



CONSORZIO Z.I.R. CHILIVANI OZIERI



Discarica controllata per rifiuti urbani non pericolosi loc. Monte Coldianu – Ozieri

Richiesta di variante all' Autorizzazione Integrata Ambientale N. 4 del 10/12/2014, aggiornamento in data 04.07.24

Adeguamento del capping secondo le modalità costruttive previste dal D.Lgs. n. 121/2020, con recupero di volumetria disponibile al conferimento di rifiuti urbani residuali.

Relazione Tecnica

Scala

PROGETTAZIONE:

CHILIVANI AMBIENTE SPA

Z.I.R. Chilivani c/o Centro Servizi
07014 Ozieri (SS)

AMMINISTRATORE DELEGATO

CHILIVANI AMBIENTE S.P.A.

Ing. Manuela Foddis

DIRETTORE TECNICO

Ing. Fabrizio Cioccolo

COMMISSARIO

CONSORZIO Z.I.R. CHILIVANI-OZIERI

Avv. Franco Figus

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato
0	Prima emissione							

Il presente documento non potrà essere copiato, riprodotto o altrimenti pubblicato, senza il consenso scritto della Chilivani Ambiente s.p.a., ogni utilizzo non autorizzato sarà perseguito a norma di legge.

Sommario

CAPITOLO 1- INTRODUZIONE E PROPOSTA DI VARIANTE	3
1.1 GENERALITA'	3
1.2. PROPOSTA DI VARIANTE	6
CAPITOLO 2 - CALCOLO DELL'EQUIVALENZA DEI MATERIALI GEOSINTETICI	8
2.1 LIVELLO 2 - STRATO DRENANTE - GEOCOMPOSITI DRENANTI	8
2.1.1 CALCOLO DELLA PORTATA AMMISSIBILE	8
2.1.2 PRESSIONE APPLICATA AL GEOCOMPOSITO	9
A) COMPORTAMENTO A COMPRESSIONE DEL GEOCOMPOSITO	9
B) CONFINAMENTO DEL GEOCOMPOSITO	10
2.1.3. CALCOLO DELLA PORTATA AMMISSIBILE	10
2.1.4 DETERMINAZIONE DELLA PORTATA AMMISSIBILE DI UN GEOCOMPOSITO DRENANTE	14
A) CRITERI DI ACCETTAZIONE	15
2.1.5 DIMENSIONAMENTO GEOCOMPOSITO DRENANTE	15
A) SEZIONI DI PROGETTO	15
B) SCELTA DEL GEOCOMPOSITO	16
2.1.7 CALCOLO EQUIVALENZA STRATO ACQUE METEORICHE	17
2.1.7.1 AREA SCARPATA – GRADIENTE 0.55	17
A) EQUIVALENZA MINERALE	17
B) EQUIVALENZA RISPETTO PIOGGIA DI PROGETTO	19
C) COLLETTAMENTO DELLE ACQUE	19
2.1.9 GEOMEMBRANA IN HDPE	19
A) -DURABILITÀ DELLE GEOMEMBRANE IN HDPE NELLE DISCARICHE	19
B) ESPERIENZE (case histories)	20
C) CONSIDERAZIONI SULLA VITA UTILE DELLA GEOMEMBRANA IN HDPE	20
2.1.10 LIVELLO 3 - STRATO MINERALE COMPATTATO- DIMENSIONAMENTO DI UN GEOCOMPOSITO BENTONITICO	22
2.1.11 LIVELLO 4 - STRATO MINERALE DI RACCOLTA BIOGAS	23
2.1.11.1 AREA SCARPATA – GRADIENTE 0.55	23
CAPITOLO 3 - IMPATTO AMBIENTALE GEOCOMPOSITI	25
CAPITOLO 4- IL SISTEMA ANTIEROSIVO	26
4.1. IL FENOMENO DELL'EROSIONE	26

4.2. MODELLO DI RIFERIMENTO: RUSLE	26
4.3 PARAMETRI DEL PROGETTO	27
4.4 RISULTATI E CONCLUSIONI	29
4.5 CARATTERISTICHE TECNICHE GEOSTUOIA ANTIEROSIVA:	29
4.6 STUDI E TEST ELABORATI DA OFFICINE MACCAFERRI	29
CAPITOLO 5- CONSIDERAZIONI SULL'EQUIVALENZA	30
CAPITOLO 6- CONCLUSIONI RICHIESTA DI VARIANTE	32
ALLEGATI:	33
BIBLIOGRAFIA	33

CAPITOLO 1- INTRODUZIONE E PROPOSTA DI VARIANTE

1.1 GENERALITA'

Scopo della presente relazione è illustrare, con le opportune considerazioni tecniche, la proposta costruttiva in variante della copertura definitiva della discarica Monte Coldianu - Ozieri secondo le indicazioni del D.Lgs. 121/20 al fine di recuperare ulteriori volumetrie disponibili al conferimento di rifiuti urbani residuali, non superiore a 25.000 t di rifiuti in ingresso.

In tale ambito, nel ricordare che la volumetria netta autorizzata del secondo modulo e suo ampliamento ad oggi è pari a 792.185,00 m³, si precisa che gli abbancamenti nell'area dell'ampliamento sono iniziati il 24/04/2019 e che ormai la **volumetria utile residua, a gennaio 2025, è stimata in circa 15.000 m³ con una previsione di vita utile del modulo in esercizio pari a non oltre 5/6 mesi a far data da marzo 2025.**

Infatti con riferimento alla pianificazione regionale, considerato il ritardo nell'entrata in esercizio del termovalorizzatore di Macomer, il fabbisogno di volumi di smaltimento presso la Discarica di Coldianu, nel breve periodo, è stimato in circa 30.000 tonnellate all'anno. Considerato che, sulla base del peso specifico medio dei rifiuti abbancati, 25.000 t occupano, nella condizione di abbancamento prevista in progetto, circa 29.000 m³ di volumetria netta, si ritiene che la richiesta di modifica sopra indicata dell'Autorizzazione Integrata Ambientale N. 4 del 10/12/2014 con aggiornamento del 04/07/2024 rilasciata dalla Provincia di Sassari, consenta di evitare temporaneamente l'interruzione di un pubblico servizio senza significativi impatti ambientali aggiuntivi e nel rispetto all'impianto tuttora in esercizio.

L'impianto di scarico controllato per rifiuti non pericolosi e urbani allo stato attuale è costituito dal I modulo in post gestione dal 2008 e dal II modulo e il suo relativo ampliamento in fase di abbancamento. L'impianto è ubicato nel territorio del Comune di Ozieri, in Provincia di Sassari, a circa 3 km verso sud-ovest rispetto all'abitato, nel sito di un'antica cava di tufo dismessa, a breve distanza dalla S.S. 128 Bis, nella tratta che collega Ozieri con i paesi del Logudoro centromeridionale. Nell'area intorno a Monte Coldianu, oltre a una grande cava di granulati per l'edilizia, ancora attiva, situata pressoché sull'altro versante dell'attuale discarica, nota come cava Sa Picca, sono presenti altre cave dismesse di tufo, di cui una è stata finalizzata a discarica per inerti, di proprietà del Comune di Ozieri.

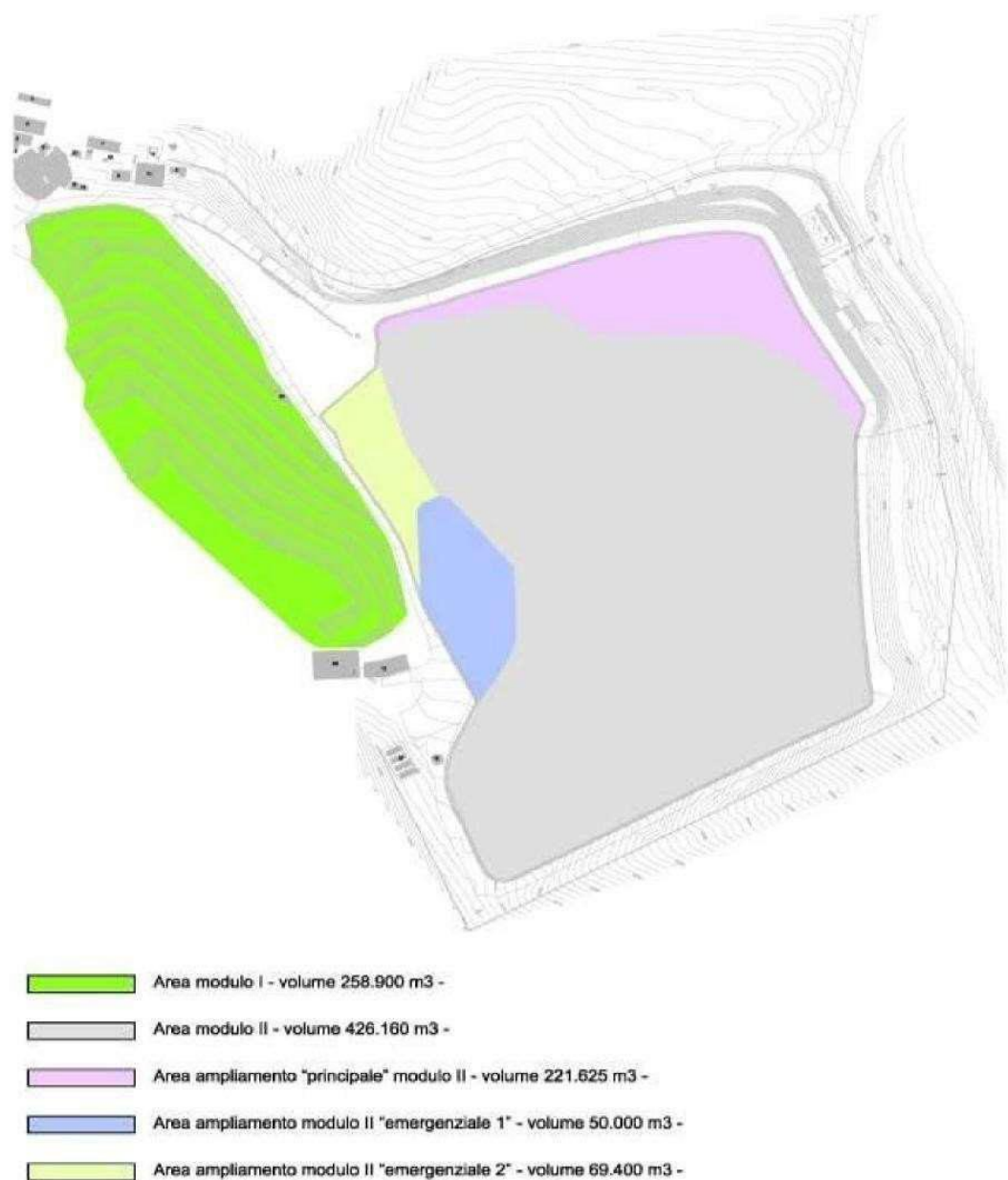
Il I modulo dell'impianto di discarica, autorizzato per una volumetria netta di 258.907 mc e lorda di 331.018 m³, è entrato in esercizio nel 1996 con autorizzazione della RAS n. 44955 del 30/01/1996. Il suddetto modulo, all'interno del quale sono stati conferiti rifiuti solidi urbani per un quantitativo pari a circa 256.000 m³, è attualmente in fase di post gestione di cui all'autorizzazione dell'Ass.to della Difesa dell'Ambiente n. 526 del 23/06/2008.

Il II modulo dell'impianto di discarica è stato autorizzato con D.G.R. n. 32/30 del 25/07/2000, resa esecutiva con determinazione del Direttore Generale dell'Assessorato della Difesa dell'Ambiente n. 213/IV del 8/09/2000, per una volumetria lorda pari a 540.000 m³. In attuazione dell'entrata in vigore del D.Lgs. 36/03 è stato redatto il relativo Piano di adeguamento allo stesso, approvato con Determinazione del Direttore di Servizio Gestione dei Rifiuti e Bonifica dei Siti Inquinati n. 2871/IV

del 3/12/2004. In data 27/06/2012 è stato autorizzato l'ampliamento del II modulo, per una volumetria pari a circa 221.000 m³, con A.I.A. N. 2 rilasciata dalla Provincia di Sassari.

Si precisa che il suddetto provvedimento è stato emesso previo parere favorevole di compatibilità ambientale di cui alla D.G.R N. 9/37 del 23/02/2012.

Nelle more dell'affidamento e realizzazione del suddetto Ampliamento il Consorzio ZIR, al fine di poter proseguire a conferire i rifiuti solidi urbani in conformità anche a quanto previsto dalla pianificazione regionale, in data marzo 2012 ha predisposto un progetto di ampliamento denominato "intervento emergenziale", per una volumetria netta pari a circa 50.000 m³ di cui ha chiesto ed ottenuto l'autorizzazione alla realizzazione con A.I.A. N. 3 del 4/12/2012, previa valutazione di attestazione di assoggettabilità a V.I.A. da parte R.A.S con D.G.R. N. 32/51 del 24/07/2012. L'esercizio del suddetto modulo è stato concesso con atto della Provincia di Sassari N. 16789 del 16/05/2013. Nel febbraio 2014, a causa dei ritardi nella realizzazione delle opere dell'ampliamento del secondo modulo, si è reso necessario predisporre un progetto di ampliamento denominato "intervento emergenziale 2", per una volumetria netta pari a circa 69.400 m³ di cui ha chiesto ed ottenuto l'autorizzazione alla realizzazione con A.I.A. N. 4 del 10/12/2014, previa valutazione di attestazione di assoggettabilità a V.I.A. da parte R.A.S con D.G.R. N. 20/15 del 03.06.2014. L'esercizio del suddetto modulo è stato concesso con atto della Provincia di Sassari N. GE2015/0017601 in data 29/05/2015. In ogni caso per ottimizzare i volumi residui in discarica, si è provveduto sul finire dell'anno 2016, al recupero di volumetrie nelle porzioni di discarica in cui si sono verificati gli addensamenti dei rifiuti più importanti attraverso la rimodellazione di alcune scarpate, in particolare dell'argine EST del II Modulo. In definitiva i lavori di Ampliamento sono stati conclusi in data 14/01/2020. A seguito del Collaudo Tecnico Funzionale, che ha espresso parere favorevole sulla Funzionalità delle opere eseguite, la Provincia di Sassari con Provvedimento del Dirigente del Settore Ambiente in data 18/02/2020 Prot. 6820 ha autorizzato la coltivazione del II modulo in Ampliamento, anche sulla base del Piano di Gestione Operativa, predisposto dal gestore e trasmesso alla Prov. di Sassari e ARPAS in data 10/03/2020.



Planimetria impianto

L'Autorizzazione Integrata Ambientale attualmente vigente è quella rilasciata con Autorizzazione Integrata Ambientale N. 4 del 10/12/2014 con aggiornamento al 04/07/2025 a firma del dirigente del Settore VIII – Ambiente e Agricoltura della Provincia di Sassari, a seguito della conclusione con esito positivo della procedura di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA), relativa all'ampliamento del secondo modulo di discarica.

1.2. PROPOSTA DI VARIANTE

La variante proposta consiste nella modifica della copertura finale della discarica nella parte in scarpata con rimodellazione della colmata finale dei rifiuti del II modulo in esercizio della discarica di Coldianu, con incremento dei volumi di discarica lasciando inalterate le quote e il profilo della colmata al lordo del capping già autorizzata, per una quantità non superiore a 25.000 t di rifiuti in ingresso senza incremento di superficie, come previsto dalla CIRCOLARE N.1 "PREVENZIONE E RIDUZIONE INTEGRATA DELL'INQUINAMENTO (IIPPC)" che recita: *"Per le attività appartenenti al punto 5.4 è modifica sostanziale qualsiasi aumento di volumetria dei rifiuti conferibili che comporti un incremento di superficie della discarica ovvero un aumento volumetrico senza incremento di superficie che consente lo smaltimento di un quantitativo superiore a 25.000 t."*

Si ritiene che la modifica non comporti impatti ambientali negativi aggiuntivi, né modificazioni alla morfologia di fine colmata senza altro uso del suolo e, consente di sfruttare i presidi già realizzati nell'impianto in esercizio, oltre alle altre strutture e infrastrutture in essere, minimizzando gli impatti ambientali ed economici.

Nel merito la proposta fa riferimento alla normativa in vigore in Italia quale il D.Lgs. 36/2003 ed il successivo D.Lgs. 121/2020, che viene di seguito riportato per completezza di informazione:

PARAGRAFO 2.4.3. Copertura superficiale finale – Discarica di Non Pericolosi o Pericolosi

La copertura finale deve essere realizzata mediante una struttura multistrato costituita, dall'alto verso il basso, dai seguenti strati:

1. strato superficiale di copertura con spessore maggiore o uguale a 1 m che favorisca lo sviluppo delle specie vegetali di copertura ai fini del piano di ripristino ambientale e fornisca una protezione adeguata contro

l'erosione e di proteggere le barriere sottostanti dalle escursioni termiche;

2. strato drenante di materiale granulare con spessore $s \geq 0,5$ m di idonea trasmissività e permeabilità ($K > 10^{-5}$ m/s). Tale strato può essere sostituito da un geocomposito di drenaggio di caratteristiche prestazionali equivalenti, ovvero in grado di drenare nel suo piano la portata meteorica di progetto, valutata con un tempo di ritorno pari ad almeno 30 anni. In ogni caso lo strato drenante va protetto con un idoneo filtro naturale o di geotessile per prevenire eventuali intasamenti connessi al trascinarsi del materiale fine dello strato superficiale di copertura;

3. strato minerale compattato dello spessore $s \geq 0,5$ m e di conducibilità idraulica $k \leq 1 \times 10^{-8}$ m/s integrato da un rivestimento impermeabile superficiale. Le modalità costruttive e il valore della permeabilità dello strato minerale compattato possono essere determinate mediante campo prova in situ. Lo strato minerale compattato integrato dal geosintetico di impermeabilizzazione dovrà essere protetto con un opportuno strato costituito da idoneo materiale naturale o artificiale, per evitare il danneggiamento connesso agli agenti atmosferici ed ai carichi agenti durante la fase costruttiva. Lo strato minerale compattato di spessore inferiore può essere completato con materiali geosintetici di impermeabilizzazione, garantendo che nell'insieme la prestazione in termini di tempo di attraversamento della barriera sia equivalente. Particolari soluzioni progettuali nella realizzazione dello strato minerale compattato delle parti con pendenza superiore a 30°, che garantiscano comunque una protezione equivalente, potranno eccezionalmente essere adottate e realizzate anche con spessori inferiori a 0,5 m, a condizione che vengano approvate dall'ente territoriale competente;

4. strato di drenaggio del gas e di rottura capillare, con spessore maggiore o uguale a 0,5 m di idonea trasmissività e permeabilità al gas in grado di drenare nel suo piano la portata di gas prodotta dai rifiuti. In ogni caso lo strato drenante va protetto con un idoneo materiale naturale o sintetico.

5. strato di regolarizzazione con la funzione di permettere la corretta messa in opera degli strati sovrastanti.

In ogni caso dovranno essere garantite le verifiche di stabilità della copertura in condizioni statiche e sismiche in corrispondenza di tutte le possibili superfici di scorrimento che comprendano tutte le interfacce dei materiali utilizzati in accordo con le Norme Tecniche per le Costruzioni vigenti. A tal fine il pacchetto prima descritto può essere completato con idonei con geosintetici di rinforzo.

Particolari soluzioni progettuali, opportunamente motivate, nella realizzazione della copertura finale delle scarpate laterali, potranno essere autorizzate dall'Autorità competente a condizione che garantiscano una protezione e una funzione equivalenti.

La modifica di progetto consiste nella variazione della copertura finale della discarica nella parte in scarpata mediante una struttura multistrato costituita, dall'alto verso il basso, dai seguenti strati per un'estensione di circa 50.000,00 mq:

Pacchetto di chiusura – “Parte in scarpata”

Geostuoia antierosiva	MACMAT R1 005
Biostuoia	VIRESCO
Ricopertura (50 cm)	TERRENO
Geocomposito di rinforzo	PARAGRID W 1700
Ricopertura (50 cm)	TERRENO
Geocomposito di rinforzo	MACGRID T 400
Geocomposito di drenaggio	MACDRAIN W 1071
Geomembrana HDPE biruvida con ruvidità rivolta verso il geocomposito bentonitico	MACLINE RMH 150
Strato compattato Geocomposito bentonitico	MACLINE GCL W 35
Geocomposito di drenaggio biogas (con due geotessili)	MACDRAIN W 1071
Strato di regolarizzazione (20 cm)	TERRENO

Mentre, come detto, rimane invariata, rispetto al progetto di costruzione dell'Ampliamento del II Modulo approvato a suo tempo, la parte sub orizzontale, per una superficie pari a circa 400 mq, costituita dall'alto verso il basso dai seguenti strati:

Pacchetto di chiusura – “Parte in area suborizzontale”

Ricopertura superficiale (100 cm)	TERRENO
Strato drenante (50 cm)	MATERIALE GRANULARE
Geomembrana hdpe 1,5mm monoruvida	MACLINE RMH 150
Strato minerale compattato 50 cm conducibilità idraulica $k \leq 1 \times 10^{-8}$ m/s	ARGILLA
Strato di drenaggio del gas e di rottura capillare	MATERIALE GRANULARE
Strato di regolarizzazione	TERRENO

CAPITOLO 2 - CALCOLO DELL'EQUIVALENZA DEI MATERIALI GEOSINTETICI

Di seguito si riporta il calcolo delle equivalenze dei materiali sintetici proposti in variante per ciascuno strato.

2.1 LIVELLO 2 - STRATO DRENANTE - GEOCOMPOSITI DRENANTI

2.1.1 CALCOLO DELLA PORTATA AMMISSIBILE

I geocompositi drenanti sono materiali realizzati dall'accoppiamento di diversi geosintetici la cui finalità è quella di realizzare il drenaggio del fluido oggetto di studio, risolvendo le difficoltà pratiche legate alla realizzazione di un buon drenaggio con le soluzioni ed i materiali tradizionali.

