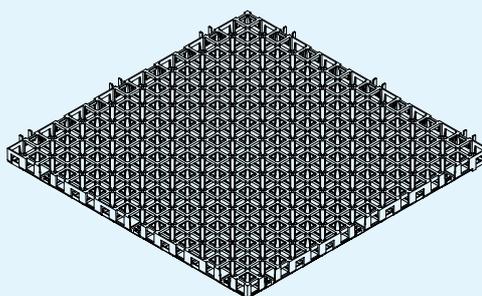
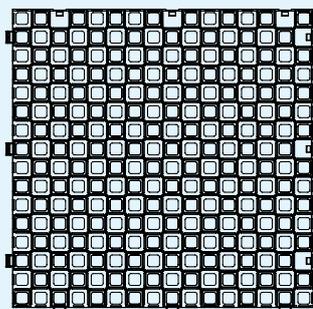


MANUALE TECNICO GEOCELL

SISTEMA DI DRENAGGIO AD ELEVATA CAPACITÀ DI DEFLUSSO ORIZZONTALE



INDICE

MANUALE TECNICO GEOCELL

INTRODUZIONE

1.	Informazioni generali	pag. 06
1.1	Descrizione e funzionalità	pag. 06
1.2	Materiale e processo di fabbricazione	pag. 06
1.3	Trasporto e stoccaggio	pag. 06

DATI TECNICI

2.	Geocell	pag. 08
2.1	Ambiti di applicazione	pag. 08
2.2	Componenti del sistema	pag. 08
2.2.1	Cordolo perimetrale	pag. 08
2.2.2	Pavimentazione autobloccante.....	pag. 08
2.2.3	Sabbia di allettamento e di sigillatura.....	pag. 08
2.2.4	Geotessuto	pag. 09
2.2.5	Griglia Geocell	pag. 09
2.2.6	Misto granulare non legato per strato di fondazione e strato di base	pag. 10
3.	Valutazioni preliminari alla posa.....	pag. 11
3.1	Caratteristiche e classificazione dei terreni	pag. 11
3.2	Analisi del sottofondo.....	pag. 14
3.3	Classi di traffico	pag. 15
3.4	Scelta dei masselli autobloccanti	pag. 16
4.	Posa del sistema	pag. 17
4.1	Stratigrafia di riferimento.....	pag. 17
4.2	Posa in opera	pag. 18
4.2.1	Scavi e demolizioni	pag. 18
4.2.2	Posa dei cordoli di contenimento laterale	pag. 18
4.2.3	Posa del geotessuto PEIT 200 g/m ²	pag. 18
4.2.4	Posa del misto granulare non legato per lo strato di fondazione e per lo strato di base	pag. 19
4.2.5	Posa del geotessuto PPST 300 g/m ²	pag. 19
4.2.6	Posa della griglia Geocell.....	pag. 19
4.2.7	Posa del geotessuto PPST 300 g/m ²	pag. 21
4.2.8	Stesura sabbia di allettamento e posa dei masselli autobloccanti.....	pag. 21
4.3	Opere di completamento	pag. 22
4.3.1	Raccolta di acque meteoriche.....	pag. 22
4.4	Piano di manutenzione e verifiche di campo	pag. 23
5.	Analisi comparativa	pag. 24
5.1	Premessa	pag. 24

5.2	Comparazione sistema Geocell con pacchetti tradizionali	pag. 25
5.2.1	Drenaggio delle acque meteoriche.....	pag. 25
5.2.2	Riduzione degli scavi	pag. 26

APPENDICI

Appendice A.....	pag. 28
-------------------------	----------------



INTRODUZIONE

1. INFORMAZIONI GENERALI

1.1 DESCRIZIONE E FUNZIONALITÀ

La permeabilità iniziale di una pavimentazione nel tempo è destinata a ridursi per effetto di molteplici cause, quali:

- intasamento delle porosità dei materiali filtranti dovuta allo sporco e a detriti;
- proliferazione vegetale favorita dall'accumulo di materiale come limo o argilla nei giunti della pavimentazione;
- compattazione degli strati dovuta ai carichi che nel tempo insistono sulla pavimentazione.

Il manifestarsi di eventi meteorici, talvolta di forte intensità, e la presenza di fondi scarsamente permeabili, determinano la progressiva saturazione dello strato drenante; tutto questo crea 2 ordini di problemi:

- lo scorrimento dell'acqua in superficie, dal momento che il pacchetto non è più in grado di drenare;
- la sottospinta idraulica della pavimentazione, con conseguente sollevamento della stessa.

Geocell è una griglia progettata per consentire il rapido deflusso bidirezionale, in senso sia verticale che orizzontale, delle acque meteoriche al di sotto di pavimentazioni autobloccanti.

Geocell risolve i problemi tipicamente connessi all'utilizzo di autobloccanti posati su basi scarsamente permeabili, dal momento che, garantendo un efficace e rapido drenaggio, previene la saturazione della sabbia di allettamento, condizione che causa il degrado della pavimentazione e il suo sollevamento, specie se sottoposta al traffico veicolare.

Il sistema consente di migliorare notevolmente la capacità di deflusso delle acque, accorciandone drasticamente il tempo di smaltimento e riducendo allo stesso tempo lo spessore del pacchetto drenante rispetto ai sistemi tradizionali.

1.2 MATERIALE E PROCESSO DI FABBRICAZIONE

Geoplast Spa è un'azienda con certificazione di qualità UNI EN ISO 9001:2000.

La griglia Geocell viene realizzata mediante stampaggio per iniezione presso lo stabilimento di Geoplast Spa con sede a Grantorto (PD), Italia.

Il materiale utilizzato è polipropilene (PP) rigenerato al 100%. Le caratteristiche del materiale sono riportate nella tabella che segue:

Caratteristica	Metodo	U.D.M.	Valore
MFI (230°C / 2,16 kg)	ASTM-D-1238	g/10'	5±1
Resistenza Izod	ASTM-D-256	J/m	70-90
Modulo elastico a flessione	ASTM-D-790	MPa	1.200-1.300
Temperatura ramollimento Vicat B/50N	ASTM-D-1525	°C	70-80
Densità	ASTM-D-792	g/cm ³	0,89-0,92

1.3 TRASPORTO E STOCCAGGIO

La griglia Geocell viene stoccata e trasportata in bancali; le caratteristiche degli imballaggi sono le seguenti:

	Dimensioni del bancale (cm)	N. elementi per bancale (cm)	Superficie per bancale (m ²)
GRIGLIA GEOCELL	120 x 120 x H240	300	100

Per lo scarico e la movimentazione dei bancali si possono usare mezzi meccanici con forche o gru dotate di fasce di sollevamento.

Per un corretto stoccaggio si consiglia di scegliere una superficie stabile e il più possibile regolare; il prodotto deve rimanere al riparo da eventuale contatto con carburanti, lubrificanti, agenti chimici o acidi.

IMPORTANTE: Prima dell'installazione verificare che gli elementi non siano danneggiati o difettosi. Evitare la posa qualora si dovessero rilevare danni o difetti negli elementi.



DATI TECNICI

2. GEOCELL

2.1 AMBITI DI APPLICAZIONE

Il principale ambito di applicazione del sistema è la creazione di un drenaggio bidirezionale sotto aree pavimentate con masselli autobloccanti, specialmente nelle situazioni in cui il terreno risulti dotato di una bassa capacità di deflusso.

2.2 COMPONENTI DEL SISTEMA



Figura 1 - componenti del sistema Geocell

- (A) MASSELLO AUTOBLOCCANTE
- (B) SABBIA DI ALLETTAMENTO
- (C) (E) (H) GEOTESSUTO
- (D) GEOCELL
- (F) MISTO GRANULARE PER STRATO DI BASE
- (G) MISTO GRANULARE PER STRATO DI FONDAZIONE

L'altezza dei diversi strati che compongono il sistema varia in funzione dei carichi a cui l'area dovrà essere sottoposta e delle caratteristiche di tenuta strutturale del terreno (si veda il cap. 3.2 - Analisi del sottofondo).

A titolo indicativo una stratigrafia di complessivi 80 cm è in grado di tollerare senza difficoltà il transito di traffico pesante. A questo proposito si veda più avanti la tabella 15 a pag. 17.

Consigliamo di rivolgersi all'Ufficio Tecnico di Geoplast che è in grado di calcolare l'altezza dei diversi strati del pacchetto in funzione della destinazione d'uso dell'area.

2.2.1 CORDOLO PERIMETRALE

Formato da elementi in calcestruzzo gettati, vibrati o in pietra con altezza adatta per il contenimento laterale dei masselli prescelti per la realizzazione dell'area.

2.2.2 PAVIMENTAZIONE AUTOBLOCCANTE

Pavimentazione autobloccante da esterno, composta da masselli in calcestruzzo vibro-compresso, di altezza variabile in base alla destinazione d'uso dell'area (si veda tabella 14 a pag. 16), in doppio strato con usura avente uno spessore minimo di 4 mm, costituito da una miscela di aggregati di quarzo selezionato per conferire ottimali prestazioni della superficie di sosta e transito, avente le caratteristiche fisico-meccaniche previste della norma UNI EN 1338 per marcatura CE.

