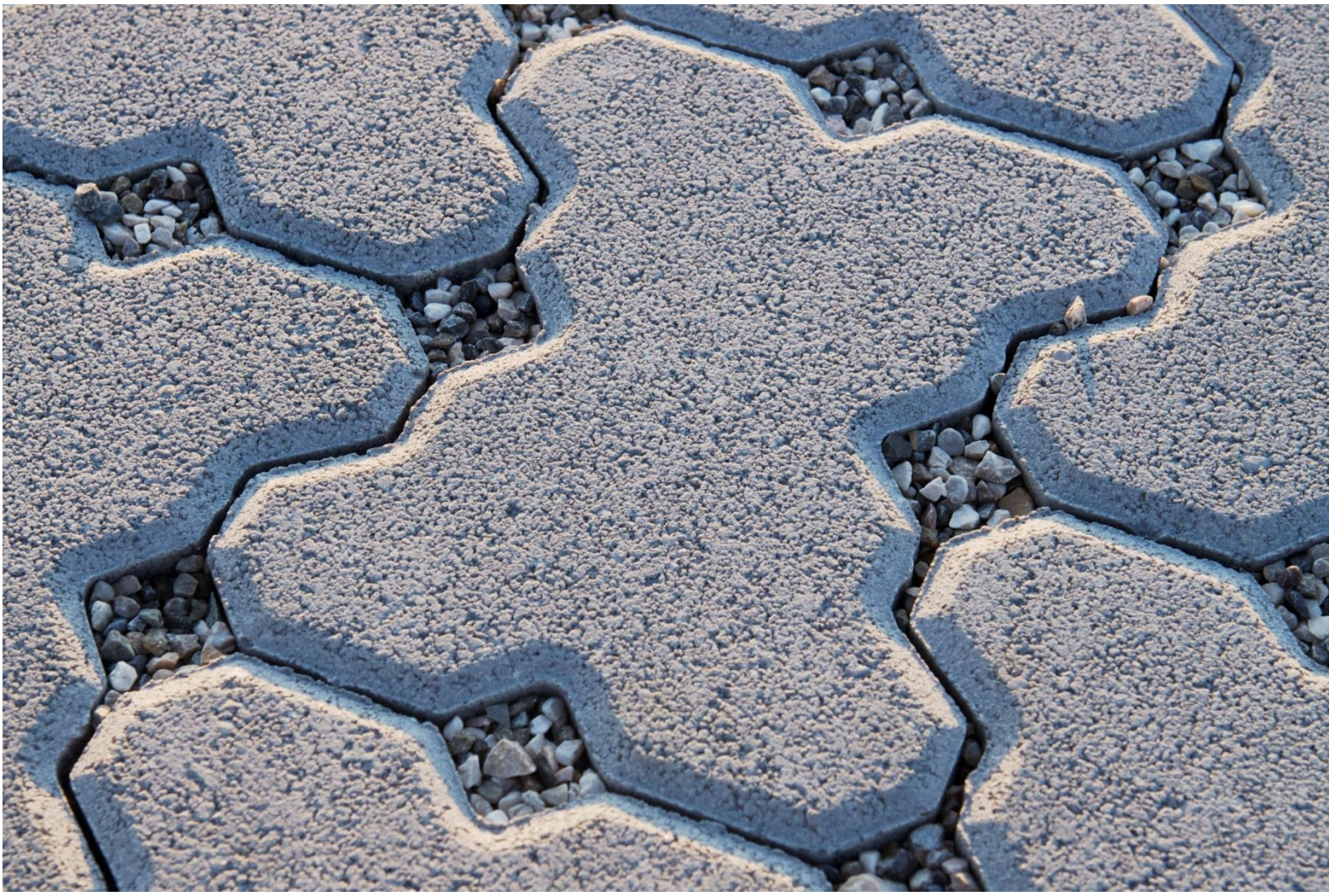
Pavinnova®
dove l'uomo cammina

molinaro
PAVIMENTAZIONI PER ESTERNO



La PERMEABILITÀ dei pavimenti in MASSELLI DRENANTI "TRAFFIC"

Ricerca sviluppata dall'ing. Fausto Monici
per gli Sponsor del progetto **Pavinnova®**

FASCICOLO TECNICO 01MOL – "TRAFFIC" :
Capacità drenante di varie soluzioni
Risultati di prove sperimentali
Materiali di posa

Due parole su **Pavinnova®**

Il promotore di **Pavinnova** ® (Fausto Monici, ingegnere, formatore motivazionale, consulente Qualità), opera da trent'anni in campo edile.

Il gruppo che sta collaborando allo sviluppo dell'iniziativa è composto da tecnici, progettisti ed imprenditori di varie età ed esperienze, tutti altamente professionali, esperti e accumunati dallo stesso spirito e dalla passione per il loro lavoro.

La Mission di Pavinnova è fare RICERCA e promuovere la CULTURA TECNICA dei masselli autobloccanti, un prodotto ancora sottovalutato nel nostro paese, ma con grandi "plus" prestazionali, sia tecnici che di compatibilità ambientale.

L'obiettivo è creare un punto di riferimento AUTOREVOLE per tutti : Produttori, Posatori, Progettisti e Committenti.

La prima fase del lavoro è lo sviluppo di una serie di "Guide Tecniche" applicative per la progettazione e la corretta realizzazione dei pavimenti autobloccanti in vari contesti (superfici drenanti, traffico pesante, dossi stradali, posa su solette prefabbricate, ecc.).

Il gruppo è aperto a PROGETTISTI, TECNOLOGI e PRODUTTORI che vogliono collaborare ad un ampio progetto di RICERCA e MIGLIORAMENTO e trarne giovamento in termini di conoscenza e di valorizzazione delle proprie competenze.

Per maggiori informazioni visita il sito : **www.pavinnova.com**

Pavinnova®
dove l'uomo cammina

www.pavinnova.com

La PERMEABILITÀ dei pavimenti in MASSELLI DRENANTI "TRAFFIC"

Ricerca sviluppata dall'ing. Fausto Monici
per gli Sponsor del progetto **Pavinnova®**

FASCICOLO TECNICO 01MOL – "TRAFFIC" :
Capacità drenante di varie soluzioni
Risultati di prove sperimentali
Materiali di posa

www.molinaro.it

PAVIMENTAZIONI
BLOCCHI E CORDOLI
SOLAI PREFABBBRICATI

molinaro
PAVIMENTAZIONI PER ESTERNO

Edizione 01, maggio 2013

© ing. Fausto Monici per Pavinnova®. Tutti i diritti riservati.

AVVERTENZE – Tutte le informazioni e i metodi riportati nella presente pubblicazione, tratti dall'esperienza personale dell'autore e dalle fonti citate, devono essere intesi e utilizzati come un "suggerimento" e non sostituiscono la progettazione di uno specifico intervento (che è una prerogativa del professionista incaricato dal committente). L'Autore e la MOLINARO Manufatti srl non potranno essere ritenuti responsabili per perdite e danni conseguenti al loro uso. L'utilizzatore di queste informazioni è tenuto a verificarne sia la congruenza con le normative vigenti localmente all'epoca dell'intervento, sia la concreta applicabilità al caso specifico.

La PERMEABILITÀ dei pavimenti in MASSELLI DRENANTI "TRAFFIC"

Indice

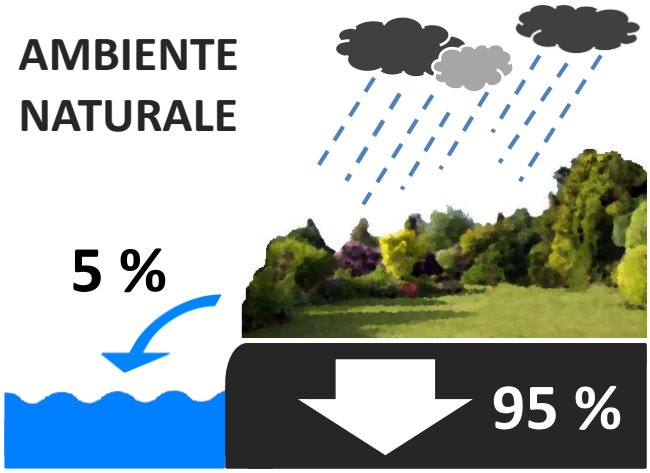
1 - La CAPACITÀ DRENANTE delle aree urbanizzate 5
2 - La PERMEABILITÀ di un PAVIMENTO IN OPERA 6
3 - Le indicazioni dei REGOLAMENTI URBANISTICI 7
4 - I dati della LETTERATURA TECNICA 8
5 - La "PIOGGIA di PROGETTO" 9
6 - PROVE SPERIMENTALI recenti 10
6.1 - UNIVERSITÀ di BRESCIA, 2009 – Prove di Laboratorio 10
6.2 - "BELGIAN ROAD RESEARCH CENTER", 2005-2009, Prove sul campo 11
7 - I materiali di posa e le condizioni al contorno 12
8 - Appunti di PROGETTAZIONE 13
9 - Le GRANULOMETRIE da utilizzare 14
9.1 - RIEMPIMENTO DEI GIUNTI (joint filling) e LETTO DI POSA (laying course) 14
9.2 - BASE - MISTO GRANULARE "APERTO" (base) 14
9.3 - SOTTOBASE 1 - (da usare monostrato sotto il letto di posa) (sub-base) 15
9.4 - SOTTOBASE 2 - (da usare in doppiostrato, sotto la "base") (sub-base) 15
9.5 - STABILIZZATO A CEMENTO a struttura aperta (cement bound material) 15
10 - Il Massello "TRAFFIC" 16
11 - CONCLUSIONI 18
12 - Bibliografia essenziale 19
13 - NOTE AL TESTO 20

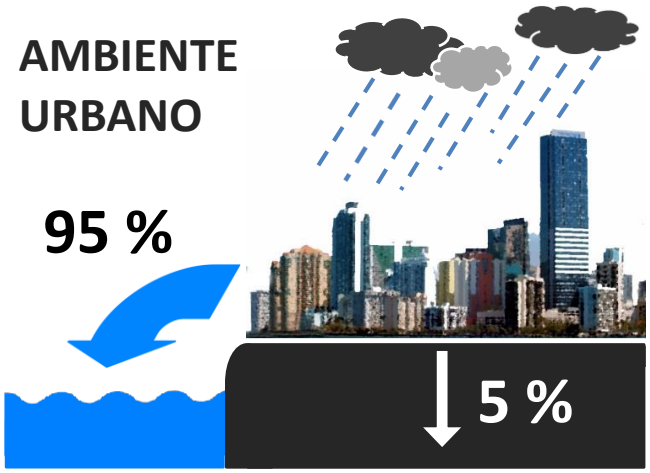
“Non possiamo pretendere che le cose cambino se continuiamo a fare le stesse cose.
Il problema delle persone e delle nazioni è la pigrizia nel cercare soluzioni e vie d’uscita.
La crisi dà ad ognuno la possibilità di far emergere il meglio di sè,
ma diventa una tragedia per chi non vuol lottare per superarla”.