La portata in ingresso nello strato di materiale granulare viene calcolata in accordo alla *Legge di Darcy*:

$$q_h^* = Q_{Darcy} \frac{E}{L}$$

dove:

- Q_{Darcy} = portata nello strato granulare;
- E = fattore di equivalenza;
- L = lunghezza dello strato drenante.

La velocità del flusso all'interno di un geocomposito è proporzionale al gradiente idraulico che è definito come segue:

$$i = \delta h / L$$

dove:

- δh = perdita di carico idraulico lungo la distanza L nel geocomposito [m];
- L = distanza tra 2 punti lungo la direzione del flusso nel geocomposito [m].

Quando il geocomposito è posto su un piano quasi orizzontale, è possibile approssimare i come segue:

$$i = \tan \alpha = V/H$$

La portata di un geocomposito può essere espressa in termini di:

- trasmissività = portata per unità di larghezza del geocomposito e per unità di gradiente idraulico

$$\theta = (q / B) / i$$

- portata unitaria = portata per unità di larghezza del geocomposito, per uno specifico gradiente idraulico

$$Q = q / B$$

dove:

- θ = trasmissività del geocomposito [$l/s/m$ o $m^3/s/m$];
- B = larghezza del campione di geocomposito [m];
- q = portata misurata per un campione di geocomposito di larghezza B [l/s o m^3/s];
- Q = portata unitaria per unità di larghezza del geocomposito [$l/s/m$ o $m^3/s/m$].

A livello internazionale viene utilizzata solo la portata unitaria Q , che viene misurata con un sistema simile a quello sviluppato da Darcy per i suoi studi.

2.1.2 PRESSIONE APPLICATA AL GEOCOMPOSITO

La valutazione della pressione applicata al geocomposito è fondamentale nella progettazione di un geocomposito.

La pressione applicata dipende dalla posizione del geocomposito e dalle caratteristiche dei materiali a contatto con esso.

Per un geocomposito posto su una superficie piana o inclinata, la pressione applicata è data dal peso del terreno sovrastante e da eventuali sovraccarichi sulla superficie del terreno:

$$p = \gamma H + q$$

dove:

- γ = peso specifico del terreno [kN/m^3];
- H = spessore del terreno sul geocomposito [m];
- q = sovraccarico distribuito sulla superficie del terreno [kPa].

A) COMPORTAMENTO A COMPRESSIONE DEL GEOCOMPOSITO

In funzione del tipo di anima drenante, tutti i geocompositi saranno tipicamente soggetti a compressione a breve termine e a creep dovuto a compressione, dovuti a carichi e pressioni. In generale, un aumento del carico porterà ad una riduzione, graduale o istantanea, dello spessore dell'anima drenante.

È possibile definire due tipi di comportamento a compressione dell'anima drenante:

- anima comprimibile, senza nessun punto di collasso definito;
- anima collassabile, con punti di collasso ben definiti.

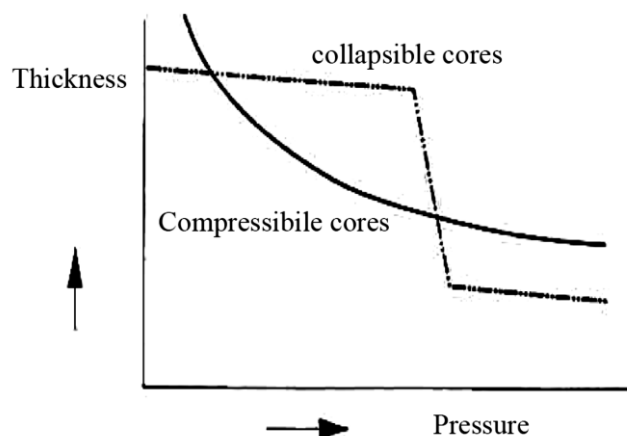


Fig. 1 Effetti della pressione sullo spessore dell'anima drenante del geocomposito

La capacità drenante del geocomposito è direttamente proporzionale allo spessore dell'anima drenante, quindi il valore di riferimento della portata dovrebbe essere determinato solo quando i

carichi applicati e il geocomposito raggiungono l'equilibrio e lo spessore e la capacità drenante non si riducono ulteriormente.

I dreni comprimibili raggiungono questo equilibrio in poche ore, mentre per i dreni collassabili l'equilibrio è più difficile da determinare.

Si precisa che tutti i geocompositi MacDrain® hanno anime drenanti comprimibili, quindi la rottura dovuta al collasso dell'anima drenante non avverrà mai.

B) CONFINAMENTO DEL GEOCOMPOSITO

La determinazione della superficie di confinamento di un geocomposito è fondamentale in quanto influisce, a volte anche significativamente sulle prestazioni dello stesso.

La normativa ISO 12958 definisce due superfici di confinamento:

- Rigida, simulata nei test con una piastra metallica, e rappresentativa nella realtà di un confinamento tra una geomembrana o un muro in cls
- Morbida, simulata nei test con una piastra in gomma, e rappresentativa nella realtà di un confinamento con un terreno

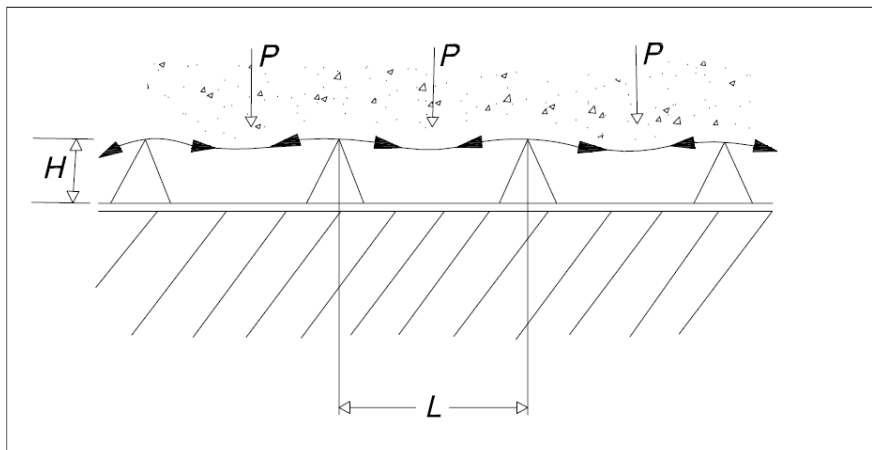


Fig. 2 Diminuzione dell'area della sezione trasversale del geocomposito drenante a contatto con il terreno

Lo schema in figura 2 esplica come la presenza di una superficie di contatto morbida, vada a influire sulla sezione libera di drenaggio, generando un effetto intrusivo dei geotessili di confinamento nell'anima stessa.

Nell'applicazione di progetto la reale condizione di esercizio è quella Rigido (Geomembrana HDPE/GCL) e Morbido (strato di regolarizzazione/terreno in sito) e quindi saranno utilizzati i valori di portata in condizioni R/S.

2.1.3. CALCOLO DELLA PORTATA AMMISSIBILE

La portata ammissibile per uno specifico geocomposito dipende dai seguenti fattori:

- tipo e caratteristiche dell'anima drenante;
- tipo e caratteristiche dei geotessili e processo di accoppiamento all'anima drenante;
- caratteristiche e materiali a contatto con le due facce del geocomposito;
- pressione applicata;
- vita utile;
- gradiente idraulico per la portata all'interno del geocomposito.

La portata in piano del geocomposito drenante viene misurata tramite il test standard della EN ISO 12958.

Il laboratorio Maccaferri, oltre a test fatti da laboratori esterni qualificati, ha eseguito una serie completa di test su tutti i geocompositi MacDrain®. I risultati di questi test sono riportati nei Data Sheet dei geocompositi MacDrain®.

I risultati dei test vengono generalmente riassunti in grafici dove si mette in relazione la portata unitaria Q [l/m/s] e la pressione uniforme applicata al geocomposito p [kPa].

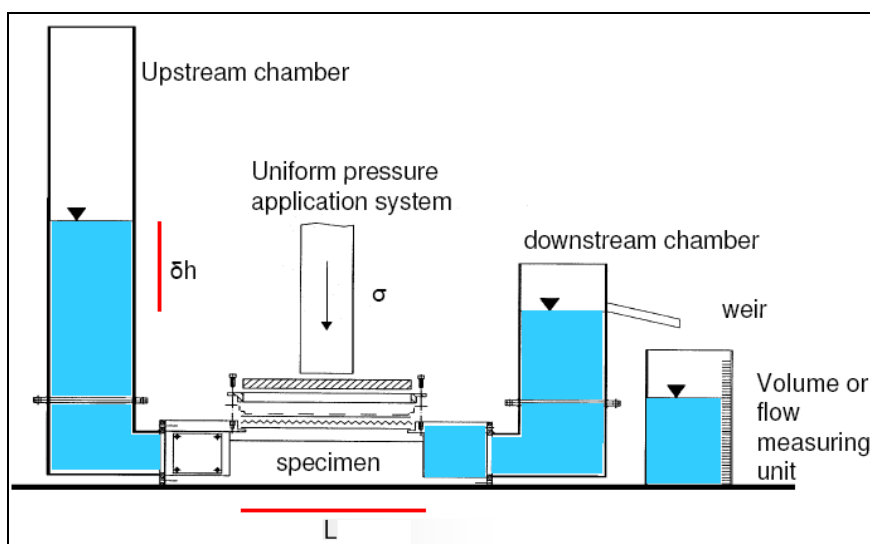


Fig. 3 Schema dell'apparecchiatura utilizzata per misurare la portata che passa attraverso il geocomposito drenante, secondo la EN ISO 12958:2010.



Fig. 4 L'apparecchiatura del laboratorio Maccaferri.

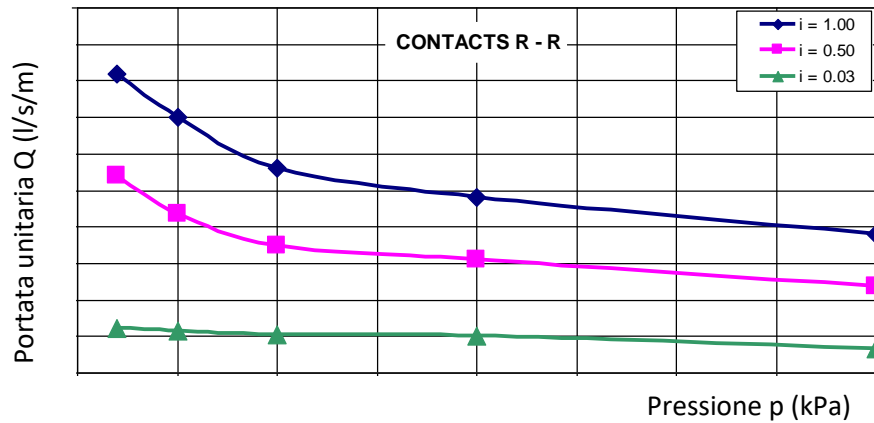


Fig. 5 Diagramma tipo dei risultati del test.

Se si deve valutare una portata unitaria per un gradiente i_2 diverso dal gradiente i_1 utilizzato nei test, è possibile calcolarla con la seguente formula (Rimoldi, 1989):

$$Q_{i2} = Q_{i1} \cdot \sqrt{\frac{i_2}{i_1}} \quad (1)$$

dove:

- Q_{i1} = portata unitaria per il gradiente i_1 , ottenuta dai test [l/s/m or m²/s];
- Q_{i2} = portata unitaria per il gradiente i_2 specifico [l/s/m or m²/s];
- i_1 = gradiente idraulico utilizzato nei test;
- i_2 = gradiente idraulico per cui si vuole calcolare la portata.

Inoltre, i test vengono eseguiti con acqua ad una temperatura pari a 20°C.

È possibile calcolare una portata unitaria per un'altra temperatura o viscosità con la seguente equazione:

$$Q_T = Q_{20} \cdot \left(\frac{\eta_{20}}{\eta_T} \right) = Q_{20} \cdot CT \quad (2)$$

dove:

- Q_{20} , Q_T = portata unitaria a 20°C e T °C;
- η_{20} , η_T = viscosità dell'acqua a 20°C e T °C;
- CT = fattore di correzione per temperatura e viscosità.

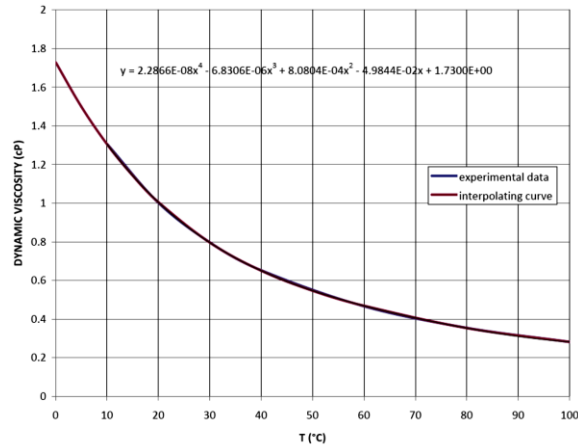


Fig. 6 Viscosità dinamica dell'acqua vs temperatura

Tabella 1 Viscosità dinamica per diversi liquidi

Liquid	Dynamic viscosity		Cinematic viscosity	
	cP = 10^{-3} Pa·s	Notes	10^{-6} m ² /s	Notes
acetic acid 15 ° C	1,310	15°C		
acetic acid 100 ° C	0,430	100°C		
ethyl alcohol 20 ° C	1,200	20°C	1,525	20°C
methyl alcohol 20 ° C	0,597	20°C	0,740	20°C
nitric acid 0 ° C	2,275	15°C		
nitric acid 10 ° C	1,770	100°C		
sulfuric acid 20 ° C	25,400	20°C		
water -8 ° C	2,408	-8°C		
water -4 ° C	2,068	-4°C		
water 0 ° C	1,787	0°C		
water 4 ° C	1,567	4°C		
water 8 ° C	1,386	8°C		
water 12 ° C	1,235	12°C		
water 16 ° C	1,109	16°C		
water 20 ° C	1,001	20°C	834,167	20°C
water 28 ° C	0,833	28°C		
water 32 ° C	0,765	32°C		
water 40 ° C	0,653	40°C		
water 48 ° C	0,566	48°C		
water 52 ° C	0,529	52°C		
water 60 ° C	0,467	60°C		
water 80 ° C	0,355	80°C		
water 90 ° C	0,315	90°C		
water 100 ° C	0,282	100°C		
liquid air at -192.3 ° C	0,172	-192°C		
air at 18 ° C	0,018	18°C		

air at 40 ° C	0,019	40°C		
air at 810 ° C	0,044	810°C		
glycerine (10 % in aqueous solution)			1,263	20°C
glycerine (20 % in aqueous solution)			1,661	20°C
glycerin (100 % in aqueous solution)	1,490	20°C	1398,100	20°C
liquid mercury -20 ° C	1,855	20°C		
liquid mercury 0 ° C	1,685	20°C		
liquid mercury 20 ° C	1,554	20°C	104,271	20°C
liquid mercury 100 ° C	1,240	100°C		
liquid mercury 200 ° C	1,052	200°C		
liquid mercury 340 ° C	0,921	340°C		
mercury vapor at 273 ° C	0,012	273°C		
methane at -181.6 ° C	0,049	-181,6°C		
lubricating oil (Castor)	2420,000	20°C		
engine oil S.A.E. 5 W	1250,000	-18°C	3,800	100°C
engine oil S.A.E. 10 W (minimum)	1250,000	-18°C	4,100	100°C
engine oil S.A.E. 10 W (maximum)	2500,000	-18°C		
engine oil S.A.E. 15 W (minimum)	2500,000	-18°C	4,100	100°C
engine oil S.A.E. 15 W (maximum)	5000,000	-18°C		

Dalla tabella è evidente come la temperatura del liquido che deve essere drenato, influisca sulla portata ammissibile nel geocomposito; quindi, la temperatura di progetto deve essere stimata attentamente. Le situazioni più comuni:

- acqua drenata dal terreno circostante: la temperatura dell'acqua può essere assunta uguale alla temperatura annuale del luogo considerato (come stima grossolana: paesi nordici T = 10-15 °C, in paesi con climi moderati T = 20 °C, in paese con climi caldi equatoriali T = 25-30 °C);
- percolato di discarica: la temperatura in discarica può raggiungere 50-60°C durante la fermentazione dei rifiuti.

In questo caso, trattandosi di un capping superficiale consideriamo T = 20°C.

2.1.4 DETERMINAZIONE DELLA PORTATA AMMISSIBILE DI UN GEOCOMPOSITO DRENANTE

Per tutte le applicazioni, la portata ammissibile del geocomposito nel tempo di progetto Q_a è ottenuta applicando dei Fattori di Riduzione (Cancelli & Rimoldi, 1989; Koerner, 1994):

$$Q_a = \frac{Q_L}{FS} = \frac{Q_L * Flr}{RF_{in} \cdot RF_{cr} \cdot RF_{cc} \cdot RF_{bc}} =$$

dove:

- RF_{in} = Fattore di riduzione dovuta all'introflessione del geotessile nell'anima drenante a causa del
- carico applicato
- RF_{cr} = Fattore di riduzione dovuto al creep (deformazione a carico costante);

- RF_{cc} = Fattore di riduzione dovuto all'occlusione dell'anima drenante da fattori chimici
- RF_{bc} = Fattore di riduzione dovuto all'occlusione dell'anima drenante da fattori biologici
- Fl_r = Fattori di riduzione empirici legati alle diverse configurazioni di test dei materiali (test R/R – R/S – S/S)

Table 5 – Indicative range of values for the different RFs

Term	Description	Indicative range
RF_{in}	Reduction Factor for intrusion of the filter geotextiles into the draining core	1,0 – 2,0
RF_{cr-q}	Reduction Factor for flow rate due to compressive creep of the core	1,0 – 6,0
RF_{cc}	Reduction Factor for pore/volume reduction due to chemical clogging	1,0 – 1,5
RF_{bc}	Reduction Factor for pore/volume reduction due to biological clogging (not including applications in landfills)	1,0 – 1,3
RF_L	Reduction Factor for overall uncertainties on laboratory data and field conditions	1,0 – 1,5
ΠRF	Product of all Reduction Factors for the site-specific conditions	1,0 – 35,1

Figura 1: tabella dei coefficienti riduttivi secondo in accordo ISO TR 18228-4 Design using geosynthetics — Part 4: Drainage

A) CRITERI DI ACCETTAZIONE

Trovata la portata in ingresso Q_{Design} , la portata ammissibile Q_a deve essere calcolata per uno o più geocompositi:

Il fattore di sicurezza finale FS_G è dato da:

$$FS_G = Q_a / Q_D$$

Se $FS_G \geq 1.5$ allora il geocomposito è verificato

2.1.5 DIMENSIONAMENTO GEOCOMPOSITO DRENANTE

A) SEZIONI DI PROGETTO

In condizioni di progetto il geocomposito si trova confinato da un carico di circa 20 kPa paragonabile a quello generato da a 1 m di terreno con peso specifico di circa 18 kN/m³.

Al carico costante applicato in fase di esercizio si vuole aggiungere e considerare anche, al momento della posa degli strati di copertura, la sollecitazione dovuta ai mezzi d'opera, e di eventuali installazioni realizzate sopra il capping definitivo. **A favore di sicurezza i calcoli avverranno considerando un carico statico applicato di 50 kPa**

Si assume che il deflusso delle acque avvenga lungo le linee di massima pendenza che delle sezioni

Vengono dimensionate le seguenti geometrie delle scarpate

- 1) Pendenza di progetto
 - il rilievo dell'area riporta gradienti variabili a seconda delle aree di intervento.
 - 3 gradi $i = 0.05$ (5%) – area sub pianeggiante
 - 29 gradi $i = 0.55$ (55%) – area in scarpata
- 2) Massima lunghezza tratto di deflusso del dreno:
 - 54 m (pianoro)
 - 45 m (scarpata)
- 3) **I dati di pioggia sono i seguenti:**
 - Tempo di 1 h,
 - Coefficiente di infiltrazione 0.3
 - Tempo di ritorno di pioggia 30 anni in linea con quanto citato all'articolo 2.4.3 del D.lgs 121/2020
 - **H pioggia progetto: 60 mm**

B) SCELTA DEL GEOCOMPOSITO

Utilizzando il foglio di calcolo MacFlow, che implementa la teoria sopra descritta e contiene il database dei geocompositi drenanti Maccaferri, è possibile identificare il prodotto più adatto a drenare la portata richiesta nelle condizioni di progetto.

Condizioni al contorno:

1. Gradiente: 0.05 e 0.55
2. Contatto: R/S tipico dell'applicazione del drenante tra una membrana ed uno terreno. Eventuali contatti in condizioni diverse possono essere a fattore di sicurezza (S/S) o di insicurezza (R/R). Si assume come da CSA, di applicare un coefficiente correttivo di 0,6 per le portate stimate in condizione R/R (non cautelative)
3. Carico assunto a fattore di sicurezza pari a 50 kPa.

I coefficienti riduttivi scelti per il progetto di drenaggio sono di seguito riportati e sono in linea con quanto proposto nella ISO TR 18228-4.

Il prodotto scelto per il calcolo è il MACDRAIN W1091(nelle porzioni pianeggianti) e MACDRAIN W 1071 (nelle parti in sponda)

- $RF_{in} = 1,15$. Valore applicabile a drenaggi con anima a canali paralleli W;
- $RF_{cr} = 1,12$: valore ricavato dal DDS (DDS- Compressive Creep MD W1041-1071 allegato alla presente relazione) valido per il carico di 50 kPa e Tempo di progetto 100 anni in condizioni di taglio.
Mentre per il dreno MD W 1091, il valore di riferimento è 1,095. Ricavato dal DDS- Compressive Creep MD W1081-1101 valido per il carico di 50 kPa e Tempo di progetto di 100 anni.
- $RF_{cc} = 1,15$ assunto sulla base delle prassi ingegneristiche;
- $RF_{bc} = 1,10$ assunto sulla base delle prassi ingegneristiche.
- FI_r = Fattori di riduzione empirici legati alle diverse configurazioni di test dei materiali. Per passare da test R/R a R/S si assume 0.6

I fattori di riduzione assunti per il calcolo, sono assunti sulla base delle prassi ingegneristiche e delle normative attualmente in vigore.

