



OPERE DI SOSTEGNO: GABBIONATE E TERRE RINFORZATE

Data 22 Settembre 2023

Ing. Alessandro Cavagni

MACCAFERRI



Vendite in
100+
paesi



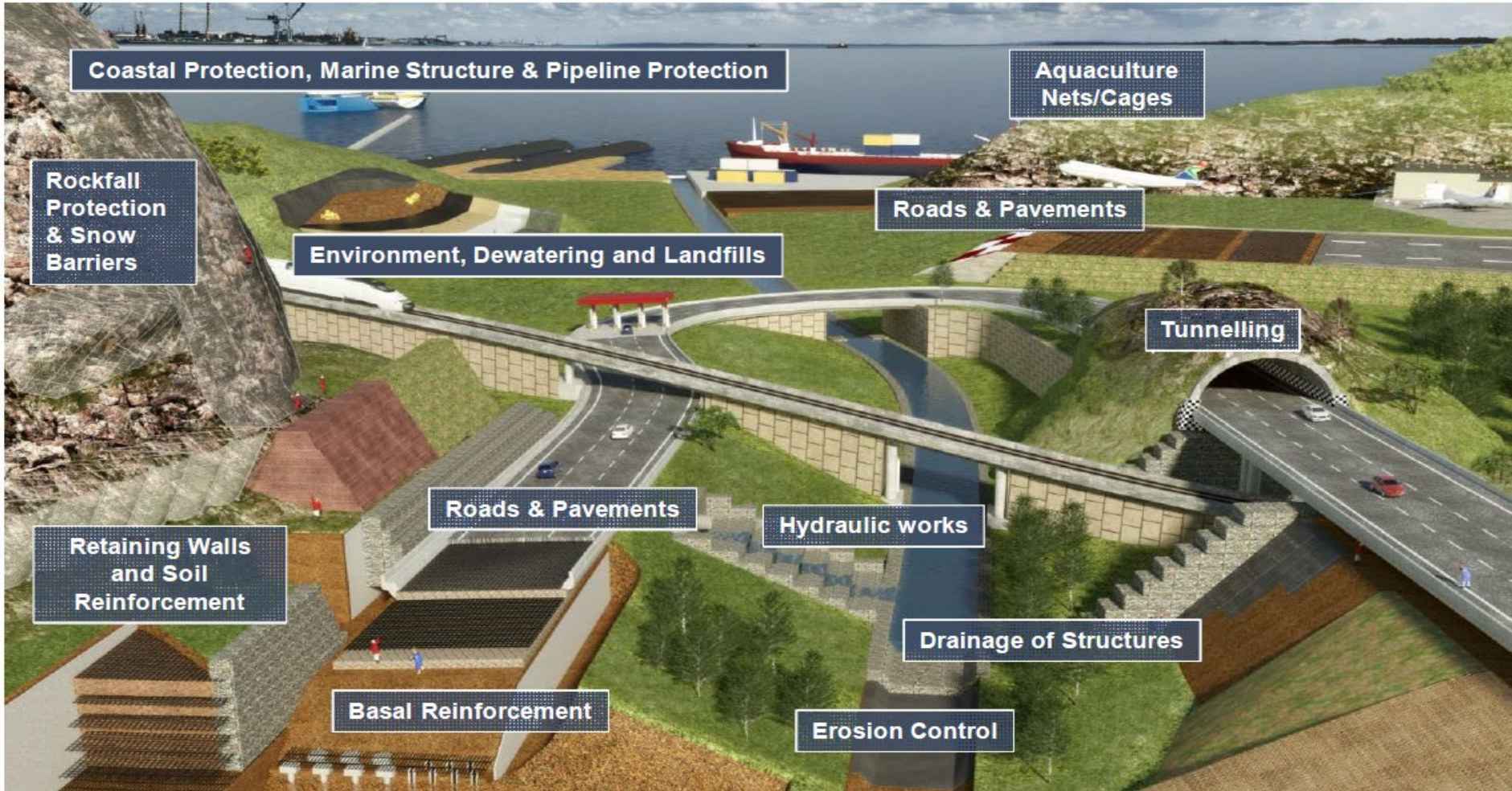
3,000+
dipendenti



23
fabbriche



60+
consociate



Coastal Protection, Marine Structure & Pipeline Protection

Aquaculture Nets/Cages

Rockfall Protection & Snow Barriers

Environment, Dewatering and Landfills

Roads & Pavements

Tunnelling

Roads & Pavements

Hydraulic works

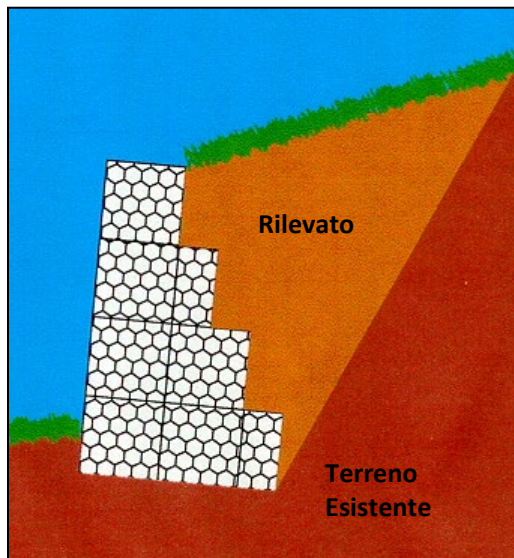
Retaining Walls and Soil Reinforcement

Drainage of Structures

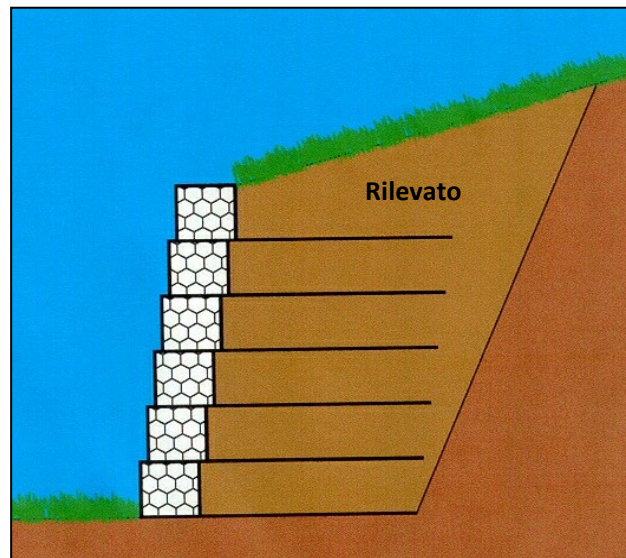
Basal Reinforcement

Erosion Control

MURI A GRAVITA'



TERRE RINFORZATE



PRIMI ESEMPI DI RINFORZO DEL TERRENO

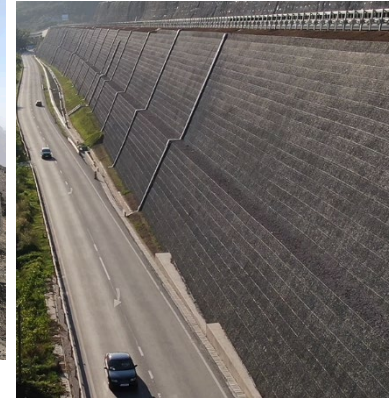


In alcune Ziqqurat, risalenti a 3000 anni fa, si possono osservare costruzioni in mattoni di argilla + sabbia e ghiaia rinforzata con strati di canne intrecciate

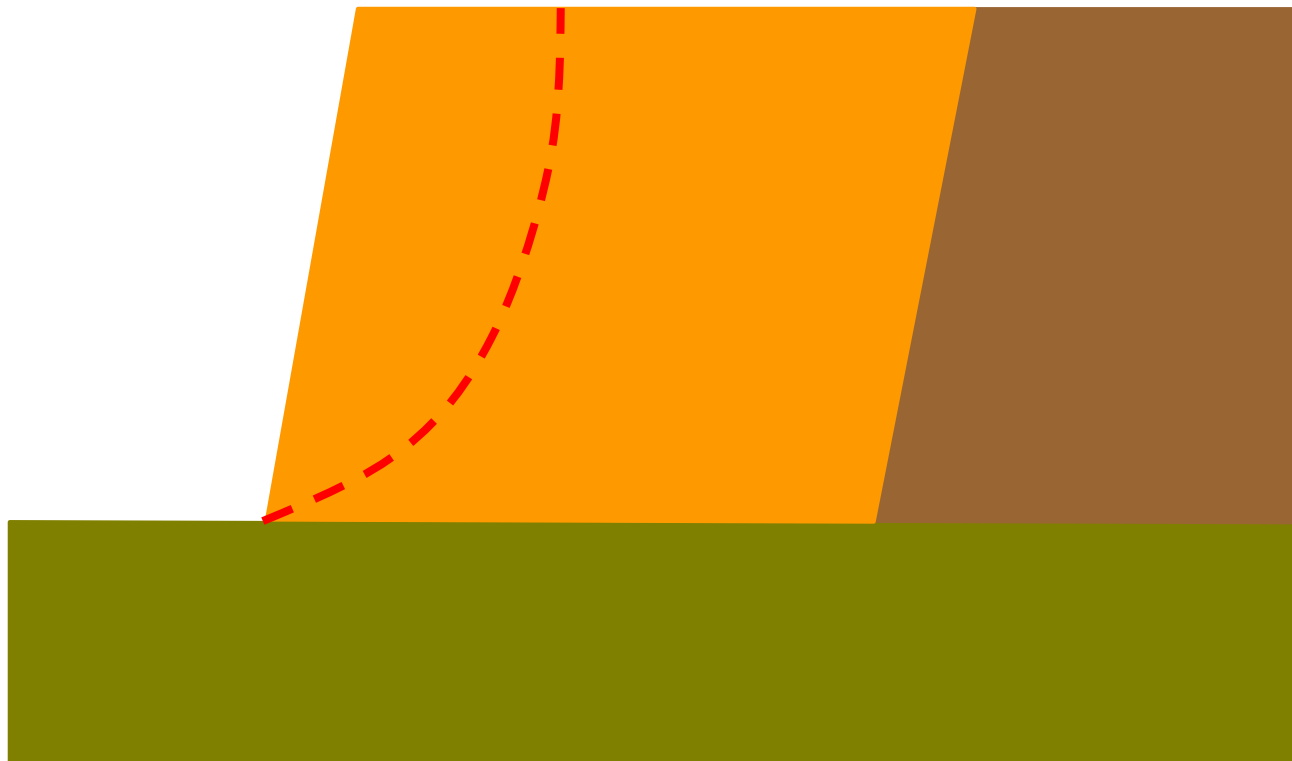


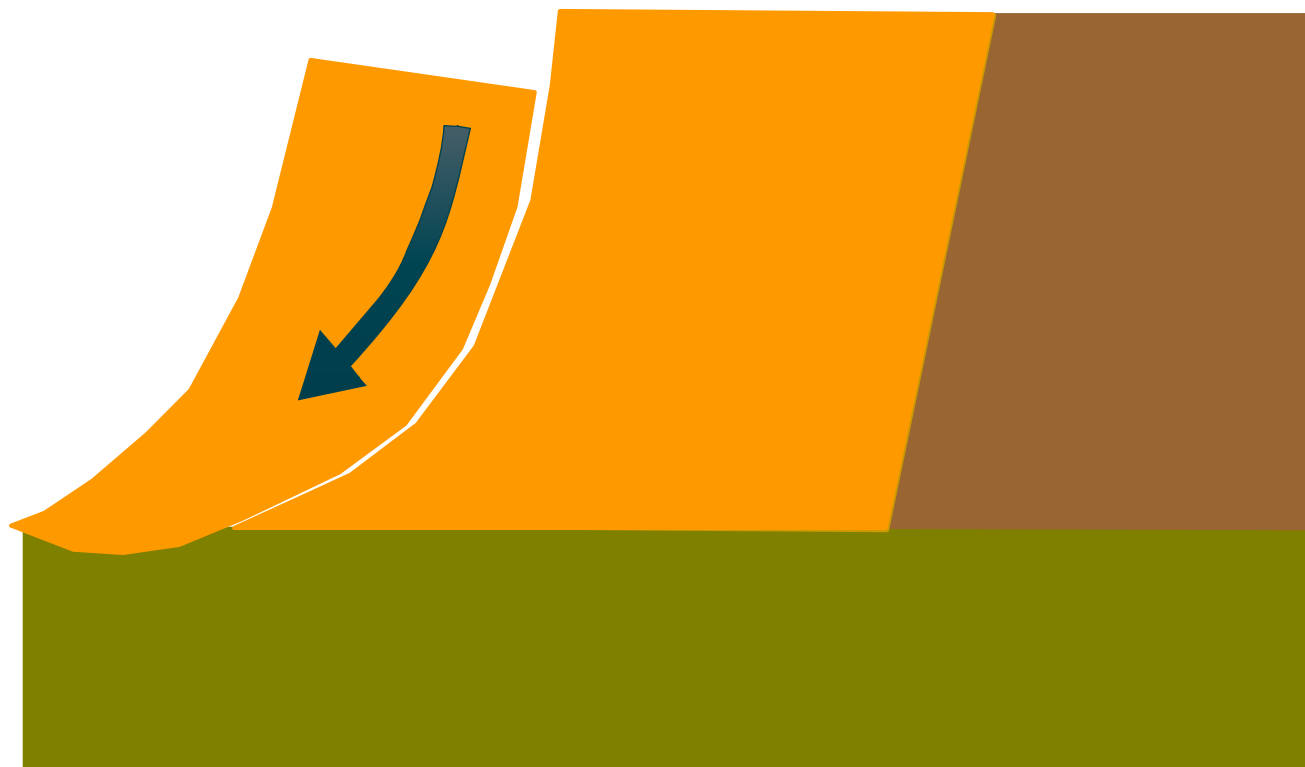
Alcune sezioni della grande muraglia cinese sono state realizzate con ghiaia e sabbia rinforzata con canne e rami

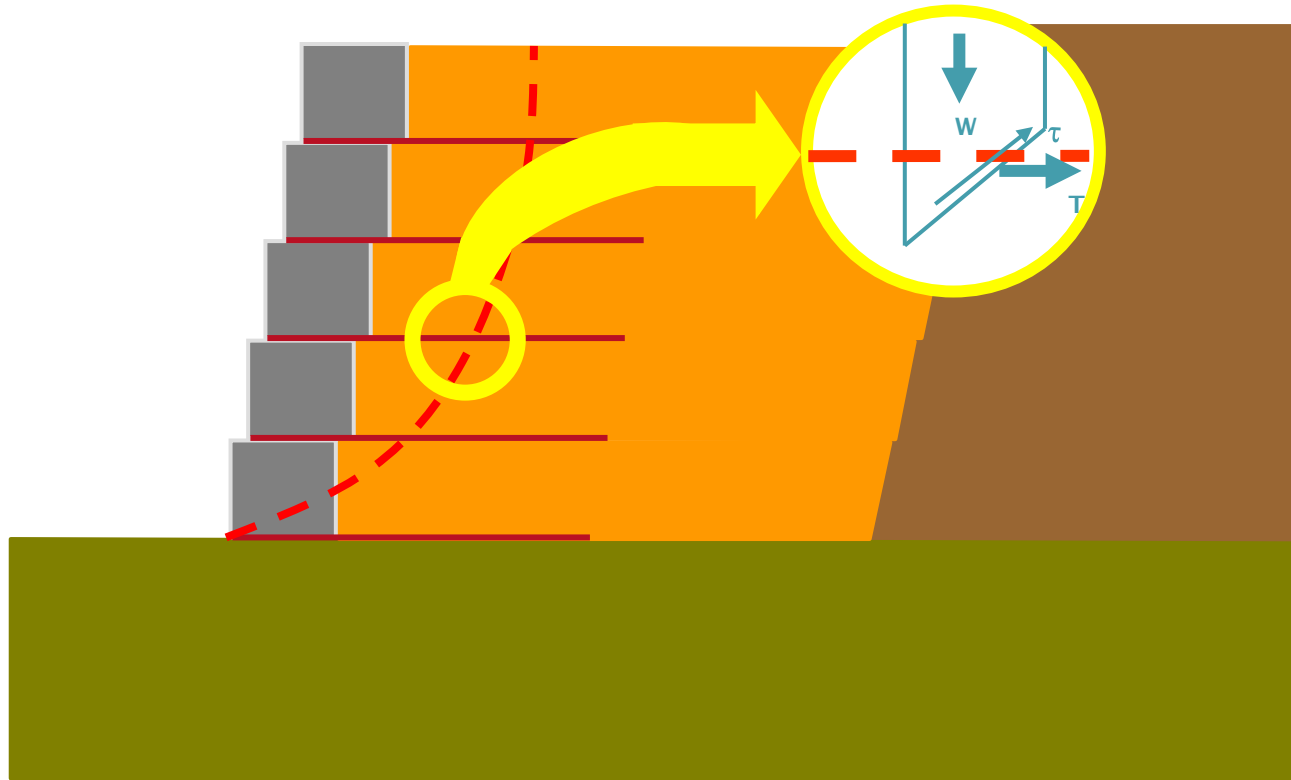
Introduzione terre rinforzate



Anni 60 – primi esempi di opera di sostegno in terra rinforzata (Henri Vidal)