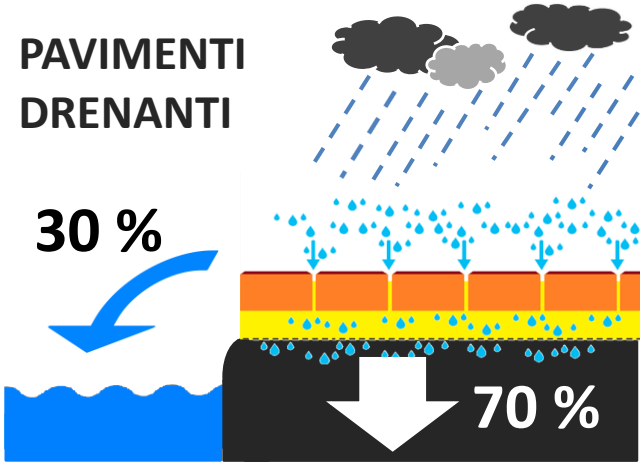
(liberamente tratto da “*Il mondo come io lo vedo*” Albert Einstein, 1931)

1 - La CAPACITÀ DRENANTE delle aree urbanizzate

Le attività dell'uomo hanno modificato profondamente l'ambiente e reso le superfici urbanizzate molto poco permeabili alla pioggia. L'acqua che cade sui tetti, sulle strade e sui piazzali asfaltati deve essere convogliata in grandi reti di raccolta per evitare che la viabilità urbana, e interi quartieri, si allaghino in caso di forti temporali.







Questi eventi, un tempo rari, oggi si verificano con una certa frequenza e mettono sempre più spesso in crisi le fognature causando gravi danni ai beni e alle persone.

Ma il danno più grave, e sottovalutato dai più, è che sempre meno acqua torna nel sottosuolo a rimpinguare le falde e sempre più scorre in superficie per disperdersi poi nei fiumi e nel mare.

Immediatamente dopo una precipitazione, mentre in natura circa il 95% delle piogge torna nel sottosuolo, e solo il 5% [(1)] defluisce nei corsi d'acqua superficiali, nelle nostre città la situazione si inverte, gli acquedotti devono pescare sempre più in profondità e anche l'agricoltura ne soffre.

Per tutti questi motivi, ovunque nel mondo si stanno adottando da tempo politiche che promuovono e incentivano l'adozione di pavimentazioni DRENANTI, in grado cioè di lasciarsi attraversare dall'acqua piovana che poi fluisce nel terreno sottostante.

Queste pavimentazioni offrono vantaggi di natura ECOLOGICA ed ECONOMICA. Infatti :

- **riducono i rischi di allagamento** delle aree edificate (e quindi i danni a cose e persone);
- **riducono i pericoli e gli incidenti sulle strade** eliminando l'effetto "aquaplaning";
- **abbattono i costi delle reti di scarico**, eliminandole o richiedendo tubi più piccoli;
- **aumentano la disponibilità dell'acqua di falda**, l'oro azzurro del terzo millennio.

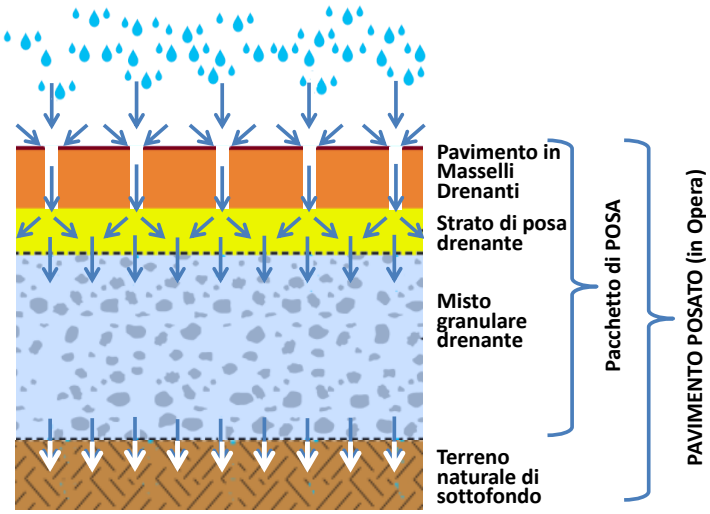
Queste esigenze sono ampiamente soddisfatte dai **PAVIMENTI DRENANTI** in calcestruzzo, come i classici GRIGLIATI o i più moderni e robusti **MASSELLI DRENANTI:** ***A GIUNTI ALLARGATI*** ("enlarged joints") e ***CON FORI DI DRENAGGIO*** ("drainage holes").

I MASSELLI DRENANTI garantiscono un'alta resistenza ai carichi verticali, una superficie praticamente continua e un'elevata permeabiltà quando vengono posati con giusti aggregati.

I **PAVIMENTI DRENANTI**, posati e sigillati con materiali adeguati,
riportano nel sottosuolo circa il 70% delle acque piovane che lo investono.

2 - La PERMEABILITÀ di un PAVIMENTO IN OPERA

Ci sono luoghi in cui spesso le piogge sono violente, ed altri invece dove sono molto meno intense. Ogni zona dovrebbe avere una propria "**Pioggia di Progetto**" per progettare i pavimenti, definita in intensità (mm/h) e durata (min).



La "Pioggia di Progetto", quindi, non è la stessa ovunque e le pavimentazioni non si comportano tutte allo stesso modo sotto un forte temporale.

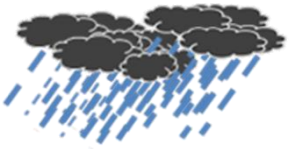
Infatti se una pavimentazione drena senza problemi un normale temporale, non è detto che ci riesca con un acquazzone tropicale (sotto il quale probabilmente si allagherà per qualche tempo).

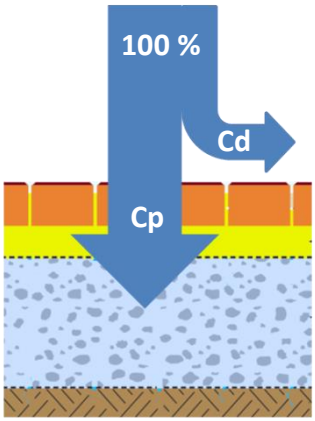
Ogni Pavimento in Opera :

- ha un "**Tasso di Infiltrazione (i)**" [2] che esprime la velocità in mm/h con cui l'acqua lo attraversa. È detto anche "*Permeabilità", o "Massima Pioggia Infiltrabile"*;
- ha una "**Massima Pioggia Drenabile in opera**"[3], che può accumulare <u>senza allagarsi</u> prima di smaltirla nel sottosuolo. È definita in intensità (mm/h) e durata (min).

Queste capacità dipendono principalmente da:

- tipo e pendenza del pavimento;
- granulometria del materiale di riempimento dei giunti;
- spessore e granulometria degli strati di posa;
- tipo di terreno di sottofondo;
- uso e manutenzione del pavimento (la permeabilità diminuisce in parte nel tempo a causa dell'accumulo di polvere nei giunti fra i masselli).





Quindi un Pavimento in Opera non sempre è in grado di drenare nel sottosuolo tutta l'acqua piovana che vi cade sopra: la % di pioggia che scorre in superficie viene definita "**Coefficiente di Deflusso superficiale Cd**" [4] ("*runoff*"), mentre la % che filtra nel sottosuolo attraverso il pavimento e gli strati di posa è il "**Coefficiente di Permeabilità Cp**".

Stabilita la pavimentazione, Cp e Cd dipendono dalla "*Pioggia di Progetto*".

Cp può variare da 0% (impermeabile) al 100% (totalmente permeabile).

> Nessun terreno può smaltire al 100% qualsiasi pioggia senza allagarsi mai.
> Pertanto un **"PAVIMENTO in Opera" è OTTIMO quando raggiunge**
>
> **Cp = 60-70 %**

Cp e **Cd** di un "*Pavimento Posato in Opera*" possono essere determinati in vari modi : prove di laboratorio o "in situ" (con piogge reali o standardizzate), calcoli teorici, dati desunti dalla letteratura tecnica mondiale in materia.

La **Permeabilità o "Tasso di Infiltrazione"** del "*Pavimento Posato in Opera*", del solo "*Terreno di sottofondo*", o del "*Pacchetto di Posa*", possono essere determinate in laboratorio, "in situ", dalla letteratura o dai Piani Urbanistici.

Le **Piogge di Progetto** possono essere dedotte da apposite mappe regionali o dai dati raccolti dalle stazioni meteo della zona.

3 - Le indicazioni dei REGOLAMENTI URBANISTICI

In Italia i Regolamenti Urbanistici di Comuni e Regioni (PRG, PGT, ecc.) consentono di determinare il valore di "**Cd**" in vari modi :

1. apposite Tabelle contenute nelle Norme Tecniche (vedi tabella 1);
2. dati desunti dalla letteratura tecnica in materia;
3. calcolo teorico.