Il parametro indice della riduzione di spessore dovuto a effetti viscosi dei materiali è invece normato in accordo alla ISO 25619-1:2008, *Geosynthetics - Determination of Compressive behavior - Part 1: Compressive Creep Properties*

Il prodotto deve quindi possedere la certificazione emessa da enti certificati terzi, in accordo a tale norma, con durata del test di almeno 10.000 h. La certificazione in accordo alla norma ISO 25619 permette di avere dati sperimentali più accurati rispetto a quelli ricavabili con prove accelerate sui materiali secondo ASTM D7361-07.

Tali dati sono reperibili nel DDS- Compressive Creep MD W1041-1071.

La prova tiene conto di una riduzione dovuta al fenomeno di creep applicato in condizioni di installazione sub orizzontale.

I fattori viscosi possono influire sensibilmente sulle prestazioni idrauliche nel tempo di un geocomposito drenante, ed in assenza di prove specifiche si considera un fattore di riduzione mediamente tra 3 e 4 per i soli effetti di creep (figura 1).

La scelta di un prodotto certificato permette di ridurre l'alea di tale prestazione ottimizzando il design del gcd di progetto.

Al fine di inserire un ulteriore fattore di sicurezza della verifica i parametri di creep sono assunti in presenza di un carico di confinamento di 50 kPa sicuramente più gravoso delle condizioni di esercizio. Il tempo del fattore di creep RF_{cr} è pari a 100 anni.

2.1.7 CALCOLO EQUIVALENZA STRATO ACQUE METEORICHE

Lo strato di drenaggio delle acque in accordo al DLgs 36/2003 e successivo DLgs 121/2020 è caratterizzato da spessore $\geq 0,5$ m ed è costituito da materiale drenante (ghiaia). Nella presente proposta alternativa è previsto l'utilizzo di un geocomposito drenante delle medesime caratteristiche di quello previsto per lo strato drenante superficiale per la raccolta delle acque meteoriche.

Il calcolo sarà ora svolto verificando prima l'equivalenza con uno strato minerale, ed in secondo verificando che il geocomposito possa smaltire la Q di progetto generata dalla pioggia. L'equivalenza del materiale proposto con lo strato richiesto dalla normativa come per il caso precedente (equivalenza geocomposito drenante con strato drenante superficiale), è stata verificata confrontando la portata all'interno dei due materiali. La conducibilità idraulica ai liquidi (acqua) è assunta per questo progetto pari a $1 \cdot 10^{-3}$ m/s valore medio di un terreno naturale, sapendo che uno strato drenante di tale tipo ha solitamente una permeabilità variabile tra di $5 \cdot 10^{-2}$ m/s, e $5 \cdot 10^{-4}$ mentre la normativa prevede che il terreno abbia un $k > 10^{-5}$ m/s.

2.1.7.1 AREA SCARPATA – GRADIENTE 0.55

A) EQUIVALENZA MINERALE

Utilizzando uno strato di ghiaia delle seguenti caratteristiche:

- spessore: $s = 0.5$ m (spessore);
- inclinazione del pianoro rispetto al piano orizzontale 55%

Applicando la legge di Darcy si ottiene una portata idraulica specifica (ai liquidi) pari a:

$$q_{ghiaia} = k_{ghiaia} * s * i = 1 * 10^{-3} * 0.5 * 0.55 = 2.75 * 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m} = 0.275 \text{ l/m/s}$$

Tale valore va confrontato con la Q_a del Geocomposito drenante di progetto scelto per il calcolo, ovvero MACDRAIN W 1071 nelle stesse condizioni di esercizio contatto R/S, pressione di confinamento 50 kPa, gradiente $i = 0.55$.

Per poter confrontare i valori ottenuti con Darcy è opportuno applicare il coefficiente correttivo di Giroud che tiene conto del differente deflusso tra uno strato minerale e un geocomposito drenante.

Il valore risulta in questo caso è pari 1.058.

$$Q_{\text{ghiaia corretta}} = Q_{\text{ghiaia}} \cdot 1.058 = 0.291 \text{ l/m/s}$$

Si assume ora la Portata a breve termine del geocomposito drenante scelto per il calcolo, ovvero MACDRAIN W 1071, nelle condizioni di progetto. @50 kPa, a gradiente 0.55 e contatto R/S.

Per ottenere le medesime condizioni di progetto si applica la formula di Rimoldi

Se si deve valutare una portata unitaria per un gradiente i_2 diverso dal gradiente i_1 utilizzato nei test, è possibile calcolarla con la seguente formula (Rimoldi, 1989):

$$Q_{i2} = Q_{i1} \cdot \sqrt{\frac{i_2}{i_1}} \quad (1)$$

dove:

Q_{i1} = portata unitaria per il gradiente i_1 , ottenuta dai test [l/s/m or m²/s];

Q_{i2} = portata unitaria per il gradiente i_2 specifico [l/s/m or m²/s];

i_1 = gradiente idraulico utilizzato nei test;

i_2 = gradiente idraulico per cui si vuole calcolare la portata.

Il valore di partenza per il MACDRAIN W 1071 al gradiente più prossimo ovvero quello pari a 1 a @50 kPa di pressione di confinamento e contatto R/S è pari a:

$$Q_{i1} = Q_i = 2.1 \text{ l/m/s.}$$

Il valore al gradiente richiesto è quindi

$$Q_{i2} = Q_i = 1.56 \text{ l/m/s.}$$

Si calcola quindi la portata ammissibile a lungo termine sul geocomposito drenante:

$$Q_a = \frac{Q_L}{FS} = \frac{1.56}{1.15 \cdot 1.12 \cdot 1.15 \cdot 1.10} =$$

$$Q_a = 0.957 \text{ l/m/s}$$

Il rapporto prestazionale fra stato modificato e stato autorizzato è pari a:

$$FS = \frac{Q_a}{Q_{\text{ghiaia}}} = \frac{0.957}{0.291} = 3.29 \geq 1.5 - \text{Verificato}$$

B) EQUIVALENZA RISPETTO PIOGGIA DI PROGETTO

Risulta interessante verificare a questo punto la capacità drenante del dreno rispetto alla pioggia di progetto assunta pari a 60.00 mm/h.

Il software Macflow restituisce il valore di ingresso nel dreno, valore che deve essere confrontato con Q_a appena calcolato:

$Q_{toe} = 0.172$ l/m/s per una lunghezza di deflusso sull'inclinata di 45 m

Tale valore è confrontabile con la Q_a del dreno di progetto

$$FS = \frac{Q_a}{Q_{toe}} = \frac{0.957}{0.195} = 4.91 \geq 1.5 - \text{Verificato}$$

Il geocomposito scelto MACDRAIN W 1071 risulta quindi idoneo

Eventuali verifiche in tratti a maggior pendenza risultano intrinsecamente soddisfatte, non essendo previste zone con L max di deflusso > 45 m

C) COLLETTAMENTO DELLE ACQUE

Avendo definito la lunghezza massima di deflusso accettabile dal GCD, si prevede di installare delle linee di raccolta delle acque meteoriche tramite l'inserimento di sistemi drenanti di dimensioni contenute, in grado di favorire lo smaltimento delle acque raccolte dal geocomposito

Al fine di ottimizzare il collettamento si è valutato l'utilizzo di trincee preassemblate di dimensioni ridotte. In particolar modo le trincee saranno realizzate da un sistema costituito da una rete doppia torsione con inserito all'interno un tubo drenante e polistirolo per favorire la captazione ed il drenaggio.

Il sistema si svilupperà all'interno dello strato di capping favorendo lo smaltimento delle acque meteoriche e la raccolta delle acque di infiltrazione presenti nello terreno vegetale del capping.

La portata in uscita da un geocomposito drenante nelle condizioni di progetto viene convogliata nel sistema drenante preassemblato, di sezione 50x17 in cui è preinstallato un tubo drenante microfessurato DN 160. Questo sistema installato a un gradiente $i=0.05$ (5%) ha una capacità drenante di 2,61 l/m/s (senza considerare il contributo del tubo), che risulta quindi adeguata a smaltire l'acqua drenata dai MacDrain W nelle varie configurazioni sopra calcolate.

2.1.9 GEOMEMBRANA IN HDPE

La geomembrana in HDPE utilizzata sarà del tipo ad aderenza migliorata in una delle due superfici ed avrà uno spessore di 1.5 mm.

Il materiale utilizzato, Macline RMH 150, Marcato CE, sarà conforme alla norma UNI 11309 per geomembrane lisce ed alla norma UNI 11498 per geomembrane ad aderenza migliorata ed alle normative Europee di riferimento.

Si citano di seguito alcuni dati supplementari sulle geomembrane.

A) -DURABILITÀ DELLE GEOMEMBRANE IN HDPE NELLE DISCARICHE

L'invecchiamento delle geomembrane è causato dai seguenti meccanismi:

- degradazione foto-ossidativa e degradazione termo-ossidativa (oxidative induction time OIT);
- stress cracking (NCTL).

La degradazione foto-ossidativa riguarda soprattutto le geomembrane che restano esposte alla luce solare UV (es. bacini d'acqua), mentre lo stress cracking riguarda le geomembrane permanentemente sotto liquidi aggressivi come il percolato di discariche.

La resistenza all'invecchiamento richiede un HDPE di alta qualità come da specifiche delle geomembrane in HDPE

B) ESPERIENZE (case histories)

Le geomembrane in HDPE sono tenute da oltre 30 anni sotto osservazione, tramite prelievi periodici di campioni di geomembrane che vengono sottoposti ad analisi di laboratorio.

I risultati di tali tests confermano che la durabilità delle geomembrane in HDPE supera le previsioni basate su test di invecchiamento accelerato (50 anni alla luce solare, 500 anni al buio). Tale ottimo risultato è riferito a geomembrane di spessore da 1.50 - 2.00 - 2.5 mm.

C) CONSIDERAZIONI SULLA VITA UTILE DELLA GEOMEMBRANA IN HDPE

Il problema della definizione della vita utile di una geomembrana sia essa utilizzata nei settori della ingegneria civile che della ingegneria ambientale è senza dubbio di grande importanza per individuare il mantenimento dei requisiti prestazionali sia in termini di impermeabilità che di caratteristiche meccaniche.

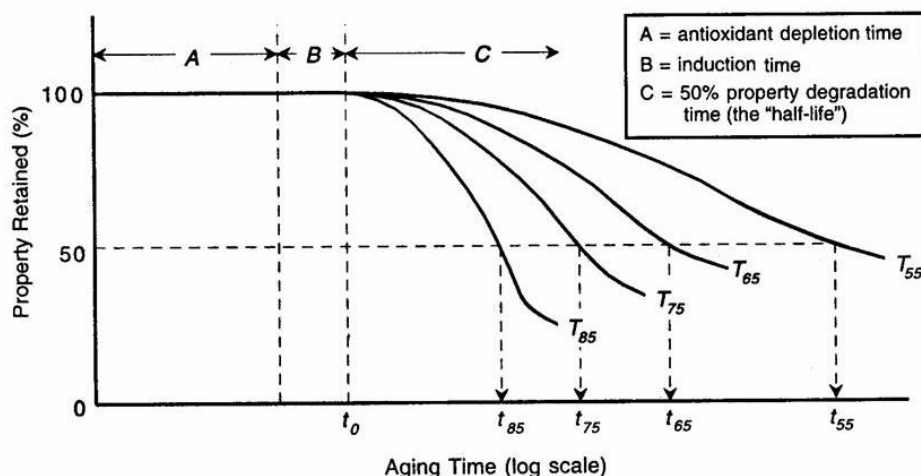
Le geomembrane siano esse utilizzate in applicazioni esposte che non esposte sono inevitabilmente sottoposte a stress fisici e chimici che le portano a degradarsi con riduzione della loro funzionalità. Numerosi sono gli studi effettuati sull'argomento con particolare riferimento alle discariche controllate sia in condizioni di esposizione ai raggi UV sia in condizione di non esposizione.

Al fine di individuare il tempo di vita utile della geomembrana, nello specifico un telo HDPE spessore 1,5 mm conforme alla Norma UNI EN 13493, si è preferito fare riferimento agli studi condotti dall'International Geosynthetic Society (IGS) sull'argomento.

In particolare si farà riferimento nel seguito al GRI White Paper "Geomembrane Lifetime Prediction: unexposed and exposed conditions" di Robert M. Koerner, Y. Grace Hsuan e George R. Koerner ed 2005.

Data l'applicazione di interesse, che riguarda un capping definitivo di discarica, si farà riferimento alle condizioni di "non esposizione". Gli studi effettuati sulle geomembrane in HDPE sono stati condotti su celle, mantenute a temperatura variabile tra gli 85 °C ed i 55°C che hanno permesso di simulare sia le condizioni di degradazione chimico fisica dovute all'ambiente di discarica sia una pressione di prova equivalente ad una pressione stratigrafica di una colonna di rifiuti di altezza pari a 50 m. I risultati ottenuti hanno permesso di individuare tre fasi principali nel tempo di vita di una geomembrana come riportato nella figura seguente.

Figura 2 – Tempo di vita della geomembrana



Una fase A) in cui si verificano le condizioni per la ossidazione chimica, una fase B) in cui l'ossidazione si realizza anche se con tempi abbastanza lunghi ed una fase C) in cui si raggiunge il cosiddetto "Half Life", ovvero in cui le caratteristiche della geomembrana si riducono al 50% rispetto ai valori iniziali. È evidente che i tempi relativi allo sviluppo delle varie fasi sono influenzati dalla temperatura di servizio.

Nella tabella seguente sono riportati i valori che dimostrano in una maniera inconfutabile che nel peggior caso ipotizzato il tempo di vita utile complessivo della geomembrana non è inferiore a 69 anni e l'inizio della fase di "half life" non è mai inferiore a 56 anni.

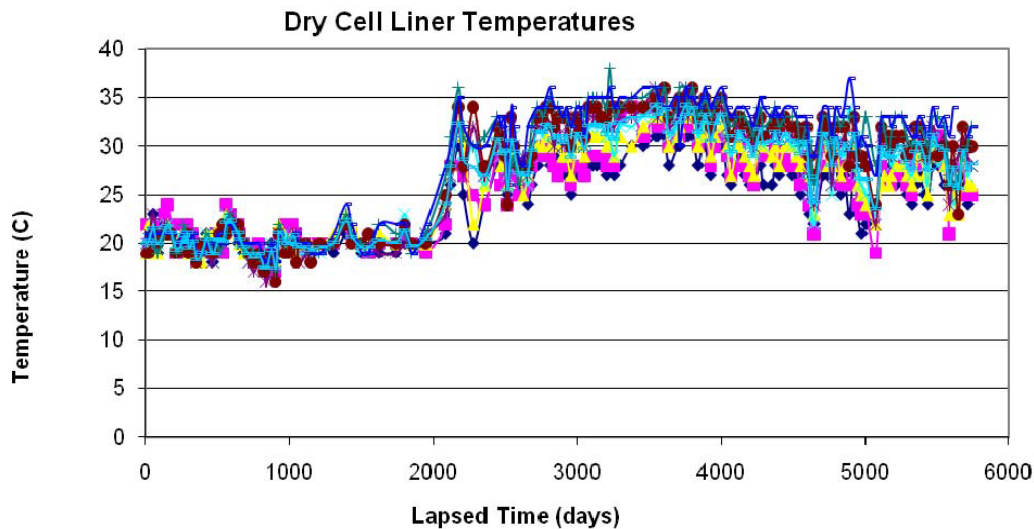
Tabella 1 - Previsioni del tempo di vita di PEAD (non esposto) a vari intervalli di temperature

In Service Temperature (°C)	Stage "A" (years)			Stage "B" (years)	Stage "C" (years)	Total Production* (years)
	Standard OIT	Hig Press OIT	Average OIT			
20	200	215	208	30	208	446
25	135	144	140	25	100	265
30	95	98	97	20	49	166
35	65	67	66	15	25	106
40	45	47	46	10	13	69

*Total = Stage A (average) + Stage B + Stage C

In relazione ai campi di temperatura che si possono sviluppare all'interno di una discarica a livello di una geomembrana si riporta di seguito la figura 2, tratta dal medesimo studio del GRI, riferita ad una discarica negli USA monitorata per un periodo di 10 anni, in cui tramite utilizzo di termocoppie sono state misurate temperature mai superiori ai 30°C relative agli ultimi 4 anni del periodo.

Figura 3 – Monitoraggio di una discarica negli USA



Le considerazioni in precedenza espresse sono estremamente conservative in quanto riferite ad una geomembrana di fondo: nel presente caso il carico stratigrafico è assai ridotto e vengono meno i fenomeni di aggressione chimica dovuti alla presenza di percolato.

2.1.10 LIVELLO 3 - STRATO MINERALE COMPATTATO- DIMENSIONAMENTO DI UN GEOCOMPOSITO BENTONITICO

Di seguito si riporta l'estratto della norma vigente nel merito:

*“3. strato minerale compattato dello spessore $s \geq 0,5$ m e di conducibilità idraulica $k \leq 1 \times 10^{-8}$ m/s integrato da un rivestimento impermeabile superficiale. Le modalità costruttive e il valore della permeabilità dello strato minerale compattato possono essere determinate mediante campo prova in situ. **Lo strato minerale compattato integrato dal geosintetico di impermeabilizzazione dovrà essere protetto con un opportuno strato costituito da idoneo materiale naturale o artificiale**, per evitare il danneggiamento connesso agli agenti atmosferici ed ai carichi agenti durante la fase costruttiva. Lo strato minerale compattato di spessore inferiore può essere completato con materiali geosintetici di impermeabilizzazione, garantendo che nell'insieme la prestazione in termini di tempo di attraversamento della barriera sia equivalente. Particolari soluzioni progettuali nella realizzazione dello strato minerale compattato delle parti con pendenza superiore a 30° , che garantiscano comunque una protezione equivalente, potranno eccezionalmente essere adottate e realizzate anche con spessori inferiori a 0,5 m, a condizione che vengano approvate dall'ente territoriale competente”;*

In sostituzione dello strato di argilla è possibile proporre l'utilizzo di un geocomposito bentonitico MACLINE GCL. Il materiale è Marcato CE..Di seguito è riportata la tabella con il calcolo relativo al tempo di attraversamento calcolato come $t=s/k$ (2)

I tempi tra uno strato di impermeabilizzazione costituito da una barriera minerale in argilla di spessore 0.50 m e conducibilità idraulica 1×10^{-8} m/s e il calcolo relativo al tempo di attraversamento di una geomembrana bentonitica.

La conducibilità idraulica ai liquidi della geomembrana è stata assunta cautelativamente pari a 2.30×10^{-11} m/s, EN 14150.

<div> <div>Terreno di copertura</div> <div>ARGILLA</div> </div> <div>RIFIUTI</div> <div> Permeabilità strato di argilla K_{CCL} (m/sec) = 1.00E-08 spessore strato di argilla CCL (m) = 0.50 tempo di permeazione (anni) = 1.59 </div>		<div> <div>Terreno di copertura</div> <div>MACLINE GCL W35</div> </div> <div>RIFIUTI</div> <div> Battente idrico (m) = 0.00 Contenuto in bentonite di sodio del GCL (Kg/m²) = 6.7 Spessore minimo in condizioni idratate (m) = 0.008 tempo di permeazione (anni) = 11.03 </div>	
Assunto come valore unitario il tempo di permeazione dello strato di argilla di spessore un metro la barriera artificiale risulta composta da: - GEOCOMPOSITO BENTONITICO MACLINE GCL tipo W35 - Strato di argilla minerale di spessore pari a m 0.50		Il sistema risulta caratterizzato da un grado di sicurezza equivalente pari a : 6.96	

Tabella 2 – Confronto dei tempi di attraversamento

2.1.11 LIVELLO 4 - STRATO MINERALE DI RACCOLTA BIOGAS

Lo strato di drenaggio del gas e di rottura capillare in accordo al DLGs 36/2003 e successivo 121/2020 è caratterizzato da spessore $\geq 0,5$ m ed è costituito da materiale drenante (ghiaia).

Nella presente proposta alternativa è previsto l'utilizzo di un geocomposito drenante delle medesime caratteristiche di quello previsto per lo strato drenante superficiale per la raccolta delle acque meteoriche.

L'equivalenza del materiale proposto con lo strato richiesto dalla normativa come per il caso precedente (equivalenza geocomposito drenante con strato drenante superficiale), è stata verificata confrontando la portata all'interno dei due materiali.

La conducibilità idraulica ai gas è misurabile sperimentalmente e risulta all'incirca 1/10 di quella ai liquidi (acqua); avendo ipotizzato per lo strato di ghiaia una permeabilità ai liquidi pari a 1×10^{-3} m/s, la conseguente conducibilità ai gas è dell'ordine di 1×10^{-4} m/s.

Le seguenti verifiche sono condotte nelle condizioni di equivalenza più gravose in quanto calcolate con un k superiore (liquidi), ed avendo dati omogenei e confrontabili con quelli dei geocompositi drenanti in commercio.

Di seguito si riporterà equivalenza calcolata nello strato più critico ovvero il tratto B. la verifica avverrà tramite l'equivalenza secondo Darcy.

2.1.11.1 AREA SCARPATA – GRADIENTE 0.55

A) EQUIVALENZA MINERALE

Utilizzando uno strato di ghiaia delle seguenti caratteristiche:

- spessore: $s = 0.5$ m (spessore);
- inclinazione del pianoro rispetto al piano orizzontale 55%

Applicando la legge di Darcy si ottiene una portata idraulica specifica (ai liquidi) pari a:

$$q_{ghiaia} = k_{ghiaia} * s * i = 1 * 10^{-3} * 0.5 * 0.55 = 0.275 * 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s} / \text{m} = 0.275 \text{ l/m/s}$$

Tale valore va confrontato con la Q_a del Geocomposito drenante di progetto scelto per il calcolo, ovvero MACDRAIN W 1071 nelle stesse condizioni di esercizio contatto R/S, pressione di confinamento 50 kPa, gradiente $i = 0.55$.

Per poter confrontare i valori ottenuti con Darcy è opportuno applicare il coefficiente correttivo di Giroud che tiene conto del differente deflusso tra uno strato minerale e un geocomposito drenante.