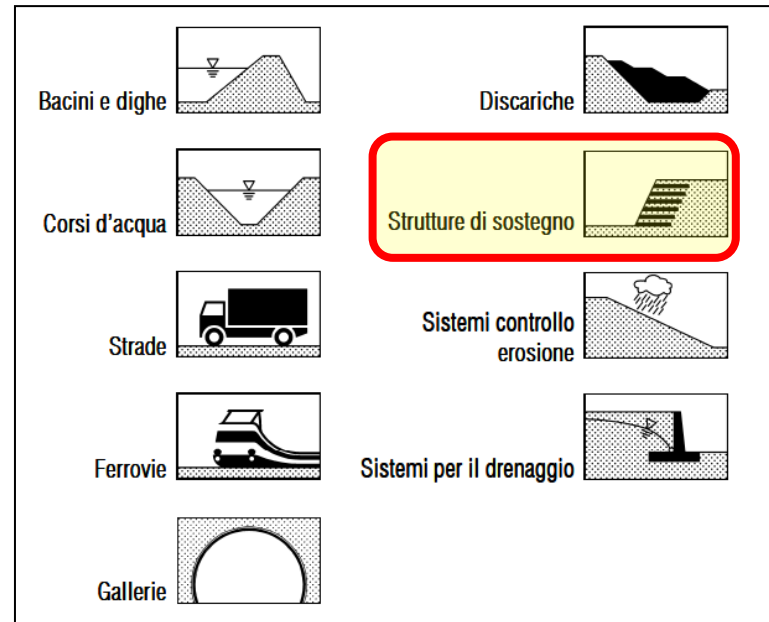






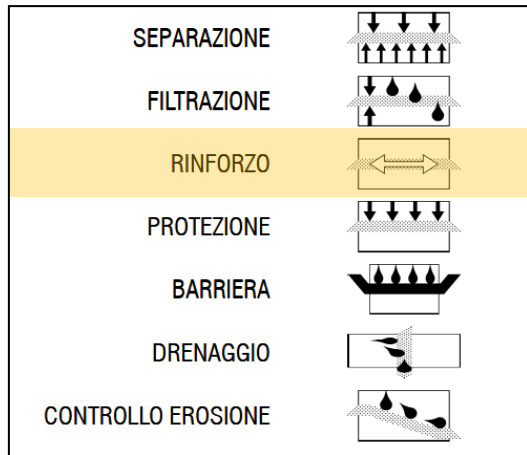
GEOSINTETICI: DEFINIZIONE (UNI EN ISO 10318)

"Termine generico che descrive un prodotto, del quale almeno un componente è fatto di un polimero sintetico o naturale, sotto forma di foglio, striscia o struttura tridimensionale, utilizzato in contatto con il terreno e/o altri materiali in applicazioni geotecniche e di ingegneria civile".



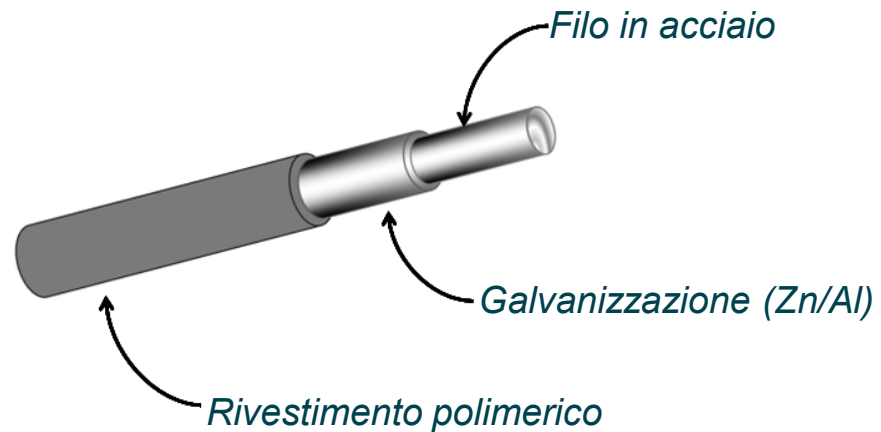
GEOSINTETICI: DEFINIZIONE (UNI EN ISO 10318)

"Termine generico che descrive un prodotto, del quale almeno un componente è fatto di un polimero sintetico o naturale, sotto forma di foglio, striscia o struttura tridimensionale, utilizzato in contatto con il terreno e/o altri materiali in applicazioni geotecniche e di ingegneria civile".



RETE METALLICA A DOPPIA TORSIONE
GEOGRIGLIE
GEOTESSILI TESSUTI
STRISCE POLIMERICHE





Sono due le principali proprietà dei rinforzi che devono essere attentamente valutate quando vengono utilizzati in combinazione con i terreni:

1 – RESISTENZA A TRAZIONE

a breve termine

(i.e post produzione)

a lungo termine LTDS

(i.e dopo 5/60/100/120 anni)

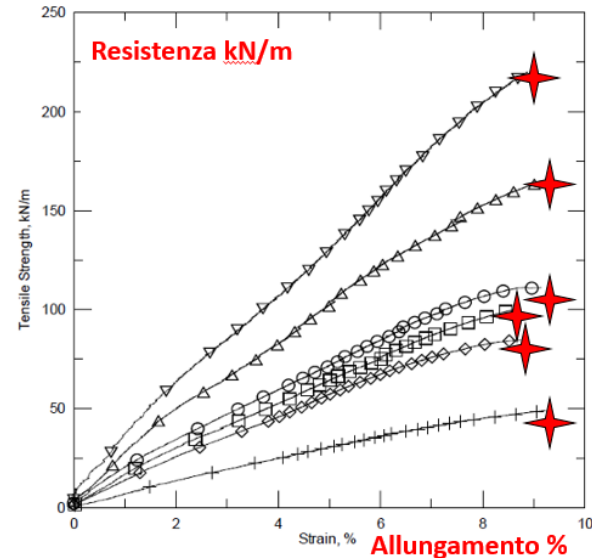
2 – INTERAZIONE CON IL TERRENO

pullout, scorrimento

Il valore caratteristico di resistenza a trazione (o UTS o NBL o $R_{t,k}$) ed il suo relativo allungamento vengono valutati con un test di trazione su banda larga effettuati su:

- Campioni “Indisturbati”
- Temperatura 20°C
- Rottura dopo secondi

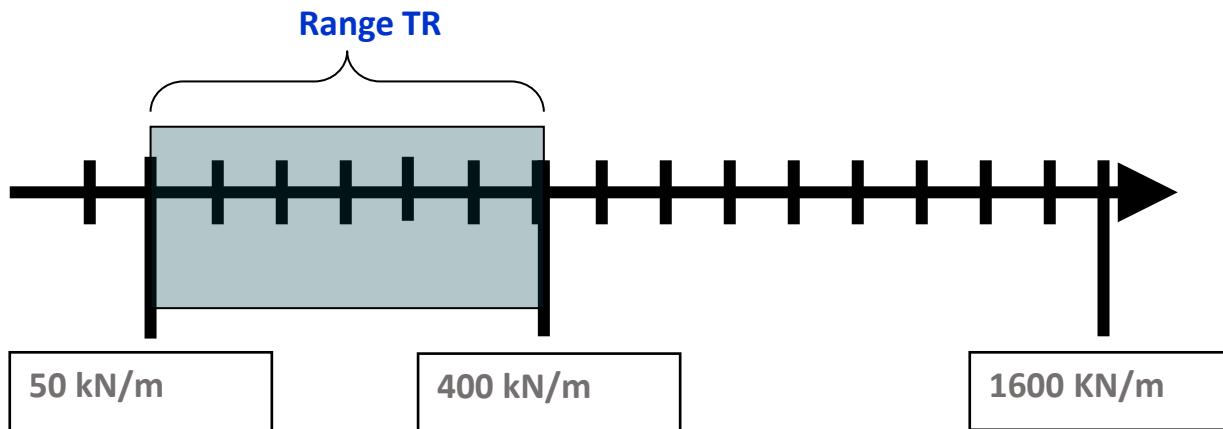
- (dalla fabbrica al laboratorio)
- (in esercizio si può avere 40°)
- (rapida applicazione del carico)



Attualmente sono disponibili rinforzi in grado di erogare una resistenza a trazione compresa nell'intervallo

$$\text{UTS} = 30 - 1600 \text{ kN/m}$$

Nelle TR di solito vengono impiegati rinforzi da 50 a 400 kN/m



Il Rinforzo può degradare a causa di attività fisico-chimiche nel terreno come idrolisi, ossidazione, corrosione e stress cracking.

Inoltre, questi materiali sono suscettibili ai danni durante l'installazione e agli effetti della temperatura elevata, che agiscono per accelerare le deformazioni o i processi di invecchiamento.

La resistenza disponibile alla fine della vita utile di progetto (LTDS) deve essere valutata prendendo in considerazione tutti questi aspetti.

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I e deve essere precisata nei documenti di progetto.

Tabella 2.4.I – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

$$\text{LTDS} = \frac{\text{Ultimate strength of geosynthetic}}{F_{\text{SCR}} \times F_{\text{ID}} \times F_{\text{D}}}$$



Creep



Installation
Damage



Durability
Chemical & Biological

ISO TR 20432-2: Guida per la determinazione della resistenza a trazione a lungo termine dei geosintetici per il rinforzo dei terreni

Al variare del materiale si riscontra una notevole differenza del comportamento a creep. Valori tipici del F_{creep} a 20° e 120 anni sono nel range tra 1.4 – 5 per i materiali geosintetici

MATERIALE	Fattore di riduzione F_{creep}
ACCIAIO	1
HDPE	2 – 3.5
PET	1.4 – 1.8
PP	4 – 5
PVA	1.5 – 2.5

$$F_{\text{creep}} = 1 - 5$$

I carichi e le sollecitazioni applicati su un rinforzo durante la fase di installazione possono essere quelli più severi a cui il rinforzo è soggetto.

La posa e la compattazione di differenti tipo di terreni a contatto con i rinforzi possono generare una riduzione della sua resistenza a trazione

La quantità dei danneggiamenti inflitti al rinforzo dipenderanno dai seguenti fattori:

- tipo di rinforzo (rivestimento protettivo)
- dimensioni e “spigolosità” del terreno
- metodo di compattazione



Nel caso di utilizzo di terreni di riempimento particolari (per dimensioni, aggressività, etc.) sono necessari test specifici per procedere con una progettazione adeguata.

Tipici valori di F_{dam} per un riempimento con terreni granulari ghiaiosi si attestano tra 1.05 e 1.5

MATERIALE	Fattore di riduzione F_{dam}
ACCIAIO	1.1 – 1.4
HDPE	1.1 – 1.5
PET	1.05 – 1.15
PP	1.1 – 1.5
PVA	1.05 – 1.2

$$F_{damage} = 1.05 - 1.5$$

Una ulteriore, ma pericolosa causa di di danneggiamento è la scarsa cura durante le procedure di installazione.....



Spaccare massi sopra i rinforzi...



Transitare con i veicoli sopra i rinforzi...

Questo fattore di riduzione dipende dalla sensibilità del materiale del rinforzo ai seguenti fattori ambientali:

- Aggressione Chimica
- Ossidazione termica
- Idrolisi
- Microrganismi
- UV
- pH del terreno
- Temperatura

Test per misurare la sensibilità a tali fattori:

ISO 13439 - Geotextiles and geotextile-related products - Screening test method for determining the resistance to hydrolysis

ISO 12960 - Geotextiles and geotextile-related products - Screening test method for determining the resistance to liquids [acids and alkalis]

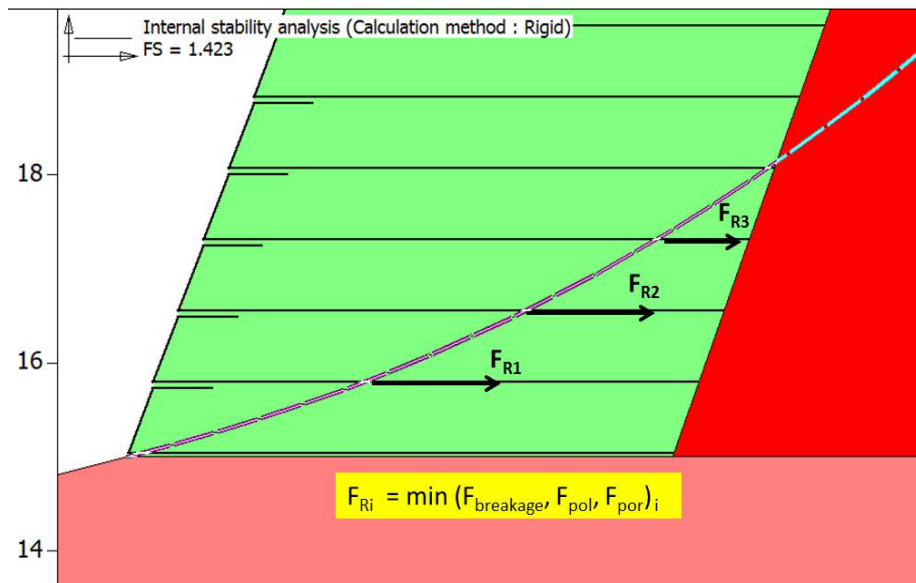
Il progettista deve tenere in considerazione gli specifici aspetti del sito di applicazione

Valori tipici di F_{env} per $4 < pH < 9$ sono compresi tra 1.05 – 1.1

MATERIALE	Fattore di riduzione F_{TOT}
ACCIAIO (rivestito)	1.1 – 1.5
HDPE	2.2 – 5.8
PET (rivestito)	1.5 – 2.3
PP	4.4 – 8.2
PVA	1.6 – 3.3

		Proprietà a breve termine						
Mechanical Index Properties								
Tensile Strength, T_{ult} - MD min	ASTM D6637	kN/m	40	60	80	100	150	200
Tensile Strength, T_{ult} - CD min	ASTM D6637	kN/m	30	30	30	30	30	30
Elongation - MD	ASTM D6637	%	10	10	10	10	11	12
Tensile Strength at 5% Strain-MD min	ASTM D6637	kN/m	30	37	50	60	80	100
Long-Term Design Properties								
Creep Reduction Factor, RF_{CR}	ASTM D5262		1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
Installation Damage Reduction Factor, RF_{ID}	ASTM D5818		1.35	1.34	1.32	1.3	1.26	1.21
Durability Reduction Factor, RF_D^4			1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
Reduction Factor, $RF=RF_{CR} \times RF_{ID} \times RF_D$			2.25	2.23	2.2	2.17	2.1	2.02
LTDS (114 yrs), T_{allow}^1		kN/m	18	27	36	46	71	99
		Proprietà a Lungo termine						

Nel calcolo delle terre rinforzate occorre verificare l'effettiva resistenza allo sfilamento erogata dal rinforzo in modo da considerare in maniera corretta il suo contributo stabilizzante



La massima forza di ancoraggio che il rinforzo è in grado di erogare (F_{po}) è data dalla relazione:

$$F_{po} = 2 \sigma_v L W \mu \operatorname{tg} \Phi$$

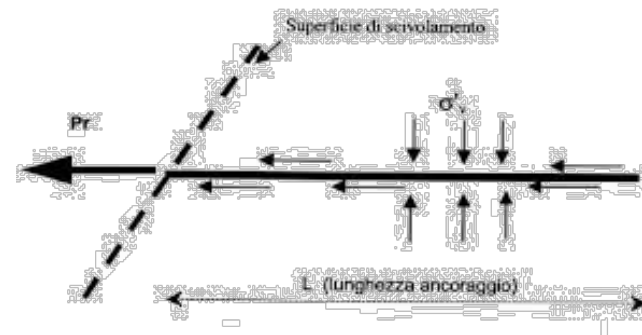
Φ = angolo di attrito del materiale del rilevato

μ = coefficiente di interazione tra il terreno ed il rinforzo

L = Lunghezza di ancoraggio del rinforzo

W = Larghezza del rinforzo (generalmente pari ad 1 m)

σ_v = Pressione verticale agente sul rinforzo



I coefficienti di sfilamento della rete DT derivano dai risultati delle prove di pullout realizzate presso la New South Wales University a Canberra (Australia 1990), il STS Consultant Lab. di Chicago (USA 1989), il Bathrust, Clarabut Geotechnical Testing, Inc. (Canada 2001) e l'Ismes Geo (Italia 2002); le prove sono state effettuate in accordo con le procedure della EN ISO 12957-1 o della ASTM D 6706-01.