Le "tabelle" assegnano a priori, ad una serie di pavimentazioni, un determinato valore di **Cd** (e di conseguenza di **Cp** [5] in quanto **Cp = 100% - Cd**). L'estensore del Piano, scelta una "pioggia di Progetto", ha già stabilito in qualche modo la % di pioggia che le singole pavimentazioni smaltiscono nel sottosuolo in quella località.

In questo modo i progettisti hanno una scelta "obbligata": devono utilizzare la pavimentazione che, in tabella, soddisfa le richieste del Piano.

Tabella 1

	Coefficienti di Deflusso (Cd = 1 - Cp)				
Tipo di pavimentazione	**TRENTO (2006)**	**BOLZANO (2006)**	**REGIONE VENETO (2006)**	**Altre fonti**	**Coefficienti di PERMEABILITÀ " Cp "**
PAVIMENTI IN CALCESTRUZZO	-	0,90	-	0,95 –1 [1]	**10 %**
ASFALTO	0,85	-	-		**15 %**
MASSELLI NORMALI	-	-	-	0,8 [2]	**20 %**
GRIGLIATI SU GHIAIA	-	-	0,60	-	**40 %**
MISTO STABILIZZATO per cortili o piazzali	0,50	0,35 [5]	-	-	**50-65 %**
MASSELLI DRENANTI SU SABBIA	-	0,50 [5]	-	-	**50 %**
GRIGLIATI (forat. 15–20 %) +erba/ghiaia	-	-	-	0,3 –0,4 [3]	**60–70 %**
GHIAIA SCIOLTA	-	0,30 [5]	-	-	**70 %**
GRIGLIATI (forat. > 40 %) + erba	-	0,40 [6]	-	-	**60 %**
AREE VERDI, Prati e orti, aree agricole	0,17	0,10	0,20	0,2 –0,3 [4]	**70-90 %**

Queste tabelle hanno una serie di problemi:

- talvolta sono molto cautelative;
- in alcuni casi il Cd fornito è quella del "*pavimento posato con un certo terreno di sottofondo*", in altri non è chiaro se è "con o senza terreno";
- di solito non considerano lo spessore degli strati di posa (che sono il serbatoio dove l'acqua si accumula prima di filtrare nel terreno);
- descrivono in modo sommario il prodotto (ad es. "*grigliati*"), la stratigrafia (ad es. "*posati su sabbia*"), le prestazioni (ad es. "*drenanti*");
- contengono un numero ristretto di casi.

Per consentire l'uso di altre soluzioni, talvolta i Piani prevedono la possibilità di dimostrarne l'efficacia, ma per farlo bisogna conoscere la Pioggia di Progetto.

Per questi motivi gli strumenti Urbanistici dovrebbero assegnare il Cp per le soluzioni standard e la "Pioggia di Progetto" per valutare ogni altra soluzione.

Gli strumenti Urbanistici riconoscono di solito ai MASSELLI DRENANTI un

Cp = 50-70 %

4 - I dati della LETTERATURA TECNICA

In letteratura tecnica si trovano molti valori della "**Permeabilità K**" [(6)] dei TERRENI e delle PAVIMENTAZIONI. Ecco alcuni esempi in tabella 2:

Tabella 2

Classificazione dei Terreni (1)		*PERMEABILITÀ " K " di TERRENI e PAVIMENTAZIONI*			
		mm / h mm/ora	l / s / ha litri /sec/ettaro	m / s metri/sec	Grafico (m/s)
Molto perm. *$K > 10^{-4}$ m/s*	**GHIAIA MEDIA**	**360 - 3600**	**1.000-10.000**	**10^{-4} - 10^{-3}**	
	GRIGLIATI e MASSELLI DRENANTI ben posati (3)	**360**	**1000**	**10^{-4}**	
	Ghiaia sabbiosa ben assortita (2)	**36 – 360**	**100 -1.000**	**10^{-5} - 10^{-4}**	
Mediam perm. *$K = 10^{-7}$–10^{-4} m/s*	Sabbia ben assortita (2)	3,6 - 360	10 - 1000	10^{-6} - 10^{-4}	
	Sabbia poco assortita (2)	0,300 - 3,6	1 – 10	10^{-7} - 10^{-6}	
Poco perm. *$K < 10^{-7}$ m/s*	Argilla sabbiosa o limosa (2)	0,003 - 3,6	0,01 - 10	10^{-9} - 10^{-6}	

*Conversioni : mm/h = 2,78 l/s/ha l/s/ha = 10^{-7} m/s mm/h = 2,78 * 10^{-7} m/s*
*Litri/minuto/m^2= mm/minuto Litri/minuto/m^2 = 60 mm/ora m/s = 3,6 * 10^{6} mm/h*

10^{-9} 10^{-8} 10^{-7} 10^{-6} 10^{-5} 10^{-4} 10^{-3}

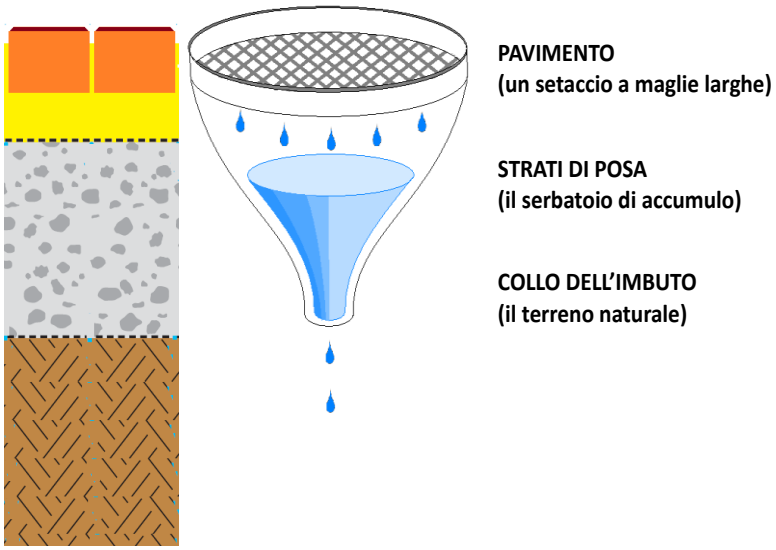
Note : (1) Fonte : Classificazione della carta della permeabilità dei suoli della Provincia di Padova.
(2) Fonte : The precast concrete paving & kerb association.
(3) Fonte : Research at the BRRC on Concrete Pavements Blocks, dr.eng.Anne Beeldens, 24/04/2006.

I **pavimenti in MASSELLI DRENANTI, posati su strati di posa drenanti, hanno una permeabilità paragonabile a quella della ghiaia sabbiosa** e quindi hanno

Cp = 50-70%

La tabella mostra anche che il pavimento e gli strati di posa hanno sempre una permeabilità MOLTO SUPERIORE a quella del terreno di sottofondo. In caso di terreni poco permeabili bisogna usare strati di posa di spessore elevato per fare da serbatoio di accumulo dell'acqua piovana, in attesa che venga smaltita dal terreno sottostante che l'accoglie molto più lentamente.

Permeabilità indicativa dei vari strati		
PAVIMENTAZIONE	Pavimento drenante (forat. 5 -10 %) nuovo, con ghiaietto	5.000– 20.000 mm/ora
	Strato di posa drenante	50.000 mm/ora
	Misto granulare drenante	50.000 - 100.000 mm/ora
TERRENO	Ghiaia	2.000 mm/ora
	Ghiaia sabbiosa senza fini	1.000 mm/ora
	Sabbioso senza fini	100 mm/ora
	Sabbioso con fini	1 mm/ora



5 - La “PIOGGIA di PROGETTO”

Abbiamo visto che la permeabilità del “pacchetto di posa” è sempre molto superiore a quella del terreno di sottofondo, e che gli strati di posa devono fare da “serbatoio di accumulo” quando il terreno sottostante è poco permeabile.

Tutto questo significa che il pavimento si può allagare:

- con **piogge brevi e molto intense** (superiori alla Permeabilità del “*pacchetto di posa*”) ;
- con **piogge prolungate e di media intensità** (la cui intensità supera la permeabilità del “*terreno di sottofondo*” e la cui durata è tale da superare la “*capacità di accumulo*” di acqua nei vuoti degli strati di posa).

