



GROUNDMAC Design: Il software per la stabilizzazione del suolo

MACCAFERRI

An aerial photograph of a multi-lane highway interchange. A semi-transparent dark blue rectangular box is overlaid on the left side of the image, containing white text. The background shows the asphalt road, green trees, and some industrial or construction areas.

Le infrastrutture di trasporto presentano in genere una superficie in asfalto o calcestruzzo su una base granulare e una sottobase che supporta e distribuisce il carico. I problemi si verificano solitamente quando il sottofondo è costituito da terreni soffici, incapaci di supportare adeguatamente i carichi applicati.

An aerial photograph of a complex highway interchange with multiple overpasses and ramps. The road surface is asphalt. Several trucks are visible on the roads, including a yellow truck on one of the upper ramps. The surrounding area includes green trees, a body of water, and some industrial or construction sites with various structures and materials.

MACCAFERRI



I sottofondi deboli vengono tradizionalmente sostituiti con terreno di buona qualità o migliorati con l'aggiunta di cemento, calce o aggregati in eccesso. Tutte queste soluzioni sono spesso costose e richiedono molto tempo.

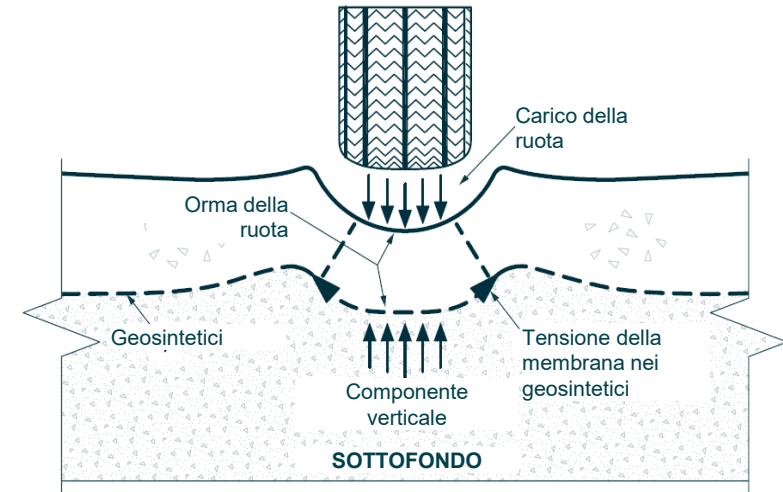
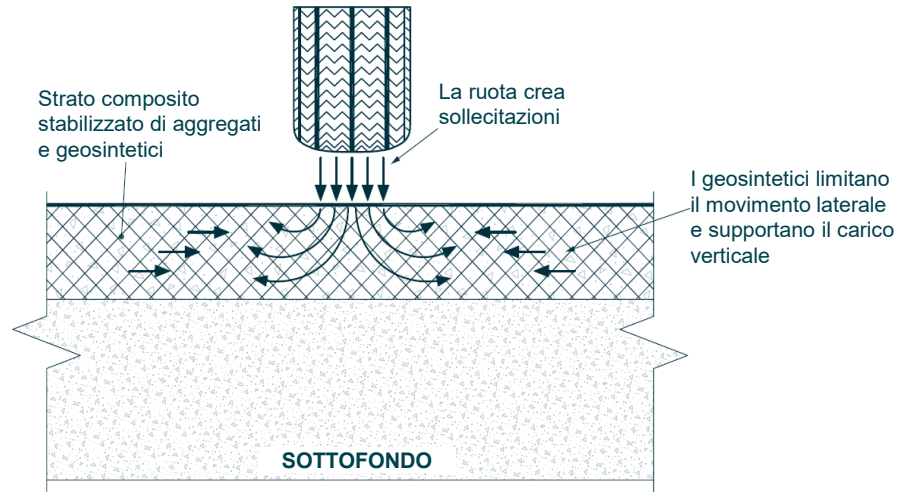
È stato dimostrato che i geosintetici sono una soluzione versatile ed economica per stabilizzare i sottofondi, offrendo i seguenti vantaggi rispetto ai metodi tradizionali:

- > Riduzione Costi
- > Riduzione Tempo di installazione
- > Sostenibilità ambientale
- > Controllo della qualità dei materiali



L'inclusione di un geosintetico negli strati granulari non legati dà luogo a uno strato composito con maggiore rigidità e deformazioni controllate.