ARGILLA	LIMO	SABBIA	GHIAIA
0.3	0.5	0.65	0.9

Il terreno di riempimento che costituisce il rilevato strutturale dell'opera dovrà appartenere ai gruppi della UNI 10006

A1-a, A1-b, A3, A2-4, A2-5

con esclusione di pezzature superiori a 150 mm.

Il materiale con dimensioni superiori a 100 mm è ammesso con percentuale inferiore al 15% del totale.

In ogni caso saranno esclusi elementi di diametro maggiore o uguale a 150 mm, e i materiali che, da prove opportune, presentino angoli d'attrito minori di quelli previsti in progetto.

Generalmente i rinforzi sono installati con terreni selezionati di tipo granulare, la cui resistenza al taglio è dipendente dal solo angolo d'attrito ϕ'

Poiché le deformazioni indotte in strutture in terra rinforzata come muri e pendii sono molto basse (0.5 - 1%), l'angolo d'attrito utilizzato è quello effettivo di picco ϕ_{peak} .

$$\text{Angolo d'attrito} = \phi_{\text{peak}}$$

Essendo il terreno strutturale essenzialmente granulare,

$$\text{Coesione} = c' = 0 \quad (\text{max. 5 kPa})$$

Essendo il terreno strutturale essenzialmente granulare e quindi naturalmente drenante,

$$\text{Peso specifico} = \gamma_{\text{dry}}$$

Nel caso di strutture eventualmente soggette a saturazione del suolo (ad esempio strutture lungomare, fiume, ecc) a favore di sicurezza

$$\text{Peso specifico} = \gamma_{\text{sat}}$$

Le soluzioni TerraMesh



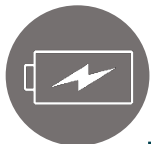
Le soluzioni TerraMesh sono realizzate in rete d'acciaio a doppia torsione: il paramento è parte integrante del rinforzo DT. Poiché il TerraMesh è costituito da **un unico telo di rete DT**, non sono necessarie connessioni in cantiere e quindi non ci sono punti deboli.



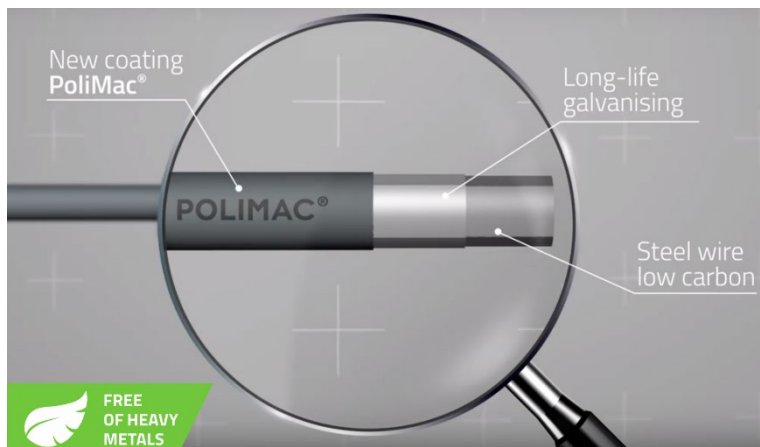
Le soluzioni TerraMesh



Le soluzioni TerraMesh sono realizzate in rete d'acciaio a doppia torsione: il paramento è parte integrante del rinforzo DT. Poiché il TerraMesh è costituito da **un unico telo di rete DT**, non sono necessarie connessioni in cantiere e quindi non ci sono punti deboli.



Tutte le soluzioni TerraMesh sono realizzate con rete in acciaio DT rivestita in **PoliMac**. Il PoliMac è un rivestimento innovativo che permette di aumentare notevolmente la **durabilità**, anche quando le condizioni ambientali sono particolarmente aggressive.



PoliMac®
WIRE PROTECTION FOR A CHANGING WORLD

10x

Migliore resistenza all'**abrasione**, inclusi i danneggiamenti da installazione



2x

Maggiore resistenza alle **aggressioni chimiche***



4x

Maggiori prestazioni in **climi freddi**



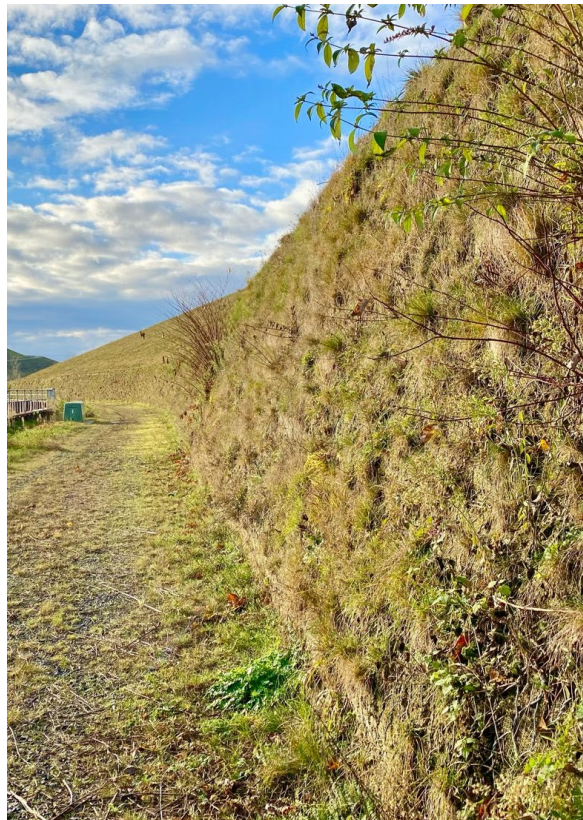
4x

Maggiore resistenza ai **raggi UV****



* In termini di resistenza agli acidi solforico, nitrico, acetico, formico

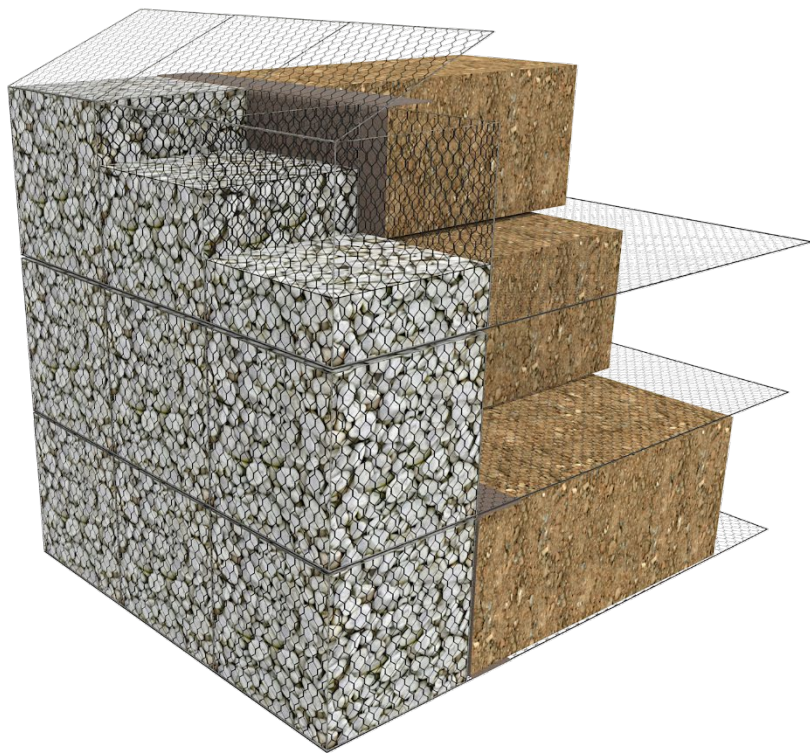
** In termini di allungamento dopo 2,500 h di esposizione UV



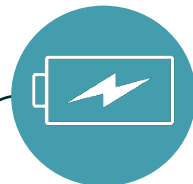


TerraMesh System
Rise to the challenge





TerraMesh System è un sistema modulare usato per realizzare terre rinforzate con paramento verticale in pietrame.



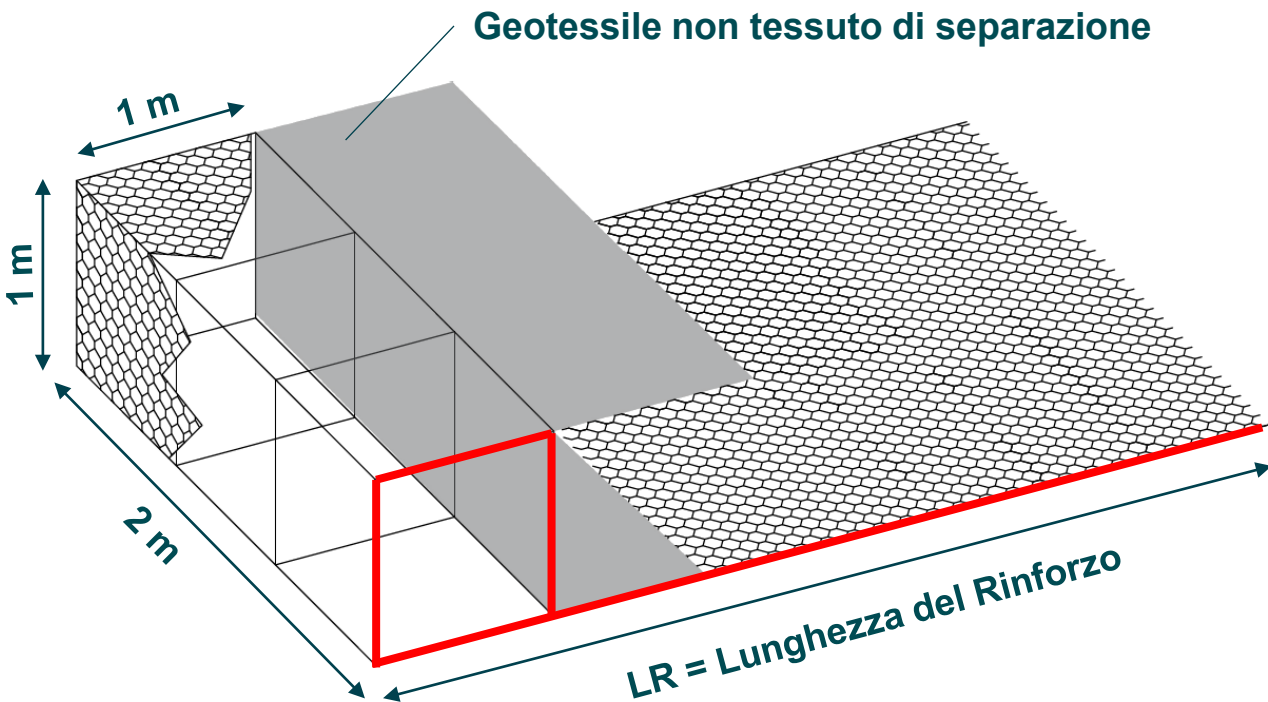
120
ANNI
DESIGN
LIFE



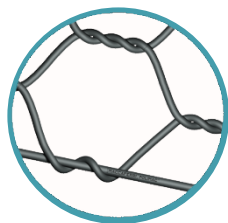
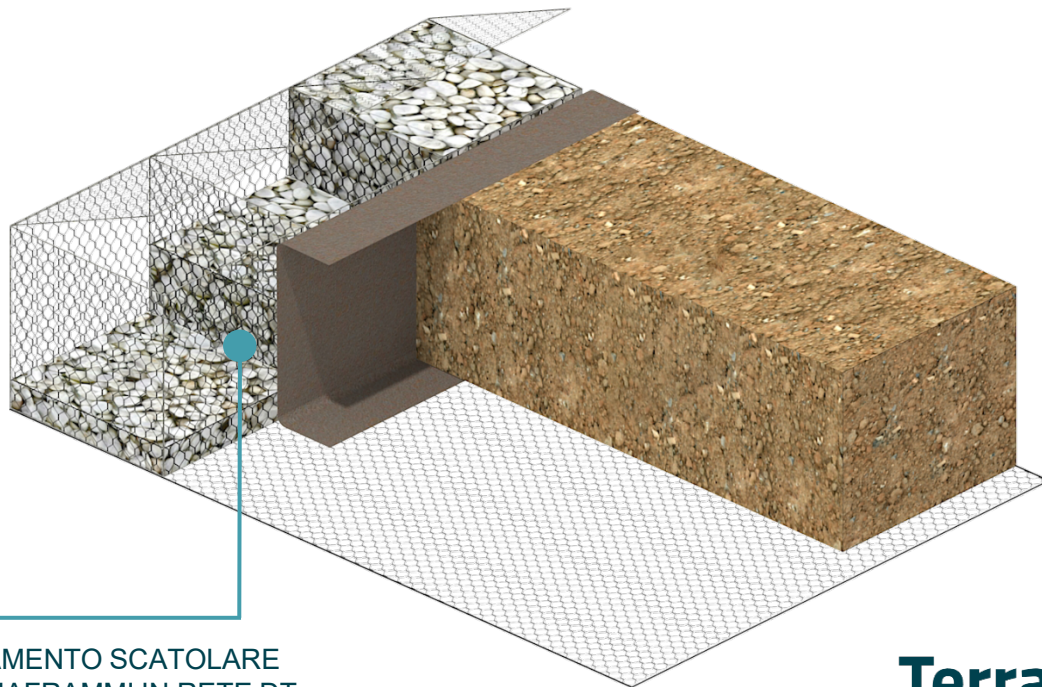
50 m²
INSTALLATI
PER
TURNO