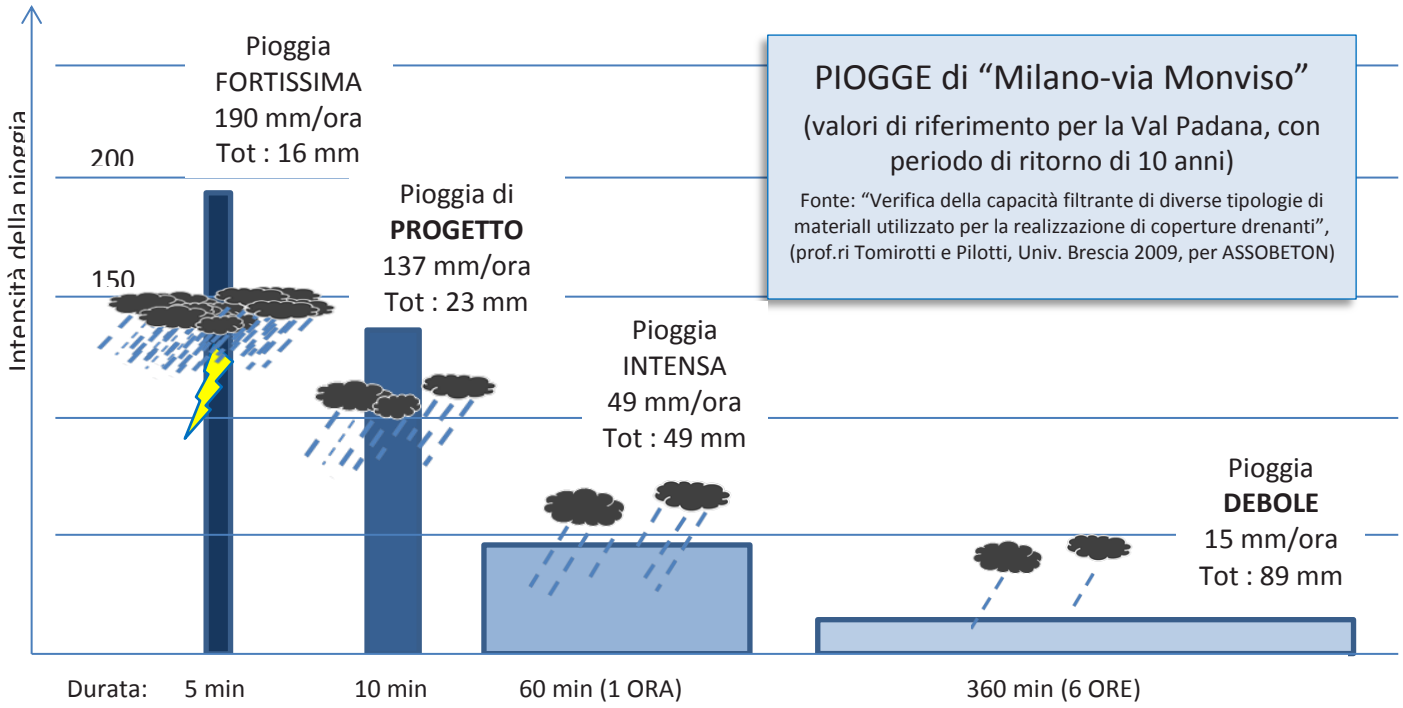
“PIOGGIA di PROGETTO”	
NAZIONE	**Pioggia di Progetto** (durata 10 minuti, periodo di ritorno 30 anni)
Belgio (1)	**97 mm/h**
Inghilterra (2)	**≈ 120 mm/h** (dipende dalla regione idrologica)
Note : (1) Research at the BRRC on Concrete Pavements Blocks, dr.eng.Anne Beeldens, 24/04/2006. (2) Fonte : The precast concrete paving & kerb association.	

La capacità di accumulo dipende dalle granulometrie e dagli spessori degli strati di posa. In prima approssimazione questi strati sono in grado di accumulare senza problemi (in base alla % di vuoti che va dal 20 al 30%) una pioggia complessiva di 30-100 mm (Il calcolo idraulico degli spessori di posa esula da questa trattazione).

Spesso all’estero si chiede che il pavimento in opera sia in grado di smaltire, senza allagarsi, una “**PIOGGIA DI PROGETTO**” di breve durata (ad es. una pioggia di 10 minuti) con un certo periodo di ritorno (ad es. 10 o 30 anni, vedi tabella a lato).

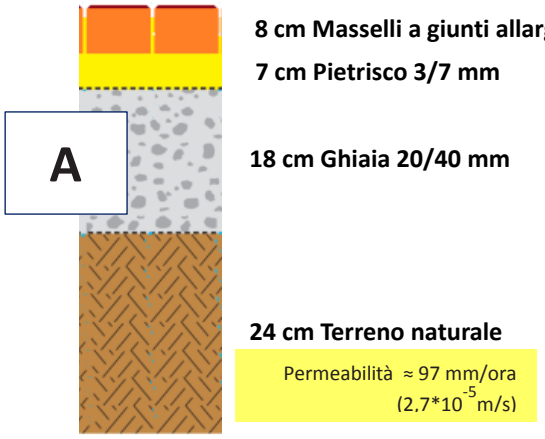
In Italia questo capita più raramente, ma come riferimento attendibile per la Val Padana si possono assumere i dati della stazione meteo “Milano-via Monviso”.

In via cautelativa si possono assumere i dati relativi a temporali di 10 minuti con un periodo di ritorno di 10 anni, indicati nel grafico seguente :



6 - PROVE SPERIMENTALI recenti

6.1 - UNIVERSITÀ di BRESCIA, 2009 – Prove di Laboratorio



Nel 2009 i prof.ri Pilotti e Tomirotti hanno condotto, per conto di Assobeton, una serie di test di pioggia controllata su porzioni di circa 3 mq di grigliati e masselli a GIUNTI ALLARGATI con una % di foratura (cioè la % di superficie pavimentata da riempire con ghiaietto) di circa il 5-10%

Tutti i pavimenti sono stati posati e compattati sulla stessa stratigrafia e sottoposti alle **piogge tipiche di "Milano-via Monviso"** (di cui al capitolo precedente).

È risultato che i **MASSELLI A GIUNTI ALLARGATI hanno drenato al 100 % ogni pioggia** (come hanno fatto i grigliati, che hanno però una % di foratura molto superiore, fino al 40% della superficie pavimentata).

Misura del "COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ Cp" per le piogge tipiche di "Milano-via Monviso" (con periodo di ritorno di 10 anni)			
Stratigrafia	**Pavimento**	**Pioggia (durata e intensità)**	**Cp**
A	**MASSELLI A GIUNTI ALLARGATI (foratura 5-10%)**	**FORTISSIMA Durata 5', intensità 190 mm/h**	**100 %**
		DI PROGETTO Durata 10', intensità 137 mm/h	**100 %**
		DEBOLE Durata 6 h, intensità 15 mm/h	**100 %**
La distribuzione granulometrica degli aggregati non è stata misurata in laboratorio, pertanto non si conosce la % di fini.			
Misure di LABORATORIO all'Univ. di Brescia, 2009, per conto di Assobeton (prof.ri Tomirotti e Pilotti) – opera citata. Vedi anche: "*Drenanti: linee guida per la determinazione della capacità drenante di pavimentazioni modulari in calcestruzzo*" (Assobeton, 2011)			

La ricerca ha mostrato che :

MASSELLI DRENANTI col 5-10 % di foratura, e adeguati materiali di posa, drenano al 100% le piogge tipiche della Val Padana, senza allagarsi.

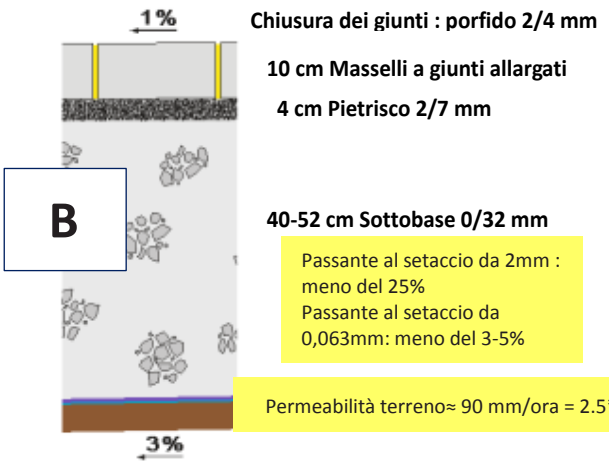
Problemi IMPORTANTI rimasti aperti (per i Progettisti e i Direttori Lavori):

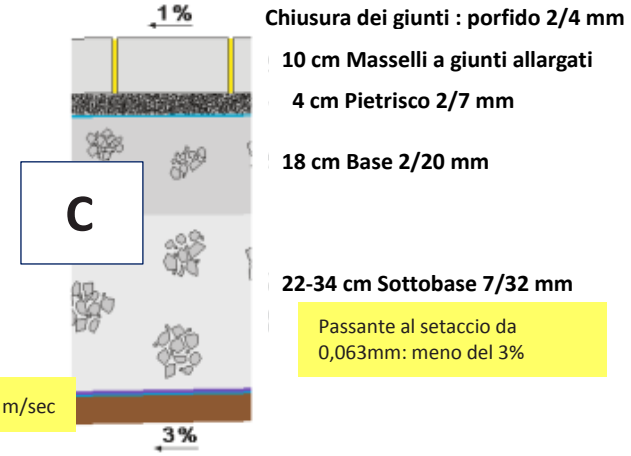
- la curva granulometria (per redigere correttamente le voci di **Capitolato**);
- la "**Massima Pioggia Drenabile**" da quel pavimento con quella stratigrafia. Questa consentirebbe:
  a) di calcolare il **margine di sicurezza del pavimento "a nuovo"** per QUALSIASI pioggia di progetto;
  b) di stimare, applicando un coefficiente di sicurezza, la **permeabilità residua a 20 anni** e quindi di verificare la capacità del pavimento di drenare le piogge di progetto anche a distanza di tempo.

A queste domande hanno risposto altre ricerche nel mondo, che sono sfociate in varie indicazioni progettuali che vedremo nel seguito.

6.2 - "BELGIAN ROAD RESEARCH CENTER", 2005-2009, Prove sul campo

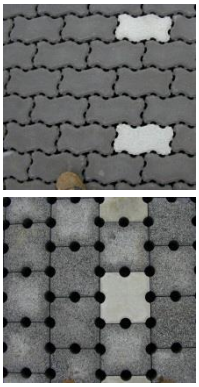
Il dr.eng.Anne Beeldens [7] ha testato vari GRIGLIATI e masselli con "FORI DI DRENAGGIO" e a "GIUNTI ALLARGATI" posati in un parcheggio di 1.440 mq e soggetti a piogge reali : c'è stato "runoff" solo nei pochi minuti in cui la pioggia raggiungeva i 150-200 mm/h (il doppio di quella Belga di progetto: 97 mm/h).





Inoltre è stato misurato "in situ" e in superficie il "*Tasso di Infiltrazione*" (cioè la sua Permeabilità in Opera) utilizzando l'infiltrometro a doppio anello ("*Double ring*") con due diverse stratigrafie, ottenendo per i pavimenti con MASSELLI DRENANTI valori simili a quelli della ghiaia-sabbiosa.