2.2.3 SABBIA DI ALLETTAMENTO E DI SIGILLATURA

Sabbia di origine alluvionale o proveniente dalla frantumazione di rocce ad elevata resistenza meccanica e non alterabili, di granulometria compresa nel fuso indicato alla seguente tabella 1. Devono essere sempre evitati come materiali di allettamento i granulati ottenuti dalla macinazione di rocce calcaree o comunque tenere.

Diametro del vaglio (mm)	Percentuale passante in massa (%)
10	100
6	90-100
3	75-100
1	55-90
0,5	35-70
0,25	8-35
0,125	0-10
0,075	0-3

Tabella 1 - fuso granulometrico per sabbia di allettamento

Come sigillatura dei giunti deve essere utilizzata sabbia di origine naturale di particolare granulometria, come da indicazioni contenute in tabella 2. L'utilizzo di sabbie provenienti da macinazione è da evitare.

Diametro del vaglio (mm)	Percentuale passante in massa (%)
3	100
2	95-100
1	75-100
0,5	35-95
0,5	5-35
0,25	8-35
0,125	0-10
0,075	0-3

Tabella 2 - fuso granulometrico per la sabbia di sigillatura

2.2.4 GEOTESSUTO

Geotessuto non tessuto a filamenti continui (spunbonded), agugliati meccanicamente, in polipropilene 100% stabilizzato ai raggi UV, avente le seguenti caratteristiche:

- resistenza a trazione MD e CD > 20,0 kN/m (EN ISO 10319);
- allungamento a rottura MD e CD 100% (EN ISO 10319);
- resistenza al punzonamento-test CBR > 2.900 N (EN ISO 12236);
- test a caduta-diametro foro 19 mm (EN ISO 13433);
- permeabilità verticale h=50 mm > 80 (l/m²)* sec. (EN ISO 11258);
- eventuali sovrapposizioni dei teli, per almeno 30 cm.

2.2.5 GRIGLIA GEOCELL

Le caratteristiche tecniche della griglia Geocell sono riportate in tabella e nei disegni dimensionali (figura 2). Il prodotto si presenta di colore nero, con superficie liscia e priva di incisioni, bolle d'aria o inclusioni.

Lunghezza	cm	58
Larghezza	cm	58
Altezza	cm	3
Volume vuoti	%	91
Area vuoti superficie	%	64
Capacità di accumulo	l/m ²	27,6
Portata di drenaggio	l/sec/m ²	4
Peso	kg	0,97
Carico a rottura	t/m ²	95
Colore	-	Nero
Materiale	-	PP

Tabella 3 - dati tecnici griglia Geocell

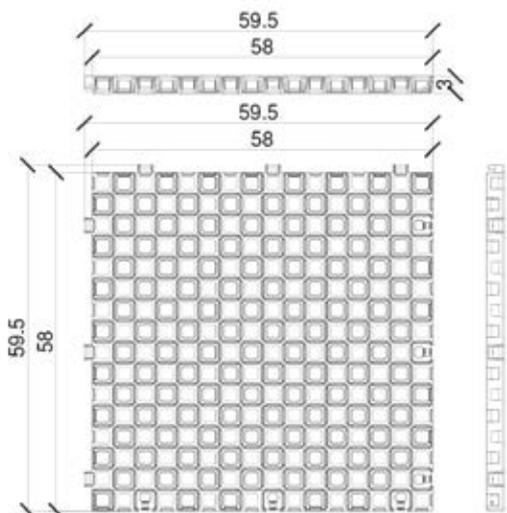
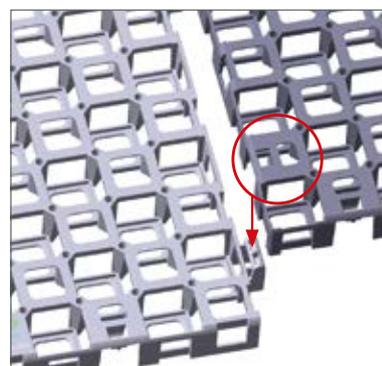


Figura 2 - disegno dimensionale griglia Geocell

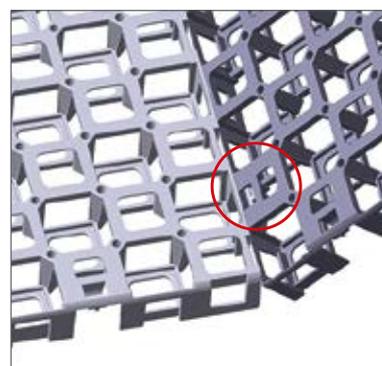
Le griglie vengono agganciate tra loro mediante sovrapposizione e incastro. Il verso di posa consigliato è da destra verso sinistra e dall'alto verso il basso (vedi pag. 20).

Le griglie devono essere orientate tutte nello stesso modo, ovvero con le 2 file di agganci "maschi" disposte lungo il lato inferiore e il lato sinistro.

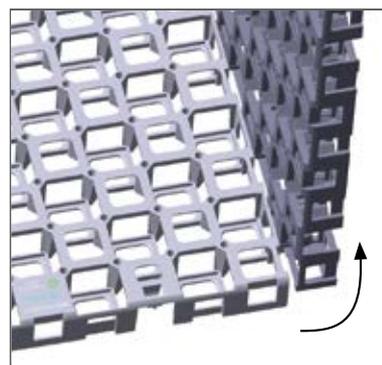
SEQUENZA DI AGGANCIO



Sovrapposizione



Aggancio



Possibile rotazione fino a 90°

Figura 3 - sequenza di aggancio griglia Geocell

2.2.6 MISTO GRANULARE NON LEGATO PER STRATO DI FONDAZIONE E STRATO DI BASE

Misto granulare costituito da una miscela di aggregati lapidei di primo impiego (non riciclati) avente la composizione granulometrica corretta (stabilizzato) compresa nel fuso di riferimento indicato in tabella 4.

Si noti che il fuso granulometrico è diverso per utilizzo come strato di fondazione o utilizzo come strato di base.

Serie setacci e crivelli UNI (mm)	Passante % per strato di fondazione	Passante % per strato di base
70	100	-
30	70-100	100
15	-	70-100
10	30-70	50-85
5	23-55	35-65
2	15-40	25-50
0,4	8-25	15-35
0,075	2-15	5-15

Tabella 4 - requisiti granulometrici per misti granulari nello strato di fondazione e nello strato di base

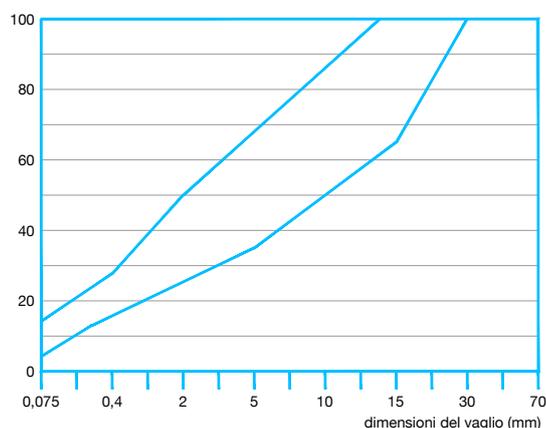
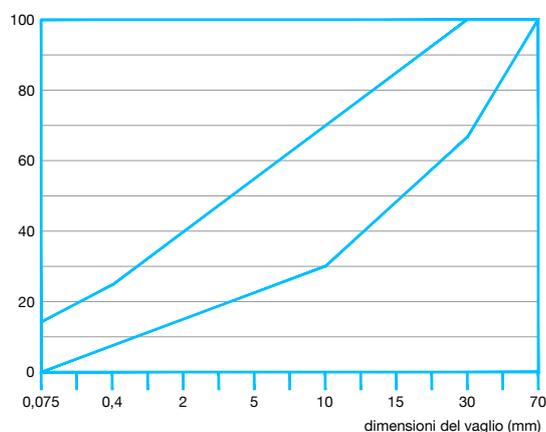


Figura 4 - fusi granulometrici rispettivamente per strato di fondazione e strato di base

Il misto granulare > 5 mm è detto aggregato grosso, deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce di cava massive o di origine alluvionale, o da elementi naturali a spigoli vivi o arrotondati. Possono essere di provenienza o natura petrografica anche diversa purchè per ogni tipologia risultino soddisfatti i requisiti della tabella seguente.

Indicatori di qualità			Strato di pavimentazione	
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Fondazione	Base
Los Angeles	UNI EN 1097 - 2	%	≤ 40	≤ 30
Micro Deval umida	UNI EN 1097 - 2	%	-	≤ 25
Quantità di frantumato	-	%	-	≥ 60
Dimensione massima	UNI EN 933 - 1	mm	63	63
Sensibilità al gelo	CNR 80/80	%	≤ 30	≤ 20

Tabella 5 - requisiti per l'aggregato grosso nei misti granulari

Il misto granulare < 5 mm è detto aggregato fine, deve essere costituito da elementi naturali o di frantumazione che posseggano le caratteristiche di cui alla tabella seguente.