GRANDI
PRESTAZIONI
SOTTO CARICHI
PESANTI



Rete metallica a doppia torsione

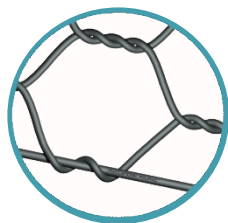
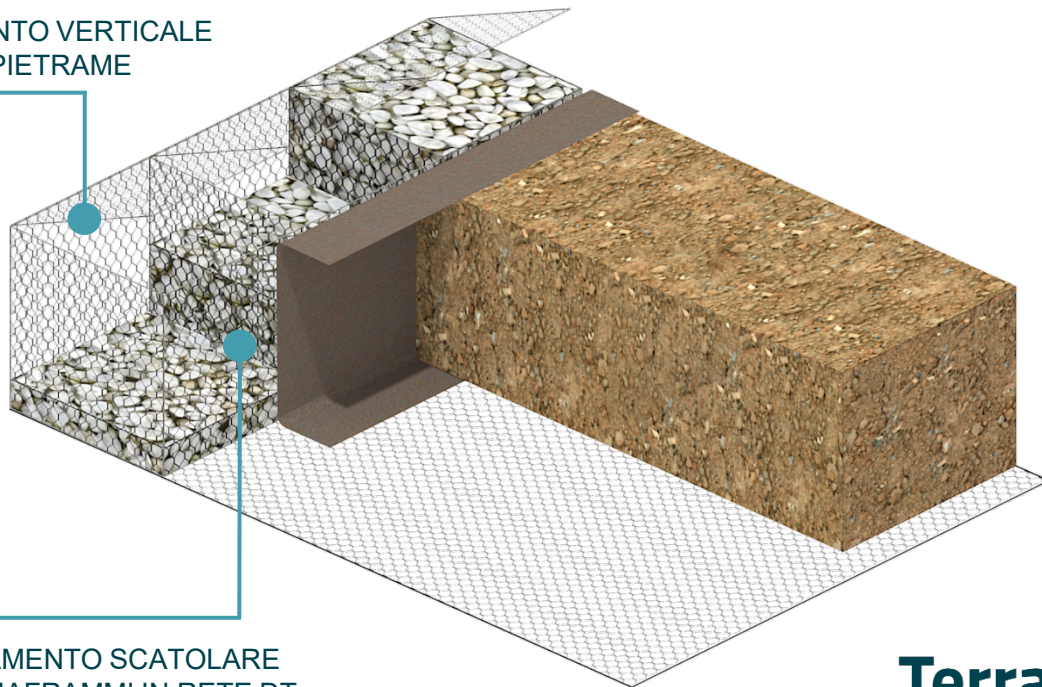


PARAMENTO SCATOLARE
CON DIAFRAMMI IN RETE DT
IN MAGLIA 8x10

TerraMesh System
Rise to the challenge

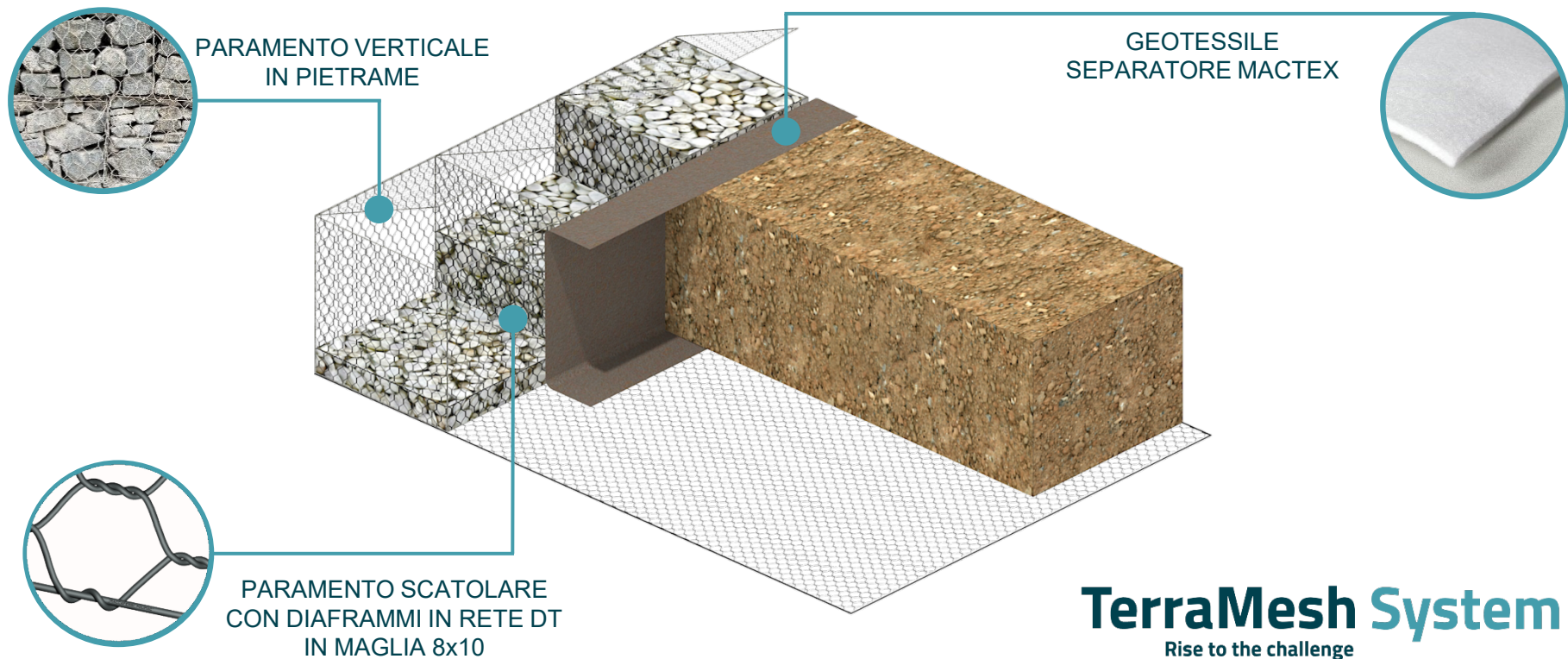


PARAMENTO VERTICALE
IN PIETRE



PARAMENTO SCATOLARE
CON DIAFRAMMI IN RETE DT
IN MAGLIA 8x10

TerraMesh System
Rise to the challenge



TerraMesh System
Rise to the challenge

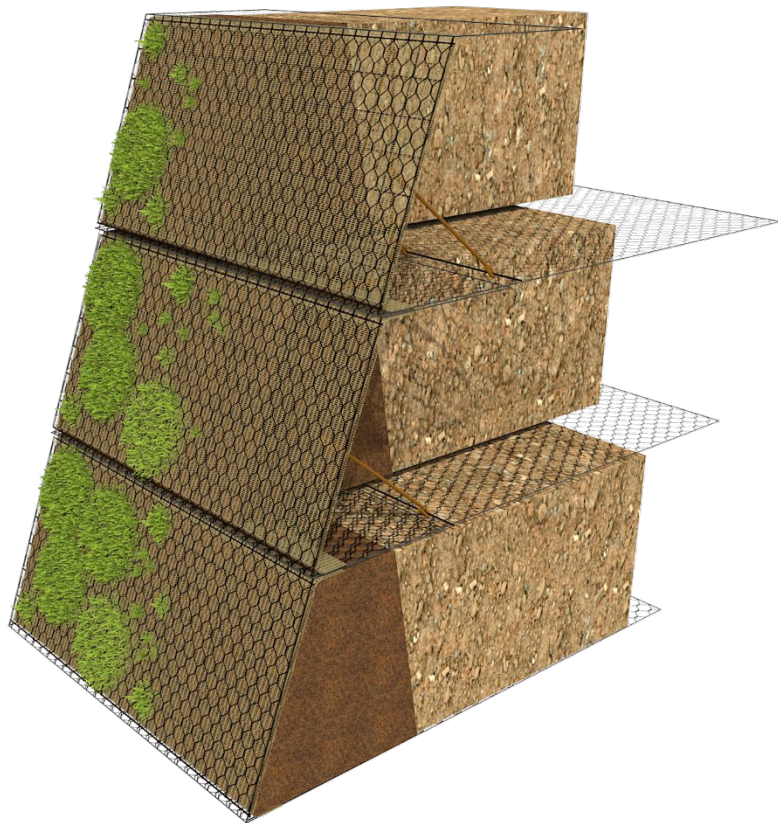
Il nostro contributo per la ricostruzione della Route 82
Caminho Perilago, Provincia di Mendoza, Argentina
TerraMesh System 3.965 m²



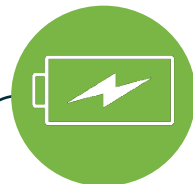


TerraMesh Green
Rise to the challenge





TerraMesh Verde è un sistema modulare utilizzato per la realizzazione di terre rinforzate con paramento rinverdito