Il valore risulta in questo caso è pari 1.058.

$$Q_{ghiaia \text{ corretta}} = Q_{ghiaia} * 1.058 = 0.291 \text{ l/m/s}$$

Si assume ora la Portata a breve termine del geocomposito drenante scelto per il calcolo, ovvero MACDRAIN W1071, nelle condizioni di progetto. @50 kPa, a gradiente 0.55 e contatto R/S.

Per ottenere le medesime condizioni di progetto si applica la formula di Rimoldi

Se si deve valutare una portata unitaria per un gradiente i_2 diverso dal gradiente i_1 utilizzato nei test, è possibile calcolarla con la seguente formula (Rimoldi, 1989):

$$Q_{i2} = Q_{i1} \cdot \sqrt{\frac{i_2}{i_1}} \quad (1)$$

dove:

Q_{i1} = portata unitaria per il gradiente i_1 , ottenuta dai test [l/s/m or m²/s];

Q_{i2} = portata unitaria per il gradiente i_2 specifico [l/s/m or m²/s];

i_1 = gradiente idraulico utilizzato nei test;

i_2 = gradiente idraulico per cui si vuole calcolare la portata.

Il valore di partenza per il MACDRAIN W 1071 al gradiente più prossimo ovvero quello pari a 1 a @50 kPa di pressione di confinamento e contatto R/S è pari a:

$$Q_{i1} = Q_i = 2.1 \text{ l/m/s.}$$

Il valore al gradiente richiesto è quindi

$$Q_{i2} = Q_i = 1.56 \text{ l/m/s.}$$

Si calcola quindi la portata ammissibile a lungo termine sul geocomposito drenante:

$$Q_a = \frac{Q_L}{FS} = \frac{1.56}{1.15 \cdot 1.12 \cdot 1.10 \cdot 1.15} =$$

$$Q_a = 0.957 \text{ l/m/s}$$

Il rapporto prestazionale fra stato modificato e stato autorizzato è pari a:

$$FS = \frac{Q_a}{Q_{ghiaia}} = \frac{0.957}{0.291} = 3.29 \geq 1.5 - \text{Verificato}$$

Il geocomposito MACDRAIN W 1071 risulta idoneo

CAPITOLO 3 - IMPATTO AMBIENTALE GEOCOMPOSITI

La scelta dell'utilizzo di materiali geocompositi all'interno di un progetto nasce da diversi fattori, sia tecnici sia ambientali. Dal punto di vista prettamente tecnico, il materiale sintetico viene prodotto in uno stabilimento controllato in cui sono implementati tutti i controlli previsti dai processi legati alla marcatura CE dei materiali da costruzione. Tale condizione garantisce prestazioni costanti nell'arco delle diverse produzioni, permettendo una ragionevole qualità del prodotto finito.

Al contrario, l'utilizzo di materiali naturali prevede una maggior attenzione alle modalità operative di messa in opera (si pensi alla permeabilità attesa di uno strato di argilla), nonché sovente problematiche di stabilità del pacchetto installato. A ciò va aggiunta anche la maggior difficoltà nel determinare gli esatti spessori dei materiali installati su superfici molto ampie.

In secondo luogo, è importante ricordare come in termini di consumo del territorio, delle risorse naturali ed finanziarie, l'utilizzo di geosintetici garantisce:

1. Minor numero di mezzi d'opera in cantiere;
2. Minor consumo di risorse naturali, talvolta poste in zone lontano dal sito di realizzazione
3. Minor costi di realizzazione
4. Celerità di esecuzione e collaudo delle opere

A titolo esemplificativo si calcola l'impatto di uno strato di materiale inerte tipo ghiaia, che viene installata su uno strato. (50 cm)

Assumendo la massima portata di un automezzo pari a 30 ton, e la densità del materiale da cava per gli strati del biogas ed idraulici pari a 1600 kg/m^3 , è possibile stimare in circa $18\text{-}20 \text{ m}^3$ la massima capacità di carico di un autotreno. Dovendo ipotizzare di installare uno strato da 50 cm (per acque meteoriche) rif 1.2.3 Dlgs 121/2020, ogni autotreno trasporta circa 20 m^2 di superficie utile. Al confronto, stimando in circa 5500 m^2 la capacità di carico di un GCD sintetico, è facile intuire come il rapporto sia nettamente favorevole in termini di autotreni di materiale sintetico.

A maggior conforto di ciò, e volendo pensare agli impatti ambientali dei vari materiali, si propone di scegliere materiali caratterizzati da idonea certificazione ambientale EPD in accordo a ISO 14025 and EN 15804.

La scelta di fornitori certificati garantisce una maggiore trasparenza ambientale e la possibilità di fare paragoni in termini, ad esempio, di emissione di CO_2 equivalente tra la soluzione tradizionale e quella sintetica.

Ad oggi un m^2 di Macdrain W 1071 viene associato all'emissione di meno di 1.73 kg/CO_2 . (GWP Global Warming Potential – Stage A1-A3).

Ricercando valori di confronto, risulta che un materiale inerte come la ghiaia abbia un GWP assimilabile e pari a **2.67 kg/CO_2**

Considerando che queste due prestazioni sono paragonabili, ancorché peggiorative per l'inerte naturale, rimane la componente trasporto al sito di installazione.

Essendoci un fattore di circa 300 volte sfavorevole al materiale naturale in termini di trasporti necessari al completamento delle consegne, si può definire che il materiale sintetico abbia tutti i vantaggi e le logiche di utilizzo.

Un altro elemento che porta alla scelta del materiale sintetico è la diminuzione dei costi di realizzazione, in quanto il costo a m² e la posa dei geocompositi risulta largamente inferiore all'utilizzo del materiale naturale (ghiaia o argilla) con conseguente aumento dei ricavi dati dall'aumento del volume di rifiuti conferibili a parità di apprestamenti realizzati.

Per ultimo ma non ultimo, la possibilità di ridurre i tempi di allestimento della copertura della discarica, in quanto la stesa dei geocompositi è molto più rapida e non necessita di compattazione e/o di verifica continua delle quote e degli spessori. Inoltre si diminuiscono anche i tempi di collaudo delle opere, in quanto non sono necessarie prove in situ e/o campionamenti con prove in situ e/o di laboratorio per la verifica della permeabilità in quanto è sufficiente l'acquisizione delle schede tecniche e i certificati di qualità dei materiali utilizzati

CAPITOLO 4- IL SISTEMA ANTIEROSIVO

4.1. IL FENOMENO DELL'EROSIONE

L'erosione rappresenta, a livello mondiale, la componente più importante della degradazione dei suoli (circa l'84%) e in alcune parti del pianeta interessa il 60% dei terreni agricoli. (*Bazzoffi, 2002*).

L'erosione è un processo naturale mediante il quale il suolo e il materiale roccioso vengono alterati e trasportati. L'erosione naturale avviene principalmente su scala temporale geologica ma, quando le attività umane alterano il paesaggio, il processo di erosione può essere notevolmente accelerato.

Il processo di erosione del suolo causato dall'acqua inizia con le gocce di pioggia che scorrono sulla superficie nuda del terreno. Quando il terreno viene disturbato, il tasso di erosione accelera drammaticamente. Perciò quando la copertura di un terreno, che protegge la superficie di esso, viene rimossa, la suscettibilità all'erosione aumenta velocemente. Una corretta pianificazione e uso di misure di prevenzione dell'erosione possono ridurre l'impatto dell'accelerazione erosiva causata dallo sviluppo del territorio.

All'interno del presente documento vengono riportati i risultati del calcolo per la protezione della scarpata, in particolare è stata analizzata la condizione più gravosa con lunghezza orizzontale del pendio pari a 39 m e inclinazione di 29°. Il calcolo è stato condotto utilizzando il software ECoMac R, sviluppato da Officine Maccaferri S.p.A., per stimare la perdita di suolo per erosione pluviale. L'obiettivo del progetto è quantificare e ridurre l'erosione del suolo mediante l'installazione della geostuoia MacMat R1 005.

4.2. MODELLO DI RIFERIMENTO: RUSLE

Il modello utilizzato e implementato nel software è un modello di tipo empirico che consente la stima della perdita annua del suolo su un versante. Tale perdita è causata dall'erosione idrica e dal ruscellamento. A differenza di altri modelli, questo consente di valutare terreni anche morfologicamente complessi. La formula è la seguente:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

A= Perdita media di terreno stimata (t/m²);

R= fattore di erodibilità del suolo legato alle caratteristiche dell'evento di **precipitazione**;

K= Fattore di erodibilità del **suolo** (dipende dal tipo di suolo);

L= Fattore legato alla **lunghezza del pendio**;

S= Fattore legato alla **pendenza** della scarpata;

C= Fattore di copertura (Tipo e densità di vegetazione su un dato pendio). **Tale fattore viene utilizzato per definire l'effetto di vari materiali sui tassi di erosione.**

P= Fattore che tiene conto della preparazione del supporto per il test=1 (nell'ingegneria civile)

4.3 PARAMETRI DEL PROGETTO

- **Progetto:** Protezione antiersiva della scarpata per la discarica di Ozieri
- **Durata analisi:** 28/01/2025 – 23/09/2025
- **Area totale:** 30.000 m²
- **Fattore di erosività R:** rappresenta l'intensità erosiva della pioggia nella regione, e per il sito in studio ha un valore pari a 2.850,000 MJ·mm/(ha·h·yr). Tale fattore è strettamente legato alle modalità con cui il potenziale erosivo delle precipitazioni influenza il processo di erosione. L'azione erosiva delle gocce aumenta sia con l'intensità che con la durata della pioggia. Solo quando l'energia è combinata con l'intensità della pioggia si ottiene una buona stima del potenziale erosivo, generalmente indicato come EI (Energy-Intensity). La somma dei valori di EI per i singoli eventi di un anno, mediata su una serie storica di una certa consistenza (più di venti anni) rappresenta il fattore R. I valori sono differenti a seconda della regione e zona indagata.
- **Fattore di erodibilità K:** assunto pari a 0,004 Mg·ha·h/(ha·MJ·mm), esso dipende dalla tipologia del suolo (Figura 4) nel sito e dalla presenza o meno di materia organica.

Range Valori Fattore K proposti da ECoMac:

Terreno	Matrice organica < 2%	Matrice organica > 2%
Sabbia	0.004	0.001
Limo	0.057	0.079
Argilla	0.032	0.028

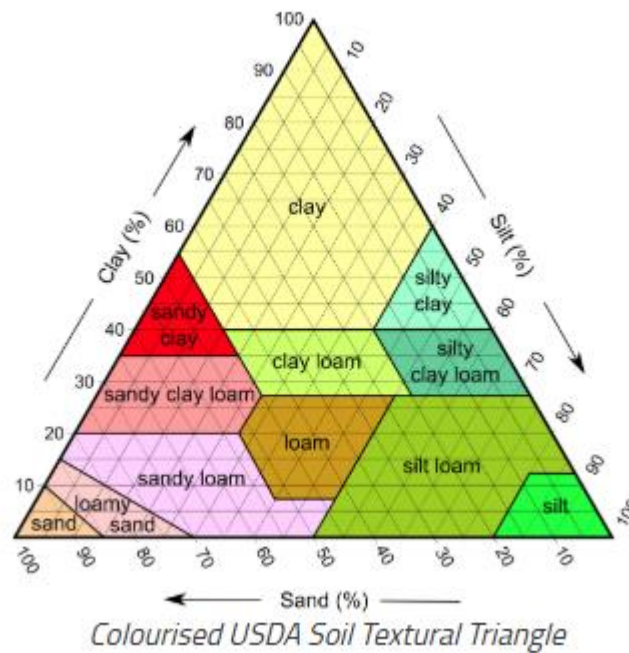


Figura 4- Distinzione delle terre sulla base delle percentuali di argilla, sabbia e limo

- **Fattori di lunghezza e pendenza LS:**
 - **Lunghezza della pendenza (λ)** = 39 m
 - **Angolo della pendenza** = 29°
 - **Fattore di lunghezza (L)** = 1,358
 - **Fattore di pendenza (S)** = 22,690
- **Il C Factor è definito come** fattore di copertura del suolo ed è utilizzato per valutare l'effetto della copertura vegetale e delle tecniche colturali sull'intensità dei processi erosivi. Esso indica come si distribuisce nel tempo la perdita potenziale di suolo.

Al fine di rendere maggiormente comprensibile il valore assunto dal fattore C, si riporta qui di seguito una scala di valori tipici del suolo:

C = 1 Terreno nudo

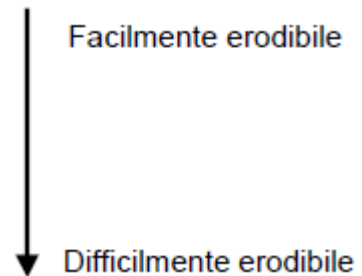
C = 0.39 Terreno arato

C = 0.16 Terreno con solchi

C = 0.01 Terreno coltivato

C = 0.005 Terreno erbaceo per pascolo

C = 0.0005 Foresta



A bassi valori del fattore C corrisponde un terreno difficilmente erodibile e quindi, in caso di utilizzo di geostuoia antierosiva, una protezione maggiore contro i fenomeni erosivi.

Fattore di copertura, pratica e gestione CPM: Sono stati calcolati due scenari:

- **Con MacMat R1 005:** fattore C = 0,0320, mentre i fattori P e M sono 1.
- **Senza protezione:** per il suolo nudo, il fattore C è pari a 1.

4.4 RISULTATI E CONCLUSIONI

L'utilizzo della geostuoia MACMAT R1 005 riduce significativamente l'erosione:

- **Perdita media di suolo:** 230,005 Mg/ha/anno.
- **Perdita totale di suolo per l'area analizzata:** 690,015 Mg/anno.
- **Suolo salvato = 96.8 %**

4.5 CARATTERISTICHE TECNICHE GEOSTUOIA ANTIEROSIVA:

Mediante il software, è stata valutata la protezione antierosiva della scarpata tramite la stuoia MACMAT R1 005. Trattasi di un geocomposito di rinforzo e aggrappo, ottenuto per estrusione di monofilamenti sintetici aggrovigliati e saldati nei punti di contatto impiegato per il rinforzo dello strato vegetale di copertura nei tratti in scarpata.

La geostuoia MACMAT R1 005 è una geostuoia rinforzata costituita da una matrice polimerica tridimensionale a forma casuale estrusa su una geogriglia estrusa in polipropilene. L'installazione della geostuoia MACMAT R1 005 consente di ridurre la perdita del suolo, garantendo maggior stabilità e protezione alla scarpata.

In allegato report di calcolo EcoMac.

4.6 STUDI E TEST ELABORATI DA OFFICINE MACCAFERRI

Nell'Agosto 2018 sono state svolte alcune campagne di indagini da parte di Maccaferri presso il laboratorio TRI Environmental che ha permesso di ottenere risultati riguardo la capacità della geostuoia antierosiva MacMat di ridurre l'azione erosiva delle piogge sulle scarpate in materiale sciolto.

In particolare, il Maccaferri Innovation Center (MIC) ha eseguito un programma di ricerca volto a ottenere i parametri progettuali applicabili per la progettazione in progetti di controllo dell'erosione sui pendii utilizzando e testando la famiglia di geostuoie MacMat. Il Fattore C del metodo RUSLE viene utilizzato per caratterizzare la prestazione di prodotti e sistemi posizionati sul pendio nel ridurre la quantità di perdita di suolo rispetto allo stesso pendio non protetto. Il Fattore C può essere ottenuto solo attraverso test di laboratorio e su scala reale; al momento l'unico standard disponibile per tali test è ASTM D6459 - Metodo di prova standard per la determinazione delle prestazioni della coperta di controllo dell'erosione (BCE) nella protezione dei pendii dall'erosione indotta dalle piogge. Tali test su vasta scala vengono eseguiti commercialmente da TRI Environmental (Austin, Texas, USA) nella loro struttura situata ad Anderson, South Carolina, USA. I primi test sono stati eseguiti dal TRI a luglio e ottobre 2018 (Figura 5)



Figura 5: test presso il laboratorio TRI

CAPITOLO 5- CONSIDERAZIONI SULL'EQUIVALENZA

Si ritiene che il confronto prestazionale GCD/ghiaia giustifichi la sostituzione dello strato drenante in ghiaia con un geocomposito drenante di prestazioni uguali o superiori a quelle ipotizzate. Tale confronto, infatti, mostra che il GCD ha capacità drenante superiore a quella dello strato di materiale naturale (ghiaia).

Il geocomposito drenante di progetto Macdrain MD W risulta idoneo alle applicazioni di progetto sia per la captazione del biogas che per la raccolta delle acque meteoriche.

Al termine del tratto di deflusso ammissibile delle acque meteoriche deve essere previsto un sistema di captazione tipo pannello drenante e/o tubo drenante di raccolta.

In particolar modo si sottolinea che la verifica sopra esposta è stata condotta facendo riferimento all'articolo 1.2.3 del 121/2020. *Lo strato (di captazione delle acque meteoriche) può essere sostituito da un geocomposito di drenaggio di caratteristiche prestazionali equivalenti, ovvero in grado di drenare nel suo piano la portata meteorica di progetto, valutata con un tempo **di ritorno pari ad almeno 30 anni**.*

I coefficienti riduttivi applicati per la determinazione delle Q di progetto sono ricavati da prove sperimentali sui materiali prodotti da Officine Maccaferri, l'utilizzo di prodotti

certificati prestazionalmente nel tempo è suggerito all'interno di progetti di rilevanza ambientale/geotecnica come quelli in discarica.

In assenza di tali valori risulta necessario fare riferimento a coefficienti cautelativi come da fig. 1.

Risulta inoltre importante l'equivalenza di bilancio ambientale che permette di asserire, numeri alla mano, che un GCD risulti molto meno impattante di uno strato di inerte naturale. Rif Certificazione EPD - ISO 14025 and EN 15804

Si è inoltre verificata la possibilità della sostituzione dello strato di Argilla con uno strato di GCL. Tale sostituzione garantisce i tempi di percorrenza richiesti dalla norma oltre a garantire una migliore stabilità del pendio in fase di chiusura della discarica.

La verifica dei tempi di attraversamento permette di ritenere ragionevole l'uso di tale soluzione tecnica.

Per quanto concerne il controllo dell'erosione, la geostuoia MACMAT R1 005 risulta idonea alla mitigazione di tale fenomeno. Inoltre consente di proteggere la scarpata garantendone maggior stabilità.

Si conferma pertanto la seguente stratigrafia del pacchetto di chiusura:

Parte in scarpata

Geostuoia antierosiva	MACMAT R1 005
Biostuoia	VIRESCO
Terreno vegetale	50 cm
Geocomposito di rinforzo	PARAGRID W 1700
Terreno	50 cm
Geocomposito di rinforzo	MACGRID T 400
Geocomposito di drenaggio	MACDRAIN W 1071
Geomembrana HDPE biruvida con ruvidità rivolta verso il geocomposito bentonitico	MACLINE RMH 150
Strato compattato Geocomposito bentonitico	MACLINE GCL W 35
Geocomposito di drenaggio biogas (con due geotessili)	MACDRAIN W 1071
Strato terreno di regolazione	20 cm

Parte in area suborizzontale

Terreno vegetale	100 cm
Strato drenante di materiale granulare di idonea trasmissività e permeabilità ($K > 10^{-5} \text{ m/s}$).	50 cm
Geomembrana HDPE biruvida	MACLINE RMH 150
Strato minerale compattato conduc. idraulica $k > 1 \times 10^{-8} \text{ m/s}$	50 cm
Strato di drenaggio del gas e di rottura capillare	50 cm
Strato terreno di regolazione	20 cm

CAPITOLO 6- CONCLUSIONI RICHIESTA DI VARIANTE

Si precisa che per quanto attiene i presidi ambientali, alla gestione del percolato, del biogas, delle acque meteoriche, della rete antincendio e della viabilità non saranno apportate modifiche rispetto all'attuale configurazione impiantistica.

In particolare:

- la rete di raccolta ed estrazione percolato non subirà variazioni,
- l'impianto di drenaggio e estrazione del biogas sarà adeguata alle nuove quote di abbancamento per quanto riguarda i pozzi mentre la rete di raccolta ed avvio a recupero del biogas nel motore non subirà nessuna variazione.
- non risulta necessario realizzare nuove infrastrutture stradali per raggiungere l'impianto anche con la nuova configurazione.

Per quanto su esposto e considerato:

- vista la CIRCOLARE N.1 *"PREVENZIONE E RIDUZIONE INTEGRATA DELL'INQUINAMENTO (IIPPC)"* che recita: "Per le attività appartenenti al punto 5.4 è modifica sostanziale qualsiasi aumento di volumetria dei rifiuti conferibili che comporti un incremento di superficie della discarica ovvero un aumento volumetrico senza incremento di superficie che consente lo smaltimento di un quantitativo superiore a 25.000 t.";
- considerati i tempi tecnico-burocratici per la conclusione dell'iter autorizzativo di nuovi volumi non compatibili con la vita attualmente residua della discarica;
- appurato che l'eventuale esaurimento dei volumi comporta l'interruzione di un pubblico servizio
- considerato che, sulla base del peso specifico dei rifiuti abbancati nelle scarpate oggetto della modifica del capping, 25.000 t occupano circa 29.000 m³ di volumetria netta, quantità compatibile con la attuale configurazione della discarica;
- valutato che i risultati della verifica di stabilità eseguita nei differenti casi ha messo in evidenza una buona stabilità del versante in condizioni statiche e sismiche in corrispondenza delle superfici di scorrimento verificate, che comprendono tutte le interfacce dei materiali utilizzati in accordo con le Norme Tecniche per le Costruzioni vigenti;

si ritiene pertanto che la Richiesta di variante all'A.I.A. N. 4 del 10/12/2014 e suo aggiornamento in data 04/07/2024 – relativa all'adeguamento dello strato di copertura superficiale secondo le modalità costruttive previste dal D.Lgs. n. 121/2020, con recupero di volumetria disponibile al conferimento di rifiuti urbani residui nel predetto secondo modulo non superiore a 25.000 t di rifiuti in ingresso, consente la continuità operativa della discarica nel rispetto della normativa vigente in materia di rifiuti e delle costruzioni in generale, salvaguardando al contempo il servizio pubblico e l'ambiente poiché non si rilevano, tra l'altro, impatti negativi aggiuntivi rispetto all'impianto tuttora in esercizio.