Indicatori di qualità			Strato di pavimentazione	
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Fondazione	Base
Equivalente in sabbia (ES)	UNI EN 933 - 1	%	≥ 40	≥ 50
Indice di plasticità	UNI CEN ISO TS 17892 -12	%	≤ 6	non plastico
Limite liquido		%	≤ 35	≥ 25
Passante al 0,075 mm	UNI EN 933 - 1	%	≤ 6	≤ 6

Tabella 6 - requisiti per l'aggregato fine nei misti granulari

I diversi componenti, ed in particolare le sabbie, devono risultare del tutto privi di materie organiche, solubili, alterabili e/o friabili.

3. VALUTAZIONI PRELIMINARI ALLA POSA

3.1 CARATTERISTICHE E CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI

La classificazione dei terreni è un'analisi preliminare mirata a verificare se i materiali risultanti dagli scavi possono essere utilizzati per la realizzazione della stratigrafia così come prelevati senza nessuna particolare precauzione o se invece necessitano di adeguate verifiche.

L'utilità di classificare i terreni risulta evidente sia in fase di progetto che durante la costruzione dell'opera: durante la progettazione consente di valutare

rapidamente gli oneri connessi con l'utilizzo dei terreni in loco, e quindi di pervenire alla definizione dei costi delle diverse soluzioni ipotizzate: durante la costruzione permette di stabilire con semplicità e rapidità le tecniche più idonee da porre in atto per l'utilizzo dei materiali risultanti dagli scavi.

Per classificare i terreni dal punto di vista granulometrico si fa riferimento alla norma UNI EN ISO 14688-1, una cui sintesi è riportata nella tabella sottostante.

Classe	Sottoclasse	Simbolo	Dimensioni granuli (mm)
Terreni a grana molto grossa	Grande masso	Lbo	> 630
	Masso	Bo	200 ÷ 630
	Ciottolo	Co	63 ÷ 200
Terreni a grana grossa	Ghiaia	Gr	2 ÷ 63
	Ghiaia grossa	CGr	20 ÷ 63
	Ghiaia media	MGr	6,3 ÷ 20
	Ghiaia fine	FGr	2 ÷ 63
	Sabbia	Sa	0,063 ÷ 2
	Sabbia grossa	Csa	0,63 ÷ 2
	Sabbia media	Msa	0,2 ÷ 0,63
	Sabbia fine	Fsa	0,063 ÷ 0,2
	Terreni a grana fine	Limo	Si
Limo grosso		Csi	0,02 ÷ 0,063
Limo medio		MSi	0,006 ÷ 0,002
Limo fine		Fsi	0,002 ÷ 0,006
Argilla		Cl	≤0,002

Tabella 7 - classificazione dei terreni UNI EN ISO 14688-1

Quando il terreno contiene una certa percentuale di parti fini la semplice classificazione granulometrica non è più sufficiente per decidere circa il suo utilizzo e risulta quindi necessario prendere in esame anche la suscettibilità all'acqua, misurata individuando il limite liquido ed il limite plastico sulla frazione granulometrica passante al setaccio da 0,4 mm, e l'eventuale contenuto di sostanze organiche.

La classificazione americana elaborata dall' HRB (Highway Research Board), oltre all'aspetto della granulometria, prende in considerazione altri parametri, tra cui la permeabilità, e propone una suddivisione di terreni in 8 gruppi, individuati con gli indici da A1 ad A8, in base alla granulometria e alla sensibilità all'acqua (tabella 8):

Gruppo	Sottogruppo	Frazione passante al setaccio (mm)			LL	IP	IG
		2	0,4	0,075	Limite liquido	Indice di plasticità	Indice di gruppo
A1	A1-a	≤50	≤30	≤15	-	<6	0
	A1-b		≤50	≤25			
A3			>50	≤10	-	-	0
A2	A2-4	-	-	≤35	≤40	≤10	0
	A2-5				≤40	≤10	
	A2-6				≤40	>10	≤4
	A2-7				≤40	>10	
A4	-	-	-	>35	≤40	≤10	≤8
A5	-	-	-	>35	>40	≤10	≤12
A6	-	-	-	>35	>40	≤10	≤16
A7	A7-5	-	-	>35	>40	>10	≤20
					IP≤LL-30		
	A7-6				>40	>10	
					IP≤LL-30		
A8	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 8: classificazione dei terreni dell'HRB

LL Limite di liquidità	IP Indice di plasticità	IG Indice di gruppo
Indica il passaggio dallo stato plastico a quello liquido. È il valore del contenuto d'acqua per il quale un solco eseguito con un utensile di dimensioni normalizzate su un campione contenuto nella coppa dell'apparecchio di Casagrande si richiude per la lunghezza di 13 mm dopo 25 cadute della coppa dall'altezza di 1 cm.	Indica il campo di variazione del contenuto d'acqua all'interno del quale il terreno ha un comportamento plastico cioè può essere deformato o rimaneggiato senza cambio di volume e senza fessurarsi. Il valore di IP dipende, in un dato campione dalla percentuale di argilla dal tipo di argilla e dalla natura dei cationi assorbiti.	È un indice sintetico di qualità della terra: quanto più esso è elevato, tanto più la qualità della terra è lontana dall'ottimo.

Per ciascun gruppo sono infine (tabella 9) indicati i tipi più comuni di materiali che lo costituiscono e le loro proprietà significative ai fini dell'utilizzo nei rilevati o quale sottofondo.

Gruppo	Sottogruppo	Materiali caratteristici del Gruppo	Caratteristiche come sottofondo	Azione del gelo	Ritiro e rigonfiamento	Permeabilità	Classificazione generale
A1	A1-a	Ghiaia o ciotolo, ghiaia o ciotolo sabbiosi, sabbia grassa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane	Da eccellente a buono	Nessuna o lieve	Nullo	Elevata	Terre ghiaio-sabbiose
	A1-b						
A3	Sabbia fine		Da mediocre a scadente	Media	Nulla o lieve	Media o scarsa	Terre limo-argillose
A2	A2-4	Ghiaia o sabbia limosa o argillosa					
	A2-5						
	A2-6						
	A2-7						
A4	-	Limi poco compressibili	Da mediocre a scadente	Molto elevata	Lieve o medio	Terre limo-argillose	
A5	-	Limi fortemente compressibili					
A6	-	Argille poco compressibili		Elevata	Elevato		Scarsa o nulla
A7	A7-5	Argille fortemente compressibili mediamente plastiche					
	A7-6	Argille fortemente compressibili fortemente plastiche	Media		Molto elevato		
A8	-	Torbe, detriti organici di origine palustre	Inadatto	-	-	-	Torbe

Tabella 9: classificazione dei terreni dell'HRB

3.2 ANALISI DEL SOTTOFONDO

Prima della realizzazione del pacchetto stratigrafico è necessario verificare:

- la stratigrafia esistente tramite un carotaggio sul terreno con profondità consigliata di 1 m (un esempio si vede più sotto alla figura 5);
- la capacità portante del sottofondo, attraverso una delle seguenti prove:
 1. prova CBR in laboratorio;
 2. prove di carico con piastra;
- la velocità di infiltrazione dell'acqua nel terreno.

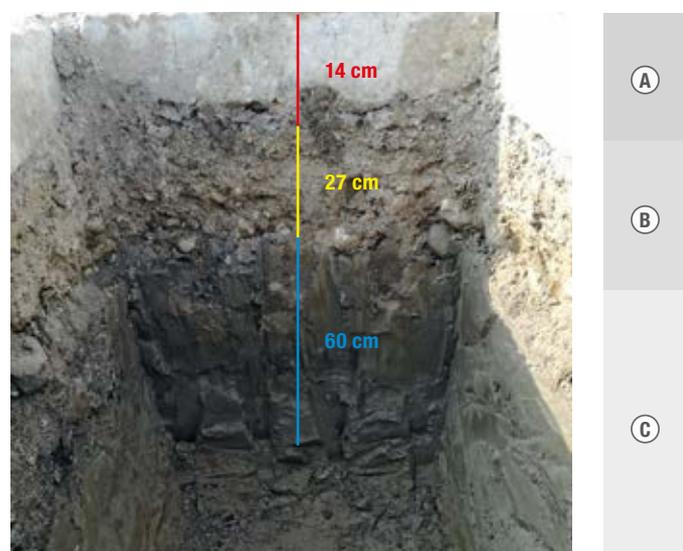


Figura 5: esempio di carotaggio – profondità 1 m

In questo modo si avrà il quadro completo relativamente alla composizione geologica del terreno e alle sue caratteristiche di tenuta strutturale e di permeabilità. Queste analisi risultano essere un parametro fondamentale per valutare e prevenire il rischio di eventuali ristagni d'acqua dovuti alle precipitazioni.

Grazie a queste indagini preliminari sarà quindi possibile ricavare i seguenti parametri utili per la progettazione stratigrafica dell'area oggetto dell'intervento:

Md= Modulo di deformazione su piastra (intervallo di carico 0,05-1,5 N/mm ²)	N/m ²
Indice CBR	/
K=coefficiente di permeabilità verticale del terreno	m/s

Tabella 10: parametri per valutazione sottofondo

In base ai risultati emersi dalla prova CBR o da quella di carico con piastra, tramite la tabella 11 è possibile individuare le caratteristiche geotecniche del terreno, attribuendogli una classe di portanza.