120
ANNI
DESIGN
LIFE

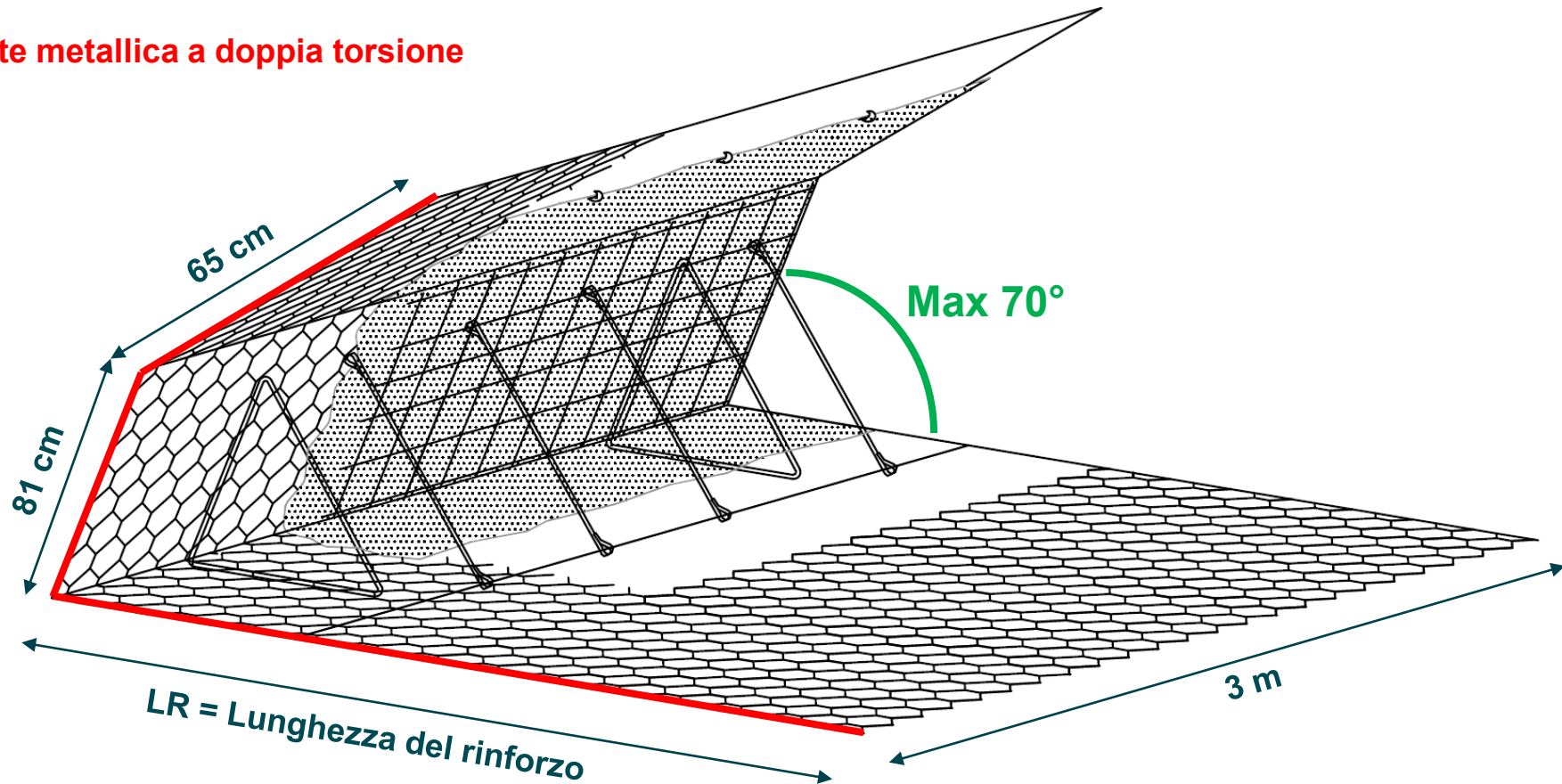


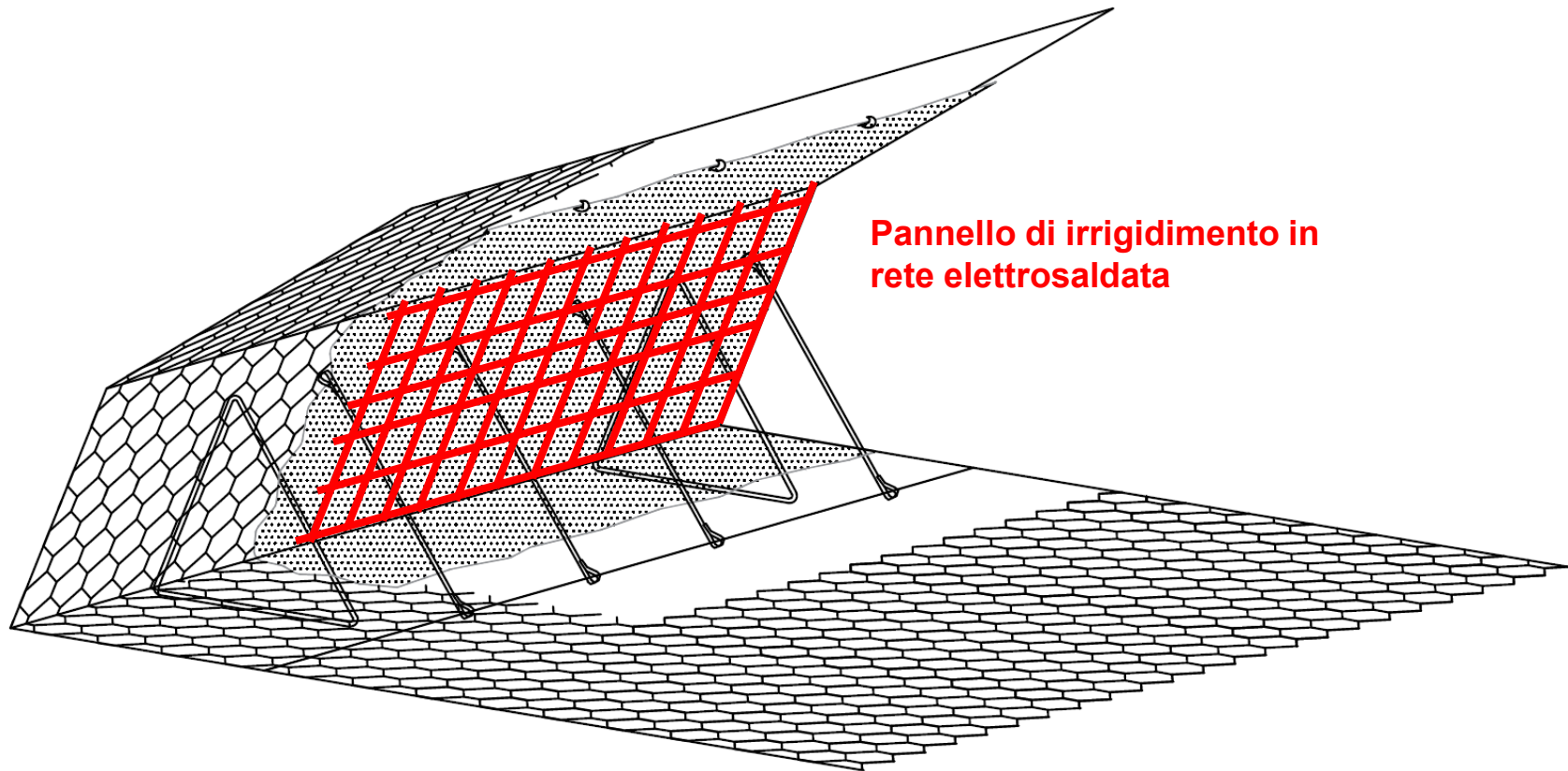
150 m²
INSTALLATI
PER TURNO



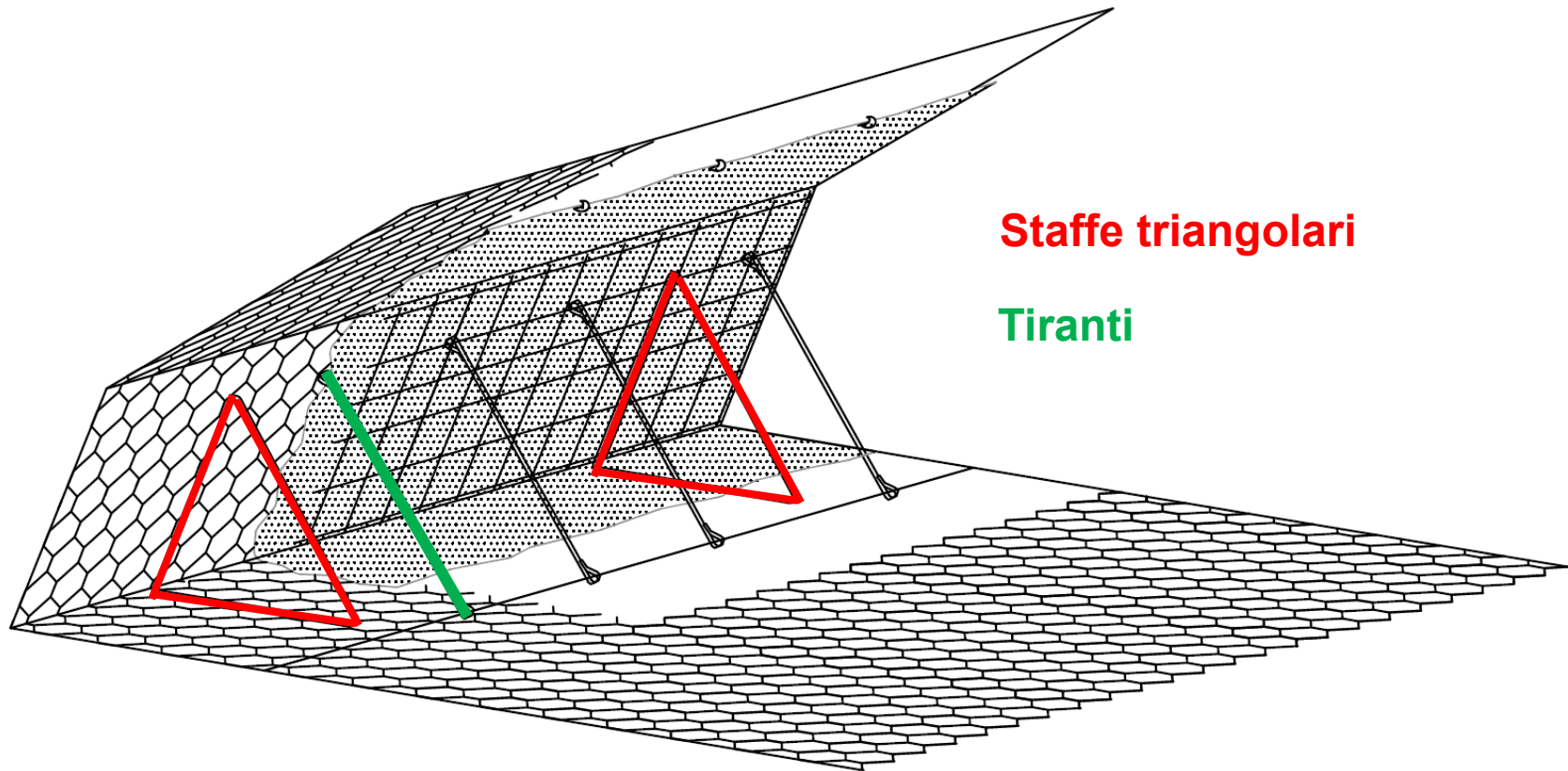
AUMENTO DELLA
BIODIVERSITÀ E
SEQUESTRO DI
CO₂

Rete metallica a doppia torsione



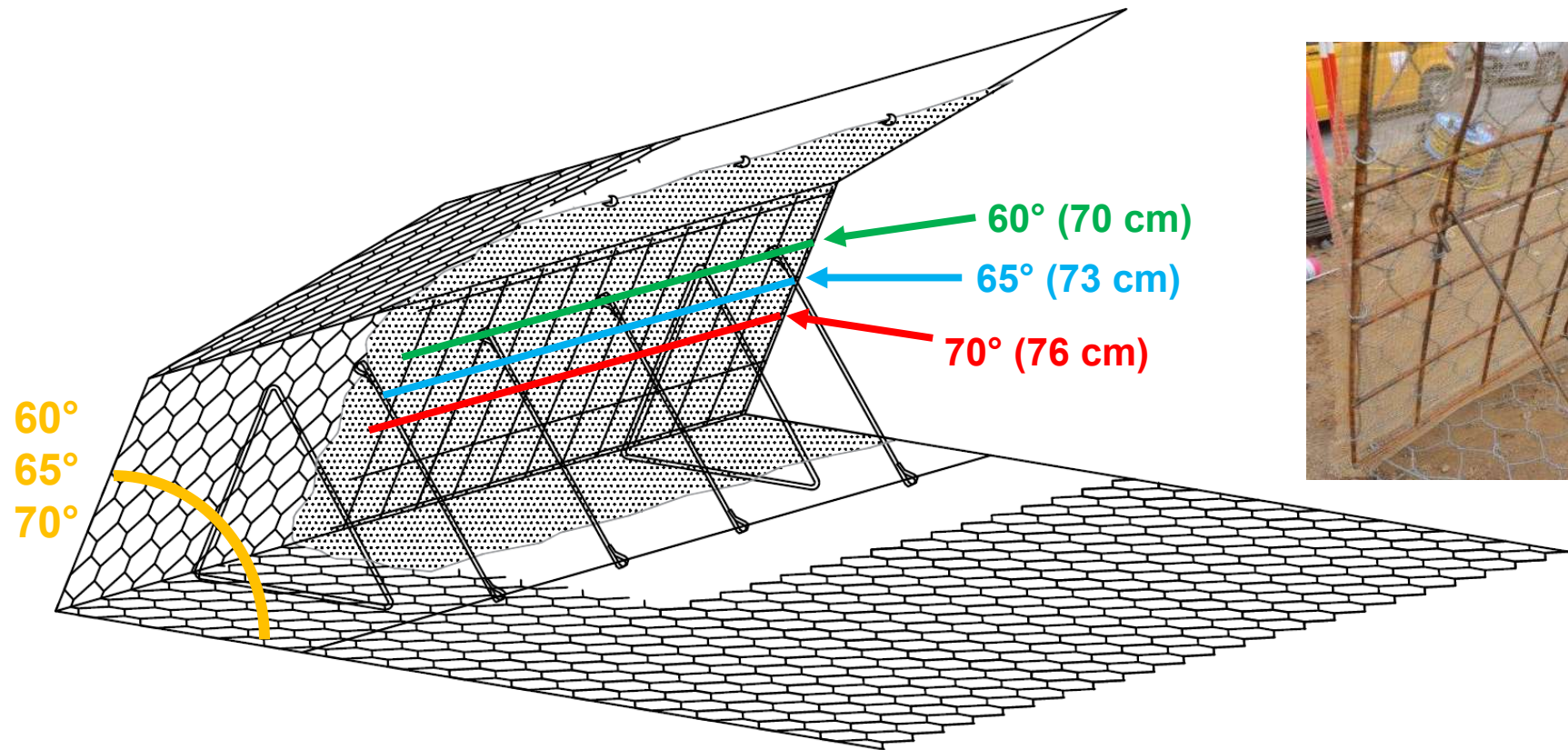


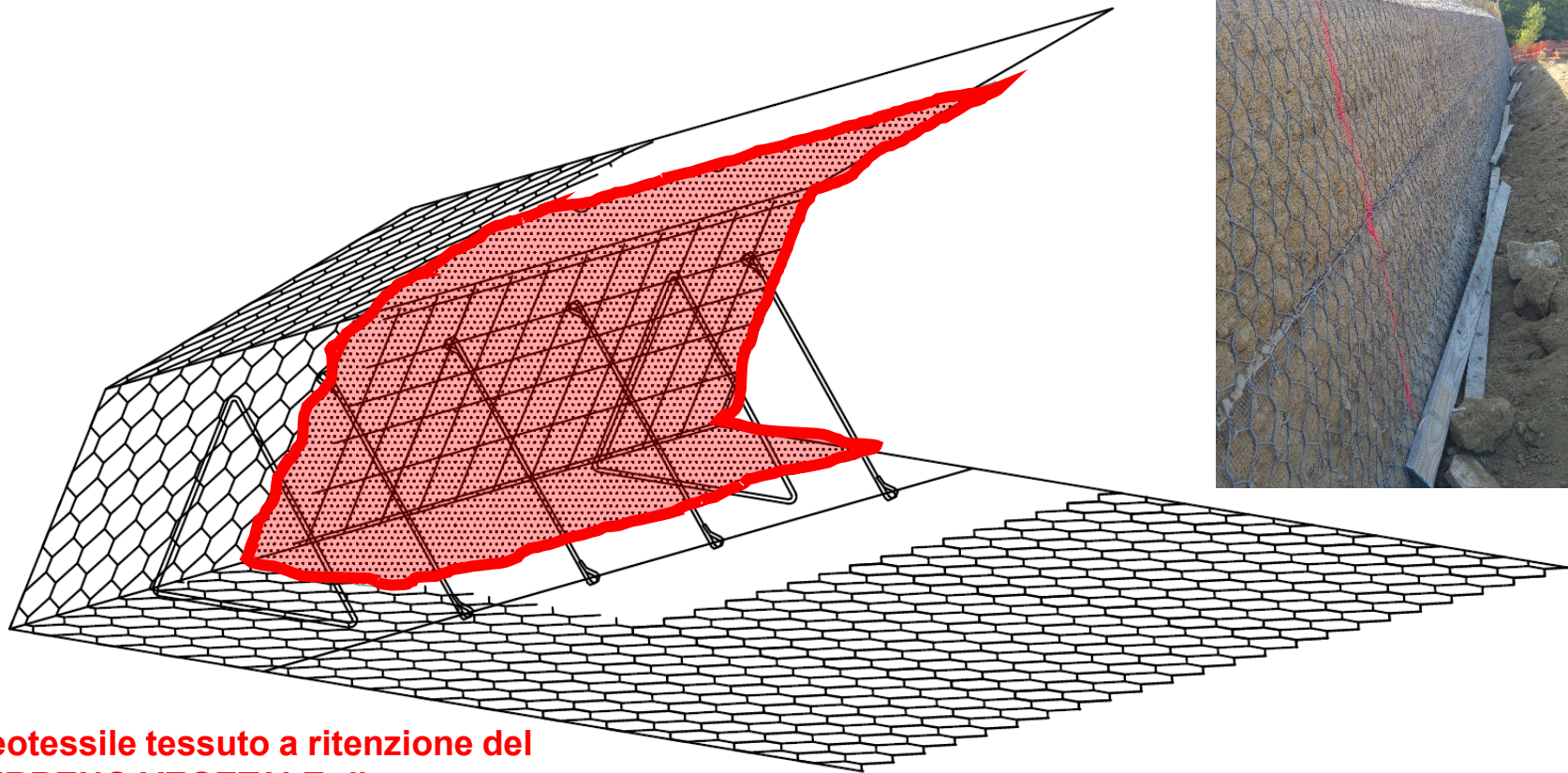
**Pannello di irrigidimento in
rete elettrosaldata**