Meccanismi di stabilizzazione



Meccanismo di confinamento

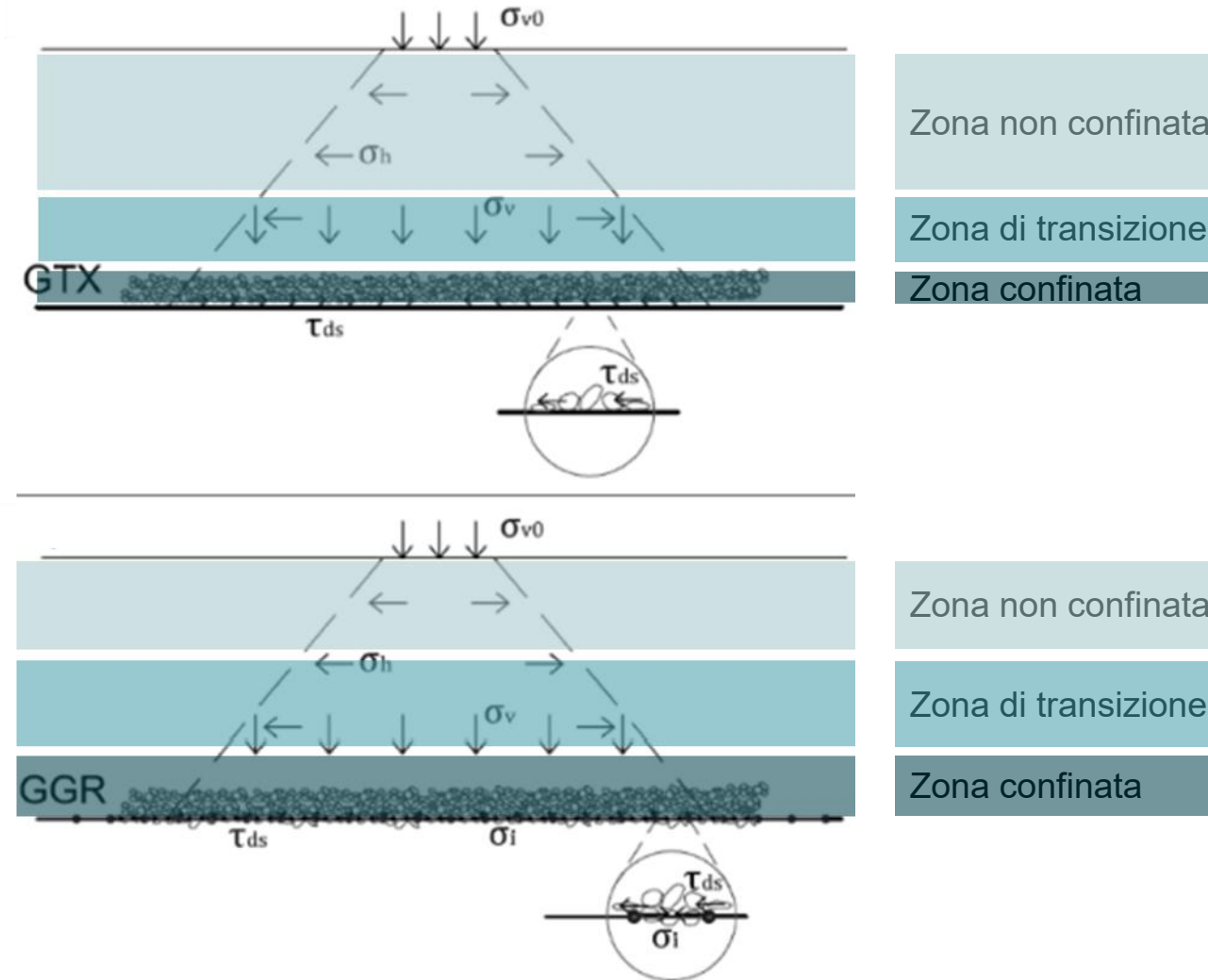
- > Limitazione del movimento delle particelle
- > Aumento della resistenza a taglio
- > Distribuzione del carico su un'area maggiore
- > Controllo delle deformazioni
- > Bassi livelli deformativi del geosintetico