- Ⓐ CALCESTRUZZO ORDINARIO NON ARMATO SPESSORE MEDIO 14 CM
- Ⓑ MISTO NATURALE DI SABBIA E GHIAIA SPESSORE MEDIO 27 CM
- Ⓒ TERRENO LIMO-ARGILLOSO SPESSORE 60 CM FINO ALLA PROFONDITA' DELLO SCAVO

Classe di traffico	Esame visivo del comportamento sotto carico (asse da 13 f)	Caratteristiche geotecniche		Esempi di tipologie di terreno
		Modulo di deformazione N/mm ²	Indice CBR	
0	Circolazione impossibile: terreno non adatto, sottofondo molto deformabile	$M_d \leq 15$	$CBR \leq 3$	Argille fine sature, torbe, terre a bassa densità secca, terre contenenti materiali organici e simili
1	Formazione di armaie dietro l'asse di prova: sottofondo deformabile	$15 < M_d \leq 30$	$3 < CBR \leq 6$	Limiti plastici, argillosi e argilloplastici, materiali alluvionati grossi molto sensibili all'acqua
2	Nessuna armaia dietro l'asse di prova: deformabile	$30 < M_d \leq 50$	$6 < CBR \leq 10$	Sabbie alluvionali argillose o fini limosi, ghiaie argillose o limose, suoli marnosi contenenti meno del 35% di parti fini
3	Nessuna armaia dietro l'asse di prova: poco deformabile	$50 < M_d \leq 120$	$10 < CBR \leq 20$	Sabbie alluvionali naturali con parti fini < 5%, ghiaie argillose o limosi con parti fini < 12%
4	Nessuna armaia dietro l'asse di prova: molto poco deformabile	$120 < M_d \leq 250$	$20 < CBR \leq 50$	Materiali non sensibili all'acqua, sabbie e ghiaie naturali, materiali rocciosi sani, vecchie carreggiate stradali
5	Nessuna armaia dietro l'asse di prova: per niente deformabile	$M_d > 250$	$CBR > 50$	

Tabella 11: classificazione della portanza del sottofondo

3.3 CLASSI DI TRAFFICO

Definita la classe di portanza del terreno, al fine di individuare la corretta stratigrafia è indispensabile determinare i carichi che andranno ad agire sulla pavimentazione autobloccante. Nella tabella 12 sono indicati alcuni valori di riferimento di tali carichi in funzione delle più frequenti destinazioni d'uso previste per la pavimentazione.

Tipo di traffico	Carico massimo KN	Pressione massima N/m ²	Pressione media N/m ²
Solo pedonale (folla compatta)	1	0,01	0,004
Solo autovetture	5	0,20	0,005
Automezzi ≤ 3,5 t	10	0,30	0,008
Autocarri e autotreni >3,5 t	60	1,00	0,025
Piazzali di stoccaggio containers	150	2,50	0,050

Tabella 12: tipologia di carico e corrispondenti pressioni sulla pavimentazione

Per una corretta progettazione della stratigrafia per la posa di una pavimentazione autobloccante occorre anche determinare:

- la massima sollecitazione causata dal carico più gravoso tra quelli che utilizzeranno la sovrastruttura;
- il danno cumulato causato dal ripetersi delle sollecitazioni indotte da tutti i carichi per asse che transitano sulla sovrastruttura e quindi la durata a fatica della pavimentazione.

Per individuare la corretta classe di traffico in funzione del dimensionamento strutturale della pavimentazione è opportuno rifarsi alla classificazione semplificata, derivata dalla proposta del SETRA-LCPC, basata su fattori facilmente individuabili (tabella 13).

Classe di traffico	Traffico massimo per giorno			Descrizione
	N. di mezzi pesanti con carico utile >5	N. di veicoli di peso complessivo >3,5	N. totale di veicoli senza definizione di carico	
 1	-	-	-	spazi esclusivamente pedonali; parchi, piscine, marciapiedi; piste ciclabili
2A	-	2	50	aree cortilive; strade di accesso a lottizzazioni con meno di 10 alloggi, spazi urbani pedonali con accesso veicoli di servizio; parcheggi residenziali, parchi, piscine, marciapiedi; piste ciclabili
 2B	-	10	200	strade di accesso a lottizzazioni da 10 a 300 alloggi; strade urbane pedonali con accesso veicoli di servizio e per le consegne; parcheggi pubblici, commerciali
3A	25	30	500	strade urbane o simili soggette ad un traffico massimo di 500 veicoli al giorno e per senso di circolazione, senza distinzione di carico
3B	50	60	700	strade urbane o simili soggette ad un traffico massimo di 700 veicoli al giorno e per senso di circolazione, senza distinzione di carico; parcheggi aree di manovra lenta di mezzi pesanti (fino a 60 veicoli / giorno di peso complessivo >3,5 t)
 3C	100	125	1000	strade urbane o simili soggette ad un traffico massimo di 1000 veicoli al giorno e per senso di circolazione, senza distinzione di carico; parcheggi aree di manovra lenta di mezzi pesanti (fino a 125 veicoli / giorno di peso complessivo >3,5 t)
 4	>100	>125	>1000	strade urbane o simili soggette ad un traffico massimo di oltre 1000 veicoli al giorno e per senso di circolazione, senza distinzione di carico; parcheggi aree di manovra lenta di mezzi pesanti (fino a 125 veicoli / giorno di peso complessivo >3,5 t)

Tabella 13: classificazione del traffico

3.4 SCELTA DEI MASSELLI AUTOBLOCCANTI

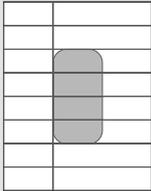
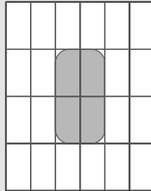
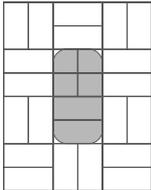
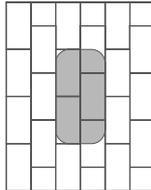
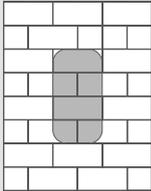
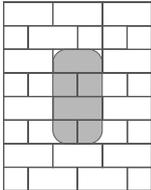
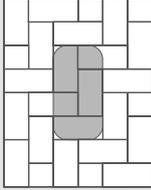
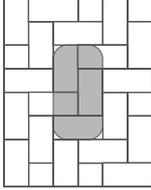
Classe di traffico	Spessore minimo del massello (cm)	Prescrizioni per lo schema di posa dell'opera		
1	4,5			nessuna
2 A	6			nessuna
2 B	6			senza linee continue dei giunti nel senso principale di circolazione
3 A	8			senza linee continue dei giunti nel senso principale di circolazione
3 B-C	8			senza linee continue dei giunti nel senso principale di circolazione
4	10			a lisca di pesce o sistema equivalente

Tabella 14: scelta dello spessore del massello e dello schema di posa in opera

Sulla base delle classi di traffico riportate nella tabella 13 è ora possibile identificare gli spessori corretti dei masselli autobloccanti (in cm) e le prescrizioni per lo schema di posa facendo riferimento alla tabella soprastante.

4. POSA DEL SISTEMA

4.1 STRATIGRAFIA DI RIFERIMENTO

A seconda della classe di portanza del terreno e della classe di traffico a cui sarà soggetta l'area oggetto di intervento si possono identificare le stratigrafie consigliate e la dimensione dei masselli autobloccanti.

Classe di portanza (da tab. 11)	Classe di traffico (da tab. 13)						
	1	2A	2B	3A	3B	3C	4
5	Strati di fondazione e base non necessari						
4	Strati di fondazione e base non necessari						Non prevista per la destinazione d'uso
3	Strati di fondazione e base non necessari						Non prevista per la destinazione d'uso
2							Non prevista per la destinazione d'uso

Tabella 15: stratigrafia di riferimento (i numeri indicano lo spessore in cm degli strati)



Quando la natura e lo stato dei terreni non consentono di raggiungere con il solo costipamento i valori di portanza richiesti (valore minimo 2) si devono prevedere in alternativa:

- un trattamento di stabilizzazione del terreno;
- un approfondimento dello scavo per la sostituzione di un opportuno spessore del materiale esistente con idonei materiali di apporto.

4.2 POSA IN OPERA

4.2.1 SCAVI E DEMOLIZIONI

Taglio della pavimentazione (ove esistente) e scavo del terreno sottostante fino alla profondità prevista dalle sezioni di progetto sopra descritte, con allontanamento a discarica dei materiali di risulta.



Figura 6: scavo dell'area

4.2.2 POSA DEI CORDOLI DI CONTENIMENTO LATERALE

Le pavimentazioni autobloccanti hanno bisogno di essere confinate lateralmente per opporsi agli sforzi orizzontali dovuti al transito di mezzi. È necessario quindi prevedere dei cordoli in calcestruzzo o in pietra, opportunamente dimensionati, per contenere la pavimentazione.

La posa in opera dei cordoli deve avvenire prima della posa in opera della pavimentazione. I cordoli vanno posti in opera su un fondo di allettamento in calcestruzzo al livello previsto dal progetto e vanno adeguatamente rinfiancati.