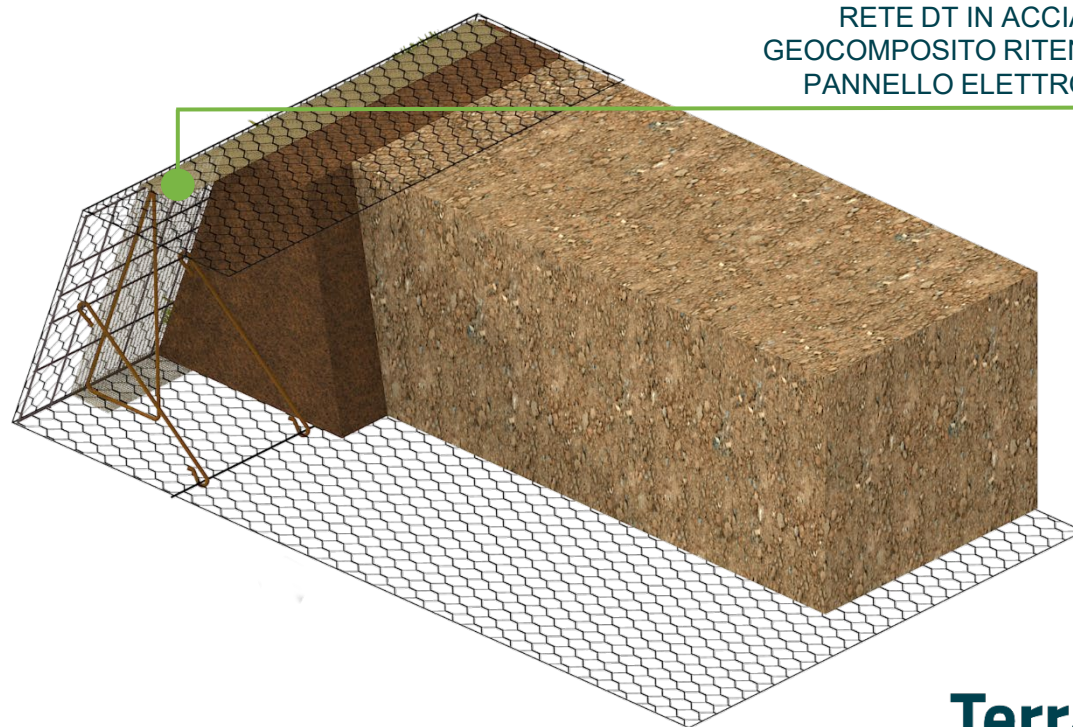
Staffe triangolari

Tiranti





**Geotessile tessuto a ritenzione del
TERRENO VEGETALE disposto a tergo
del paramento**



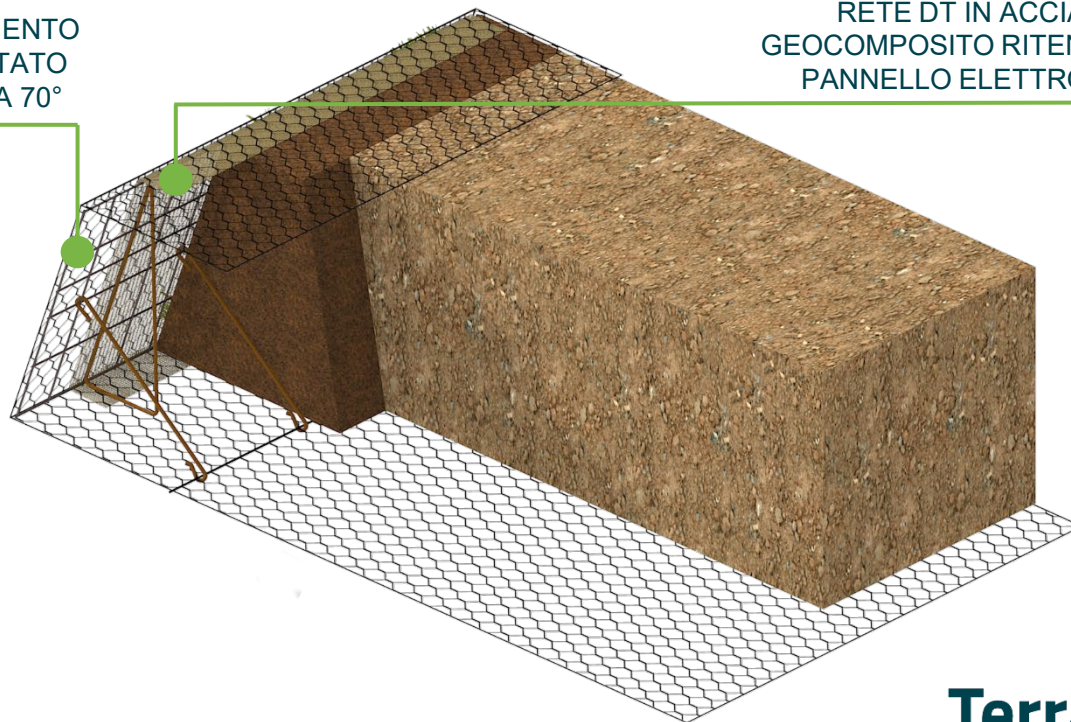
RETE DT IN ACCIAIO 8x10
GEOCOMPOSITO RITENTORE DI FINI
PANNELLO ELETTRISALDATO



TerraMesh Green
Rise to the challenge



PARAMENTO
VEGETATO
FINO A 70°



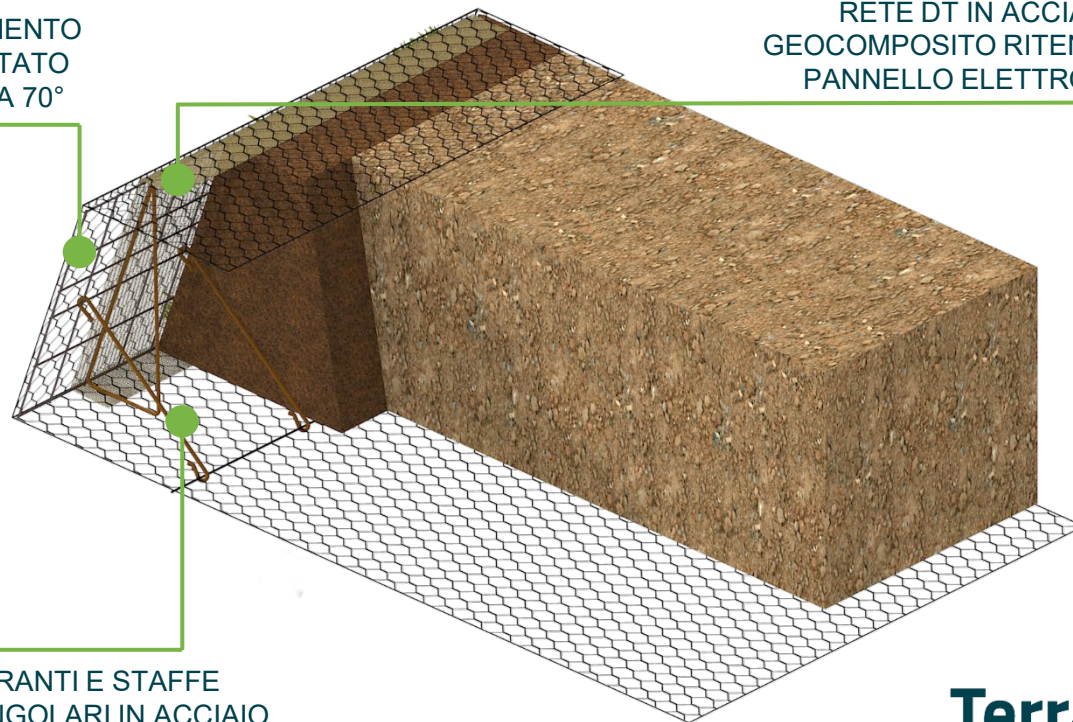
RETE DT IN ACCIAIO 8x10
GEOCOMPOSITO RITENTORE DI FINI
PANNELLO ELETTROSALDATO



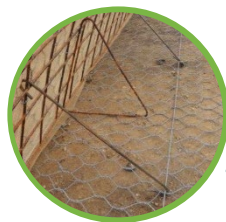
TerraMesh Green
Rise to the challenge



PARAMENTO
VEGETATO
FINO A 70°



RETE DT IN ACCIAIO 8x10
GEOCOMPOSITO RITENTORE DI FINI
PANNELLO ELETTROSALDATO



TIRANTI E STAFFE
TRIANGOLARI IN ACCIAIO

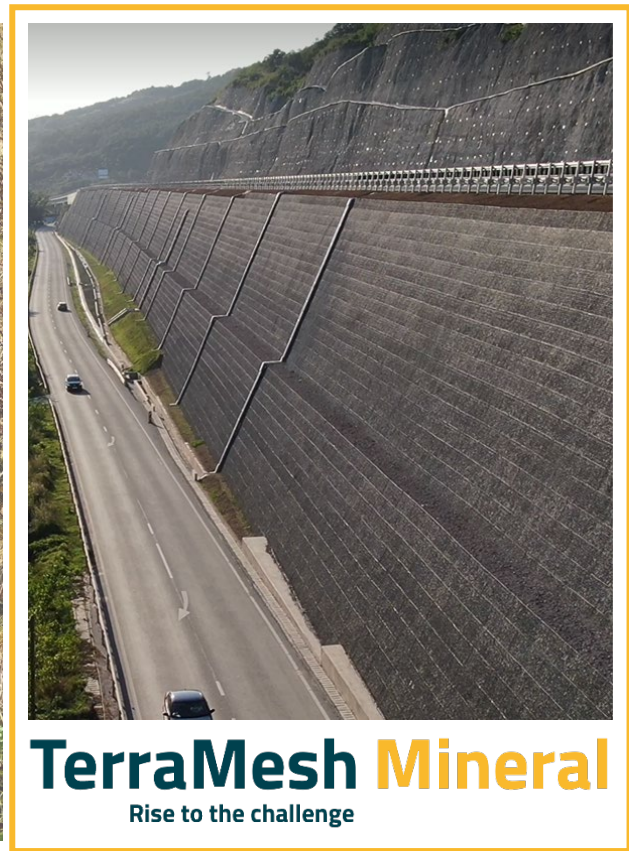
TerraMesh Green

Rise to the challenge

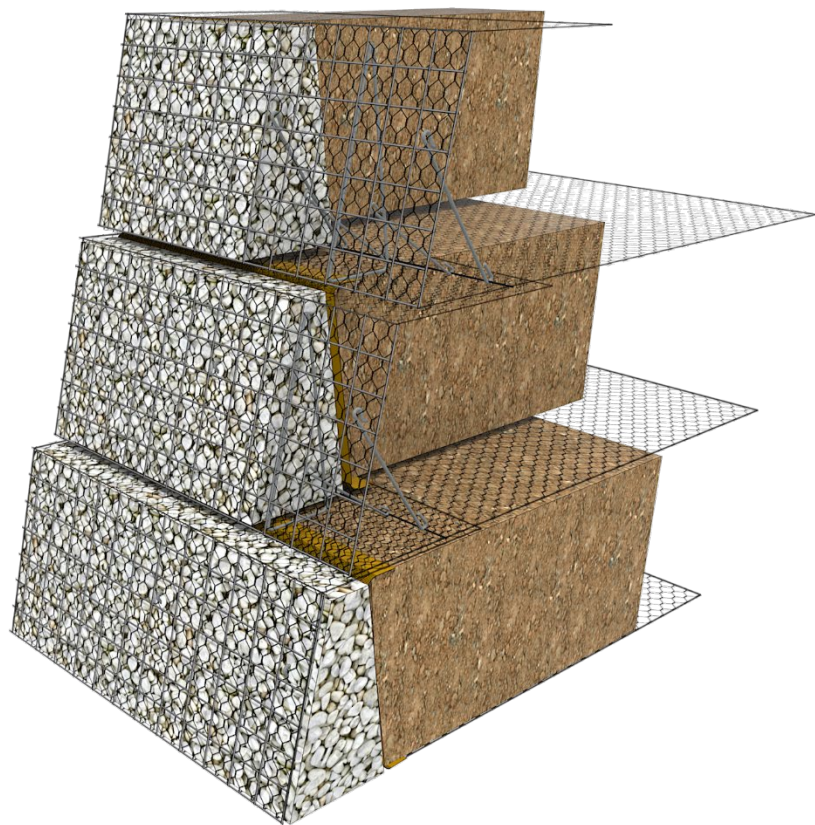


Un contributo verde ad un'opera d'arte
Museum of the Future, City of Dubai, U.A.E
TerraMesh Green 3.500 m²

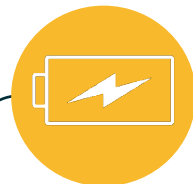




TerraMesh Mineral
Rise to the challenge



TerraMesh Mineral è un sistema unico di terre rinforzate con paramento inclinato in pietrame



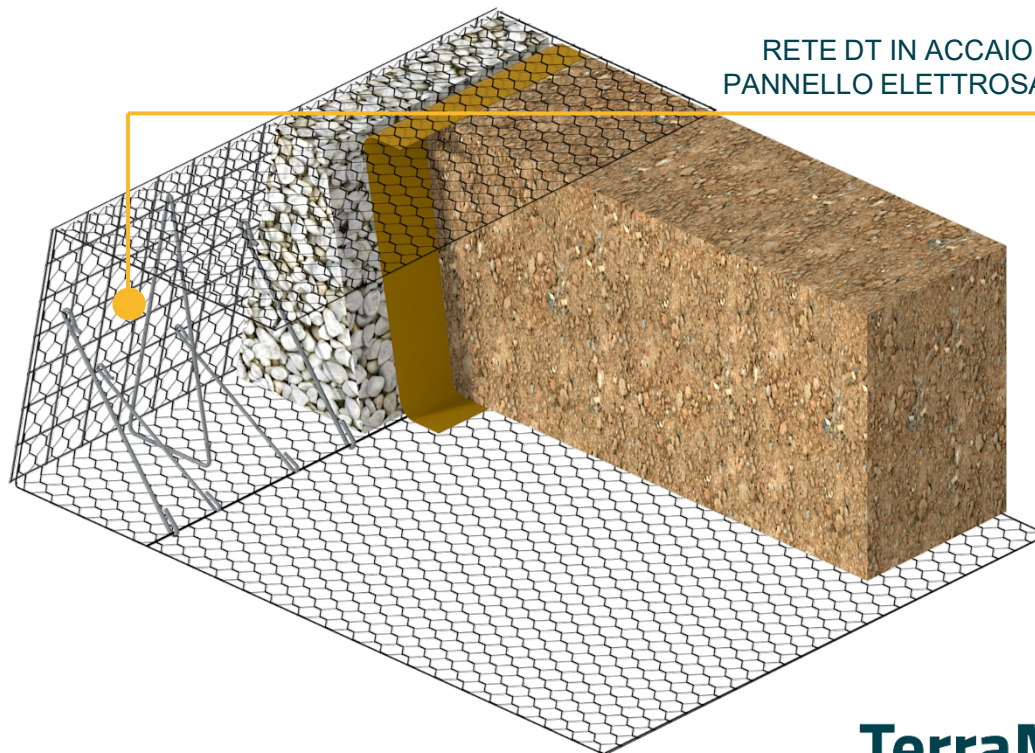
120
ANNI
DESIGN
LIFE



60 m²
INSTALLATI
PER
TURNO



MINORE
CONSUMO DI
PIETrame



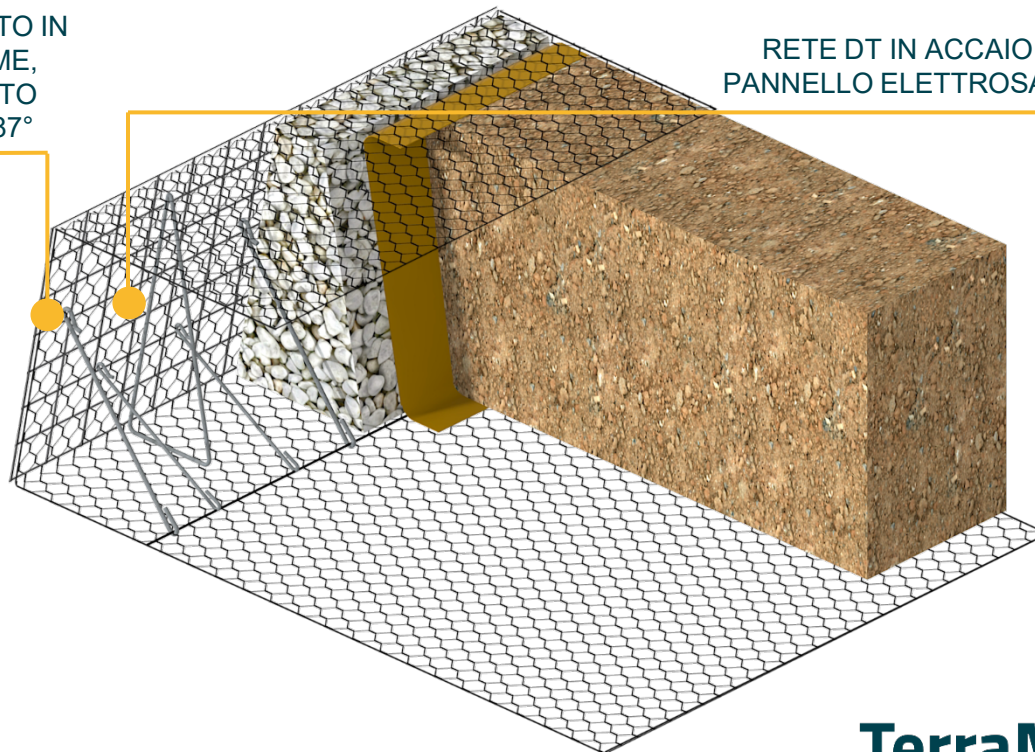
RETE DT IN ACCAIO 8x10
PANNELLO ELETTROSALDATO



