENAGGIO URBANO

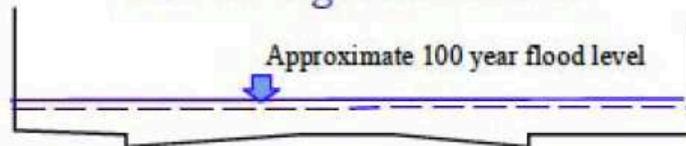




PARADIGMI DEL DRENAGGIO URBANO



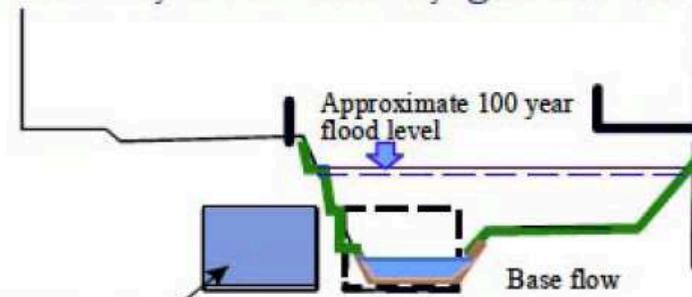
Two underground culverts



Stone masonry culverts 2.5 x 3.2 meters



One way traffic with daylighted creek



Novotny, 2008



INTERVENTI INTEGRATI TRA L'INVARIANZA IDRAULICA E L'ASSETTO URBANO-EDILIZIO



Augustenborg (Malmoe, Svezia)



INTERVENTI INTEGRATI TRA L'INVARIANZA IDRAULICA E L'ASSETTO URBANO-EDILIZIO



Augustenborg (Malmö, Svezia)



INTERVENTI INTEGRATI TRA L'INVARIANZA IDRAULICA E L'ASSETTO URBANO-EDILIZIO



Augustenborg (Malmö, Svezia)



INTERVENTI INTEGRATI TRA L'INVARIANZA IDRAULICA E L'ASSETTO URBANO-EDILIZIO



Augustenborg (Malmö, Svezia)



INTERVENTI INTEGRATI TRA L'INVARIANZA IDRAULICA E L'ASSETTO URBANO-EDILIZIO



Augustenborg (Malmö, Svezia)



INTERVENTI INTEGRATI TRA L'INVARIANZA IDRAULICA E L'ASSETTO URBANO-EDILIZIO



Augustenborg (Malmö, Svezia)

CONCLUSIONI



- L'invarianza idraulica può essere perseguita mediante **misure compensative** (laminazione) e/o **misure complementari** (infiltrazione);
- La formula del W dà ...dei numeri, pertanto **ATTENZIONE** alla corretta applicazione si potrebbero progettare interventi con ripercussioni negative in termini di costi/benefici;
- Privilegiare interventi combinati del tipo **infiltrazione-laminazione** anziché quelli di sola laminazione;
- Nei casi in cui non sia possibile favorire processi di infiltrazione per perseguire l'invarianza, **si sconsiglia di adottare soluzioni definite «tecnicamente conformi» e/o standardizzate**. E' opportuno individuare le soluzioni progettuali più ottimali in relazione al contesto in cui viene effettuata la trasformazione;



- Nei casi in cui si privilegi **dispositivi di laminazione** predisporre volumi che possono riempirsi naturalmente (a gravità), inoltre **adottare sempre la strozzatura**;
- Potenziare la capacità di laminazione del bacino per compensare la perdita di capacità di infiltrazione a seguito delle trasformazioni;
- Approccio **multidisciplinare e interdisciplinare**, l'invarianza non è materia esclusiva di una professionalità specifica ma al contrario necessità del confronto di più professionisti (geologo, ingegnere, architetto, agronomo, forestale, ecc.)
- Nella relazione di analisi, specificare che il dimensionamento degli interventi necessari per perseguire l'invarianza fanno riferimento ad una determinata trasformazione e pertanto future impermeabilizzazioni dovranno essere attentamente valutate e ponderate al fine di non determinare e/o aggravare le condizioni di rischio idraulico;





- Acquisire elementi utili relativamente agli aspetti idrografici e idraulici attraverso **analisi storiche** del contesto territoriale indagato spesso, in ambito urbano, siamo di fronte a reti scolanti obliterate, cancellate, parzialmente funzionanti che potrebbero interagire con le trasformazioni territoriali proposte;
- In casi di particolari condizioni al contorno relative all'assetto territoriale in cui sia prevista una trasformazione, per le quali sia impossibile adottare dispositivi atti a garantire l'invarianza idraulica, è necessario che il professionista **contatti gli enti gestori competenti per definire particolari accorgimenti o compensazioni;**



- La L.R. 22/2011, ai sensi della quale sono stati redatti i criteri per l'invarianza idraulica di cui alla DGR 53/2014, ha **il limite** di «intervenire» solo sulle nuove trasformazioni mentre per le impermeabilizzazioni dovute alle pregresse trasformazioni che in molte zone del territorio regionale (in particolare fondovalle e costiere) presentano evidenti criticità di rischio idraulico indotte da allagamenti, non sono previste misure normative;
- **Stiamo tutti facendo esperienza. La condivisione dell'esperienza permette di correggere il tiro;**
- L'obiettivo di tutti è sempre la Difesa e la Tutela Idraulica del Territorio. Tale obiettivo può essere raggiunto mediante l'introduzione di nuovi sistemi quali l'invarianza e la VCI che si integrino alla pianificazione territoriale **introducendo un nuovo approccio scientifico ma soprattutto culturale.**

BIBLIOGRAFIA:



- *DGR 2948 del 6 ottobre 2009 Veneto (Allegato A)*
- *ADB REGIONALI ROMAGNOLI - Direttiva inerente le verifiche idrauliche e gli accorgimenti tecnici da adottare per conseguire gli obiettivi di sicurezza idraulica definiti dal Piano stralcio per il rischio idrogeologico, ai sensi degli artt. 2 ter, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 del PAI (Adottata dal Comitato Istituzionale con delibera n. 3/2 del 20 ottobre 2003);*
- *Centro Studi Deflussi Urbani (CSDU): Sistemi di fognatura: manuale di Progettazione, Hoepli, Milano, 1997;*
- *L. DA DEPPO, C. DATEI Fognature, 1997 – Edizione Libreria Cortina, Padova*
- *PTA Regione Marche – approvato con DCR 145/2010 (pubblicato sul Supplemento n. 1 al BURM n. 20 del 26 febbraio 2010);*
- *A. PISTOCCHI, La valutazione idrologica dei piani urbanistici: Un metodo semplificato per l'invarianza idraulica dei piani regolatori generali, «Ingegneria Ambientale», vol. XXX, n.7/8, 2001, pp. 407-413;*
- *E. DALL'ARA e A. PISTOCCHI, Gradienti paesaggistici nel piano ed invarianza idraulica, in A. Biscaglia e P. Vitillo, «Cesena, PRG e tutele ambientali», Urbanistica Quaderni Archivio, Suppl. Urbanistica, n. 117, 2002, pp. 112-127;*
- *FIUME A., Analisi regionalizzata delle precipitazioni per l'individuazione di curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento. Commissario Delegato per l'Emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26 settembre 2007 che hanno colpito parte del territorio della Regione Veneto. OPCM n. 3621 del 18/10/2007, Venezia, 2009;*





- *Linee guida per gli interventi di prevenzione dagli allagamenti e mitigazione degli effetti. Commissario Delegato per l'Emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26 settembre 2007 che hanno colpito parte del territorio della Regione Veneto. OPCM n. 3621 del 18/10/2007, Venezia, 2009;*
- *DAVIDE BROCCOLI, LEONARDO GIORGI, PAOLO MAZZOLI E ALBERTO PISTOCCHI – L'invarianza idraulica delle trasformazioni urbanistiche nel contesto VAS;*
- *E. DALL'ARA e A. PISTOCCHI, A. 2002 b, Progetto degli spazi aperti per il PEEP di Sant'Egidio, Cesena; elaborati per concorso nazionale di progettazione indetto dal Comune di Cesena, coordinatore del progetto Arch. E. Preger;*
- *GIORGI L., PISTOCCHI A., L'invarianza idraulica delle trasformazioni urbanistiche – il sistema di monitoraggio dei bacini Romagnoli, Paesaggio Urbano, n. 3/2002;*
- *GIORGI L., PISTOCCHI A., BROCCOLI D., BRATH A., La problematica dei territori di pianura sottoposti a rapida urbanizzazione "Le analisi idrologiche-idrauliche per la pianificazione di bacino. Manuale operativo di caratterizzazione del rischio idraulico" Rimini, Maggioli, 2004;*
- *Fiume Adige, Analisi regionalizzata delle precipitazioni per l'individuazione di curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento. Commissario Delegato per l'Emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26 settembre 2007 che hanno colpito parte del territorio della Regione Veneto. OPCM n. 3621 del 18/10/2007, Venezia, 2009;*
- *COMUNE DI MELDOLA (Provincia FC) – Progetto di Piano Urbanistico Attuativo di iniziativa pubblica-privata "La Fornace". Relazione tecnica, fognatura bianca, invarianza idraulica, Rel. E;*





- *MARIABENEDETTA CALDARELLA - Ricaduta dei principi di compatibilità idrogeologica nelle trasformazioni del suolo. Scenari di rischio idraulico e di invarianza idraulica nel torrente Genica - Pesaro (PU). Tesi di Laurea A.A. 2011-2012;*
- *ROBERTO MAGNI – Scarichi di troppo pieno e vasche di prima pioggia;*
- *GOFFREDO LA LOGGIA – L'idraulica urbana ed i principi dell'invarianza idraulica – Venezia 9 giugno 2012;*
- *LUCIANO SOLDINI – Difesa Idraulica dei territori antropizzati - Corso di Formazione Professionale organizzato dall'Alta Scuola ad Ancona il 2-4 aprile 2014;*
- *COMUNE DI FORLIMPOPOLI (Provincia FC)- Proposta di Piano Urbanistico Attuativo – scheda A20 – A03.*





GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Dott. Geol. Alessandro Paccapelo

Regione Marche

Servizio Infrastrutture, Trasporti ed Energia

P.F. Difesa del Suolo e Autorità di Bacino Regionale

Responsabile P.O.

*"Coordinamento dei Presidi relativi alla difesa del suolo
e gestione dei Presidi di Ascoli Piceno e Fermo"*

Sede di Ascoli Piceno:

Viale Indipendenza 4, 63100 Ascoli Piceno (AP) (Italia)

tel. + 39 (0)736.332964 · fax + 39 (0)736.332968

Sede di Fermo:

Via Amerigo Vespucci 37, 63900 Fermo (FM) (Italia)

tel. + 39 (0)734.225872 · fax + 39 (0)734.228048

cell. 335.629.326.4

indirizzo e-mail:

alessandro.paccapelo@regione.marche.it

funzione.difesasuolo@regione.marche.it

sito web:

www.autoritabacino.marche.it