In considerazione delle successive fasi di lavorazione vanno osservate le seguenti prescrizioni:

- il calcestruzzo di allettamento e/o rinfianco non deve ostacolare la successiva posa in opera degli elementi terminali della pavimentazione (si veda figura seguente);
- lo spazio tra singoli cordoli contigui deve essere minimo, comunque tale da non permettere una eventuale perdita di sabbia di allettamento: in caso di eccessiva apertura, la stessa dovrà essere opportunamente sigillata con malta cementizia oppure protetta da un risvolto realizzato con geotessuto permeabile.

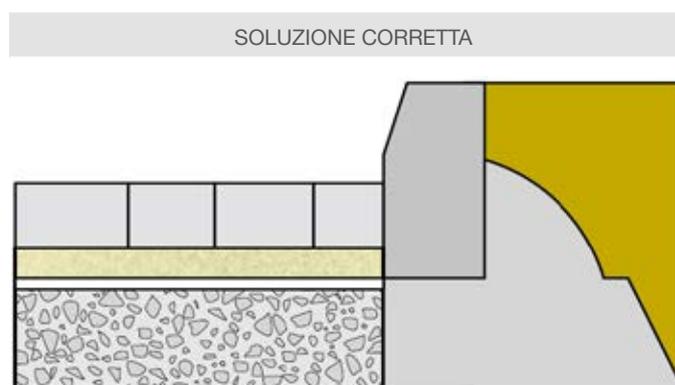
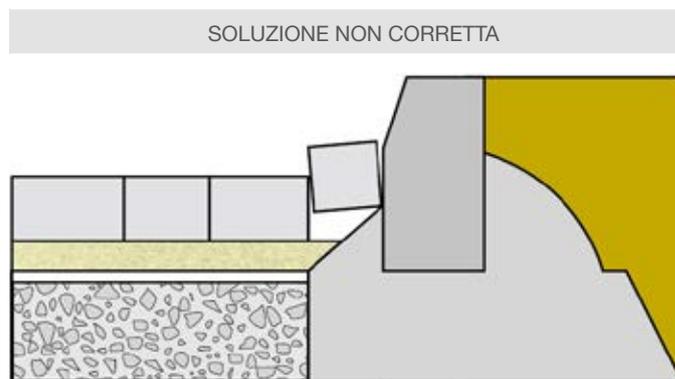


Figura 7: posa dei cordoli

4.2.3 POSA DEL GEOTESSUTO PEIT 200 g/m²

Posa del geotessuto a grammatura 200 g/m² sul fondo dello scavo.



Figura 8: posa del geotessuto sul fondo dello scavo

4.2.4 POSA DEL MISTO GRANULARE NON LEGATO PER LO STRATO DI FONDAZIONE E PER LO STRATO DI BASE

Il materiale va steso in fasi successive a strati di spessore non superiore a 25 cm e deve presentarsi, dopo il costipamento, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti.

Per il costipamento e la rifinitura devono essere utilizzati rulli o piastre vibranti di adeguata potenza sino ad ottenere un'ottimale densità in sito.

Il piano di finitura dello strato di base dovrà risultare livellato secondo le pendenze finite della pavimentazione: in nessun caso tali pendenze dovranno essere ottenute variando lo spessore dello strato di allettamento previsto dal progetto.

Per verificare la corretta esecuzione della massicciata è opportuno eseguire:

- per la portanza: prove di carico su piastra circolare a doppio ciclo (BU CNR 146/1992) per ogni campo, rilevando i corrispondenti valori nell'intervallo 0,15-0,25 N/mm²;
- prove di permeabilità;
- 3 prove in sito (ASTM c 1701 o equivalenti) per ogni campo.



Figura 9: posa misto granulare per strato di base

4.2.5 POSA DEL GEOTESSUTO PPST 300 g/m²

Posa del geotessuto a grammatura 300 g/m² sullo strato di misto granulare.



Figura 10: posa in opera del geotessuto sullo strato di misto granulare

4.2.6 POSA DELLA GRIGLIA GEOCELL

Posizionamento della griglia Geocell al di sopra del geotessuto verificandone il corretto aggancio.



Figura 11: posa in opera della griglia Geocell

La posa di GEOCELL deve avvenire partendo dal bordo dell'area oggetto di intervento in alto a destra e proseguendo verso sinistra e verso il basso come indicato dallo schema qui sotto:

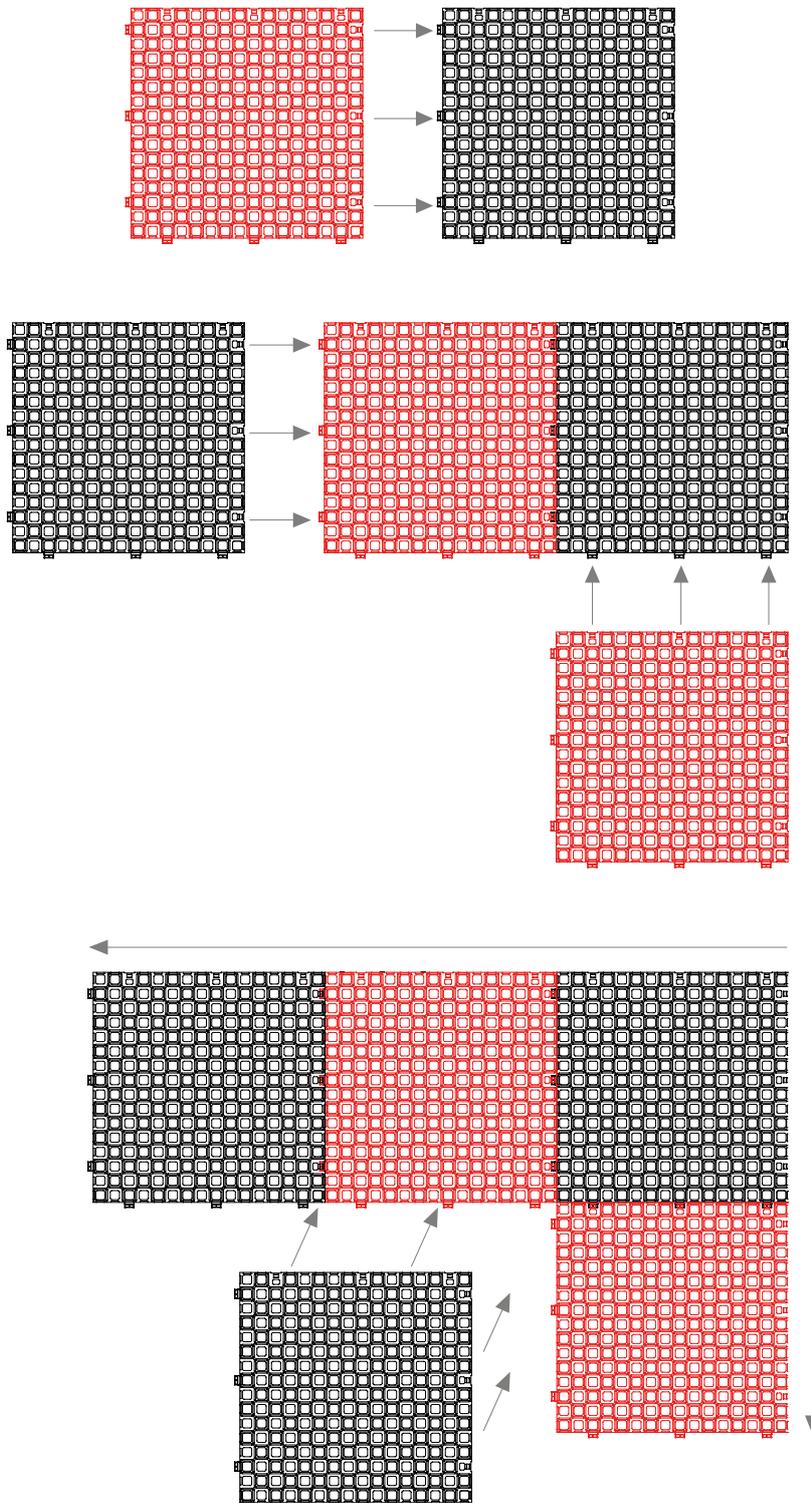


Figura 12: schema posa in opera Geocell

4.2.7 POSA DEL GEOTESSUTO PPST 300 g/m²

L'elemento Geocell viene quindi ricoperto tramite la stesura del geotessuto a grammatura 300 g/m².



Figura 13: posa del geotessuto al di sopra del Geocell

4.2.8 STESURA SABBIA DI ALLETTAMENTO E POSA DEI MASSELLI AUTOBLOCCANTI

Dopo la posa del geotessile e dei cordoli perimetrali è necessario prevedere uno strato di allettamento di sabbia di origine alluvionale o proveniente dalla frantumazione di rocce ad elevata resistenza meccanica e non alterabili. Successivamente si può procedere alla posa dei masselli autobloccanti osservando le prescrizioni indicate dai produttori degli stessi.



Figura 14: stesura dello strato di sabbia di allettamento e posa dei masselli autobloccanti



Figura 15: compattazione dei masselli autobloccanti

È necessario inoltre provvedere alla compattazione della pavimentazione tramite l'utilizzo di opportuni mezzi.