TerraMesh Mineral
Rise to the challenge



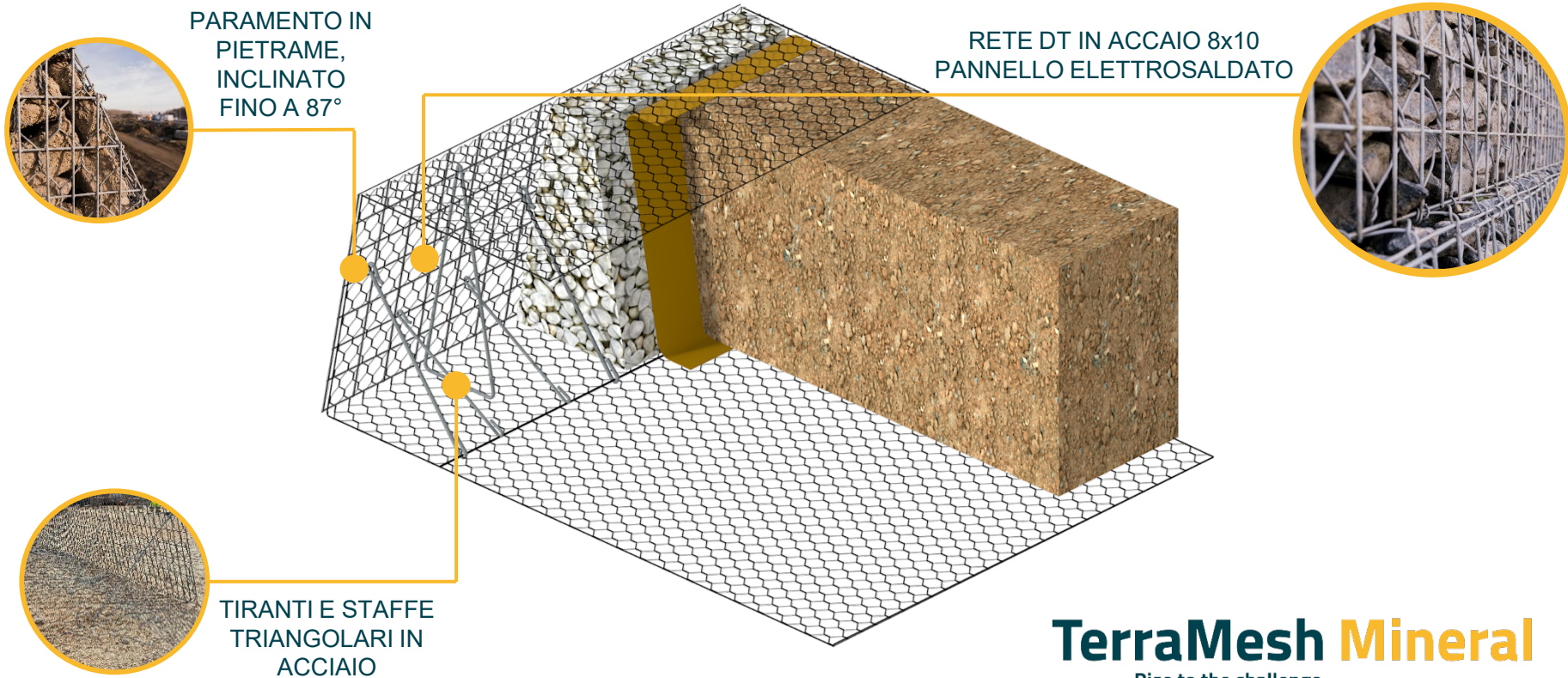
PARAMENTO IN
PIETRE,
INCLINATO
FINO A 87°



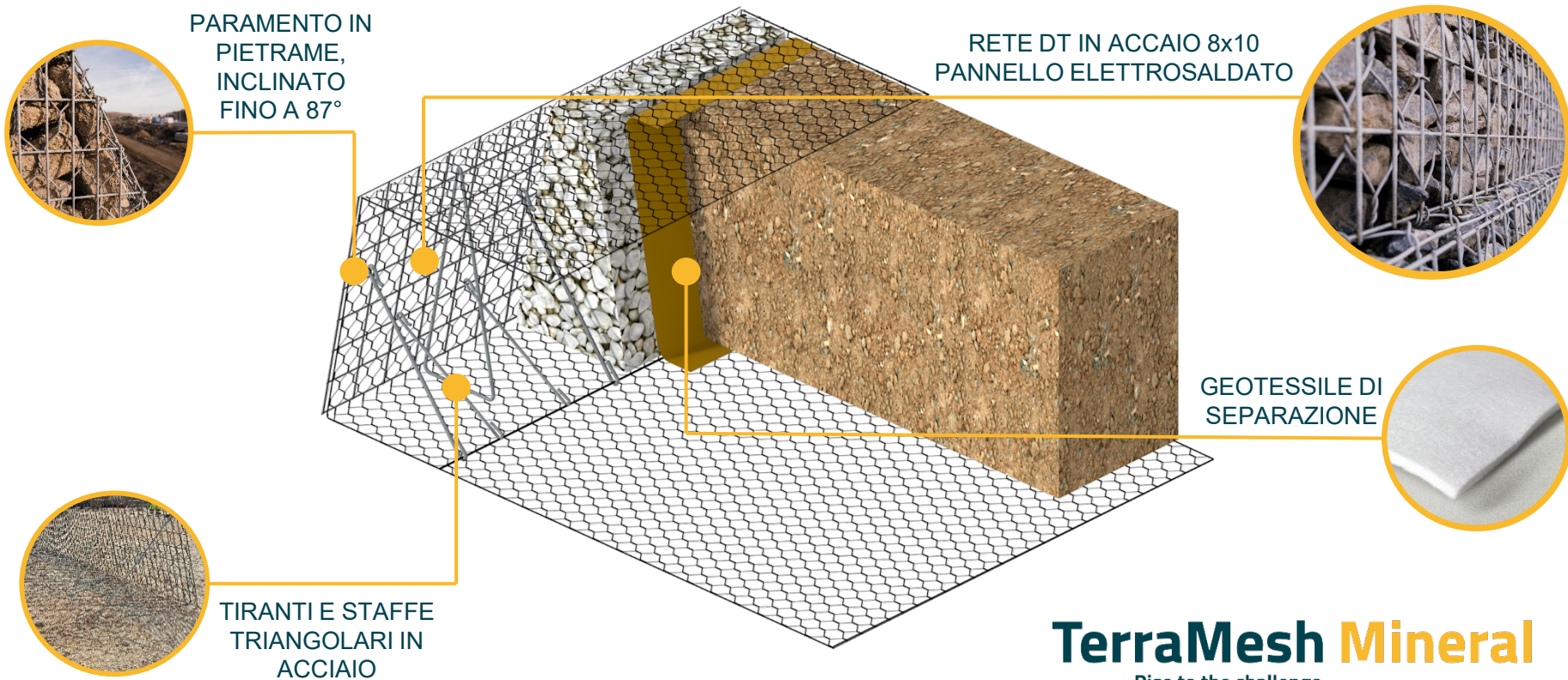
RETE DT IN ACCIAIO 8x10
PANNELLO ELETTRISALDATO



TerraMesh Mineral
Rise to the challenge



TerraMesh Mineral
Rise to the challenge



TerraMesh Mineral
Rise to the challenge

Il nostro contributo per una mobilità sostenibile
Valenciennes, Francia
TerraMesh Mineral 1.300 m²



Quando si hanno **terreni deboli** che devono sostenere **carichi elevati** o cicli ripetuti di carico e scarico, le strutture devono essere progettate con grande precisione e costruite con materiali di qualità.





La **produttività** nei cantieri ha sempre un grande impatto sul successo di un progetto.

A volte, emergenze come alluvioni e frane richiedono un **intervento rapido** per contenere i danni.

I muri di sostegno e le terre rinforzate a volte devono raggiungere grandi altezze pur mantenendo un'impronta ridotta sul terreno.

La **mancanza di spazio** può rappresentare una grande sfida nella progettazione di queste strutture.



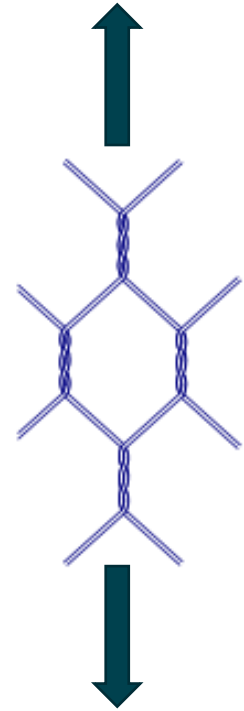


Utilizzate in combinazione con le nostre **geogriglie polimeriche**, le soluzioni TerraMesh consentono di realizzare strutture estremamente alte e ripide con un'eccezionale capacità di carico.

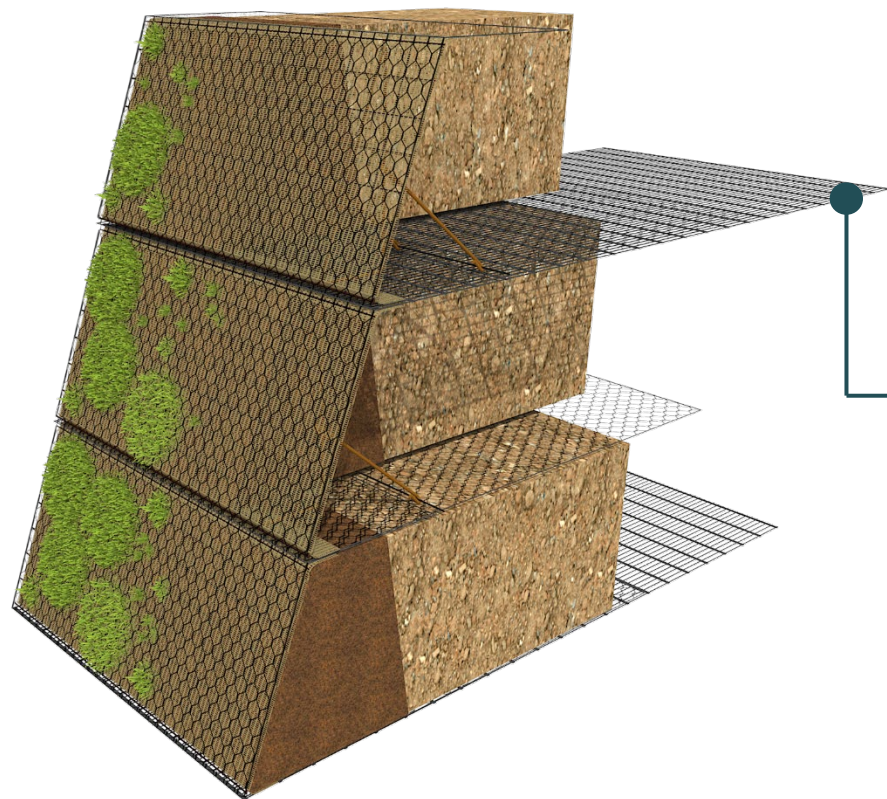
Per raggiungere una maggiore sostenibilità ed un costo totale più basso, le soluzioni devono avere la maggiore vita utile di progetto possibile.

Soprattutto nelle regioni con climi molto aggressivi, la scelta del tipo di struttura e dei materiali appropriati può essere cruciale per la **durabilità** delle opere.



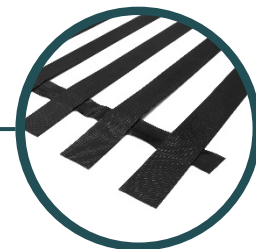


Ts = 50 kN/m



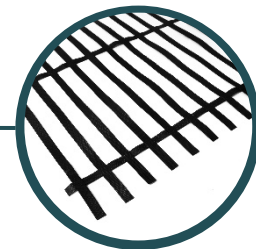
ParaLink

Da 100 kN/m a 1600 kN/m



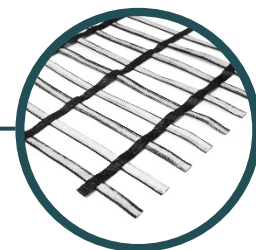
ParaGrid

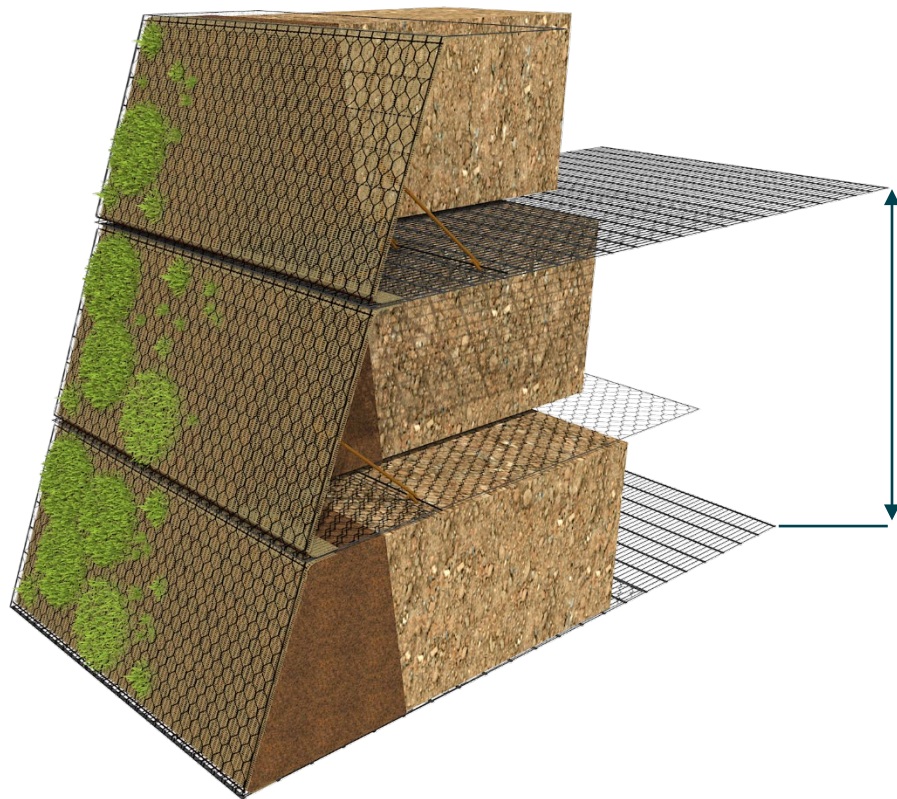
Da 30 kN/m a 200 kN/m in
direzione longitudinale



ParaDrain

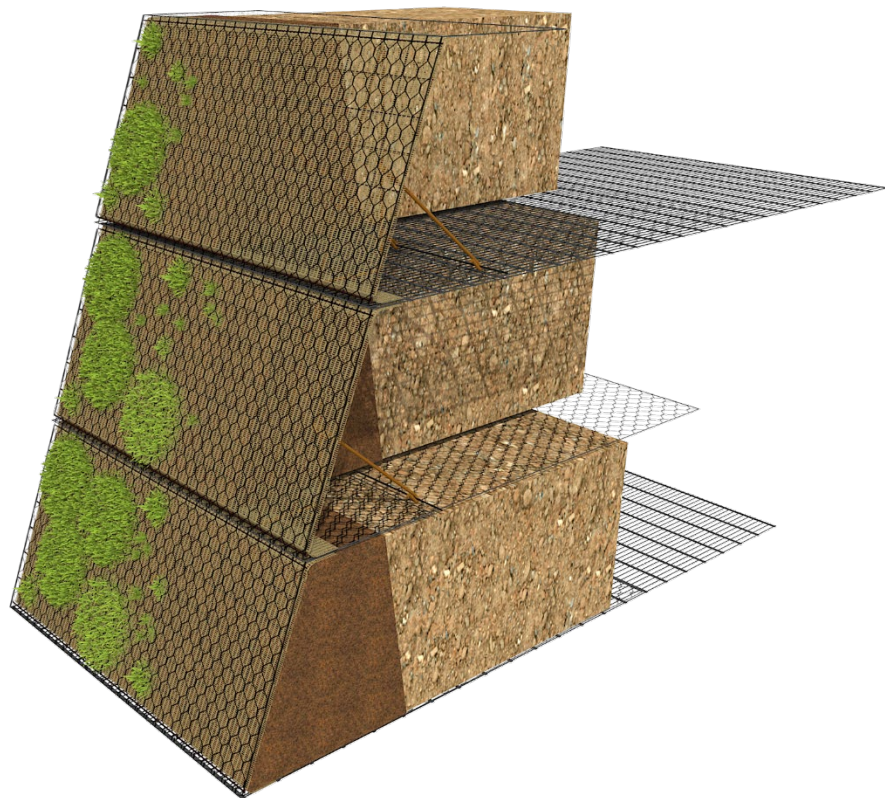
Da 50 kN/m a 200 kN/m in
direzione longitudinale





ParaLink, ParaGrid, ParaDrain:
Maccaferri dispone di un'ampia
gamma di geogriglie con una varietà
di polimeri, configurazioni e
resistenze.