Le misure ripetute per **5 anni** mostrano che la permeabilità cala ma è sempre sufficiente per le piogge di progetto. **Con un coefficiente di sicurezza 10 è stata stimata la permeabilità dopo 20 anni di utilizzo** (suggerito dagli Usa e dagli inglesi per tener conto di questo calo dovuto al progressivo intasamento dei giunti):

Misura del "TASSO DI INFILTRAZIONE" (o "PERMEABILITÀ DEL PAVIMENTO IN OPERA") e confronto con le piogge tipiche di "Milano-via Monviso" (con periodo di ritorno di 10 anni)							
Stratigr.	**Pavimento**		**Pioggia MASSIMA INFILTRABILE**			**Pioggia di MILANO**	**Cp**
C		**MASSELLI A GIUNTI ALLARGATI (foratura≈10%) e MASSELLI CON FORI DI DRENAGGIO (foratura≈10%)**	A Nuovo (misurata)	**1.440 mm/h ($4\text{-}10^{-4}$ m/s)**	>	**FORTISSIMA intensità 190 mm/h**	**100 %**
			A 5 anni (misurata)	**≈540 mm/h (≈$1.5*10^{-4}$ m/s)**	>	**FORTISSIMA intensità 190 mm/h**	**100 %**
			A 20 anni (stimata)	**144 mm/h ($4*10^{-5}$ m/s)**	>	**DI PROGETTO intensità 137 mm/h**	**100 %**
La "Permeabilità del Pavimento in Opera" è il "Tasso di Infiltrazione" (Surface Infiltration Rate) misurato sul pavimento posato con l'infiltrometro a doppio anello ("double ring method").							
Abbiamo escluso le misure fatte sulla stratigrafia **B** perché sono state ancora migliori.							

Il confronto con le piogge dell'Alta Italia dimostra che

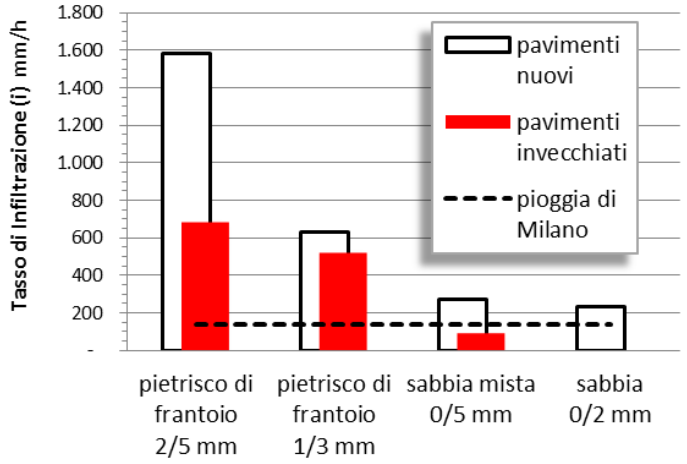
MASSELLI DRENANTI, col 10% di foratura e materiali di posa ben definiti, smaltiscono la "PIOGGIA DI PROGETTO" ANCHE "DOPO 20 ANNI".

Per rispondere alle domande di progettisti e DL, con la pioggia di Progetto di Milano il coeff.di sicurezza "a nuovo" è 1440/137≈10, a 20 anni è 144/137≈1.

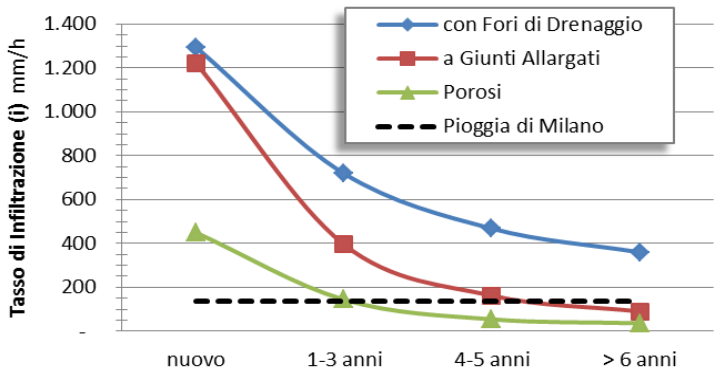
7 - I materiali di posa e le condizioni al contorno

Le prove sperimentali descritte nel paragrafo precedente dimostrano che i PAVIMENTI in MASSELLI DRENANTI realizzati con MATERIALI DI POSA DRENANTI (giusta granulometria, poche parti fini) possono smaltire senza problemi anche piogge molto intense, ma l'ambiente circostante ne può diminuire nel corso degli anni la permeabilità (cioè il suo Tasso di Infiltrazione) per ridurla fino al 10-25% del suo valore a nuovo.

Variazione del TASSO DI INFILTRAZIONE (i) col tipo di materiale nei giunti tra i masselli
(rielaborato da : Dr.S. Borgwardt, opera citata)



Variazione nel tempo del TASSO di INFILTRAZIONE per vari tipi di Pavimenti Drenanti
(fonte Dr. S.Borgwardt, opera citata)



Infatti, a causa del vento (che può accumulare sul pavimento polveri e detriti), dell'uso, dell'abrasione superficiale dovuta al traffico, delle emissioni di particolato, della presenza nelle vicinanze di terreni con parti molto fini e sostanze organiche, si può verificare un **progressivo intasamento dei giunti** o dei fori di drenaggio che riducono il "Tasso di Infiltrazione" del pavimento in opera.

Quest'accumulo ("clogging") è tanto più veloce quanto più il materiale di riempimento dei giunti è ricco di parti fini (< 2mm). L'intasamento riguarda soprattutto i primi 2 cm del materiale.

L'importanza della granulometria di tutti i materiali di posa è confermata da molte altre ricerche [(8) (9) (10)]. Ogni granulometria ha il suo motivo ben preciso:

→ **strato di sottobase** : è il serbatoio temporaneo delle acque infiltrate e protegge il terreno dal gelo;

→ **strati di base e di allettamento** : resistono ai carichi di superficie (quindi devono dare "*stabilità verticale*" alla pavimentazione. Significa che devono essere "*stabili*" di per sé, cioè non devono mescolarsi fra loro e con lo strato di base, e non devono usurarsi e creare parti fini per sfregamento fra i grani);

→ **materiale di riempimento dei giunti** : da lui dipendono due prestazioni fondamentali:

- il **Tasso di Infiltrazione** del pavimento posato;
- l'**Autobloccaggio** dei masselli (cioè la "*stabilità orizzontale*". Quindi il materiale deve essere "*stabile*" verticalmente, non deve scendere nello strato di allettamento).

La grande importanza della granulometria del materiale dei giunti è stata messa in evidenza dalle estese ricerche di Borgwardt (Germania, 2006) [(11)], sintetizzate nei grafici (rielaborati) di questa pagina.

Con una **periodica manutenzione** si può ripristinare il Tasso di Infiltrazione desiderato. Può essere necessario aspirare e lavare i primi 2 cm del riempimento, (con frequenza variabile da 5 a 20 anni, come si può intuire dai grafici, e secondo il tipo di giunto, l'uso del pavimento e le condizioni ambientali).

La Permeabilità si basa sul PROGETTO degli strati di posa.

La Permeabilità di un PAVIMENTO DRENANTE POSATO dipende principalmente dal MATERIALE USATO PER I GIUNTI fra i masselli e dall'esecuzione.

La MANUTENZIONE periodica ripristina la Permeabilità ("Tasso di Infiltrazione").

8 - Appunti di PROGETTAZIONE

Da tutte le esperienze illustrate emerge che la Progettazione e l'Esecuzione sono essenziali per ottenere il risultato voluto (in termini di "Tasso di Infiltrazione **(i)**" o di "Coefficiente di Permeabilità **Cp**").

Per Belgi, Inglesi e Tedeschi il procedimento da seguire è grossomodo questo:

1) si stabiliscono i dati iniziali (la "Pioggia di Progetto", la destinazione del pavimento, il tipo di terreno);
2) la "**Permeabilità del terreno**" decide se va progettato o no lo strato di accumulo acqua (serve per terreni poco permeabili, non serve per terreni molto permeabili);
3) la "**Pioggia di Progetto**" decide :
   - la permeabilità dei singoli strati di posa e <u>di conseguenza decide le granulometrie</u> [ogni strato deve avere una "permeabilità K" almeno doppia della "Pioggia di Progetto" (Anne Beeldens, opera citata)];
   - la posizione del geo tessuto (o addirittura due);
   - lo spessore dello strato di accumulo, che può essere parte del "sottobase". Si calcola in base alla quantità dell'acqua della "Pioggia di Progetto" e alla % di vuoti dello strato;
4) la "**Destinazione del pavimento**" consente di:
   - scegliere il MASSELLO DRENANTE più adatto (se possibile con almeno il 10% di foratura, sia per i GIUNTI ALLARGATI che per i FORI DI DRENAGGIO [(12)]);
   - progettare lo spessore dello strato di "base" (monostrato) o di "base + sottobase" (doppio strato) o di "stabilizzato + sottobase" (semirigido);
   - stabilire la frequenza e le modalità della manutenzione periodica;
5) si realizza il pavimento;
6) a fine lavori si verifica in opera (con l'infiltrometro ad anello semplice o doppio) che il "Tasso di Infiltrazione (i)" sia sufficientemente maggiore dell'intensità della "Pioggia di Progetto" (da 2 a 10 volte [(13)], in funzione dell'uso del pavimento, della manutenzione, ecc., per evitare il runoff superficiale "a nuovo" e a distanza di anni);
7) si tiene monitorato il pavimento e si esegue la **manutenzione programmata**.