Meccanismo a membrana tesa

- > Aumento della capacità portante
- > Controllo delle deformazioni
- > Alti livelli deformativi del geosintetico

STABILIZZAZIONE DEL SUOLO

Zona di Confinamento



ISO TR 18228 - 5

- > Strade non pavimentate
- > Strade pavimentate
- > Piattaforme

Approccio progettuale come da letteratura tecnica

- > Ferrovie

Metodo AASHTO modificato

- > Aeroporti



ISO/TR 18228-5:2025
Progettazione con geosintetici
Part 5: Stabilizzazione

Strade Pavimentate

STABILIZZAZIONE STRADALE

MACCAFERRI

Progettazione – strade pavimentate

La norma ISO/TR 18228-5 fa riferimento al metodo di progettazione AASHTO per la progettazione di strade pavimentate, che modella la struttura stradale attraverso la seguente equazione empirica:

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta psi}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log(Mr) - 8.07$$

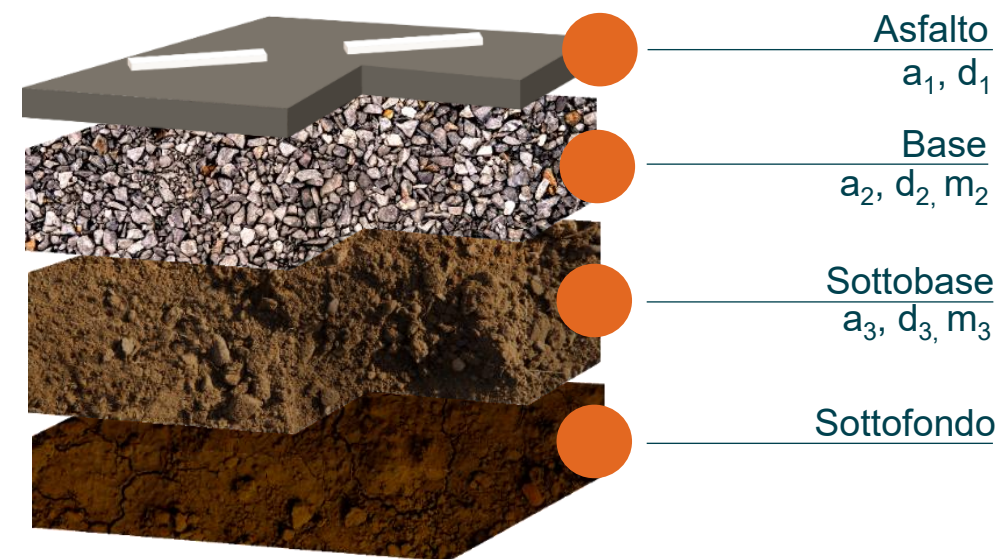
Dove il numero strutturale SN, che rappresenta la resistenza strutturale richiesta della pavimentazione stradale in base alle caratteristiche del sottofondo, al traffico e alla funzionalità terminale, è espresso da:

$$SN = a_1 d_1 + a_2 d_2 m_2 + a_3 d_3 m_3$$

a = coefficiente di strato

d = spessore dello strato

m = coefficiente di drenaggio dello strato



STABILIZZAZIONE STRADALE

MACCAFERRI

Progettazione – strade pavimentate – miglioramento del drenaggio

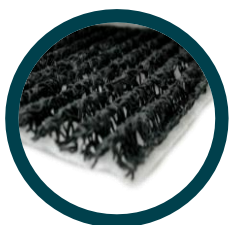
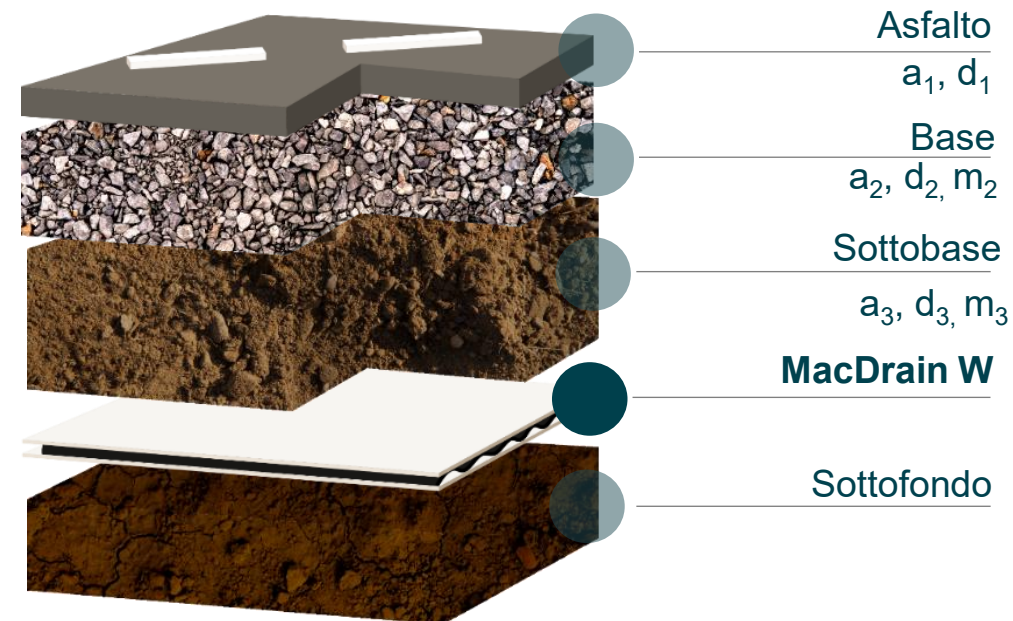
Nel metodo di progettazione AASHTO, l'influenza del drenaggio è inclusa nella formula SN attraverso i coefficienti di drenaggio m_2 e m_3 .

$$SN = a_1 d_1 + a_2 d_2 m_2 + a_3 d_3 m_3$$

Quality of Drainage	Percent of time pavement is exposed to moisture levels approaching saturation			
	Less than 1%	1 to 5%	5 to 25%	More than 25%
Excellent	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Good	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Fair	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Poor	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Very Poor	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Valori m suggeriti m (AASHTO 1993)

Con MacDrain W
interfaccia
Sottobase/Sottofondo



MacDrain W → aumento m → aumento SN → spessore Sottobase minore

STABILIZZAZIONE STRADALE

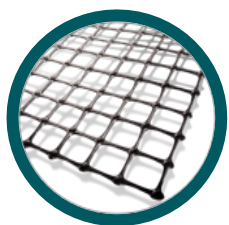
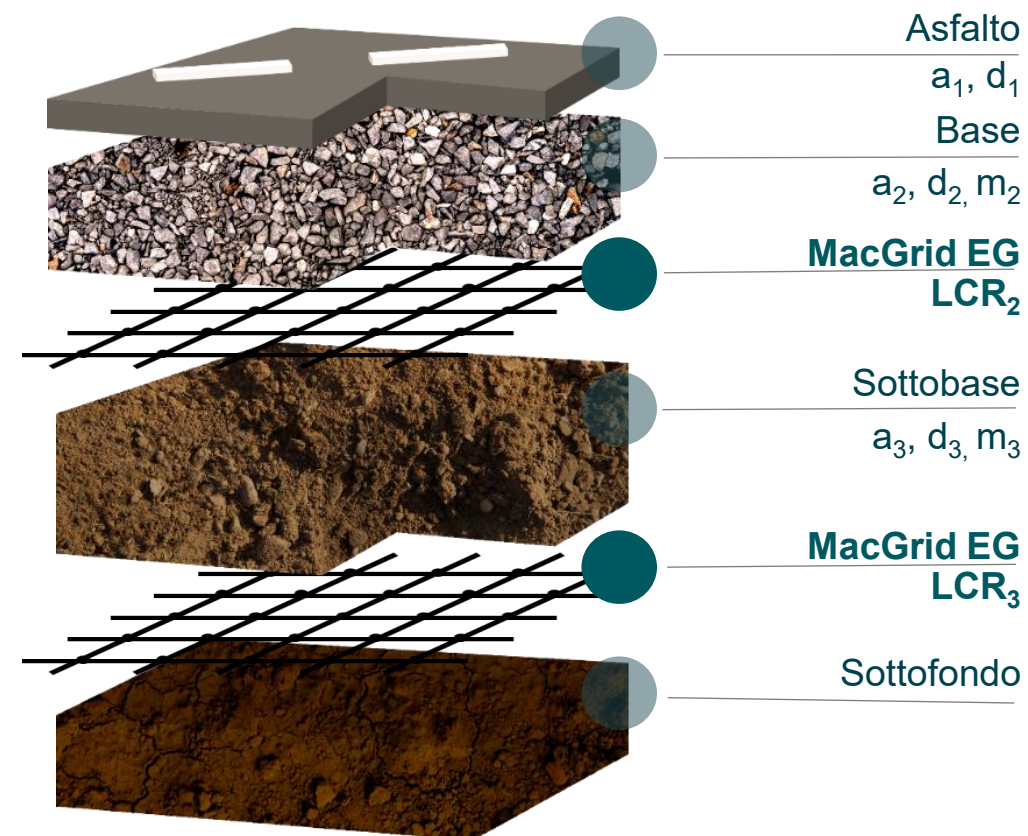
MACCAFERRI