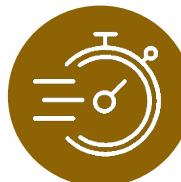
Questa ampia scelta consente di
ottimizzare gli elementi di rinforzo,
che possono essere utilizzati solo
dove necessario, risparmiando
materiali e riducendo il costo totale
della struttura.



Le geogriglie consentono di sopportare **carichi maggiori**, grazie alla loro elevata resistenza alla trazione, alla bassa deformazione e all'interazione con il terreno.



I Paraproducts forniscono la resistenza necessaria a garantire la stabilità globale delle **strutture più alte** con **pendenze elevate**.



L'uso combinato di Paraproducts ed unità TerraMesh massimizza la **velocità di installazione**.



I rinforzi Paraproducts permettono l'uso di terreni molto fini o coesivi, rendendo la soluzione fattibile con il **terreno disponibile localmente**



Perché scegliere una soluzione TerraMesh?

Il nostro processo di progettazione è incentrato su campagne di test e investimenti per la valutazione delle prestazioni delle nostre soluzioni.



Approvazione della qualità del prodotto compresi test in laboratorio ed in cantiere, controlli di gestione della qualità ed ispezioni della produzione.

Perché scegliere una soluzione TerraMesh?

Il nostro processo di progettazione è incentrato su campagne di test e investimenti per la valutazione delle prestazioni delle nostre soluzioni.



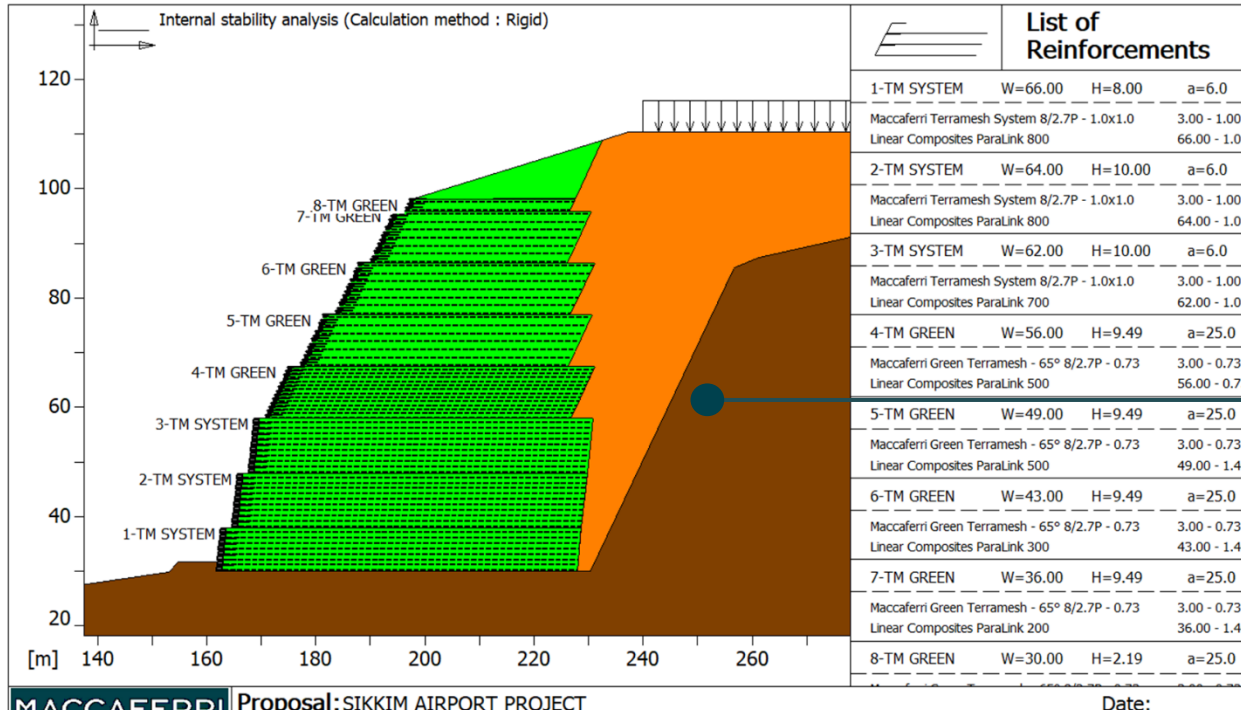
Informazioni trasparenti e
comparabili sull'impatto
ambientale del ciclo di vita dei
prodotti

Perché scegliere una soluzione TerraMesh?

Il nostro processo di progettazione è incentrato su campagne di test e investimenti per la valutazione delle prestazioni delle nostre soluzioni.



Controllo continuo
delle prestazioni del
prodotto
in conformità con la
legislazione
europea

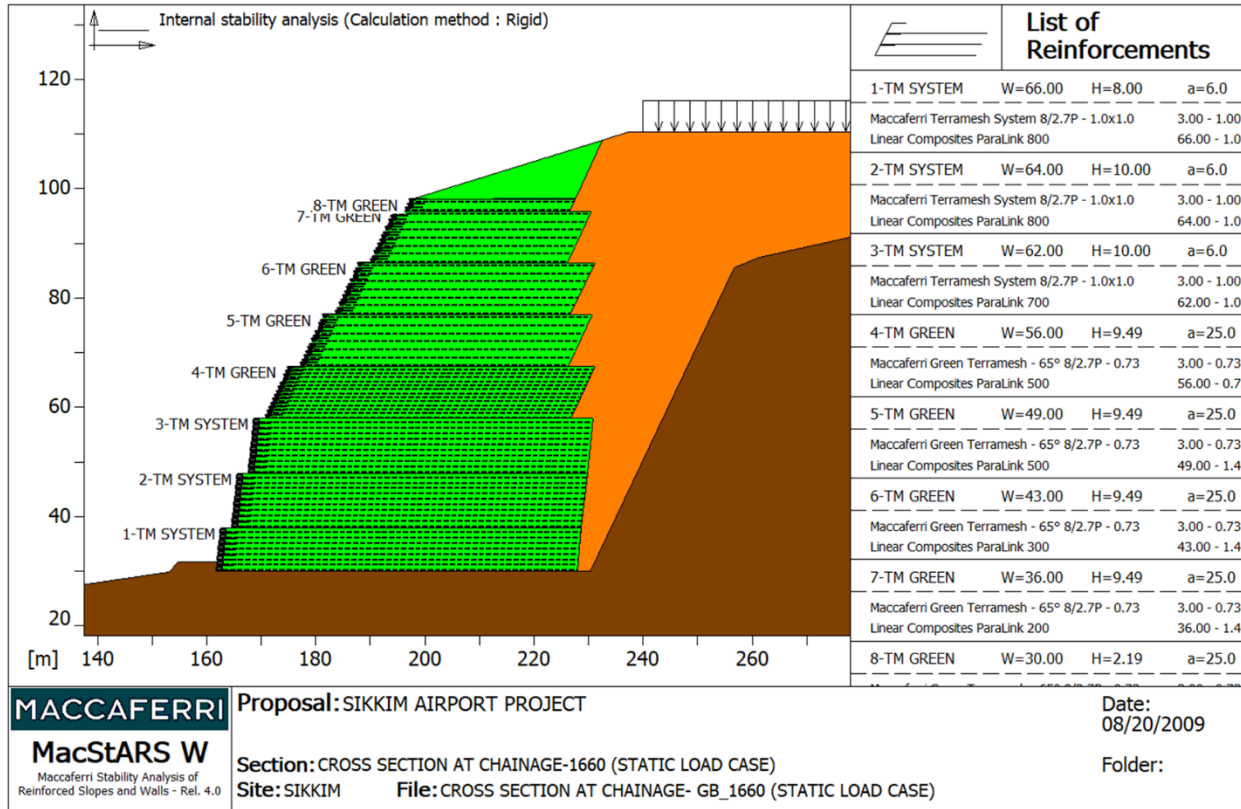


All'interno di MacSTARS W, il progettista può selezionare i prodotti più aggiornati e certificati (ad esempio con marchio BBA e CE) da utilizzare nella progettazione delle strutture di sostegno o delle terre rinforzate

MacSTARS permette la modellazione di stratigrafie e geometrie complesse, ed include tra l'altro:

- Pressioni interstiziali
- Condizioni sismiche
- Carichi applicati lineari, puntiformi e distribuiti





La libreria incorporata permette al progettista di scegliere la normativa di riferimento:
 NTC 2018
 Eurocode 7
 BS8006:2016 (UK)
 NF P94-270 and NF XP G38-064 (Francia)
 DIN 1054 (Germania)
 SANS 207 (Sud Africa)
 AS 4678 (Australia)
 FHWA (USA).



[Join](#)
[Login](#)

[Browse](#)
[Collections](#)
[Manufacturers](#)
[Forum](#)
[Resources](#)

MACCAFERRI

[Follow](#)

[Message](#)

[Request Object](#)

Maccaferri

Maccaferri is a global company, with more than 70 subsidiaries operating in 5 continents, with an on-site presence in more than 100 countries, and 3,300 employees. Our engineers are highly-specialized professionals trained in designing and developing complex solutions in the civil engineering, geotechnical, hydraulics and environmental construction markets. Our worldwide network grows through innovation and diversification of its sectors of activity and through an increasing range of high quality and environmentally-friendly products and applications.

Contact Details

- www.maccaferri.com
- +44 (0) 1865 770555
- Building 168 Harwell Campus, Maxwell Ave, Harwell, Didcot, OX11 0QT, United Kingdom

UK

[All Products](#)
[All Categories](#)
[Sort By](#)

Terramesh System
By Maccaferri

7.1k 0 ★ 5 / 5

Select

Green Terramesh
By Maccaferri

9.1k 0 ★ 5 / 5

Select

Paragrid Geogrids
By Maccaferri

7.8k 0 ★ 5 / 5

Select

Paralink Geogrids
By Maccaferri

7k 0 ★ 5 / 5

Select

Join
Login

Browse
Collections
Manufacturers
Forum
Resources

Terramesh System

BSI192:4 COMPLIANT
BSB COMPLIANT

Download BIM

OBJECT DATA **LAST UPDATED**
1 Revision **12/03/2021**

AVAILABLE FOR:
R

Terramesh System is a modular system for slopes (also known as Mechanically Stabilized Earth).

Terramesh System consists of pre-assembled units of double twisted wire mesh (8x10 type, wire diameter 2.2 mm or 2.7 mm) lined with an erosion control blanket and stiffened with a welded mesh panel. The angled front face and the erosion control blanket are designed to facilitate the establishment of natural vegetation. As all components are factory fitted, Green Terramesh® is the quickest to install reinforced soil system. Green Terramesh can be used in conjunction with our high performance primary geogrids.

7.1k
 0
 5 / 5
[Read more](#)

Join
Login

Browse
Collections
Manufacturers
Forum
Resources

Green Terramesh

BSI192:4 COMPLIANT
BSB COMPLIANT

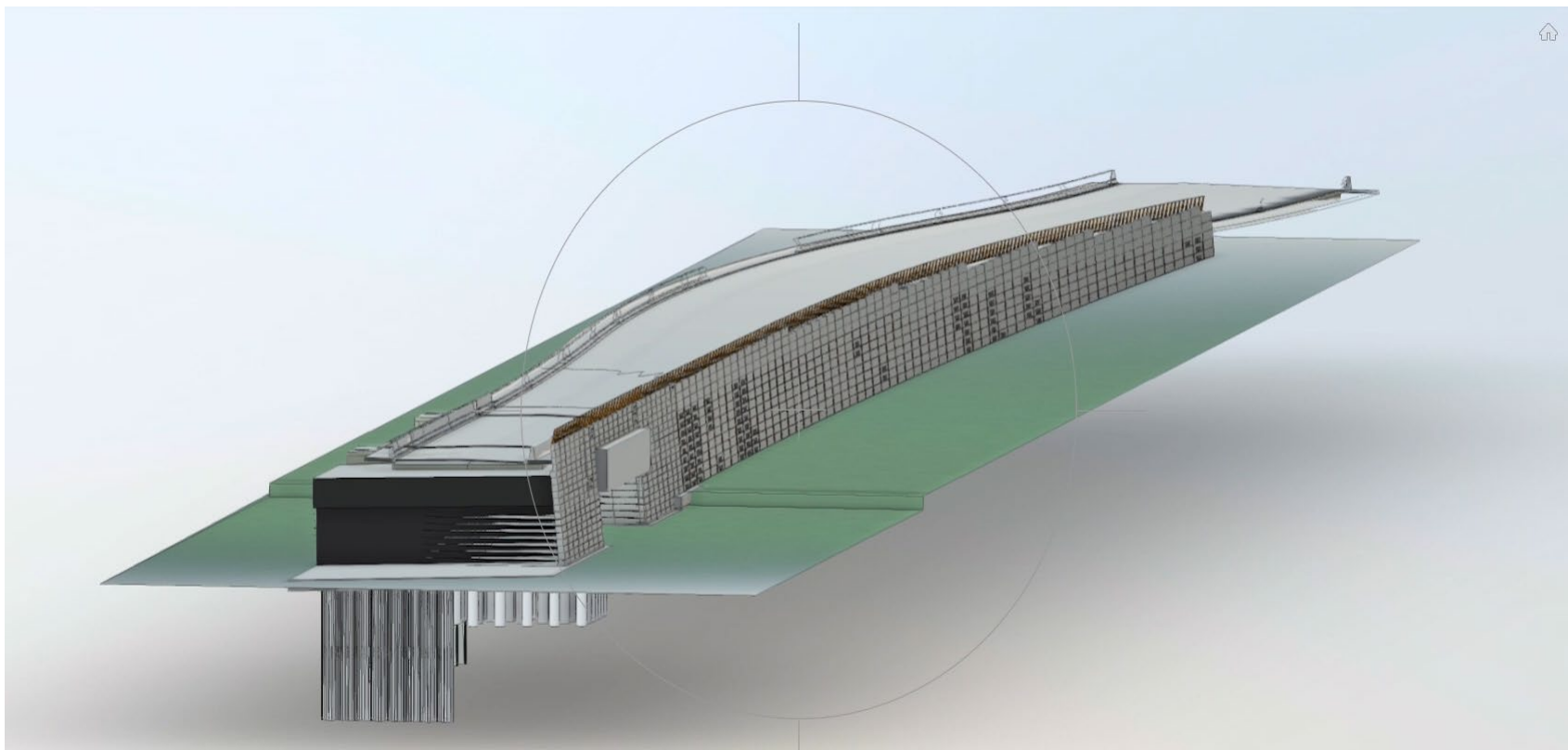
Download BIM

OBJECT DATA **LAST UPDATED**
2 Revision **12/03/2021**

AVAILABLE FOR:
R

Green Terramesh® is an environmentally friendly modular system used to form vegetated (green) faced soil reinforced structures. The system consists of pre-fabricated units of double twisted wire mesh (8x10 type, wire diameter 2.2 mm or 2.7 mm) lined with an erosion control blanket and stiffened with a welded mesh panel. The angled front face and the erosion control blanket are designed to facilitate the establishment of natural vegetation. As all components are factory fitted, Green Terramesh® is the quickest to install reinforced soil system. Green Terramesh can be used in conjunction with our high performance primary geogrids.

9.1k
 0
 5 / 5
[Read more](#)





DESIGN THE CHANGE



*United Arab Emirates,
32-m high Terramesh System Wall*



Grazie!