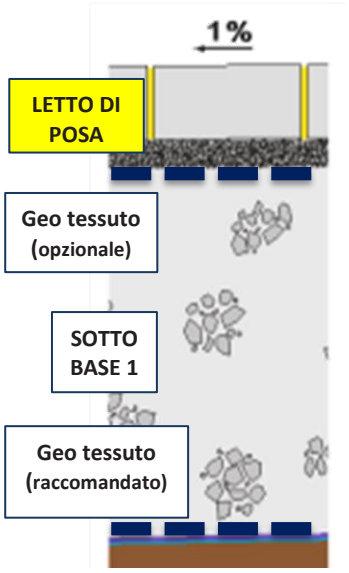
Le modalità di calcolo dello spessore dei vari strati esula dai limiti di questo documento il cui intento è quello di stabilire a quali condizioni un pavimento in masselli drenanti posato in opera possiede un certo grado di permeabilità.

Per la progettazione completa si rimanda alla "*Guida Tecnica Pavinnova sui Pavimenti Drenanti*" di prossima pubblicazione.

La Progettazione deve tener conto di PERMEABILITÀ DEL TERRENO,
PIOGGIA DI PROGETTO, DESTINAZIONE DEL PAVIMENTO,
e deve prevedere adeguate modalità di MANUTENZIONE.

9 - Le GRANULOMETRIE da utilizzare

9.1 - RIEMPIMENTO DEI GIUNTI *(joint filling)* e LETTO DI POSA *(laying course)*



Aggregato: 2/6 mm, Gc 80/20.

Norma : UNI EN 13242 (“*Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade*”).

Curva granulometrica: vedi tabella.

Contenuto di fini : f3 (cioè < 3%).

Resistenza a frammentazione Los Angeles: LA<20 (non si deve generare polvere per sfregamento durante l’uso della pavimentazione).

Resistenza all’abrasione : AAV<10

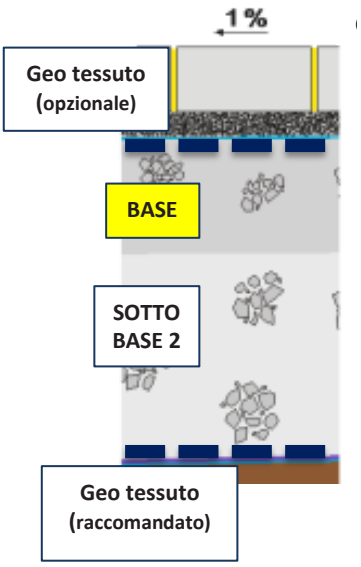
Nota : verificare col produttore di masselli che il “sasso” entri nel giunti.

GRANULOMETRIE ALTERNATIVE : 1/3mm, 2/5mm, oppure porfido 0/6mm (con al massimo il 3% di fini < 0,063 mm). È fondamentale che si usi la stessa granulometria sia per il riempimento che per il letto di posa (altrimenti se si usa 1/3 per il riempimento e 2/5 per il letto di posa… i giunti inevitabilmente si svuotano!).

LETTO DI POSA e RIEMPIMENTO GIUNTI
2/6 mm

stacci (mm)	Passante % in peso
14	100 %
10	98-100 %
6,3	80-99 %
2	0-20 %
1	0-5 %

9.2 - BASE - MISTO GRANULARE “APERTO” *(base)*



Aggregato: 4/20, Gc 85/15.

Norma: UNI EN 13242.

Granulometria : vedi tabella (è fondamentale che il contenuto di granuli < 1mm sia inferiore al 5%).

Contenuto di fini : f3 (cioè < 3%).

Resistenza a frammentazione Los Angeles: LA<30.

Resistenza all’usura Micro Deval : $M_{DE}20$.

Indice di appiattimento : FI20.

Nota : In generale si utilizzano rocce dure di frantoio (o arrotondato naturale, purché stabile durante la posa e l’esercizio).

BASE
(misto granulare)
4/20 mm

Crivelli e stacci (mm)	Passante % in peso
40	100 %
31,5	98-100 %
20	99-99 %
10	25-70 %
4	0-15 %
2	0-5 %

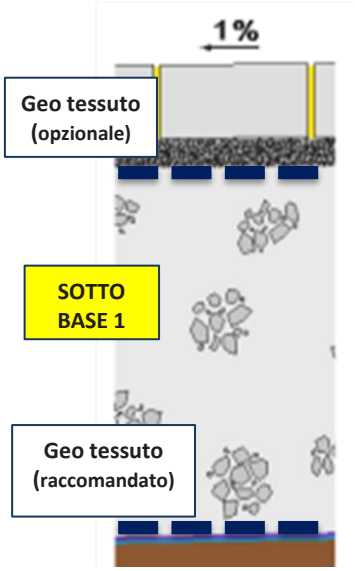
Compatibilità “letto di posa”-“base” e “base”-“sottobase” : bisogna limitare il più possibile che le parti fini dello strato superiore migrino verso lo strato sottostante. Se non si usa un geo-tessuto di separazione, deve essere rispettata la seguente relazione fra le due granulometrie :

$$\frac{D_{15}\ \text{base}}{D_{85}\ \text{letto di posa}} \leq 5 \qquad \frac{D_{15}\ \text{sottobase}}{D_{85}\ \text{base}} \leq 5$$

dove D15 è il diametro del setaccio sotto il quale passa il 15 % del materiale, e D85 è il diametro del setaccio sotto il quale passa l’85 % del materiale.

GRANULOMETRIE ALTERNATIVE : 2/20mm.

9.3 - SOTTOBASE 1 - (da usare monostrato sotto il letto di posa) *(sub-base)*



Aggregato : 0/32 mm.

Norma: UNI EN 13242.

Contenuto di fini : f3 (cioè < 3%)

Frazione 0-2mm : < 25%

Resistenza a frammentazione Los Angeles: LA<30.

Resistenza all'usura Micro Deval : $M_{DE}20$.

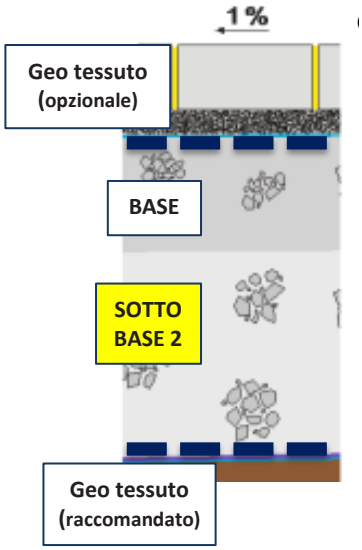
Indice di appiattimento : FI20.

Compatibilità "letto di posa"-"sottobase" e "base"-"sottobase" : bisogna limitare il più possibile che le parti fini dello strato superiore migrino verso lo strato sottostante. Se non si usa un geo-tessuto di separazione, deve essere rispettata la seguente relazione fra le due granulometrie :

$$\frac{D_{15}\ \text{sottobase}}{D_{85}\ \text{letto di posa}} \leq 5 \qquad \frac{D_{15}\ \text{sottobase}}{D_{85}\ \text{base}} \leq 5$$

dove D15 è il diametro del setaccio sotto il quale passa il 15 % del materiale, e D85 è il diametro del setaccio sotto il quale passa l'85 % del materiale.

9.4 - SOTTOBASE 2 - (da usare in doppiostrato, sotto la "base") *(sub-base)*



Aggregato : 7/32 mm.

Norma: UNI EN 13242.

Contenuto di fini : f3 (cioè < 3%)

Resistenza a frammentazione Los Angeles: LA<30.

Resistenza all'usura Micro Deval : $M_{DE}20$.

Indice di appiattimento : FI20.

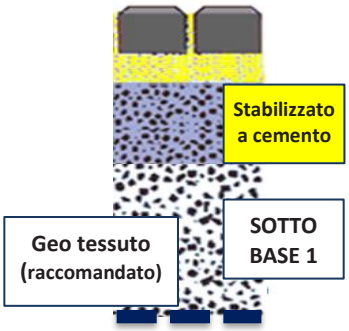
Compatibilità fra "base"/"sottobase" : bisogna limitare il più possibile che le parti fini dello strato superiore migrino verso lo strato sottostante. Se non si usa un geo-tessuto di separazione, deve essere rispettata la seguente relazione fra le due granulometrie :

$$\frac{D_{15}\ \text{sottobase}}{D_{85}\ \text{base}} \leq 5$$

dove D15 è il diametro del setaccio sotto il quale passa il 15 % del materiale, e D85 è il diametro del setaccio sotto il quale passa l'85 % del materiale.

GRANULOMETRIE ALTERNATIVE : 2/32mm.

9.5 - STABILIZZATO A CEMENTO a struttura aperta *(cement bound material)*



Calcestruzzo drenante realizzato com Misto Granulare "a struttura aperta" con aggregato 4/20mm (di granulometria come da tabella precedente e conforme alla norma UNI EN 14227-1:2004 : "*Miscele legate con leganti idraulici - Specifiche - Parte 1: Miscele legate con cemento per fondi e sottofondi stradali*").

Contenuto minimo di cemento (in peso) = 3%;

Classe di resistenza = C5/6 (come da tab.2 di UNI EN 14227- 1:2004)

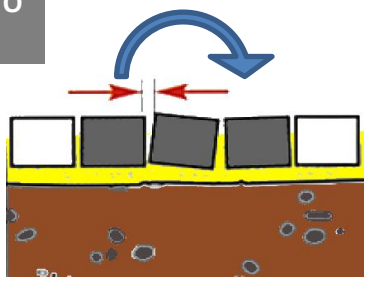
Permeabilità > 20.000mm/ora.