Figura 16: sigillatura dei giunti

4.3 OPERE DI COMPLETAMENTO

4.3.1 RACCOLTA ACQUE METEORICHE

Specie in concomitanza con eventi meteorici intensi, a causa della scarsa permeabilità del sottofondo o della saturazione della stratigrafia al di sotto della pavimentazione a betonelle, l'acqua tenderà a risalire creando delle sottospinte idrauliche che andranno a compromettere la stabilità della superficie.

La griglia Geocell, grazie alla sua elevata capacità di drenaggio orizzontale, consente di prevenire questo fenomeno convogliando la totalità delle acque di risalita verso una rete scolante.

Sotto la pavimentazione le acque che vengono fatte defluire dal sistema possono essere gestite tramite la posa in opera di tubi forati appositamente dimensionati, che successivamente andranno a scaricare le acque in un bacino drenante / di laminazione.

- le acque di run-off sono gestite tramite una canalina prefabbricata posta prima del cordolo di contenimento;

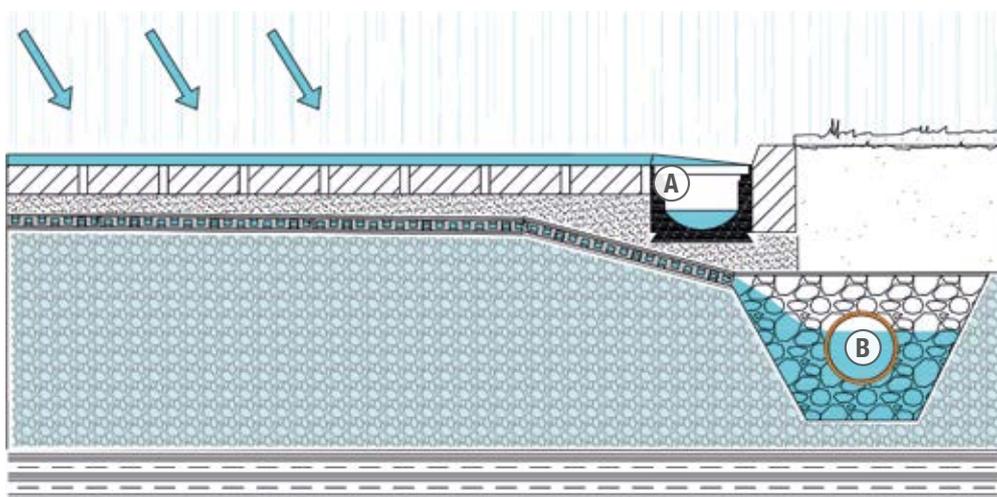


Figura 17: raccolta delle acque meteoriche tramite l'utilizzo di una canaletta prefabbricata

- (A) CANALINA PER IL DRENAGGIO DELLE ACQUE DI RUN-OFF
- (B) TUBO FORATO PER IL DRENAGGIO DELLE ACQUE PROVENIENTI DAL GEOCELL

- viene utilizzato un cordolo di contenimento con inserita all'interno la canalina di scolo;

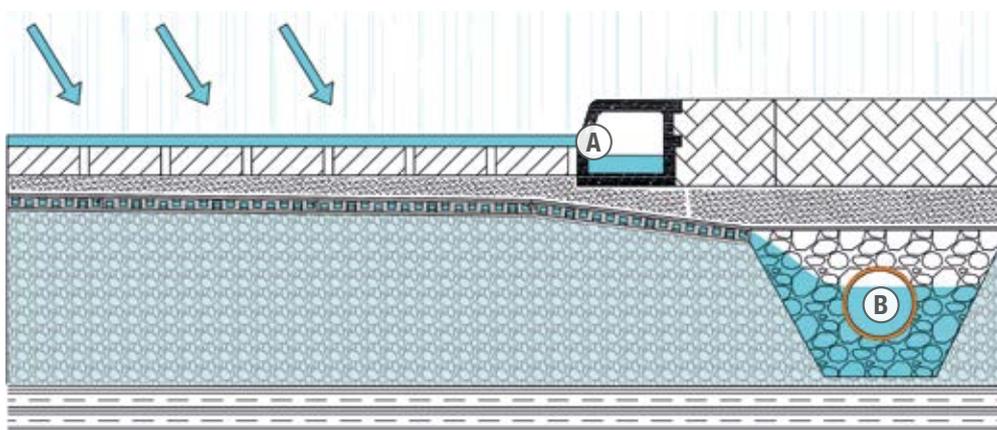


Figura 18: raccolta delle acque meteoriche tramite l'utilizzo di un cordolo di contenimento forato

- (A) CANALINA PER IL DRENAGGIO DELLE ACQUE DI RUN-OFF
- (B) TUBO FORATO PER IL DRENAGGIO DELLE ACQUE PROVENIENTI DAL GEOCELL

Le acque raccolte dalla canalina superficiale e dal tubo forato si possono convogliare in un pozzetto che andrà a scaricarle in un sistema disperdente (tipo Drening di Geoplast).

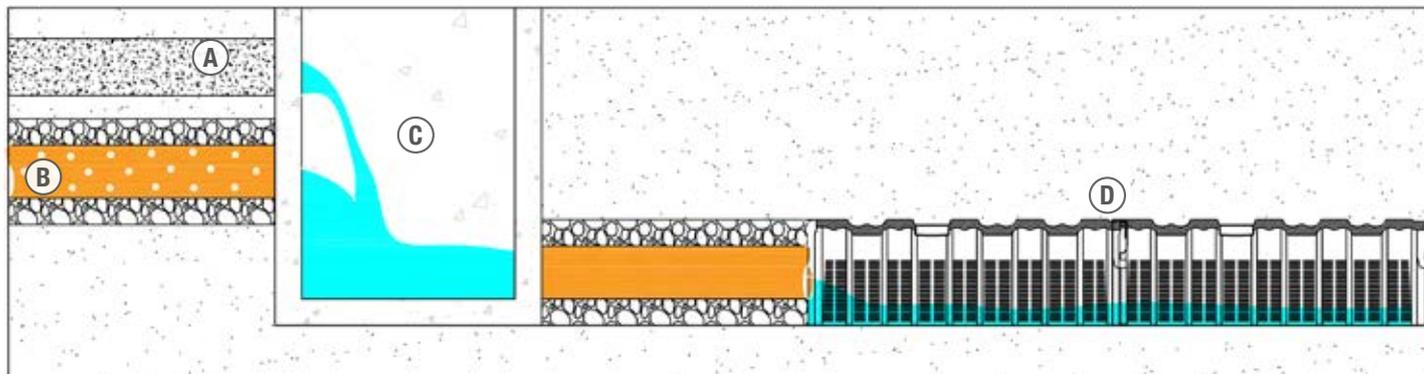


Figura 19: raccolta acque meteoriche, recapito finale

- (A) CANALINA PER IL DRENAGGIO DELLE ACQUE DI RUN-OFF
- (B) TUBO FORATO PER IL DRENAGGIO DELLE ACQUE PROVENIENTI DAL GEOCELL
- (C) POZZETTO DI RACCOLTA ACQUE
- (D) SISTEMA DI ACCUMULO E DI DISPERSIONE DRENING

4.4 PIANO DI MANUTENZIONE E VERIFICHE DI CAMPO

Poiché l'azione autobloccante si sviluppa prevalentemente per effetto dell'attrito nei giunti, il piano di manutenzione ordinaria si limita al controllo della corretta sigillatura, intervenendo con semplice reintegro di sabbia, se necessario. La perdita di materiale dal giunto rappresenta sempre un indice di uno stato di malessere della pavimentazione, al quale deve essere posto rimedio nel più breve tempo possibile.

Considerato che la particolare caratteristica di questo tipo di pavimentazione è sviluppare progressivamente una sempre maggiore autobloccanza per effetto del costipamento della sabbia nei giunti indotto dal traffico e dall'accumulo di detriti superficiali, tali controlli dovranno risultare più frequenti nel primo anno di vita della pavimentazione mentre a regime una verifica ogni anno può ritenersi sufficiente.

Con le stesse frequenze previste dal piano di manutenzione ordinaria di cui sopra devono essere svolte le ispezioni di valutazione del comportamento in opera registrando:

- entità di eventuali cedimenti verticali lungo le sezioni di riferimento;

- entità di eventuali disallineamenti nel piano orizzontale dei masselli, verificando che tale evento non comporti un'apertura dei corrispondenti giunti di ampiezza superiore a 5 mm e/o comporti un anomalo svuotamento dei giunti dalla sabbia di sigillatura;
- assenza di fenomeni di sbeccatura degli spigoli e/o rotture degli elementi autobloccanti a causa di eccessivo movimento degli stessi sotto carico. Ulteriori prove di carico su piastra e/o di permeabilità potranno essere eventualmente svolte periodicamente.