Nelle Tavole grafiche allegate alla presente sono riportate la planimetria e le sezioni significative di fine colmata, sia relative alla morfologia autorizzata che a quella in variante, da cui si evince che la modifica non comporta variazioni alla morfologia di fine colmata già autorizzata. Infine si precisa che il gestore provvederà all'adeguamento dei massimali garantiti nelle polizze fideiussorie in essere relative all'esercizio, post esercizio e chiusura del II Modulo di discarica.

ALLEGATI:

- TDS Materiali
- DDS
- Report ECoMac

BIBLIOGRAFIA

- Dlgs 121/2020
- Barber E.S. and Sawyer C.L. (1952) 'Highway Subdrainage', Proceedings Highway Research Board, 31.
- Calhoun C. (1972) 'Development of Design Criteria and Acceptance Specifications for Plastic Filter Cloths', US Army Waterway Experiment Station, Vicksburg, Miss.
- Cancelli, A., Rimoldi, P.(1989) "Design Criteria for Geosynthetics Drainage system in Waste Disposal". 2nd International Landfill symposium. Sardina '89
- Giroud J.P (1982), 'Filter Criteria for Geotextiles', Proceedings Second International Conference on Geotextiles, Las Vegas, Vol. 1 pp 103-108.
- Giroud, J.P., Zhao, A., and Bonaparte, R. (2000), "The Myth of Hydraulic Transmissivity Equivalency Between Geosynthetic and Granular Liquid Collection Layers", Geosynthetics International, Special Issue on Liquid Collection Systems, Vol. 7, Nos. 4-6, pp. 381-401.
- Giroud, J.P., Zhao, A.,and Richardson, G. N. (2000) 'Effect of thickness Reduction on Geosynthetic Hydraulic Transmissivity', Geosynthetics International vol.7.
- GRI – GC8 Standard (2001), Standard Guide for Determination of the Allowable Flow Rate of a Drainage Geocomposite, Geosynthetic Research Institute, PA.
- Hooghoudt, S.B. (1940), 'General consideration of the problem of field drainage by parallel drains, ditches, watercourses, and channels'. Publ. No.7 in the series Contribution to the knowledge of some physical parameters of the soil (titles translated from Dutch). Bodemkundig Instituut, Groningen, The Netherlands
- Koerner, Robert M. (1998), 'Designing with Geosynthetics' (4th Edition), Prentice Hall, USA
- Lawson C.R. (1982), 'Geotextile Requirements for Erosion Control Structures', Proceedings Symposium on Recent Developments in Ground Improvement Techniques, Asian Institute of Technology, Thailand, pp 177-192
- Lawson C.R. (1986), 'Geotextile Filter Criteria For Tropical Residual Soils', Proceedings Third International Conference on Geotextiles, Vienna, Vol. 2, pp 557-562.
- Mansur C.E. and Kaufman R.E. (1962), 'Dewatering', in 'Foundation Engineering' , Edited by G.A. Leonards, McGraw-Hill.
- McClelland B. (1943), 'Large Scale Model Studies of Highway Subdrainage', Proceedings Highway Research Board, 23
- McKeand E. (1977), 'The Behaviour of Non Woven Fabric Filters in Subdrainage Applications', Proceedings International Conference on the Use of Fabrics in Geotechnics, Paris, Vol. 2, pp 171-176.
- Ogink H.J.M. (1975), 'Investigations on the Hydraulic Characteristics of Synthetic Fabrics', Delft Hydraulics Laboratory, Publication No. 146.
- Schober W. and Teindl H. (1979), 'Filter - Criteria for Geotextiles'. Proceedings Seventh European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Brighton, Vol. 2, pp 121-129.
- Van Beers J.C (1979), 'Some Nomographs for the calculation of drain spacings'. International Institute for Land Reclamation and Improvement/ILRI.

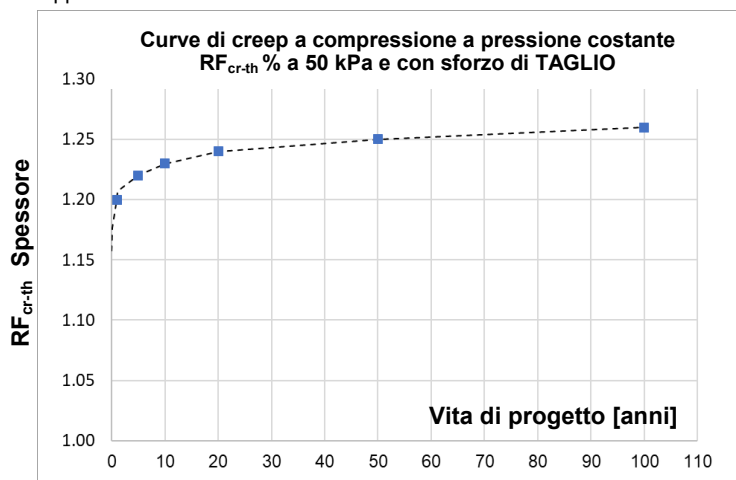
MACDRAIN W 1041-1051-1061-1071[®]

GEOCOMPOSITI DRENANTI

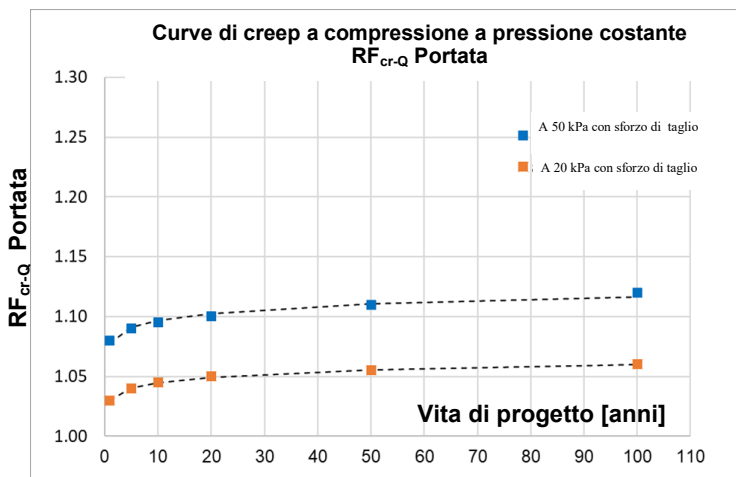
Prestazioni al creep per compressione del MacDrain® W (1041-1051-1061-1071) con applicazione di uno sforzo di taglio

I geocompositi MacDrain® sono realizzati con polimeri sintetici, pertanto il comportamento al creep per compressione può influenzare significativamente le loro prestazioni drenanti a lungo termine a causa della variazione dello spessore per effetto di carichi costanti. Le informazioni riportate in questo documento si basano su prove eseguite con carichi di compressione normali di 50, 100 e 200 kPa, utilizzando the Stepped Isothermal Method (SIM) of time-temperature superposition (TTS) compressive creep tests, e Compressive creep tests convenzionali a temperatura ambiente. Le prove sono state eseguite secondo la norma ASTM D7361-07 (2012), *Accelerated Compressive Creep of Geosynthetic Materials Based on Time-Temperature Superposition Using the Stepped Isothermal Method* e la norma ISO 25619-1:2008, *Geosynthetics - Determination of Compressive behavior - Part 1: Compressive Creep Properties*.

Fattore di riduzione dello spessore del nucleo del geocomposito in funzione della vita di progetto (a 50kPa con sforzo di taglio applicato) da applicare al valore iniziale.



Curve isocrone di RF_{cr-Q} in funzione della pressione applicata (con sforzo di taglio applicato).



Per tutte le applicazioni, la portata disponibile dei geocompositi deve essere ottenuta applicando una serie di fattori di riduzione che tengano conto di tutti i fenomeni che possono diminuire la portata nell'arco dell'intera vita di progetto rispetto alla portata a breve termine misurata nei test EN ISO 12958:2010 o ASTM D4716-08 (2013):

$$Q_a = \frac{Q_L \cdot F_{lr}}{RF_{in} \cdot RF_{cr-Q} \cdot RF_{cc} \cdot RF_{bc}}$$

- Q_a = portata disponibile a lungo termine per il geocomposito;
 Q_L = portata a breve termine ottenuta da test di laboratorio;
 RF_{in} = Fattore di riduzione per l'intrusione del geotessile nell'anima drenante;
 RF_{cr-Q} = Fattore di riduzione per il creep a compressione del geocomposito;
 RF_{cc} = Fattore di riduzione per l'intasamento chimico del nucleo drenante;
 RF_{bc} = Fattore di riduzione per l'intasamento biologico del nucleo drenante;
 F_{lr} = Fattore empirico da applicare quando sono disponibili i risultati delle prove per la QL per condizioni di contatto diverse da quelle di progetto

RF _{cr-Q}	Gradiente i=0.25 (inclinazione del pendio≈15°)	
	20 kPa con Taglio	50 kPa con Taglio
1 anno	1.030	1.080
5 anni	1.040	1.090
20 anni	1.050	1.100
50 anni	1.055	1.110
≥ 100 anni	1.060	1.120

RF _{in}	i valori possono variare a seconda del tipo di geotessile utilizzato, del carico applicato e dei contatti nelle condizioni di prova (R/R, R/S, S/S).	1.0 - 1.5
RF _{cc}	Si suggeriscono valori più elevati per acque con elevato contenuto di materiali incrostanti.	1.0 - 1.3
RF _{bc}	valori più elevati sono suggeriti per il percolato, acque reflue, fluidi biologici	1.0 - 1.3

F _{lr} per tutti i tipi di MacDrain	Tipi di contatto usati nelle prove di portata		
Tipo di contatto	Rigido / Rigido	Rigido / Morbido	Morbido / Morbido
Rigido / Rigido	1.0	1.5 - 2.5	2.0 - 4.0
Rigido / Morbido	0.5 - 0.7	1.0	1.2 - 2.0
Morbido / Morbido	0.3 - 0.5	0.4 - 0.6	1.0

Per il processo di ottimizzazione e miglioramento delle caratteristiche tecniche dei prodotti, il produttore si riserva il diritto di modificare le caratteristiche standard del prodotto senza alcun preavviso. Le informazioni contenute nel presente documento sono, per quanto a nostra conoscenza, accurate, ma poiché le circostanze e le condizioni in cui possono essere utilizzate sono al di fuori del nostro controllo, non ci assumiamo alcuna responsabilità per eventuali perdite o danni, comunque derivanti, direttamente o indirettamente dall'uso di tali informazioni, né offriamo alcuna garanzia o immunità contro la violazione di brevetti.

Officine Maccaferri Italia S.r.l.

Via JF Kennedy, 10 - 40069 Zola Predosa (BO) Italy

E-mail: info@it.maccaferri.com - Web site: www.maccaferri.com/it

Azienda con Sistema Qualità Certificato
da Bureau Veritas con accreditamento Accredia e Ukas

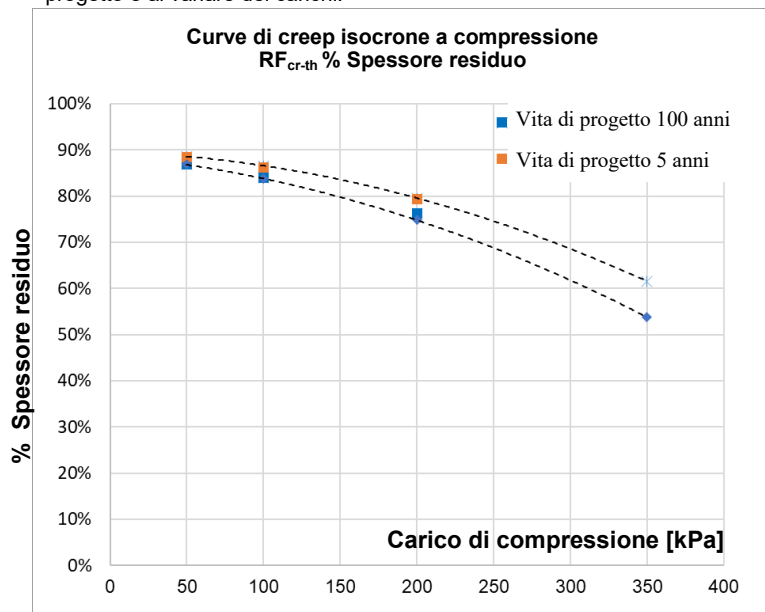
MACDRAIN W 1081-1091-1101[®]

GEOCOMPOSITI DRENANTI

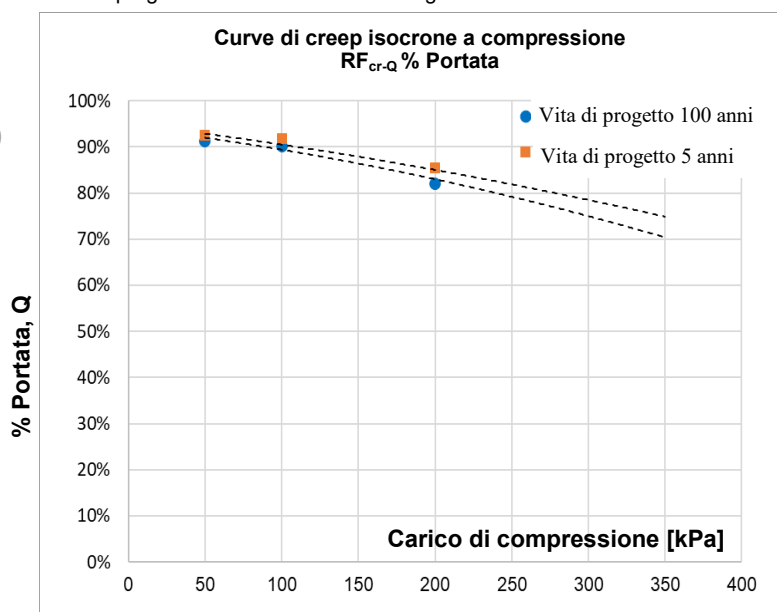
Prestazioni al creep per compressione del MacDrain[®] W (1081-1091-1101)

I geocompositi MacDrain[®] sono costituiti da polimeri sintetici, pertanto il comportamento al creep per compressione può influenzare significativamente le loro prestazioni drenanti a lungo termine a causa della variazione dello spessore per effetto di carichi costanti. Le informazioni riportate in questo documento si basano su prove eseguite con carichi di compressione normali di 50, 100 e 200 kPa, utilizzando the Stepped Isothermal Method (SIM) of time-temperature superposition (TTS) compressive creep tests, e *Compressive creep tests* convenzionali a temperatura ambiente. Le prove sono state eseguite secondo la norma ASTM D7361-07 (2012), *Accelerated Compressive Creep of Geosynthetic Materials Based on Time-Temperature Superposition Using the Stepped Isothermal Method* and the ISO 25619-1:2008, *Geosynthetics - Determination of Compressive behavior - Part 1: Compressive Creep Properties*.

Curve di creep isocrone a compressione al variare dello spessore dell'anima (in percentuale rispetto a quello iniziale) in funzione della vita di progetto e al variare dei carichi.



Curve di creep isocrone a compressione della portata in funzione della vita di progetto e al variare dei carichi agenti.



Per il processo di ottimizzazione e miglioramento delle caratteristiche tecniche dei prodotti, il produttore si riserva il diritto di modificare le caratteristiche standard del prodotto senza alcun preavviso. Le informazioni contenute nel presente documento sono, per quanto a nostra conoscenza, accurate, ma poiché le circostanze e le condizioni in cui possono essere utilizzate sono al di fuori del nostro controllo, non ci assumiamo alcuna responsabilità per eventuali perdite o danni, comunque derivanti, direttamente o indirettamente dall'uso di tali informazioni, né offriamo alcuna garanzia o immunità contro la violazione di brevetti.

Per tutte le applicazioni, la portata disponibile dei geocompositi deve essere ottenuta applicando una serie di fattori di riduzione che tengano conto di tutti i fenomeni che possono diminuire la portata per l'intera durata di progetto rispetto alla portata a breve termine misurata nelle prove EN ISO 12958:2010 o ASTM D4716-08 (2013) secondo i criteri stabiliti in ASTM D7931-18, "Standard Guide for Specifying Drainage Composite" and in ISO TR18228, "Designing with geosynthetics - Part4: Drainage":

$$Q_a = \frac{Q_L \cdot F_{lr}}{RF_{in} \cdot RF_{cr-Q} \cdot RF_{cc} \cdot RF_{bc}}$$

Q_a = portata disponibile a lungo termine per il geocomposito;
Q_L = portata a breve termine ottenuta da test di laboratorio;
RF_{in} = Fattore di riduzione per l'intrusione del geotessile nell'anima drenante;
RF_{cr-Q} = Fattore di riduzione per il creep a compressione del geocomposito;
RF_{cc} = Fattore di riduzione per l'intasamento chimico del nucleo drenante;
RF_{bc} = Fattore di riduzione per l'intasamento biologico del nucleo drenante;
F_{lr} = Fattore empirico da applicare quando sono disponibili i risultati delle prove per la Q_L per condizioni di contatto diverse da quelle di progetto

RF _{cr-Q}	50 kPa 1,040 psf	100 kPa 2,090 psf	200 kPa 4,170 psf
1 anno	1.070	1.080	1.150
5 anni	1.080	1.090	1.170
20 anni	1.085	1.100	1.190
50 anni	1.090	1.105	1.210
≥ 100 anni	1.095	1.110	1.220

RF _{in}	i valori possono variare a seconda del tipo di geotessile utilizzato, del carico applicato e dei contatti nelle condizioni di prova (R/R, R/S, S/S).	1.0 - 1.5
RF _{cc}	Si suggeriscono valori più elevati per acque con elevato contenuto di materiali incrostanti.	1.0 - 1.3
RF _{bc}	valori più elevati sono suggeriti per il percolato, acque reflue, fluidi biologici	1.0 - 1.3

F _{lr} per tutti i tipi di MacDrain	Tipi di contatto usati nelle prove di portata		
Tipo di contatto	Rigido / Rigido	Rigido / Morbido	Morbido / Morbido
Rigido / Rigido	1.0	1.5 - 2.5	2.0 - 4.0
Rigido / Morbido	0.5 - 0.7	1.0	1.2 - 2.0
Morbido / Morbido	0.3 - 0.5	0.4 - 0.6	1.0

Officine Maccaferri Italia S.r.l.

Via JF Kennedy, 10 - 40069 Zola Predosa (BO) Italy

E-mail: info@it.maccaferri.com - Web site: www.maccaferri.com/it

Azienda con Sistema Qualità Certificato
da Bureau Veritas con accreditamento Accredia e Ukas.

VIRESCO® Sator



Fornitura e posa di biotessile di sole fibre cellulosiche totalmente naturale, biodegradabile al 100%, di colore verde, di peso non superiore a 250 g/mq e spessore non superiore a 4 mm, preseminato con sementi di specie erbacee di alta qualità, fertilizzanti granulari per nuovi insediamenti e ammendanti, senza l'ausilio di collanti, reti, fibre o film sintetici, per la realizzazione di tappeti erbosi ed il controllo dell'erosione di scarpate e sponde. I teli saranno fissati con picchetti in acciaio zincato TL-P1, Ø=4mm sagomati "a ricciolo", profondità utile di ancoraggio di 20 cm e resistenza al "pull-out" superiore a 39 kg su terreni vegetali.

Biotessile naturale in fibre cellulosiche preseminato	Unità	Valori		Rif. Norma
Massa areica	gr/mq	240		UNI EN ISO 9864
Dimensione rotoli	mq	150	100	UNI EN ISO 10320
Lunghezza rotoli	m	2,16	1,08	UNI EN ISO 10320
Larghezza rotoli	m	69,45	92,6	UNI EN ISO 10320
Colore		Verde		
Spessore	mm	3,00		UNI EN ISO 9863
Spessore a 20 kPa	mm	1,00		UNI EN ISO 9863
Resistenza a trazione longitudinale MD	kN/m	0,98		UNI EN ISO 10319
Resistenza a trazione trasversale CMD	kN/m	0,60		UNI EN ISO 10319
Allungamento a rottura longitudinale	%	43		UNI EN ISO 10319
Allungamento a rottura trasversale	%	125		UNI EN ISO 10319
Materiali accessori	Fertilizzanti, ammendanti, idro - retentori			
Imballo	Nylon resistente			
Biodegradazione	Circa 4-5 mesi a seconda delle condizioni ambientali			
Valori ottenuti dalla media dei risultati con un livello di confidenza del 95%.				
MD: direzione longitudinale - CMD: direzione trasversale				



MODALITA' DI CONSERVAZIONE

VIRESCO, reso in rotoli, deve essere movimentato facendo attenzione a non danneggiare l'imballo. Deve essere conservato in luogo asciutto, protetto dall'esposizione ai raggi solari, lontano da materiali infiammabili e fonti di calore. **VIRESCO**, conservato all'asciutto all'interno del nylon d'imballaggio, ha una durata di circa due anni.

Istruzioni d'uso di Viresco® Sator per il controllo dell'erosione

Il seme è un materiale vivo. La sua crescita dipende da vari fattori tra cui il clima, l'irrigazione, il terreno. Si consiglia di posare *VIRESCO* con una temperatura stabilmente superiore a 5° C e inferiore a 30° C. Si prega di seguire le seguenti istruzioni. I componenti utilizzati sono di prima qualità ma non è possibile garantire un buon risultato in caso di avverse condizioni climatiche, errori nell'utilizzo o inerbimenti di situazioni critiche.