10 - Il Massello “TRAFFIC”

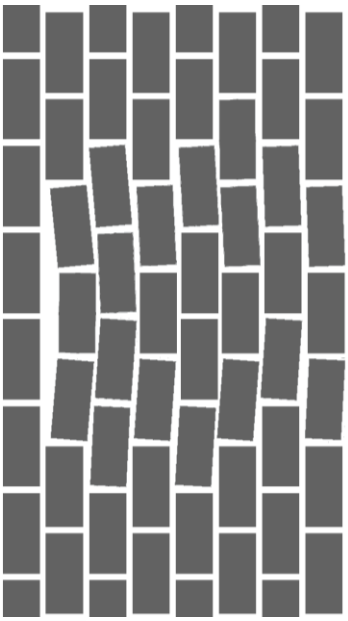
Il massello **TRAFFIC** (16x20x9cm) della ditta MOLINARO ha tutte le caratteristiche per essere considerato un pavimento DRENANTE in grado di mantenere nel tempo, se ben posato, tutte le sue caratteristiche e prestazioni:

EFFETTI DELLO SVUOTAMENTO DEI GIUNTI :

I masselli perdono la **Stabilità Rotazionale**



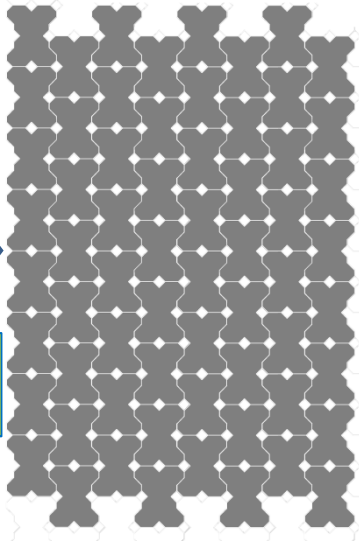
i masselli slittano sul piano (perdita della **Stabilità Orizzontale)**



Direzione del Traffico (in frenata e accelerazione)

VANTAGGI DEI “GIUNTI STABILI” :

Direzione del Traffico (in frenata e accelerazione)



il pavimento non slitta !

SPESSORE e STABILITÀ : i **9 cm** di spessore, rapportati alla ridotta larghezza dei giunti perimetrali, sono un **efficace contrasto per le possibili rotazioni dei masselli** dovute al traffico veicolare (“**stabilità rotazionale**”).

Ciò contribuisce a **mantenere in sede gli aggregati di riempimento dei fori di drenaggio** che, a loro volta, impediscono i movimenti dei masselli nel piano (“**stabilità orizzontale**”).

La maggior quantità di materiale nei giunti, rispetto ai più diffusi pavimenti da 6 cm (+ 50%), è una riserva di resistenza per le stabilità anche in caso di parziale svuotamento dei giunti (che può avvenire ad es. per : *dilavamento dovuto agli agenti atmosferici, lavaggio con getto d’acqua ad alta pressione, effetto “pumping” per ristagno d’acqua nel letto di posa, migrazione dell’aggregato verso il letto di posa per granulometrie non compatibili, manutenzione ritardata od omessa*).

GIUNTI E DURABILITÀ : i fori hanno dimensioni tali da poter essere **riempiti con materiale di grana grossa**, anche lo stesso materiale del letto di posa! Questo è, dal punto di vista dei pavimenti drenanti, un enorme vantaggio perché :

- aumenta la permeabilità;
- rallenta l’intasamento dei giunti;
- impedisce Lo svuotamento dei giunti sia per effetto “pumping” che per migrazione dei granuli verso lo strato sottostante (e ciò conferisce “**stabilità verticale**” al pavimento e **LUNGA DURATA**).

Utilizzando lo stesso “aggregato grosso” sia per il letto di posa che per il riempimento dei giunti, la pavimentazione ha maggiori GARANZIE DI **DURATA** e di **STABILITÀ** orizzontale, verticale e rotazionale

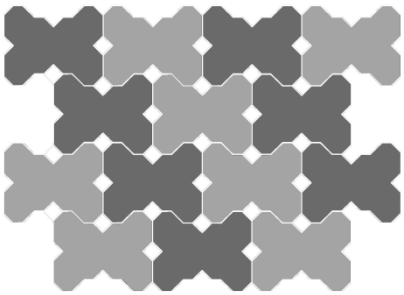
TIPOLOGIA e CONFORT : "TRAFFIC" appartiene alla tipologia dei MASSELLI CON FORI DI DRENAGGIO di piccole dimensioni (circa 2.5cm x 2.5cm) dove l'aggregato è stabile e non fuoriesce per "derapage" delle gomme dei veicoli che vi transitano. Inoltre le piccole dimensioni fanno sì che i foro quasi non si notino né alla vista né al passaggio pedonale. Quindi la superficie del pavimento è praticamente continua e il transito (anche con tacchi a spillo) sostanzialmente sicuro.

FACILITÀ di RIMOZIONE e RIPRISTINO : è semplice rimuovere i masselli quando si deve accedere ai sottoservizi. Con un cacciavite si toglie facilmente il ghiaino da fori di drenaggio e poi, con lo stesso attrezzo, o con un'apposita pinza, si estrae l'elemento la cui presa è facilitata dalle dimensioni dei fori. Il grosso vantaggio è che per questa operazione, se si usa qualche cautela, non è necessario rompere alcun elemento (come invece capita di dover fare con i masselli normali con giunti strettissimi riempiti di sabbia fine). Per cui i masselli tolti possono poi essere nuovamente posati, senza doverli sostituire con quelli eventualmente tenuti di scorta (e che probabilmente hanno un colore leggermente più intenso!).

AUTOBLOCCAGGIO e PERMEABILITÀ : la forma ad I consente anche un perfetto incastro fra gli elementi e una certa variabilità della % di superfice drenante. Gli schemi di posa possibili sono due :

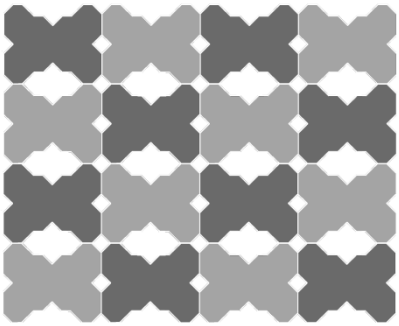
- **"a correre" :** autobloccaggio con doppio meccanismo (a "maschio-femmina e per schema di posa) e superficie drenante all'incirca del 9-10%;
- **"a sorella"** : l'autobloccaggio è garantito solo dalla graniglia presente nei fori di drenaggio che portano la superficie drenante a circa il 20-25%.

"A correre", Superficie drenante **9-10%**



Per il traffico veicolare pesante è da privilegiare assolutamente lo schema "A CORRERE" che è tra i più forti in assoluto, qualunque sia la direzione del traffico (con i più diffusi masselli di forma rettangolare, senza incastro per forma, l'orientamento dei masselli rispetto alla direzione del traffico ha una notevole influenza). **Questo schema è estremamente valido anche per la permeabilità** in quanto **rispetta la normativa Belga che prescrive almeno il 10%** di superficie drenante. Come si è visto nelle prove internazionali i pavimenti di questo tipo, posati su materiali adeguati, forniscono **adeguati margini di sicurezza anche a distanza di anni, riducendo la necessità di interventi di manutenzione periodica**.

"A sorella" Sup.drenante **20-25%**



Lo schema di posa "A SORELLA" ha un'elevata % di superficie drenante (circa il 20-25%), ma come hanno dimostrato anche le prove di laboratorio di Brescia è sufficiente una % del 5-10% per drenare efficacemente anche le piogge più intense (ad es. una pioggia di 180 mm/h per 5 minuti).

Inoltre è uno schema adatto ad un traffico leggero-occasionale perché ha un basso autobloccaggio (fornito solo dalla graniglia di riempimento) e i fori possono subire un certo svuotamento per "derapage" delle gomme dei veicoli in transito (in quanto il foro si allarga fin quasi a 7 cm). Però è uno schema di posa economico (copre la stessa superficie col 10% in meno di masselli).

11 - CONCLUSIONI

In base alle osservazioni fatte, alle normative locali Italiane, alle sperimentazioni e alle normative internazionali esaminate nei paragrafi precedenti, si può ragionevolmente concludere che il MASSELLO DRENANTE "TRAFFIC" :

1) **è conforme alle più recenti normative e indicazioni internazionali** riguardo a:

   - % minima di superficie drenante (9-10% per la posa "A CORRERE");
   - possibilità di utilizzare per il riempimento dei giunti lo stesso materiale (a grana grossa) del letto di posa;

2) **è molto permeabile, e se viene posato con i materiali corretti** (indicati nei paragrafi precedenti) :

   - è permeabile al 100% per una pioggia media della Val Padana sia "a nuovo" che dopo 10 e più anni di utilizzo (in funzione della manutenzione messa in atto). In termini più precisi si può dire :

Permeabilità per una pioggia media della Val Padana (intensità 137 mm/ora, durata 10 minuti) :	**100 %**

   - Ha prestazioni superiori ai valori tabellari normalmente riportati sulle Normative Urbanistiche Italiane e possiede un valore cautelativo del Coefficiente di Permeabilità Cp (per una pioggia media della Val Padana) superiore al 70% :

Coefficiente di Permeabilità	**Cp ≥ 70 %**

12 - Bibliografia essenziale

- Piccinni (Politecnico di Bari) : dispensa "Idrologia del "Corso di Costruzioni idrauliche" (2012).

- Boogaard F.C ed al. : "*Transnational knowledge exchange on SUDS. Case study: permeable pavement*" (2011).

- Anne Beeldens et al. : "*Water permeable pavements in Belgium – from research project to real application*" (2009).

- Specifica tecnica Belga PTV 122 (2009).

- Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw : "*Waterdoorlatende verhardingen met Betonstraatstenen"* (2008).

- CIRIA : "*The SUDS Manual. Construction Industry Research and Information Association"* (2007).

- Borgwardt, S. : "*Long-Term In-Situ Infiltration Performance of Permeable Concrete Block Pavement*" (8th International Conference on Concrete Block Paving, 2006).

- William Hunt e Eban Bean (Università North Carolina) : "*NC State University permeable pavement research and changes to the state of NC runoff credit system*" (8th International Conference on Concrete Block Paving, 2006).