Ispezione	Frequenza
1ª ispezione	15 giorni dopo il termine dei lavori
2ª ispezione	30 giorni da ispezione precedente
3ª ispezione	n. 3 mesi da ispezione precedente
4ª ispezione	n. 6 mesi da ispezione precedente
5ª ispezione	annuale

Tabella 16: piano di manutenzione ordinaria

5. ANALISI COMPARATIVA

5.1 PREMESSA

La permeabilità iniziale di una pavimentazione si riducendo nel tempo per effetto dell'intasamento delle porosità dei materiali filtranti dovuta a sporco, detriti e/o particolati inquinanti, come ad esempio usura pneumatici, emissioni ambientali, residui di olii minerali, utilizzo di sali decongelanti.

Le condizioni ambientali possono inoltre provocare trasporto e accumulo nel materiale di riempimento dei giunti di sabbia, limo o argilla con conseguente proliferazione di vegetazione.

L'effetto di compattazione degli strati dovuto alla ripetizione dei carichi rappresenta un ulteriore fattore di riduzione della permeabilità nel tempo: questa riduzione è tanto più marcata quanto maggiore risulta la compressibilità degli strati e quanto maggiore è la tendenza dei granuli a polverizzarsi (stimabile dal valore Los Angeles delle terre).

In particolari condizioni la permeabilità iniziale si può annullare nel termine di pochi anni non solo in uno degli strati di sottofondo, ma anche a livello del materiale nei giunti e anche nel caso di pavimentazioni con aperture superiori al 20%.

In presenza di un evento meteorologico e di un fondo scarsamente permeabile lo strato drenante in ghiaia tenderà progressivamente a saturarsi.

Una volta che esso sarà completamente saturo, l'acqua risalirà verso l'alto, creando due problemi principali (fig. 21):

- lo scorrimento di acqua in superficie, in quanto il pacchetto non è più in grado di drenare;
- la sottospinta idraulica sulla pavimentazione, che in alcune condizioni ne può causare il sollevamento locale.

A parità di condizioni del fondo, Geocell permette all'acqua di scorrere anche in direzione longitudinale, raggiungendo la rete di scolo (fig. 22).

In tal modo si previene sia la risalita di acqua verso la superficie, sia il problema del sollevamento dei masselli.

STRATIGRAFIA SENZA GEOCELL



Figura 21 - sottospinte idrauliche agenti sulla superficie a betonelle SENZA Geocell

STRATIGRAFIA CON GEOCELL

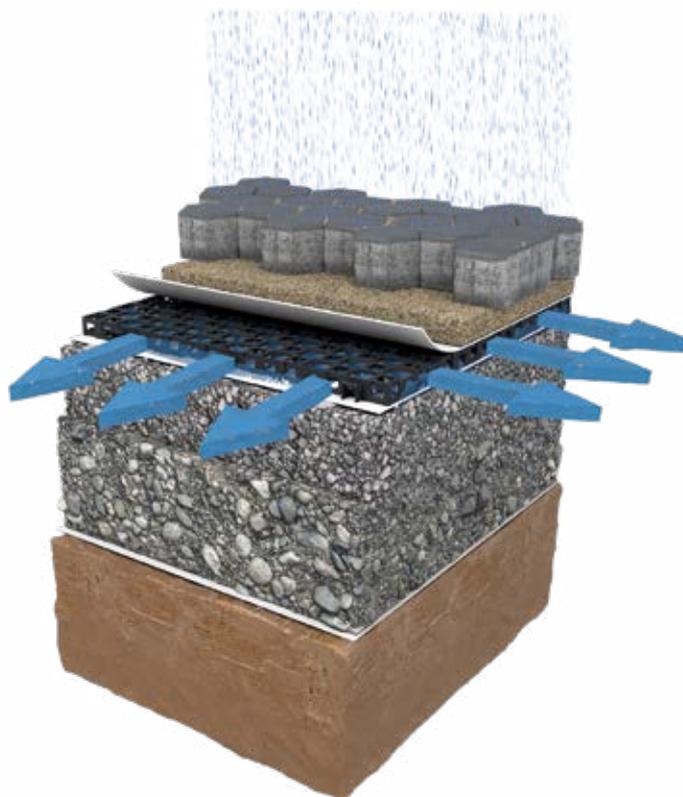


Figura 22 - comportamento della pavimentazione autobloccante CON Geocell.

5.2 COMPARAZIONE SISTEMA GEOCELL CON PACCHETTI TRADIZIONALI

Di seguito è riportata una comparazione tra una generica stratigrafia per una pavimentazione autobloccante e una stratigrafia con l'inserimento della griglia Geocell.

Sono state comparate sia le capacità di drenaggio delle acque meteoriche tra le due stratigrafie, che le riduzioni degli scavi legati all'utilizzo del Geocell.

5.2.1 DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE

La valutazione è stata fatta considerando un fondo impermeabile (es: terreno argilloso), questo perché tale condizione rappresenta la situazione più sfavorevole per la pavimentazione autobloccante in quanto, a causa

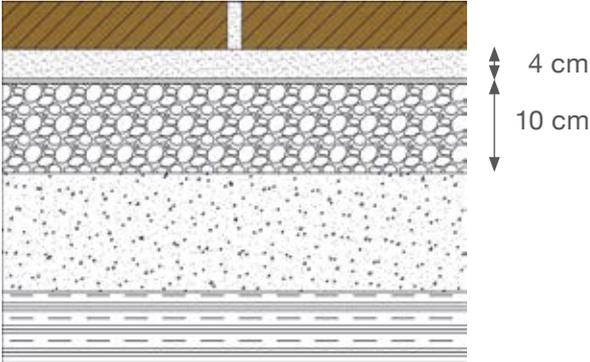
di eventi meteorici intensi, il fondo va a saturarsi completamente compromettendo la stabilità della pavimentazione (creazione di sottospinte idrauliche).

SISTEMA TRADIZIONALE

Permeabilità terreno = 10^{-7} m/s
 Portata infiltrazione = 10^{-7} m³/s

Porosità ghiaia = 30%
 Porosità sabbia = 40%

$V_{\text{accumulo}} \text{ ghiaia} = 0.1 * 1 * 0.3 = 0.03 \text{ m}^3$
 $V_{\text{accumulo}} \text{ sabbia} = 0.04 * 1 * 0.4 = 0.016 \text{ m}^3$



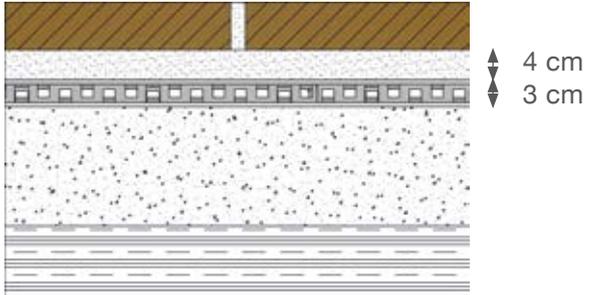
$V_{\text{accumulo}} \text{ ghiaia (10 cm)} + V_{\text{accumulo}} \text{ sabbia (4 cm)} = 0,046 \text{ m}^3/\text{m}^2 = 46 \text{ mm}$
 Tempo svuotamento = $0,046 / 10^{-7} \approx 6 \text{ gg}$

GEOCELL

Permeabilità terreno = 10^{-7} m/s
 Portata infiltrazione = 10^{-7} m³/s

Portata drenaggio Geocell = 0,004 m³/s
 Porosità sabbia = 40%
 Indice dei vuoti Geocell = 91%

$V_{\text{accumulo}} \text{ sabbia} = 0.04 * 1 * 0.4 = 0.016 \text{ m}^3$
 $V_{\text{accumulo}} \text{ Geocell} = 0.03 * 1 * 0.91 = 0.028 \text{ m}^3$



$V_{\text{accumulo}} \text{ Geocell (3 cm)} + V_{\text{accumulo}} \text{ sabbia (4 cm)} = 0,044 \text{ m}^3/\text{m}^2 = 44 \text{ mm}$
 Tempo svuotamento = $0,05 / (0,004 + 10^{-7}) < 1 \text{ h}$