- Eliminare pietre, sassi e la vegetazione preesistente dalla radice, rivoltare i primi 10 cm di superficie, sbriciolare la struttura grossa e livellare.
- Stendere *VIRESCO* senza allungarlo, facendolo **aderire al terreno** grazie all'acqua d'irrigazione e fissarlo con picchetti ad una distanza variabile in funzione dell'inclinazione e del tipo di terreno. Mediamente 1 picchetto per m².
- Sulle scarpate e i pendii fissare *VIRESCO* sulla sommità ancorandolo eventualmente in una piccola trincea, di qualche centimetro di profondità, scavata a circa mezzo metro oltre il ciglio della scarpata.
- Nelle pose longitudinali al pendio (dall'alto in basso), affiancare le strisce sormontandole 2 cm. Nelle pose trasversali al pendio (in orizzontale) sormontare la striscia superiore sopra quella inferiore per 5 cm; la disposizione sarà in forma di tegola (rotolo in alto sopra quello in basso); nelle pose trasversali in corsi d'acqua, sovrapporre il rotolo a monte su quello a valle per 10 cm in direzione del flusso.
- **Irrigare** quotidianamente fino al completo insediamento del manto erboso, con una frequenza maggiore per le superfici molto inclinate. Nell'impossibilità d'irrigare quotidianamente è consigliabile ricoprire *VIRESCO* con circa 3 mm di terriccio sterile o sabbia e bagnare ogni 2/3 giorni.
- Se si opera su substrati scadenti riportare 30 cm di terreno vegetale fertile prima di posare *VIRESCO*. In caso di scarpata inclinata, dovrà essere verificata la stabilità della stessa e del terreno di riporto.
- Nelle terre rinforzate, una volta posizionati casseri e geogriglie, stendere *VIRESCO* dietro al cassero, creando un risvolto di 15 cm sul fondo e in sommità. Installare i tiranti di ancoraggio bucando il biotessile. Posare a ridosso del cassero almeno 20 cm di terreno vegetale fertile e compattare leggermente.
- *VIRESCO* **può essere posato su entrambi i lati** e si può modellare facilmente con delle semplici forbici.
- Il primo taglio può essere effettuato quando il prato ha raggiunto un'altezza di 15 cm.



Picchetti
TL-P1



Tutte le informazioni fornite sono date in buona fede sulla base della nostra esperienza; in ogni modo nessuna responsabilità per un errato utilizzo progettuale delle stesse potrà essere imputata al produttore o ai suoi distributori.

MACDRAIN® W 1071

GEOCOMPOSITO DRENANTE

Geocomposito per drenaggio planare ottenuto da accoppiamento per termosaldatura continua di anima drenante in monofilamenti polimerici estrusi (GMA), sagomata secondo un profilo a "W" a canali paralleli, a due strati in geotessile (GTX) avente funzione di separazione, filtrazione e protezione.

MacDrain®			W 1071
Geocomposito (GCO)			
Spessore a 2 kPa ^(1,3)	EN ISO 9863-1	mm	6.9 (+/- 10%)
Spessore a 20 kPa ^(1,3)	EN ISO 9863-1	mm	-
Massa areica ^(1,3)	EN ISO 9864	g/m ²	720 (+/- 10%)
Resistenza trazione - MD ^(2,4)	EN ISO 10319	kN/m	20.0 (- 6.0)
Capacità drenante nel piano- MD ^(1,2,4,5)	EN ISO 12958	l/m/s	Vedere tabella sotto (+/- 25%)

		Proprietà a breve termine			Dopo 20 anni ⁽⁵⁾ Dopo 100anni ⁽⁵⁾	
		Gradiente =	0.03	0.1	1.0	1.0
Contatto morbido/morbido ⁽⁴⁾	20 kPa	-	-	2.24 ⁽²⁾	-	-
Contatto rigido/morbido ^(1,4)	20 kPa	0.36	0.56	2.44	-	-
	100 kPa	0.21	0.48	1.77	1.56	1.54
	200 kPa	0.18	0.34	1.56	1.18	0.99

Filtri esterni (GTX-N)

Struttura: Geotessile nontessuto

Materia prima: poliolefina stabilizzata UV

Massa areica ^(1,3)	EN ISO 9864	g/m ²	120 (+/- 17%)
Spessore a 2 kPa ^(1,3)	EN ISO 9863-1	mm	0.70 (+/- 29%)
Resistenza a trazione - MD & CMD ^(1,4)	EN ISO 10319	kN/m	10.6 (- 3.6)
Resistenza a punzonamento statico ^(1,4)	EN ISO 12236	N	1600 (- 24%)
Resistenza a punzonamento dinamico ^(1,4)	EN ISO 13433	mm	26 (+ 22)
Flusso perpendicolare al piano ^(1,4)	EN ISO 11058	l/m ² /s	115 (+/- 40)
Apertura caratteristica O ₉₀ ^(1,4)	EN ISO 12956	μm	132 (+/- 77)

Anima Drenante (GMA)

Struttura: geostuoia tridimensionale con struttura a canali longitudinali paralleli composta da monofilamenti estrusi aggrovigliati

Materia prima: polipropilene, stabilizzato UV con carbon black

Massa areica ^(1,3)	EN ISO 9864	g/m ²	480 (+/- 6%)
-------------------------------	-------------	------------------	--------------

Proprietà di durabilità, ambientali e di sostenibilità

In terreno naturale con 4<ph<9 e temperatura del terreno <25°C per una vita d'esercizio minima di ⁽²⁾: 25anni, 50anni (tipo II), 100anni (tipo I)

Contenuto di SVHC ⁽⁶⁾	ISO 14025 EN 15804	%	≤ 0.1
Riscaldamento Globale (GWP _{100yrs}) ⁽⁶⁾		kg CO ₂ -Eq.	≤ 1.68E+00
Eutrofizzazione (EP) ⁽⁶⁾		kg Phosphate-Eq.	≤ 3.78E-04
Acidificazione (AP) ⁽⁶⁾		kg SO ₂ -Eq.	≤ 3.42E-03



- (1) valore informativo non riportato in DoP;
 (2) valore certificato riportato in DoP;
 (3) valore nominale; se non indicato, si ammette una tolleranza standard del 10%;
 (4) il valore caratteristico corrisponde al valore medio al netto della tolleranza e corrisponde al MARV al 95% del limite di confidenza
 (5) le proprietà a lungo termine riportate sono calcolate sulla base di test di creep a lungo termine eseguiti con carichi da 50 a 500 kPa utilizzando sia dei test di creep denominati Stepped Isothermal Method (SIM) of time-temperature superposition (TTS), sia dei test di creep isotermico convenzionale eseguiti a temperatura ambiente secondo ASTM D7361-07:2012 e ISO 25619-1:2008;
 (6) valori calcolati per metro quadrato di prodotto con riferimento ai valori riportati nel certificato EPD S-P-01470 rilasciato in conformità a EN15804+A1 e ISO14125 a Maccaferri con riferimento alla famiglia di prodotti MacDrain con validità fino al dicembre 2023.

A seconda dei requisiti di progetto, è possibile realizzare lunghezze e larghezze variabili in accordo col piano di produzione e la disponibilità dei macchinari; si prega di verificare le condizioni di stoccaggio con il reparto logistica. Prodotti speciali possono essere realizzati su richiesta per progetti specifici.

MD : direzione longitudinale
 CMD : direzione trasversale



Il produttore, per il proprio processo di ottimizzazione e miglioramento delle caratteristiche tecniche dei prodotti, si riserva la facoltà di modificare gli standard e le caratteristiche dei prodotti senza alcun preavviso. Tutte le informazioni fornite sono date in buona fede sulla base della nostra esperienza; in ogni modo nessuna responsabilità per un errato utilizzo progettuale delle stesse potrà essere imputata al produttore o ai suoi distributori.

Officine Maccaferri Italia S.r.l.

Via JF Kennedy 10, 40069 Zola Predosa (BO) - Italy
 T: (+39) 051 643 6000 F: (+39) 051 643 6201
 E: info@it.maccaferri.com www.maccaferri.com/it

Azienda con Sistema Qualità Certificato da Bureau Veritas con accreditamento ACCREDIA e UKAS

MacDrain® W 1071
GEOCOMPOSITO DRENANTE

Geocomposito per drenaggio planare ottenuto da accoppiamento per termosaldatura continua di anima drenante in monofilamenti polimerici estrusi (GMA), sagomata secondo un profilo a "W" a canali paralleli, a due strati in geotessile (GTX) avente funzione di separazione, filtrazione e protezione.

MacDrain®			W 1071
Geocomposito (GCO)			
Spessore a 2 kPa ^(1,3)	EN ISO 9863-1	mm	6.9 (+/- 10%)
Spessore a 20 kPa ^(1,3)	EN ISO 9863-1	mm	-
Massa areica ^(1,3)	EN ISO 9864	g/m ²	720 (+/- 10%)
Resistenza trazione - MD ^(2,4)	EN ISO 10319	kN/m	20 (- 6)
Capacità drenante nel piano- MD ^(1,2,4,5)	EN ISO 12958	l/m/s	Vedere tabella sotto (+/- 30%)

	Gradiente =	Proprietà a breve termine			Dopo 20 anni ⁽⁵⁾		Dopo 100anni
		0.03	0.1	1.0	1.0	1.0	
Contatto morbido/morbido ⁽⁴⁾	20 kPa	-	-	2.24	-	-	-
Contatto rigido/morbido ^(1,4)	20 kPa	0.36	0.56	2.44	-	-	-
	100 kPa	0.21	0.48	1.77	1.56	1.54	-
	200 kPa	0.18	0.34	1.56	1.18	0.99	-

Filtri Esterni (GTX-N)

Struttura: Geotessile nontessuto

Materia prima: poliolefina stabilizzata UV

Massa areica ^(1,3)	EN ISO 9864	g/m ²	120 (+/- 17%)
Spessore a 2 kPa ^(1,3)	EN ISO 9863-1	mm	0.70 (+/- 29%)
Resistenza a trazione - MD & CMD ^(1,4)	EN ISO 10319	kN/m	10.7 (- 3.7)
Resistenza a punzonamento statico ^(1,4)	EN ISO 12236	N	1600 (- 24%)
Resistenza a punzonamento dinamico ^(1,4)	EN ISO 13433	mm	26 (+ 22)
Flusso perpendicolare al piano ^(1,4)	EN ISO 11058	l/m ² /s	115 (+/- 40)
Apertura caratteristica O ₉₀ ^(1,4)	EN ISO 12956	µm	132 (+/- 77)

Anima Drenante (GMA)

Struttura: geostuoia tridimensionale con struttura a canali longitudinali paralleli composta da monofilamenti estrusi aggrovigliati

Materia prima: polipropilene, stabilizzato UV con carbon black

Massa areica ^(1,3)	EN ISO 9864	g/m ²	480 (+/- 6%)
Proprietà di durabilità, ambientali e di sostenibilità			
Contenuto di SVHC ⁽⁶⁾	ISO 14025 EN 15804	%	≤ 0.1
Riscaldamento Globale Potenziale (GWP _{100yrs}) ⁽⁶⁾		kg CO ₂ Eq.	≤ 1.73E+00
Acidification potential (AP) ⁽⁶⁾		mol H ⁺ Eq.	≤ 4.18E-03
Eutrophication Potential freshwater (EP-fr) ⁽⁶⁾		kg P Eq.	≤ 3.56E-06
Eutrophication Potential marine (EP-mar) ⁽⁶⁾		kg N Eq.	≤ 1.44E-03
Eutrophication Potential terrestrial (EP-ter) ⁽⁶⁾		mol N Eq.	≤ 1.55E-02
Durabilità	EN 13252	In terreno naturale con 4<ph<9 e temperatura del terreno <25° C per una vita d'esercizio minima di ⁽²⁾ : 25anni, 50anni (tipo II), 100anni (tipo I)	



- (1) valore informativo non riportato in DoP;
 (2) valore certificato riportato in DoP;
 (3) valore nominale; se non indicato, si ammette una tolleranza standard del 10%;
 (4) il valore caratteristico corrisponde al valore medio al netto della tolleranza e corrisponde al MARV al 95% del limite di confidenza
 (5) le proprietà a lungo termine riportate sono calcolate sulla base di test di creep a lungo termine eseguiti con carichi da 50 a 500 kPa utilizzando sia dei test di creep denominati Stepped Isothermal Method (SIM) of time-temperature superposition (TTS), sia dei test di creep isothermico convenzionale eseguiti a temperatura ambiente secondo ASTM D7361-07:2012 e ISO 25619-1:2008;
 (6) Valori riportati nel certificato EPD KIWA-EE-000377-EN emesso in conformità con EN15804+A2: 2019 e ISO14025 con validità fino ad aprile 2029. I valori riportati sono selezionati tra i 13 valori certificati obbligatori (EN 15804+A2:2019) e si riferiscono alla fase di produzione del prodotto A1-A3. Ulteriori indicatori di impatto ambientale e diverse fasi del prodotto valide per la valutazione del ciclo di vita sono riportati nel certificato EPD completo del prodotto.

A seconda dei requisiti di progetto, è possibile realizzare lunghezze e larghezze variabili in accordo col piano di produzione e la disponibilità dei macchinari; si prega di verificare le condizioni di stoccaggio con il reparto logistica. Prodotti speciali possono essere realizzati su richiesta per progetti specifici.

MD : direzione longitudinale
 CMD : direzione trasversale

ECO PLATFORM

EPD
VERIFIEDkiwa
Ecobility ExpertsLONG TERM
TESTED
COMPRESSION

*ulteriori dati relativamente alle prestazioni nel tempo disponibili su richiesta; rif DDS MacDrain W ultima revisione

Per il processo di ottimizzazione e miglioramento delle caratteristiche tecniche dei prodotti, il produttore si riserva il diritto di modificare gli standard e le caratteristiche del prodotto senza preavviso. Le informazioni contenute nel presente documento sono, per quanto a nostra conoscenza, accurate, ma poiché le circostanze e le condizioni in cui possono essere utilizzate sono al di fuori del nostro controllo, non accettiamo alcuna responsabilità per eventuali perdite o danni, comunque derivanti, che risultino direttamente o indirettamente dall'uso di tali informazioni, né offriamo alcuna garanzia o immunità contro la violazione di brevetti. Si richiede ai progettisti di verificare la validità delle specifiche che stanno utilizzando

Officine Maccaferri Italia S.r.l.

T: (+39) 051 643 6000

E: info@it.maccaferri.com

Web site: maccaferri.com

Maccaferri opera in base a rigorose procedure di controllo e gestione della qualità. Visitate il sito web della vostra filiale locale per conoscere i dettagli delle loro Certificazioni.

MACGRID® T 400

GEOGRIGLIE TESSUTE IN POLIESTERE ALTA TENACITA' AD ADERENZA MIGLIORATA

MacGrid® T è un geocomposito per applicazioni di rinforzo dei terreni ottenuto spruzzando sopra una geogriglia in poliestere ad alta tenacità rivestita con una protezione polimerica dei multifilamenti poliolefinici per ottenere un incremento delle sue prestazioni di aderenza ed una struttura tridimensionale. Il geocomposito ha prestazioni meccaniche e chimiche che sono durevoli nel tempo e risulta resistente all'aggressione sia di natura biologica che ambientale.

MacGrid® T			400	Note
Proprietà geostuoia				
Polimero			Poliolefine	
Massa aerica	EN ISO 9864	g/m ²	300	
Resistenza ai raggi UV			Stabilizzato	
Proprietà meccaniche				
Resistenza a trazione T _{max} - MD	EN ISO 10319	kN/m	410	
Tolleranza			- 10	
Allungamento massimo carico - MD	EN ISO 10319	%	10	
Tolleranza			± 3.5	
Resistenza a trazione T _{max} - CMD	EN ISO 10319	kN/m	30	
Tolleranza			- 10	
Allungamento massimo carico - CMD	EN ISO 10319	%	12	
Tolleranza			± 3	
Proprietà fisiche geogriglia				
Massa areica	EN ISO 9864	g/m ²	1100 (±110)	
Spessore a 2 kPa	EN ISO 9863-1	mm	6.0	
Apertura della maglia - MD x CMD		mm	20x20 - 25x25 - 35x35	
Larghezza rotolo		m	4.20 or 4.30	
Lunghezza rotolo		m	100	
Proprietà ambientali, sostenibilità e durabilità				
Contenuto di SVHC	ISO 14025 EN 15804	%	≤ 0.1	1
Global Warming Potential Total (GWP)		kg CO ₂ Eq.	≤ 3.14 E+00	
Acidification potential (AP)		mol H ⁺ Eq.	≤ 7.03 E-03	
Eutrophication Potential freshwater (EP-fr)		kg P Eq.	≤ 1.01 E-05	
Eutrophication Potential marine (EP-mar)		kg N Eq.	≤ 2.44 E-03	
Eutrophication Potential terrestrial (EP-ter)		mol N Eq.	≤ 2.66 E-02	
Durabilità	EN 12224 EN 12447	Durabilità minima di 100 anni in suolo naturale con 4<pH<9 e temperatura del suolo ≤25°C.		2



- (1) Valori riportati nel certificato EPD KIWA-EE-000379-EN rilasciato in conformità con EN15804+A2: 2019 e ISO14025, con validità fino ad aprile 2029. I valori riportati sono selezionati tra i 13 valori certificati obbligatori (EN 15804+A2:2019) e si riferiscono alla fase di prodotto A1-A3. Indicatori aggiuntivi di impatto ambientale e diverse fasi del prodotto valide per la valutazione del ciclo di vita sono riportati nel certificato EPD completo del prodotto.
- (2) Valore certificato riportato nella DOP. Prestazioni di durabilità secondo la norma armonizzata pertinente;

MD = direzione longitudinale
CMD = direzione trasversale

Prodotti speciali possono essere realizzati su richiesta per progetti specifici.

I rotoli del geocomposito devono essere immagazzinati in aree coperte e non lasciati esposti alla luce diretta del sole. I rotoli del geocomposito possono essere impilati fino a un'altezza massima di cinque rotoli.



Per il processo di ottimizzazione e miglioramento delle caratteristiche tecniche dei prodotti, il produttore si riserva il diritto di modificare gli standard e le caratteristiche del prodotto senza preavviso. Le informazioni contenute in questo documento sono accurate secondo la nostra migliore conoscenza, ma poiché le circostanze e le condizioni in cui potrebbero essere utilizzate sono al di fuori del nostro controllo, non ci assumiamo alcuna responsabilità per eventuali perdite o danni, diretti o indiretti, che possano derivare dall'uso di tali informazioni, né offriamo alcuna garanzia o immunità contro la violazione di brevetti. Si invita a verificare la validità delle specifiche per evitare errori progettuali, non imputabili al produttore o ai suoi distributori.

Officine Maccaferri Italia S.r.l.

T: (+39) 051 643 6000

E: info@it.maccaferri.com www.maccaferri.com/it

Società con Sistema di Qualità Certificato Bureau Veritas
con accreditamento ACCREDIA e UKAS

MACLINE® GCL W 35

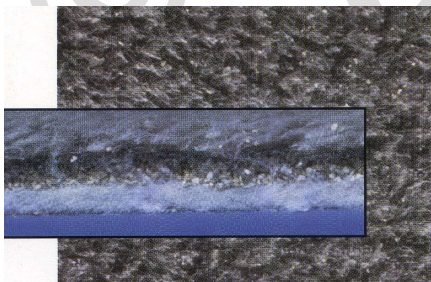
GEOCOMPOSITI BENTONITICI

I geocompositi bentonitici Macline GCL tipologie W consistono in uno strato di bentonite interposta tra due geotessili (uno del tipo non tessuto agugliato ed uno tessuto) in filamenti di polipropilene; i vari componenti sono tra loro agugliati così da raggiungere le massime prestazioni nelle più svariate e severe condizioni di impiego.

Questa struttura, fittamente agugliata, garantisce una notevole resistenza al taglio del geocomposito ed allo spellamento dei singoli strati, garantendo prestazioni idrauliche standard di bassa permeabilità su superfici anche ad elevata inclinazione.

MACLINE® GCL

			W 35	Note
Caratteristiche dei geotessili				
Strato di base			Geotessile non tessuto agugliato	
Strato superiore			Geotessile tessuto	
Polimero			Polipropilene	
Massa areica unitaria	EN ISO 9864	g/m ²	Strato di base 200 - Strato superiore 100	1
Caratteristiche della bentonite				
Tipologia			Bentonite di sodio	
Peso specifico		g/cm ³	2.60	
Punto di fusione		°C	1340	
Contenuto di montmorillonite		%	90 (-10)	2, 5
Assorbimento d'acqua	ASTM E946	%	> 650	
Capacità di rigonfiamento libera	ASTM D5890	ml/2g	≥ 24	
Perdita di flusso	ASTM D5891	ml	≤ 18	
Massa bentonite @12% umidità	EN 14196	g/m ²	6700	3
Caratteristiche del geocomposito (GBR-C)				
Massa areica unitaria	EN 14196	g/m ²	7000	1, 3
Spessore	EN ISO 9863-1	mm	8.0	1
Resistenza allo spellamento	ASTM D6496	N/10 cm	60	1, 5, 6
Permeabilità	EN 16416 ASTM D5887	m/s	1.3x10 ⁻¹¹ (+1.0x10 ⁻¹¹)	2, 5
Indice di flusso	EN 16416 ASTM D5887	m ³ /m ² s	≤ 6.0x10 ⁻⁹	
Resistenza a trazione (longitudinale)	EN ISO 10319	kN/m	12.0 (-2.5)	4
Allungamento (longitudinale)	EN ISO 10319	%	20 (-5; +10)	2
Resistenza al punzonamento (CBR)	EN ISO 12236	kN	2.2 (-0.1)	4
Larghezza dei rotoli		m	5.0 o 5.1	7



- 1) Valore nominale; è ammessa una tolleranza standard del 10%
- 2) Valore tipico
- 3) Valore nominale funzione del grado di umidità della bentonite fissato al 12% Il contenuto minimo di bentonite a secco (0% umidità) è fissata a 5400 g/m²
- 4) Valore MARV al 95% del limite di confidenza (valore medio meno la tolleranza)
- 5) Dato riportato a titolo informativo
- 6) Il valore riportato è relativo al valore di resistenza di picco; la resistenza media allo spellamento è pari a 400 N/m con una tolleranza ammessa del 10%.
- 7) Valore nominale, una tolleranza standard dell'1% è ammessa. La larghezza del rotolo può essere di 5.00m o 5.10m secondo le necessità di produzione e la disponibilità a stock. Si prega di verificare con la logistica.

L'imballaggio di protezione non deve essere rimosso fino a quando MACLINE® GCL non è pronto per essere installato; MACLINE® GCL deve essere coperto entro un giorno dopo l'installazione (EN 12224 - durabilità).