13 - NOTE AL TESTO

[1] **Percentuali di infiltrazione nel terreno e di scolo nei corsi d'acqua :** sono indicative, valide immediatamente dopo una singola precipitazione, quando si può trascurare l'acqua persa per evapotraspirazione (che non scorre in superficie e non si infiltra nel terreno).

[2] **Tasso di Infiltrazione (i) del Pavimento in Opera (mm/h) :** è la velocità con cui l'acqua di una pioggia costante e di tempo infinito si infiltra attraverso il pavimento negli strati sottostanti. Lo si può chiamare anche "**Permeabilità**" (perché lo è dimensionalmente (m/s), ma di un sistema complesso, non omogeno) oppure "**Massima Intensità di Pioggia Infiltrabile**" riferendosi solo all'intensità della pioggia, che è ipotizzata di durata illimitata. Quindi non ci si pone il problema di dove poi finisca l'acqua : se il serbatoio sia infinito, se l'acqua passi nel terreno o se venga smaltita da un sistema di raccolta.

Borgwardt (2006, opera citata) definisce il "Tasso di Infiltrazione" un parametro di massa realistico e riproducibile della capacità di infiltrazione di un pavimento posato che può essere confrontato con la pioggia di progetto. Si preferisce utilizzare il termine "Tasso di Infiltrazione" per la pavimentazione e "Permeabilità" per il terreno, pur esprimendo entrambi una velocità di attraversamento da parte dell'acqua.

Il Tasso di Infiltrazione non è costante nel tempo. Il suo valore è elevato all'inizio della pioggia, poi diminuisce (man mano che l'acqua penetra) e si stabilizza dopo circa 10-20 min : il valore minimo è quello che si assume per (i). Il suo elevato valore iniziale consente al pavimento di assorbire nei primi minuti di pioggia anche scrosci di elevata intensità (mm/h). Questa variabilità si vede bene durante il test in opera per misurare il Tasso di infiltrazione ("infiltration rate"), ad esempio col metodo del doppio anello ("double ring method").

[3] **Massima Pioggia Drenabile in opera :** è la pioggia di una certa intensità (mm/h) e durata (min) che non allaga la pavimentazione. Dipende quindi dalla pioggia (intensità e durata) e dalla capacità di accumulo dell'acqua negli strati di posa.

[4] **Coefficiente di Deflusso superficiale Cd** (o di scorrimento, "runoff") : Per il singolo evento piovoso, e a breve termine, si può trascurare la % di pioggia che viene perduta per evapo-traspirazione e quindi il coeff.di Deflusso superficiale dalla pavimentazione coincide col Coeff. di Afflusso alla rete idrica di raccolta.(vedi prof. Piccinni, Politecnico di Bari : http://www.diac.poliba.it/acque/Personale/Docenti/Piccinni/Idrologia%20-%20Statistica%20Idrologica.pdf, pag 45).

[5] **Stima di Cp :** E' corretto stimare Cp = 1 – Cd perché stiamo considerando gli effetti di un singolo evento piovoso, quando è appena accaduto, sul piccolo bacino una pavimentazione. In questo caso è possibile trascurare l'acqua perduta per evapotraspirazione, per cui la pioggia o si infiltra nella pavimentazione (Cp) o scorre in superficie (Cd).

[6] La **Permeabilità (k) di un terreno/aggregato (saturo)** (m/s) è la velocità con cui l'acqua lo attraversa. In condizioni di materiale non-saturo ("unsatured", ad esempio durante piogge di bassa intensità) si può stimare Ku = K/2. È un parametro importante per il terreno e per gli aggregati degli strati di posa e di riempimento dei giunti (joint filling), che devono assorbire la pioggia di progetto (design storm).

[7] **Ricerca Belga :** La ricerca è stata condotta da Anne Beeldens del "*Belgian Road Research Center*" su un parcheggio di 1.440 mq realizzato presso i propri laboratori di Sterrebeek – Belgium. Sono stati pubblicati negli anni vari articoli. Vedi :

- "*Water permeable pavements in Belgium – from research project to real application*", (Anne Beeldens et al., 2009),

[8] **Altre ricerche nel mondo sulle granulometrie e il Tasso di Infiltrazione :** nel mondo sono state condotte ricerche su tutte le tipologie (e materiali) di pavimenti drenanti : masselli a giunti allargati, masselli con fori di drenaggio, masselli in calcestruzzo poroso, grigliati in calcestruzzo e grigliati in plastica erbosi o riempiti con aggregati, calcestruzzo poroso, asfalto poroso. Per i MASSELLI A GIUNTI ALLARGATI o CON FORI DI DRENAGGIO quando i materiali di posa sono "incerti" i risultati sono variabili, ma quando i materiali di posa sono "buoni" i risultati sono ottimi. Ad esempio :

- Belgio - Anne Beeldens, 2009 (o.citata): ha monitorato un parcheggio di 50.000 mq (auto-concessionaria a Kortenberg, Brussels, 4.000 posti auto) pulito con regolarità, stratigrafia "C". Tasso di Infiltrazione dopo 5 anni : 986 mm/h.
- USA - E.Bean e W.Hunt, 2006 ( ) : hanno testato 9 siti senza accumulo di sedimenti. Tasso medio di Infiltrazione: 23.000 mm/h (da 1000 a 40.000 mm/h).

[9] **Dispersione dei dati del Tasso di Infiltrazione :** è vero che dalla letteratura mondiale sull'applicazione del metodo del doppio anello ai pavimenti drenanti (nuovi o vecchi) si nota una forte dispersione dei valori (da 6 a 10.000 mm/h), ma è anche vero che spesso non si conoscono esattamente le singole situazioni (stratigrafia, condizioni al contorno, modalità d'uso, regolarità della manutenzione, tecnica dell'operatore). Quando l'esecuzione è incerta, l'ambiente difficile, la manutenzione scarsa, allora i dati sono dispersi.

Le situazioni controllate da un unico soggetto (come l'esperienza Belga del BRRC o quella dell'Università del North Carolina) hanno dati più omogenei e attendibili. Sulla dispersione dei valori vedi :

- "*Transnational knowledge exchange on SUDS. Case study: permeable pavement*" (Boogaard F.C ed al.).

[10] **Ricerca USA :** "NC State University permeable pavement research and changes to the state of NC runoff credit system" (William Hunt e Eban Bean, Università North Carolina, 8th International Conference on Concrete Block Paving, 2006).

[11] **Ricerca Tedesca :** Borgwardt ha monitorato per 10 anni vari pavimenti sui parametri che influenzano il Tasso di Infiltrazione. Vedi :

- "*Long-Term In-Situ Infiltration Performance of Permeable Concrete Block Pavement*" (Borgwardt, S., 8th International Conference on Concrete Block Paving, 2006).

[12] **Foratura dei MASSELLI DRENANTI :** il minimo del 10% è indicato dalla specifica tecnica Belga PTV 122 del 2009, che è il documento di applicazione delle norme EN 1338 e EN 1339 sui masselli e lastre in calcestruzzo. Vedi anche il documento:

- "*Waterdoorlatende verhardingen met Betonstraatstenen"* (Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw, 2008),

[13] **Coefficiente di Sicurezza per il Tasso di Infiltrazione** : In Belgio (Anne Beeldens, BRRC), Regno Unito e Germania (Borgwardt) il "Tasso di infiltrazione" della pavimentazione in opera deve essere maggiore dell'intensità della "Pioggia di Progetto" con un margine di sicurezza di 2 (a 5anni, indicazioni di BRRC) oppure 10 (a 20 anni, secondo indicazioni USA e Inglesi). Per il Regno Unito vedi:

- "*The SUDS Manual. Construction Industry Research and Information Association"*, CIRIA, 2007

molinaro
PAVIMENTAZIONI PER ESTERNO

MOLINARO è Sponsor di Pavinnova®, il network per la Ricerca e l'Innovazione sui pavimenti in masselli autobloccanti

SPONSOR di
Pavinnova®
dove l'uomo cammina

© ing. Fausto Monici per Pavinnova®. Tutti i diritti riservati

Edizione 01
maggio 2013

sede aziendale della SAF AUTOSERVIZI F.V.G. Spa, UDINE

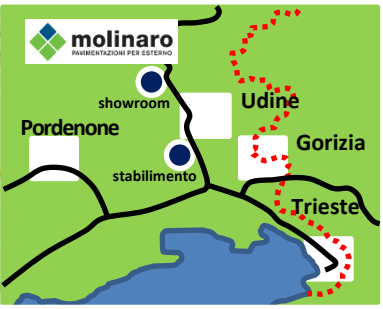
Questo documento contiene un estratto della più ampia “Guida Tecnica” sui PAVIMENTI DRENANTI (attualmente in preparazione) sostenuta dalle aziende Sponsor del Progetto Pavinnova®.

L’analisi delle prestazioni del prodotto “TRAFFIC” rispetto alle migliori conoscenze disponibili in materia, è stata interamente finanziata della ditta MOLINARO Manufatti srl, Sponsor del Progetto Pavinnova®.

Pavinnova® è un’iniziativa di Tecnici e Progettisti Indipendenti la cui “Mission” è fare Ricerca e Promuovere la Cultura Tecnica dei Pavimenti Autobloccanti.

molinaro
PAVIMENTAZIONI PER ESTERNO

Molinaro Manufatti srl - Stabilimento Produttivo: Via Ferraria, 3 - 33050 Pozzuolo del Friuli (UD)
Commerciale e Showroom : Via dei Ponti, 19, Cimano - 33038 San Daniele del Friuli (UD)
Tel.: +39 0432-95.75.34 – Fax : +39 0432 95.70.21
info@molinaro.it www.molinaro.it



Aziende aderenti al progetto Pavinnova:

MICHELETTO®

molinaro PAVIMENTAZIONI PER ESTERNO

PAVESMAC Pavimentazioni esterne e murature

SENINI CEMENTIBLOK

la betoncolor

Alliance AllianceGator.com