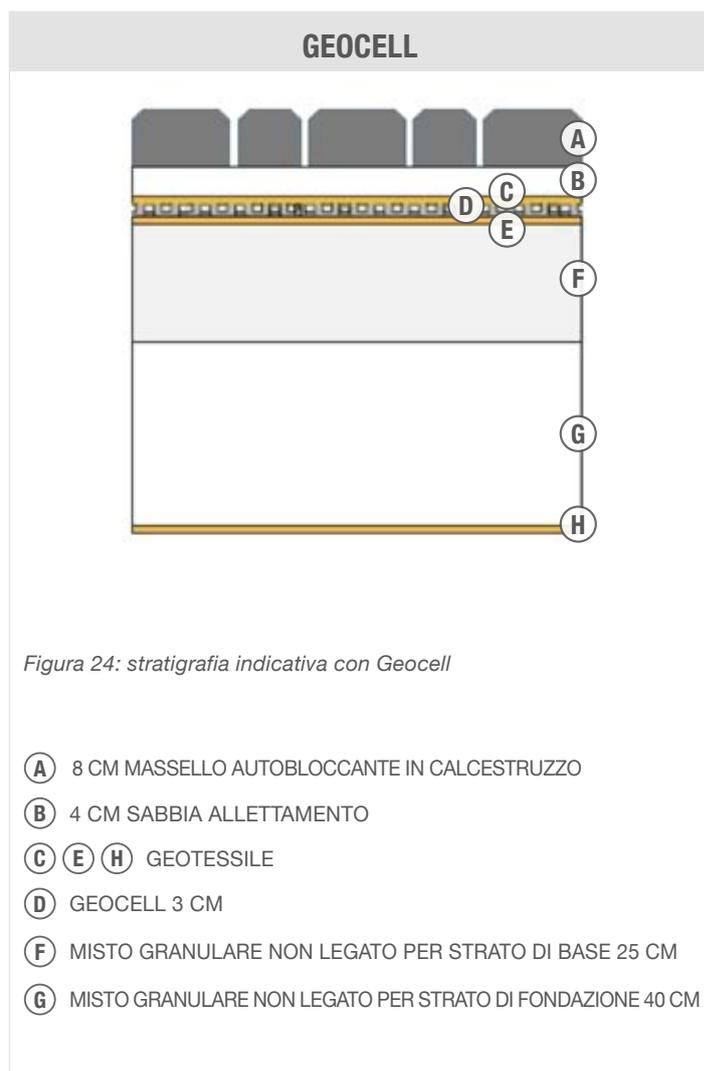
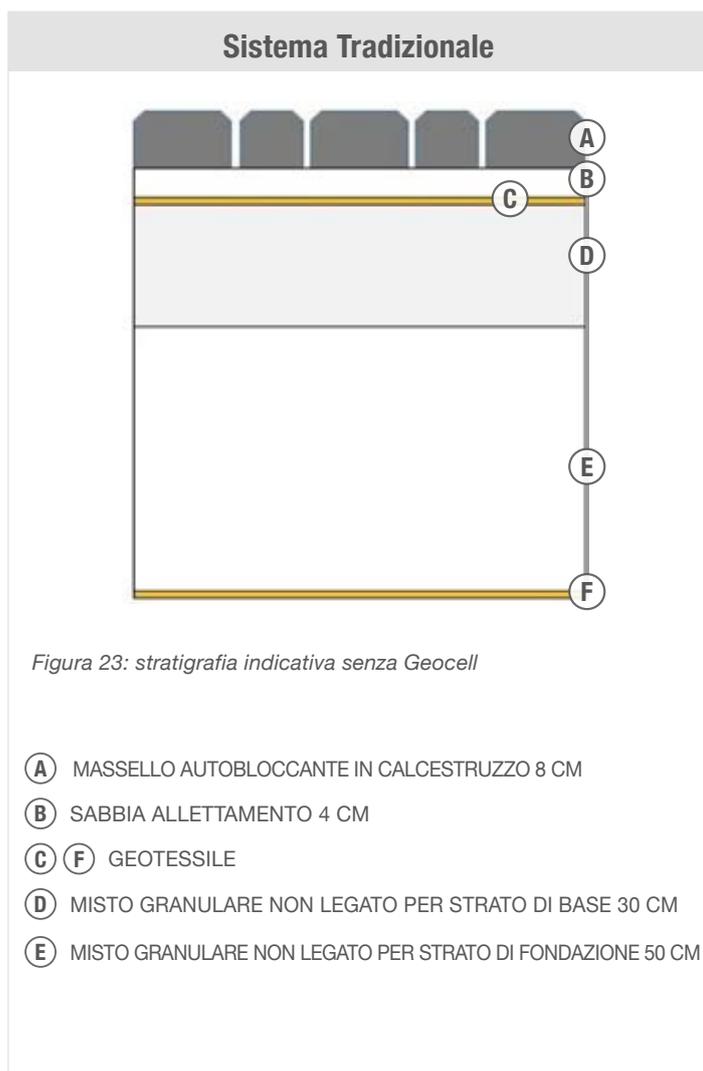
Come dimostrato con questo esempio, a parità di volume di accumulo, quando il fondo ha una permeabilità molto limitata, la stratigrafia con Geocell è in grado di smaltire l'acqua molto più rapidamente rispetto al drenaggio con la ghiaia e di conseguenza si previene la saturazione del letto di posa della pavimentazione.

Nel sistema tradizionale viene considerato il solo drenaggio verticale, con una capacità di infiltrazione con valori tipici di un terreno argilloso, in quanto quello orizzontale risulta essere trascurabile. Per il sistema con Geocell, invece, viene presa in considerazione anche la capacità di drenaggio orizzontale che è pari a 4 l/s.

5.2.2 RIDUZIONE DEGLI SCAVI

A livello di stratigrafie Geocell permette di limitare lo strato di base riducendo la profondità di scavo.

A titolo esemplificativo un confronto tra stratigrafie riferite al passaggio di mezzi pesanti:



L'utilizzo di Geocell consente di ridurre la profondità dello scavo di 15 cm.



APPENDICI

APPENDICE A

SCHEDA DI SICUREZZA DEL MATERIALE

COMPOSIZIONE / INFORMAZIONI SUL POLIMERO

INGREDIENTI	N° C.A.S.	%
Polipropilene Random	9010-79-1	97-99
Additivi	Non disponibile	1-3

COMPONENTI PERICOLOSE

Questo prodotto non rientra nella definizione di materiale pericoloso fornita dalla CEE 1999/45 e dai provvedimenti normativi successivi.

Stato fisico: Solido.

Problematiche: Se il polimero viene sottoposto a temperature elevate può produrre vapori irritanti per il sistema respiratorio e gli occhi.

MISURE DI PRIMO SOCCORSO

Inalazione di prodotti di decomposizione: mantenere calmo il paziente, spostarlo all'aria fresca e chiamare aiuto medico.

Contatto con la pelle: le parti che vengono a contatto con il materiale fuso devono essere velocemente portate sotto l'acqua corrente e deve essere contattato il medico.

Contatto con gli occhi: lavare gli occhi per almeno 15 minuti sotto acqua corrente tenendo le palpebre aperte. Il contatto con particelle di materiale non presenta particolari pericoli, tranne la possibilità di ferite per abrasione.

Le particelle più fini possono causare irritazione.

Ingestione: Nessuna misura in particolare da adottare.

MISURE ANTINCENDIO

Materiali estinguenti: acqua, schiuma o materiali estinguenti secchi.

Materiali estinguenti non idonei: nessuno.

Sostanze rilasciate in caso di incendio: anidride carbonica (CO₂) e vapore in prevalenza. Altre sostanze che possono formarsi: monossido di carbonio (CO), monomeri, altri prodotti di degradazione.

Dispositivi di protezione speciali: in caso di incendio indossare un apparato per la respirazione.

Altre prescrizioni: smaltire le scorie di combustione e il materiale estinguente contaminato in accordo con le normative locali.

MISURE IN CASO DI RILASCIO ACCIDENTALE

Non è classificato come materiale pericoloso. È possibile riciclarlo, incenerirlo o smaltirlo in discarica, in accordo con le normative locali vigenti.

STOCCAGGIO E MANIPOLAZIONE

Quando il prodotto è macinato vanno tenute in considerazione le normative vigenti sulle polveri. Mantenerlo in un posto asciutto.

CONTROLLO ALL'ESPOSIZIONE / PROTEZIONE PERSONALE

Protezione vie respiratore: se si formano polveri respirabili vanno adottati dei filtri P1 (DIN 3181).
Protezione pelle: nessun accorgimento particolare.
Protezione occhi: occhiali di sicurezza in presenza di particelle libere.

PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE

Forma	Pannelli
Colore	Grigio scuro-nero
Odore	Tenue
Cambiamento nello stato fisico	Temperatura fusione: 140°C Temperatura combustione: sopra i 400°C
Proprietà infiammabili	Nessuna
Densità	0.91-0.97 kg/dm ³
Solubilità nell'acqua	Insolubile
Solubilità in altri solventi	Solubile in solventi aromatici

STABILITÀ E REATTIVITÀ

Condizioni da evitare	non surriscaldare per evitare la decomposizione termica. Il processo inizia attorno ai 300°C
Prodotti da degradazione termica	monomeri e altri sottoprodotti

INFORMAZIONI TOSSICOLOGICHE

Tossicità acuta: dati non disponibili (nessun esperimento su animali, dovuto a impossibilità legate alla conformazione del prodotto). Insolubile in acqua.

INFORMAZIONI ECOLOGICHE

Degradazione in natura: nessun dato disponibile.
Insolubile in acqua.
Comportamento e destinazione ambientale: il prodotto è ecocompatibile in quanto fabbricato in plastica riciclata. Non è apparentemente biodegradabile a causa della sua insolubilità in acqua e della sua consistenza.

CONSIDERAZIONI SULLO SMALTIMENTO

Prodotto riciclabile al 100%. Può essere smaltito in discarica o incenerito, in accordo con le normative locali vigenti.

INFORMAZIONI PER IL TRASPORTO

Non è classificato come pericoloso ai fini del trasporto.

INFORMAZIONI NORMATIVE

Non è soggetto alla marcatura CE.



Geoplast S.p.A.

Via Martiri della Libertà, 6/8
35010 Grantorto (PD) - Italy

Tel +39 049 9490289

Fax +39 049 9494028

Geoplast@Geoplastglobal.com

GeoplastGlobal.com



rev. 05/2019