Il produttore, per il proprio processo di ottimizzazione e miglioramento delle caratteristiche tecniche dei prodotti, si riserva la facoltà di modificare gli standard e le caratteristiche dei prodotti senza alcun preavviso. Tutte le informazioni fornite sono date in buona fede sulla base della nostra esperienza e di analisi di laboratorio ma non costituiscono una garanzia prestazionale minima dei materiali. In ogni modo nessuna responsabilità per un errato utilizzo progettuale delle stesse potrà essere imputata al produttore o ai suoi distributori.

Officine Maccaferri Italia S.r.l.

Via JF Kennedy 10, 40069 Zola Predosa (BO) - Italy
T: (+39) 051 643 6000 F: (+39) 051 643 6201
E: info@it.maccaferri.com www.maccaferri.com/it

Azienda con Sistema Qualità Certificato
da Bureau Veritas con accreditamento Accredia e Ukas

MACLINE® GCL W 35

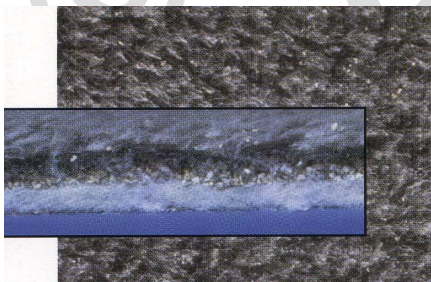
GEOCOMPOSITI BENTONITICI

I geocompositi bentonitici Macline GCL tipologie W consistono in uno strato di bentonite interposta tra due geotessili (uno del tipo non tessuto agugliato ed uno tessuto) in filamenti di polipropilene; i vari componenti sono tra loro agugliati così da raggiungere le massime prestazioni nelle più svariate e severe condizioni di impiego.

Questa struttura, fittamente agugliata, garantisce una notevole resistenza al taglio del geocomposito ed allo spellamento dei singoli strati, garantendo prestazioni idrauliche standard di bassa permeabilità su superfici anche ad elevata inclinazione.

MACLINE® GCL

			W 35	Note
Caratteristiche dei geotessili				
Strato di base			Geotessile non tessuto agugliato	
Strato superiore			Geotessile tessuto	
Polimero			Polipropilene	
Massa areica unitaria	EN ISO 9864	g/m ²	Strato di base 200 - Strato superiore 100	1
Caratteristiche della bentonite				
Tipologia			Bentonite di sodio	
Peso specifico		g/cm ³	2.60	
Punto di fusione		°C	1340	
Contenuto di montmorillonite		%	90 (-10)	2, 5
Assorbimento d'acqua	ASTM E946	%	> 650	
Capacità di rigonfiamento libera	ASTM D5890	ml/2g	≥ 24	
Perdita di flusso	ASTM D5891	ml	≤ 18	
Massa bentonite @12% umidità	EN 14196	g/m ²	6700	3
Caratteristiche del geocomposito (GBR-C)				
Massa areica unitaria	EN 14196	g/m ²	7000	1, 3
Spessore	EN ISO 9863-1	mm	8.0	1
Resistenza allo spellamento	ASTM D6496	N/10 cm	60	1, 5, 6
Permeabilità	EN 16416 ASTM D5887	m/s	1.3x10 ⁻¹¹ (+1.0x10 ⁻¹¹)	2, 5
Indice di flusso	EN 16416 ASTM D5887	m ³ /m ² s	≤ 6.0x10 ⁻⁹	
Resistenza a trazione (longitudinale)	EN ISO 10319	kN/m	12.0 (-2.5)	4
Allungamento (longitudinale)	EN ISO 10319	%	20 (-5; +10)	2
Resistenza al punzonamento (CBR)	EN ISO 12236	kN	2.2 (-0.1)	4
Larghezza dei rotoli		m	5.0 o 5.1	7



- 1) Valore nominale; è ammessa una tolleranza standard del 10%
- 2) Valore tipico
- 3) Valore nominale funzione del grado di umidità della bentonite fissato al 12% Il contenuto minimo di bentonite a secco (0% umidità) è fissata a 5400 g/m²
- 4) Valore MARV al 95% del limite di confidenza (valore medio meno la tolleranza)
- 5) Dato riportato a titolo informativo
- 6) Il valore riportato è relativo al valore di resistenza di picco; la resistenza media allo spellamento è pari a 400 N/m con una tolleranza ammessa del 10%.
- 7) Valore nominale, una tolleranza standard dell'1% è ammessa. La larghezza del rotolo può essere di 5.00m o 5.10m secondo le necessità di produzione e la disponibilità a stock. Si prega di verificare con la logistica.

L'imballaggio di protezione non deve essere rimosso fino a quando MACLINE® GCL non è pronto per essere installato; MACLINE® GCL deve essere coperto entro un giorno dopo l'installazione (EN 12224 - durabilità).

Il produttore, per il proprio processo di ottimizzazione e miglioramento delle caratteristiche tecniche dei prodotti, si riserva la facoltà di modificare gli standard e le caratteristiche dei prodotti senza alcun preavviso. Tutte le informazioni fornite sono date in buona fede sulla base della nostra esperienza e di analisi di laboratorio ma non costituiscono una garanzia prestazionale minima dei materiali. In ogni modo nessuna responsabilità per un errato utilizzo progettuale delle stesse potrà essere imputata al produttore o ai suoi distributori.

Officine Maccaferri Italia S.r.l.

T: (+39) 051 643 6000

E: info@it.maccaferri.com

www.maccaferri.com/it

Azienda con Sistema Qualità Certificato
da Bureau Veritas con accreditamento Accredia e Ukas

MACLINE[®] RMH & RDH

GEOMEMBRANA IN POLIETILENE AD ALTA DENSITA' (PEAD/HDPE)

MACLINE RMH & RDH sono geomembrane in polietilene ad alta densità con una o entrambe le superfici ad aderenza migliorata del tipo "sabbata" contenente almeno il 97% di polimero di polietilene bilanciato da meno del 3% di nero fumo, antiossidanti e stabilizzatori termici. Le geomembrane **MACLINE RDH** (entrambe le superfici ruvide) e **RMH** (una faccia ruvida) sono conformi alla norma UNI 11498/2013. La quantità di polimero spruzzato per ottenere la "sabbatura" può variare da 40 a 140 gr/m² su richiesta. Le geomembrane **MACLINE RMH & RDH** sono prodotte in conformità agli standard nazionali e internazionali secondo un rigoroso controllo di qualità certificato ISO 9001.

SUPERFICIE: LISCIA/RUVIDA & RUVIDA/RUVIDA CARATTERIZZAZIONE DELLA MATERIA PRIMA			
Proprietà	Unità	Metodo Test	Valore
Densità membrana (4)	g/cm ³	EN ISO 1183-1	>0.940
Indice di fluidità (4)	g/10min	EN ISO 1133 @190°C/5kg	≤ 3
Contenuto nero fumo (4)	%	EN ISO 11358 ASTM D4218	2.0 - 3.0
Dispersione nero fumo (4)	-	ISO 11420	< 3

DURABILITA'			
Resistenza agli agenti atmosferici; 3000h (1)	-	EN 12224	Riduzione del carico e dell'allungamento inferiore al 25% dei valori iniziali.
Resistenza all'ossidazione; 85°C & 90d (1)	-	EN 14575	
Resistenza ai microrganismi (4)		EN 12225	
Resistenza chimica (4)		EN 14415	
Resistenza al percolato (4)		EN 14414	come sopra con addizionale perdita di massa in misura inferiore al 25% della massa iniziale
Fessurazione da sollecitazione ambientale (1,2)	h	ASTM D5397 EN 14576	400 (>336)

COLORE: NERO		CODICE RAL: -	
PROPRIETA' FUNZIONALI			
Proprietà	Unità	Metodo Test	Valore
Flessibilità a freddo (4)	°C	EN 495-2	≤ -40
Stabilità dimensionale (4)	%	EN 1107-2	≤ 2
Coefficiente di dilatazione termica lineare (4)	mm/mm/°C	ASTM D696	<1.76x10 ⁻⁴
Permeabilità ai liquidi (1)	m³/m² x giorno	EN 14150	≤ 1x10 ⁻⁶
Permeabilità al gas (1)	mol/m² x giorno	ASTM D1434	≤ 4x10 ⁻³
Spessore asperità (2,4)	mm	-	0.25
Resistenza al fuoco	-	ISO 11925-2	E

1. I test indicati sono parte del mandato del certificato CE e sono riportate nelle DoP;
2. Valori nominali; per i valori minimi si rimanda alla normativa UNI 11498 cui il materiale è conforme o alla DoP relativa al materiale di interesse;
3. Valori testati riportati sul certificato emesso su ciascun rotolo all'atto della fornitura;
4. I test indicati non sono parte del mandato del certificato CE pertanto i valori relativi ai test indicati sono forniti a titolo informativo;
5. Tolleranza pari all'uno per cento (1%) della dimensione nominale dichiarata;
6. Tolleranza massima pari al 10%; valore tipico 6%.

PROPRIETA' FISICO MECCANICHE GEOMEMBRANA			MACLINE RMH & RDH				
Proprietà	unità	Metodo test	100	150	200	250	300
Spessore (2,3,4,6)	mm	EN 1849-2	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00
Ampiezza dei rotoli (4,5)	m	EN 1848-2	8.0 & 5.10				
Lunghezza dei rotoli (4,5)	m	EN 1848-2	variabile				
Proprietà meccaniche:							
• Resistenza allo snervamento (2,3,4)	N/mm ²	EN ISO 527-3 campioni 5 100 mm/min	17	17	17	17	17
• Resistenza allo snervamento (4)	N/mm		17	25	33	43	51
• Allungamento a snervamento (2,3,4)	%		11	11	11	11	11
• Resistenza a rottura (1,2,3)	N/mm ²		30	30	30	30	30
• Resistenza a rottura (1,2)	N/mm		30	45	60	75	90
• Allungamento a rottura (2,3)	%		750	750	750	750	750
Resistenza al punzonamento statico (1,2,3)	kN	EN ISO 12236	3.0	4.0	5.0	6.0	>6.0
Resistenza alla lacerazione (2,4)	N/mm	ISO 34-1	130	130	130	130	130
(4)	N		130	195	260	325	390

Il produttore, per il proprio processo di ottimizzazione e miglioramento delle caratteristiche tecniche dei prodotti, si riserva la facoltà di modificare gli standard e le caratteristiche dei prodotti senza alcun preavviso. Tutte le informazioni fornite sono date in buona fede sulla base della nostra esperienza; in ogni modo nessuna responsabilità per un errato utilizzo progettuale delle stesse potrà essere imputata al produttore o ai suoi distributori.

Officine Maccaferri Italia S.r.l.

Via JF Kennedy 10, 40069 Zola Predosa (BO) - Italy
T: (+39) 051 643 6000 F: (+39) 051 643 6201
E: info@it.maccaferri.com www.maccaferri.com/it

Maccaferri operates under strict quality assurance and management procedures. Please visit the website of your local subsidiary for details of their Certifications.

MACLINE[®] RMH & RDH

GEOMEMBRANA IN POLIETILENE AD ALTA DENSITA' (PEAD/HDPE)

MACLINE RMH & RDH sono geomembrane in polietilene ad alta densità con una o entrambe le superfici ad aderenza migliorata del tipo "sabbata" contenente almeno il 97% di polimero di polietilene bilanciato da meno del 3% di nero fumo, antiossidanti e stabilizzatori termici. Le geomembrane **MACLINE RDH** (entrambe le superfici ruvide) e **RMH** (una faccia ruvida) sono conformi alla norma UNI 11498/2013. La quantità di polimero spruzzato per ottenere la "sabbatura" può variare da 40 a 140 gr/m² su richiesta. Le geomembrane **MACLINE RMH & RDH** sono prodotte in conformità agli standard nazionali e internazionali secondo un rigoroso controllo di qualità certificato ISO 9001.

SUPERFICIE: LISCIA/RUVIDA & RUVIDA/RUVIDA CARATTERIZZAZIONE DELLA MATERIA PRIMA			
Proprietà	Unità	Metodo Test	Valore
Densità membrana (4)	g/cm ³	EN ISO 1183-1	>0.940
Indice di fluidità (4)	g/10min	EN ISO 1133 @190°C/5kg	≤ 3
Contenuto nero fumo (4)	%	EN ISO 11358 ASTM D4218	2.0 - 3.0
Dispersione nero fumo (4)	-	ISO 11420	< 3

DURABILITA'			
Resistenza agli agenti atmosferici; 3000h (1)	-	EN 12224	Riduzione del carico e dell'allungamento inferiore al 25% dei valori iniziali.
Resistenza all'ossidazione; 85°C & 90d (1)	-	EN 14575	
Resistenza ai microrganismi (4)		EN 12225	
Resistenza chimica (4)		EN 14415	
Resistenza al percolato (4)		EN 14414	come sopra con addizionale perdita di massa in misura inferiore al 25% della massa iniziale
Fessurazione da sollecitazione ambientale (1,2)	h	ASTM D5397 EN 14576	400 (>336)

COLORE: NERO		CODICE RAL: -	
PROPRIETA' FUNZIONALI			
Proprietà	Unità	Metodo Test	Valore
Flessibilità a freddo (4)	°C	EN 495-2	≤ -40
Stabilità dimensionale (4)	%	EN 1107-2	≤ 2
Coefficiente di dilatazione termica lineare (4)	mm/mm/°C	ASTM D696	<1.76x10 ⁻⁴
Permeabilità ai liquidi (1)	m³/m² x giorno	EN 14150	≤ 1x10 ⁻⁶
Permeabilità al gas (1)	mol/m² x giorno	ASTM D1434	≤ 4x10 ⁻³
Spessore asperità (2,4)	mm	-	0.25
Resistenza al fuoco	-	ISO 11925-2	E

1. I test indicati sono parte del mandato del certificato CE e sono riportate nelle DoP;
2. Valori nominali; per i valori minimi si rimanda alla normativa UNI 11498 cui il materiale è conforme o alla DoP relativa al materiale di interesse;
3. Valori testati riportati sul certificato emesso su ciascun rotolo all'atto della fornitura;
4. I test indicati non sono parte del mandato del certificato CE pertanto i valori relativi ai test indicati sono forniti a titolo informativo;
5. Tolleranza pari all'uno per cento (1%) della dimensione nominale dichiarata;
6. Tolleranza massima pari al 10%; valore tipico 6%.

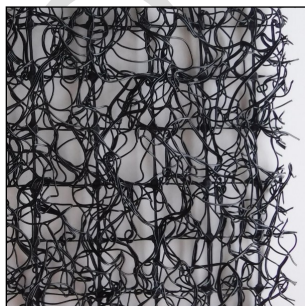
PROPRIETA' FISICO MECCANICHE GEOMEMBRANA			MACLINE RMH & RDH				
Proprietà	unità	Metodo test	100	150	200	250	300
Spessore (2,3,4,6)	mm	EN 1849-2	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00
Ampiezza dei rotoli (4,5)	m	EN 1848-2	8.0 & 5.10				
Lunghezza dei rotoli (4,5)	m	EN 1848-2	variabile				
Proprietà meccaniche:							
• Resistenza allo snervamento (2,3,4) (4)	N/mm ²	EN ISO 527-3 campioni 5 100 mm/min	17 (>14)	17 (>14)	17 (>14)	17 (>14)	17 (>14)
• Allungamento a snervamento (2,3,4)	N/mm		17 (>14)	25 (>21)	33 (>28)	43 (>35)	51 (>42)
• Resistenza a rottura (1,2,3) (1,2)	%		11	11	11	11	11
• Allungamento a rottura (2,3)	N/mm ²		30 (>24)	30 (>24)	30 (>24)	30 (>24)	30 (>24)
	N/mm		30 (>24)	45 (>36)	60 (>48)	75 (>60)	90 (>72)
	%		750 (600)	750 (600)	750 (600)	750 (600)	750 (600)
Resistenza al punzonamento statico (1,2,3)	kN	EN ISO 12236	3.0 (2.0)	4.0 (3.0)	5.0 (4.0)	6.0 (5.0)	> 6.0 (5.0)
Resistenza alla lacerazione (2,4) (4)	N/mm	ISO 34-1	130	130	130	130	130
	N		130	195	260	325	390

Il produttore, per il proprio processo di ottimizzazione e miglioramento delle caratteristiche tecniche dei prodotti, si riserva la facoltà di modificare gli standard e le caratteristiche dei prodotti senza alcun preavviso. Tutte le informazioni fornite sono date in buona fede sulla base della nostra esperienza; in ogni modo nessuna responsabilità per un errato utilizzo progettuale delle stesse potrà essere imputata al produttore o ai suoi distributori.

MACMAT® R1 005
GEOSTUOIA RINFORZATA POLIMERICA

Il MacMat® R1 005 è una geostuoia rinforzata costituita da una matrice polimerica tridimensionale a forma casuale estrusa su una geogriglia estrusa in polipropilene.

MacMat® R			R1 005
Proprietà della geostuoia			
Polimero			Polipropilene
Massa areica ⁽¹⁾	EN ISO 9864	g/m ²	400 (± 30)
Punto di fusione ⁽²⁾	ISO 11357-3	°C	160
Densità ⁽²⁾	ISO 1183	kg/m ³	900
Resistenza ai raggi UV ⁽³⁾			Stabilizzato
Proprietà del rinforzo			
Tipo			Geogriglia estrusa in polipropilene
Resistenza a trazione longitudinale/trasversale T _{ch} ^(4,5)	EN ISO 10319	kN/m	5.5 (- 1.0) / 5.5 (- 1.0)
Allungamento longitudinale alla T _{ch} ⁽⁶⁾	EN ISO 10319	%	12 / 10
Apertura longitudinale della maglia ⁽¹⁾		mm	30 (± 10)
Apertura longitudinale della maglia ⁽¹⁾		mm	30 (± 10)
Proprietà fisiche del geocomposito			
Massa areica ⁽¹⁾	EN ISO 9864	g/m ²	460 (± 40)
Indice dei vuoti ⁽¹⁾		%	> 90
Spessore a 2 kPa ⁽⁷⁾	EN ISO 9863-1	mm	15 (± 2)
Larghezza del rotolo ⁽⁸⁾		m	4.00
Lunghezza del rotolo ⁽⁸⁾		m	40
Proprietà di controllo dell'erosione del geocomposito			
Penetrazione della luce (passante)	ASTM D6567	%	35 - 45
Copertura del suolo		%	55 - 65
Fattore C (cover management factor) ⁽⁸⁾ : - intensità di pioggia i = 50 mm/h - intensità di pioggia i = 100 mm/h - intensità di pioggia i = 150 mm/h	ASTM D6459		≤ 0.0155 ≤ 0.032 ≤ 0.043
Proprietà ambientali, di sostenibilità e di durabilità			
Contenuto di SVHC ⁽⁹⁾	ISO 14025 EN 15804	%	≤ 0.1
Global Warming Potential Total (GWP) ⁽⁹⁾		kg CO ₂ Eq.	≤ 1.20E+00
Potenziale di Acidificazione (AP) ⁽⁹⁾		mol H ⁺ Eq.	≤ 2.91E-03
Eutrophication Potential freshwater (EP-fr) ⁽⁹⁾		kg P Eq.	≤ 3.21E-06
Eutrophication Potential marine (EP-mar) ⁽⁹⁾		kg N Eq.	≤ 1.03E-03
Eutrophication Potential terrestrial (EP-ter) ⁽⁹⁾		mol N Eq.	≤ 1.12E-02
Durabilità	Annex B - hEN	Può essere esposto fino a 28 giorni in un terreno naturale con 4<pH<9 e temperatura del suolo <25°C per una durata minima di 25 anni.	



- (1) Valori nominali, è ammessa una tolleranza standard del 10% dove non ne è indicata una specifica;
(2) Valori informativi forniti al meglio delle nostre conoscenze;
(3) Per informazioni dettagliate riferirsi alle informazioni di Durabilità e ai dati riportati nelle DoP;
(4) Le prestazioni meccaniche riportate sono quelle del rinforzo del geocomposito prima dell'accoppiamento, che non dovrebbe alterare tali proprietà di base. Particolare attenzione dovrà essere fatta durante i test per verificare che il geocomposito sia perfettamente nte ammorso per evitare fenomeni di danneggiamento o scorrimento dello stesso ed adeguatamente pre-tensionato per "recuperare" eventuali deformazioni geometriche del rinforzo che potrebbero essere avvenute durante il processo di accoppiamento.
(5) Prove a breve termine secondo EN ISO 10319:2015. I valori forniti corrispondono al valore medio minimo al limite di confidenza del 95% per stabilire la resistenza a trazione a breve termine caratteristica (T_{ch}) secondo EN 13251:2016 e calcolati come il valore medio della resistenza ultima sottratta la tolleranza;
(6) Valore tipico;
(7) Il valore riportato è quello tipico, tuttavia lo spessore del geocomposito può variare da 8 a 22 mm circa a seconda delle specifiche esigenze del progetto;
(8) Valori certificati da un CPESC (specialista professionale certificato per l'erosione del suolo e il controllo dei sedimenti) basato su rapporti di prova su larga scala 732 e 734 eseguiti secondo ASTM D4659 - Standard Test Method for Determination of Erosion Control Blanket (ECB) Performance in Protecting Hillslopes from Rainfall-Induced Erosion;
(9) Valori riportati nel certificato EPD KIWA-EE- 000379-EN rilasciato in conformità alle norme EN15804+A2: 2019 e ISO14025 con validità fino ad aprile 2029. I valori riportati sono selezionati tra i 13 valori obbligatori certificati (EN 15804+A2:2019) e riferiti alla Fase A1-A3 del prodotto. Ulteriori indicatori di impatto ambientale e i diversi stadi del prodotto necessari ai fini della valutazione del LCA sono riportati nel certificato EPD completo del prodotto.



Il produttore, per il proprio processo di ottimizzazione e miglioramento delle caratteristiche tecniche dei prodotti, si riserva la facoltà di modificare gli standard e le caratteristiche dei prodotti senza alcun preavviso.
Tutte le informazioni fornite sono date in buona fede sulla base della nostra esperienza; in ogni modo nessuna responsabilità per un errato utilizzo progettuale delle stesse potrà essere imputata al produttore o ai suoi distributori.
Si richiede ai tecnici di verificare la validità della specifica che stanno utilizzando.

Officine Maccaferri Italia S.r.l.

T: (+39) 051 643 6000 F: (+39) 051 643 6201

E: info@it.maccaferri.com

Web site: maccaferri.com

Maccaferri opera in base a rigorose procedure di controllo e gestione della qualità. Visitate il sito web della vostra filiale locale per conoscere i dettagli delle loro Certificazioni.

PARAGRID™ W 1700

GEOGRIGLIE CON ANIMA IN POLIESTERE AD ALTA TENACITÀ

Le geogriglie PARAGRID™ W sono strutture planari costituite da un'anima in poliestere ad alta tenacità protetta da un pesante rivestimento polimerico, realizzate in una nuova geometria per ottimizzare le prestazioni di adesione.

PARAGRID™			W1700	
Proprietà Meccaniche				
Resistenza a trazione - (longitudinale)		kN/m	>150	1
Resistenza a trazione caratteristica T _{ch} - (longitudinale)	EN ISO 10319	kN/m	150	3
Allungamento alla T _{ch} - (longitudinale)		%	7.5	4
Modulo al 2% - (longitudinale)		kN/m	>1930	1
Modulo al 5% - (longitudinale)		kN/m	>1700	1
Resistenza a trazione - (trasversale)	EN ISO 10319	kN/m	20	2,3
Tolleranza - (trasversale)	EN ISO 10319	kN/m	-5	2,3
Proprietà Fisiche				
Polimero di rinforzo del nucleo (longitudinale)			Filamento PET ad alta resistenza	
Polimero di rivestimento			SBR	
Dimensione della maglia (apertura interna)		mm	60 x 30	5
Lunghezza rotolo		m	100	4
Larghezza rotolo		m	5.20	4

NOTE

1. Valore minimo;
2. Valore medio;
3. Test a breve termine in conformità alla norma EN ISO 10319:2015. La resistenza caratteristica a trazione a breve termine (T_{ch}) secondo la norma EN 13251 corrisponde al valore MARV al livello di confidenza del 95% ed è calcolata sottraendo la tolleranza dal valore medio;
4. Valore nominale;
5. Valore tipico, è ammessa una tolleranza standard del 10%.

Sono disponibili prodotti speciali su richiesta per progetti specifici.



Per il processo di ottimizzazione e miglioramento delle caratteristiche tecniche dei prodotti, il produttore si riserva il diritto di modificare gli standard e le caratteristiche del prodotto senza preavviso. Le informazioni contenute nel presente documento sono accurate secondo la nostra migliore conoscenza, ma poiché le circostanze e le condizioni in cui possono essere utilizzate sono al di fuori del nostro controllo, non accettiamo alcuna responsabilità per eventuali perdite o danni, comunque derivanti, che risultino direttamente o indirettamente dall'uso di tali informazioni, né offriamo alcuna garanzia o immunità contro la violazione di brevetti.

ParaGrid™ è un marchio registrato di Linear Composite Ltd.

Officine Maccaferri Italia S.r.l.

T: (+39) 051 643 6000 F: (+39) 051 643 6201

E: info@it.maccaferri.com

Web site: maccaferri.com

Società con Sistema di Qualità Certificato Bureau Veritas
con accreditamento ACCREDIA e UKAS

Project Info

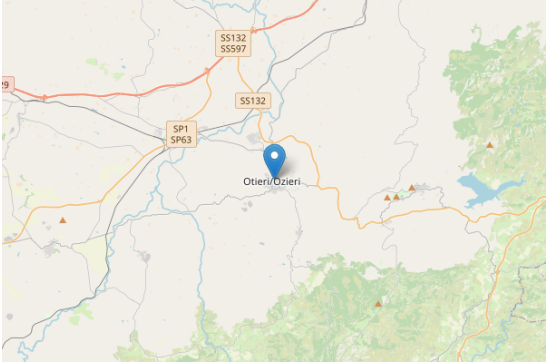
Name	Company
DISCARICA OZIERI	Ing. Cioccolo
Number	Company State
	IT
Project Owner	Company City
M.Busatta	Ozieri
Project description	
	

Figure 1. Project Position.

ECoMac R – Erosion control on Slopes

ECoMac R – is a software to estimate the quantity of soil loss on a given slope due to rainfall erosion over a construction period or a full year, using the RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) method.

The estimation of the soil erosion depends on the meteorological conditions at the project site and (R factor), the type of soil (K Factor), the geometry of the slope (L and S Factor), and the type of coverage used (C P M factors).

Input Parameters

Area Properties

Description	
Continent	Europe
Country	Italy
Site designation	
Area description	

Description	
Project analysis period	
Start Project date	28/01/2025
End Project date	23/09/2025
System Units	INTERNATIONAL SYSTEM
Land Area	30.000,00 [m²]

Erosivity Factor – R

Manual Mode

Description	Symbol	Value	Unit
Erosivity Factor	R	2.850,000	$\frac{\text{MJ}\cdot\text{mm}}{\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{yr}}$

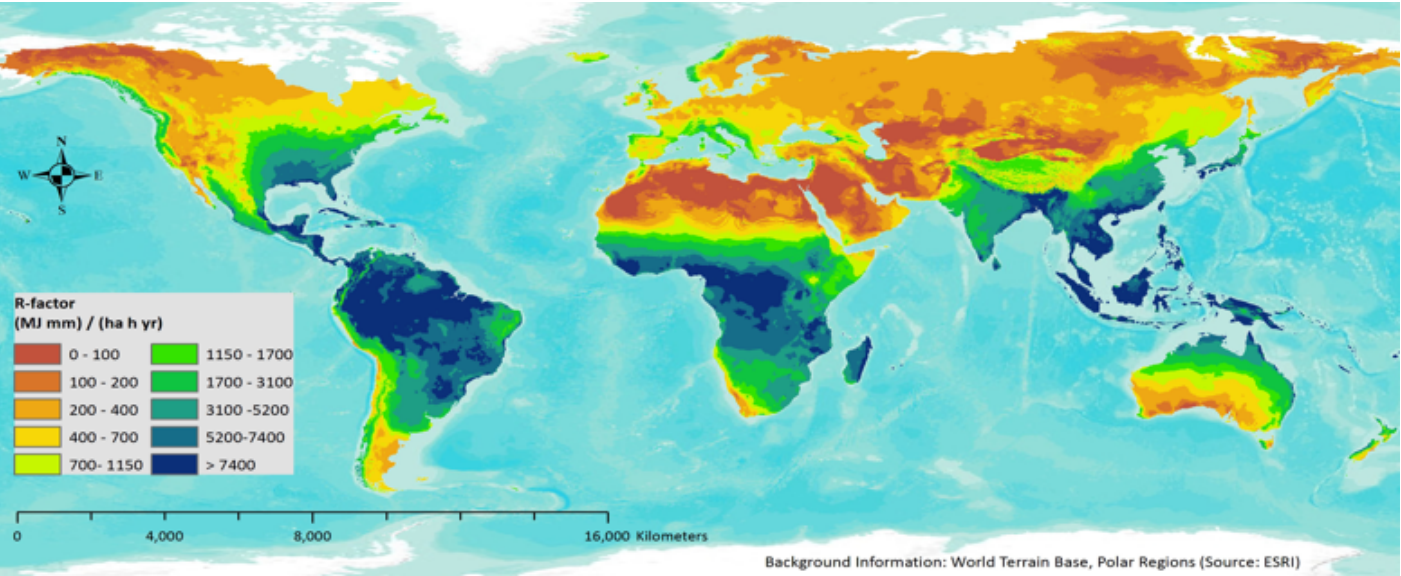


Figure 2. R – Factor. Global Rainfall Erosivity map. (Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K. et al. Global rainfall erosivity assessment based on high-temporal resolution rainfall records. Sci Rep 7, 4175 (2017)

Erodibility Factor – K

Soil Texture and Organic Matter

Description	Symbol	Value	Unit
Type of Soil		Sand	
Organic Matter		Not Specified	
Erodibility Factor	k	0,004	$\frac{\text{Mg}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}}{\text{ha}\cdot\text{MJ}\cdot\text{mm}}$

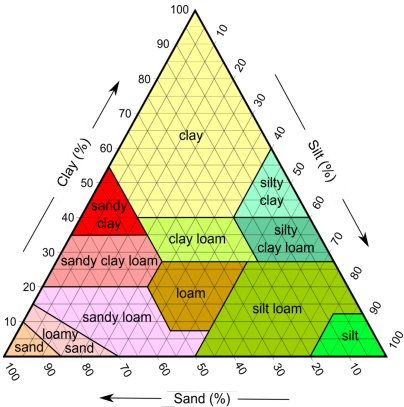


Figure 3. K – Factor. Soil texture diagram and Organic Matter (OM).

Length and Slope Factor – LS

Description	Symbol	Value	Unit
Horizontal Slope Length	λ	39,00	[m]
Slope Angle	-	29,00	[°]
Length Factor	L	1,358	[-]
Slope Steepness Factor	S	22,690	[-]

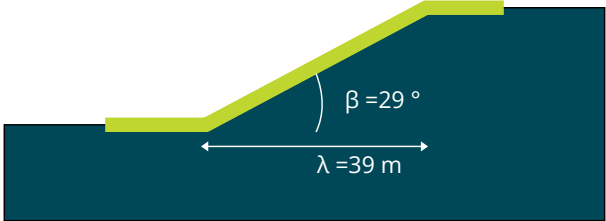


Figure 4. LS – Factor. Length and Slope factor calculation layout.

Coverage, Practice and Management Factor – C P M

MacMat R1 005

Description	Symbol	Value
Coverage – MacMat R1 005	C	0,0320
Practice – Engineering Projects	P	1
Management – Engineering Projects	M	1

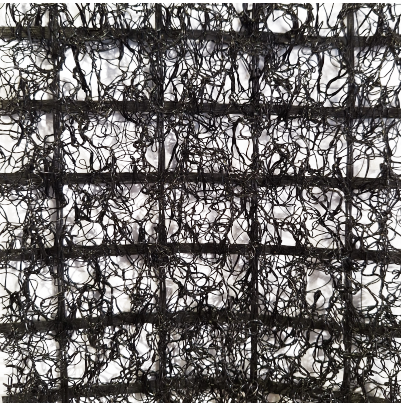


Figure 5. CPM – Factor. Example of the product selected for the design.

Bare soil

Description	Symbol	Value
Coverage – Bare soil	C	1,0000
Practice – Engineering Projects	P	1
Management – Engineering Projects	M	1

Results

Factor Calculation

Description	Symbol	Value	Unit
Erosivity Factor	R	2.850	$\frac{\text{MJ}\cdot\text{mm}}{\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{yr}}$
Erodibility Factor	K	0,0040	$\frac{\text{Mg}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}}{\text{ha}\cdot\text{MJ}\cdot\text{mm}}$
Length Factor	L	1,358	[-]
Slope Factor	S	22,690	[-]
Coverage - MacMat R1 005	C	0,0320	[-]
Coverage - Bare soil	C	1	[-]
Practice Factor	P	1	[-]
Management Factor	M	1	[-]

Design Calculation

With Erosion Control Product – MacMat R1 005

Description	Symbol	Value	Unit
Reinforcement type	MacMat R1 005		
Estimated Average Soil Loss for Analysis period	A	7,360	$\frac{\text{Mg}}{\text{ha}\cdot\text{yr}}$
Total Area Soil Loss for Analysis period	[-]	22,080	$\frac{\text{Mg}}{\text{yr}}$

Without Erosion Control Product

Description	Symbol	Value	Unit
Actual Condition	Bare soil		
Estimated Average Soil Loss for Analysis period	A	230,005	$\frac{\text{Mg}}{\text{ha}\cdot\text{yr}}$
Total Area Soil Loss for Analysis period	[-]	690,015	$\frac{\text{Mg}}{\text{yr}}$

Correlation between Soil protected with Erosion Control Product and Bare soil condition

Saved Soil %
96,8 %

Using MacMat R1 005 reduces soil loss by 96,8% compared to unprotected bare soil conditions.

Client: **Ing. Cioccolo /**

pag. 1 of 2

● Project Information

Title: Ozieri

Description:

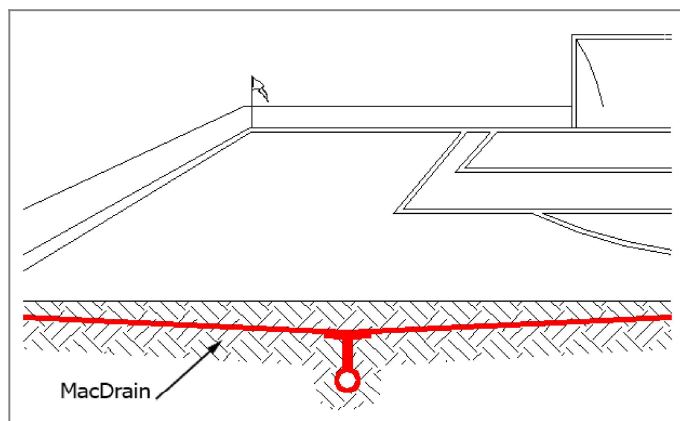
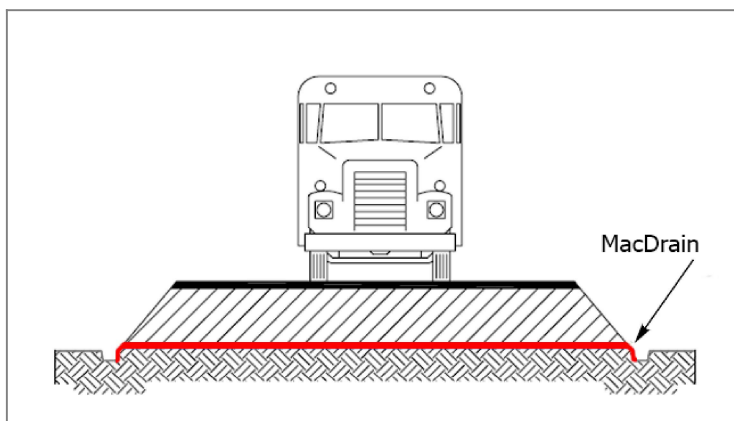
Number:

Client: Ing. Cioccolo

Designer: Martina Busatta

● Equivalent Horizontal Drainage with MacDrain

MacDrain® drains fluids underground from one place to another. Geotextiles attached to the drainage core on one or both side stop the materials or soils being drained clogging the drainage core or collection pipes. They are designed to replace traditional drainage materials such as gravels and sands. Left in place, water within a structure or the ground can weaken it, affecting the performance of the structure.



● Input

Drainage Mineral Layer

Permeability [m/s]	0.001
Prescribed minimum thickness [m]	0.5
Slope of drainage layer ($V / H \leq 10$ [%])	5
Slope angle of drainage layer [deg]	2.86
Horizontal length of slope [m]	54

MacDrain application

Type	Civil engineering applications
Contact type	R/S (Rigid/Soft)

R/S (Rigid / Soft):

One contact surface is rigid and the other one is soft.

Examples:

1. MacDrain between a concrete wall and landfill soil.
2. MacDrain between a geomembrane and a soil layer.

Soil / Material on MacDrain

Saturated unit weight [kN/m ³]	18
Thickness [m]	1
Coefficient of infiltration [$f \leq 1.0$]	0.3
Distributed surcharge [kN/m ²]	30

Water or liquid to be drained

Water temperature [°C]	20
Given dynamic viscosity of liquid [$cP = 10E-3$ Pa.s]	1.001

Rain

Parameter a [mm/hour-n]	0
Exponent	0
Duration of critical rain [hours]	0
Given input flow per m ² [mm]	60

Safety Factor

Gtx intrusion	1.15
Compressive creep	1.095
Chemical clogging	1.15
Biological clogging	1.1

● Results

Design Calculation

Reference water temperature [°C]	20.00
Reference dynamic viscosity [cP = 10E-3 Pa.s]	1.01
Design dynamic viscosity [cP = 10E-3 Pa.s]	1.00
Correction for liquid temperature and viscosity	1.00
Maximum pressure on MacDrain [kPa]	38.00
Hydraulic gradient	0.050
Rain height for design duration [mm]	60.00
Rain intensity for design duration [mm/h]	60.00
Input flow per m2 [l/s/m]	0.005
Input flow at the toe [l/s/m]	0.270

Design Calculation

Factor j	0.891
Mineral layer thickness needed to carry the flow at the toe [m]	2.408
Equivalency factor for Tmax (Giroud et Al, 2000)	2.243
Calculation of equivalent input flow in MacDrain for the give mineral layer thickness of [m]	0.500
Flow rate in the mineral layer (Darcy) [l/s/m]	0.025
Flow rate of liquid supply in the mineral layer [l/s/m²]	0.000
Factor j for qh* (Giroud et Al, 2000)	0.892
Equivalency factor for tprescribed (Giroud et Al, 2000)	1.353

Design Input Flow in MacDrain

Design input flow rate for MacDrain [l/s/m]	0.034
---	-------

Optimum solution is MacDrain W Range. Specific MacDrain selected is: MacDrain W 1091

Client: **Ing. Cioccolo /**

pag. 1 of 2

● Project Information

Title: Ozieri

Description:

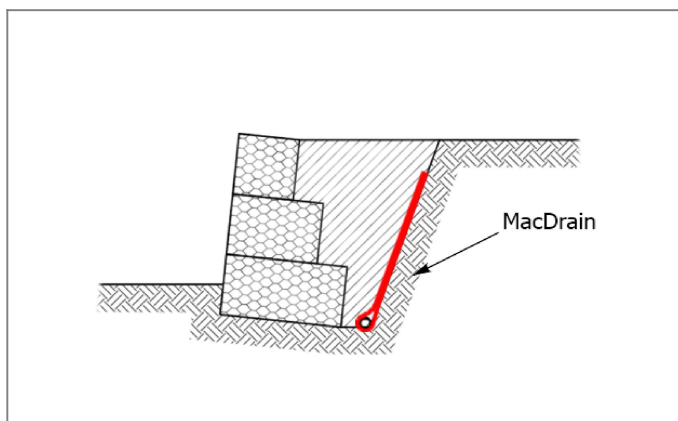
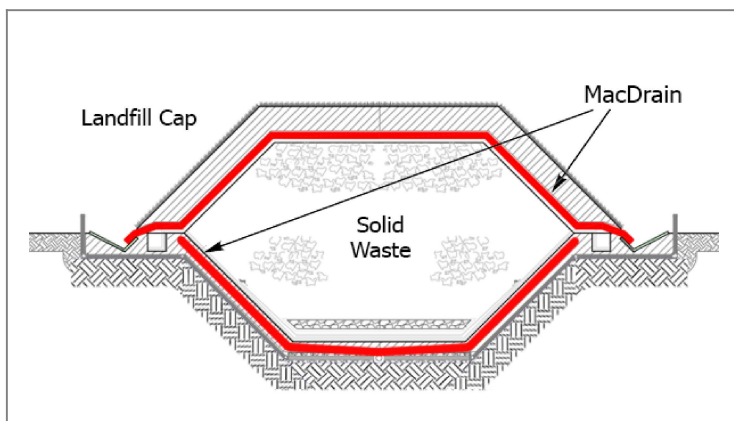
Number:

Client: Ing. Cioccolo

Designer: Martina Busatta

● Equivalent Slope Drainage with MacDrain

MacDrain® drains fluids underground from one place to another. Geotextiles attached to the drainage core on one or both side stop the materials or soils being drained clogging the drainage core or collection pipes. They are designed to replace traditional drainage materials such as gravels and sands. Left in place, water within a structure or the ground can weaken it, affecting the performance of the structure.



● Input

Geometry

Permeability [m/s]	0.001
Prescribed minimum thickness [m]	0.5
Slope angle of drainage layer [deg]	29
MacDrain length along slope [m]	45
Horizontal length of slope [m]	39.36

MacDrain application

Type	Civil engineering applications
Contact type	R/S (Rigid/Soft)

R/S (Rigid / Soft):

One contact surface is rigid and the other one is soft.

Examples:

1. MacDrain between a concrete wall and landfill soil.
2. MacDrain between a geomembrane and a soil layer.

Soil / Material on MacDrain

Saturated unit weight [kN/m3]	18
Thickness [m]	1
Coefficient of infiltration ($f \leq 1.0$)	0.3
Distributed surcharge [kN/m2]	30

Water or liquid to be drained

Water temperature [°C]	20
Given dynamic viscosity of liquid [$\text{cP} = 10\text{E-3 Pa.s}$]	1.001

Rain

Parameter a [mm/hour-n]	0
Exponent	0
Duration of critical rain [hours]	0
Given rain height in 1 hour [mm]	60

Safety Factor

Gtx Intrusion	1.15
Compressive creep	1.12
Chemical clogging	1.15
Biological clogging	1.1

● Results

Design Calculation

Reference water temperature [°C]	20.00
Reference dynamic viscosity [cP = 10E-3 Pa.s]	1.01
Design dynamic viscosity [cP = 10E-3 Pa.s]	1.00
Correction for liquid temperature and viscosity	1.00
Maximum pressure on MacDrain [kPa]	20.00
Hydraulic gradient	0.485
Rain height for design duration [mm]	60.00
Rain intensity for design duration [mm/h]	60.00
Input flow per m2 [l/s/m]	0.004
Input flow at the toe [l/s/m]	0.195

Design Calculation

Factor j	0.958
Mineral layer thickness needed to carry the flow at the toe [m]	0.335
Equivalency factor for Tmax (Giroud et Al, 2000)	1.058
Calculation of equivalent input flow in MacDrain for the give mineral layer thickness of [m]	0.500
Flow rate in the mineral layer (Darcy) [l/s/m]	0.242
Flow rate of liquid supply in the mineral layer [l/s/m²]	0.004
Factor j for qh* (Giroud et Al, 2000)	0.958
Equivalency factor for tprescribed (Giroud et Al, 2000)	1.058

Design Input Flow in MacDrain

Design input flow rate for MacDrain [l/s/m]	0.182
---	-------

Optimum solution is MacDrain W Range. Specific MacDrain selected is: MacDrain W 1071