Progettazione – strade pavimentate – miglioramento della rigidezza

Il contributo stabilizzante del geosintetico può essere incluso nella progettazione tramite il coefficiente di strato (LCR):

$$SN = a_1 d_1 + LCR_2 a_2 d_2 m_2 + LCR_3 a_3 d_3 m_3$$

derivato da dati empirici specifici per ciascun geosintetico, determinati da test su scala reale o da test di laboratorio su larga scala con un sistema di carico ciclico certificato in modo indipendente.



MacGrid EG → aumento a → aumento SN → spessore di Base e Sottobase minori

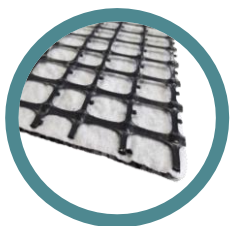
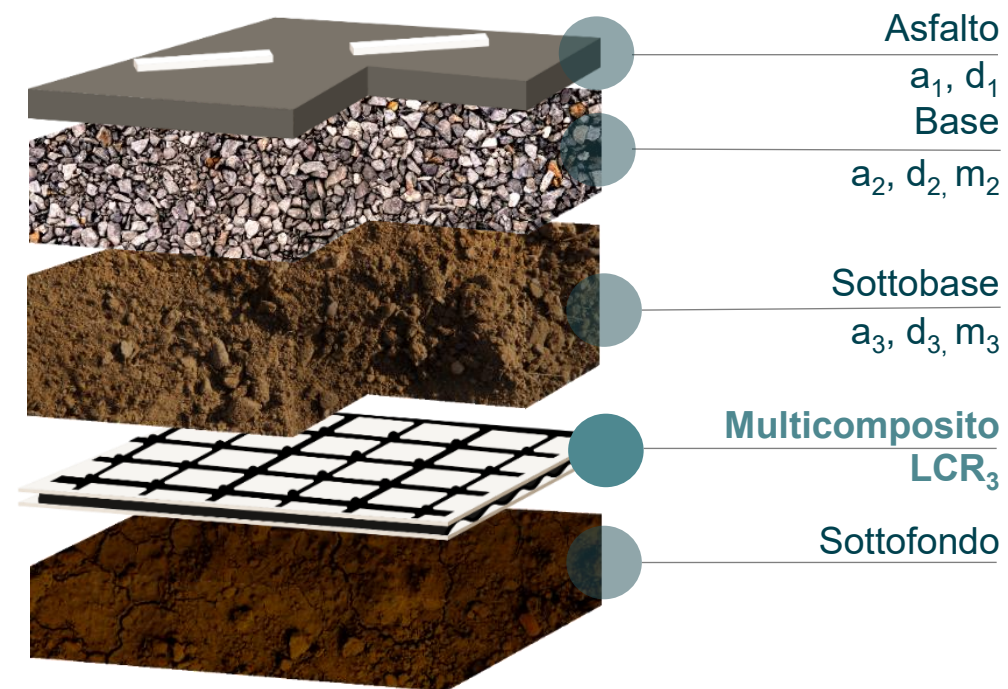
STABILIZZAZIONE STRADALE

MACCAFERRI

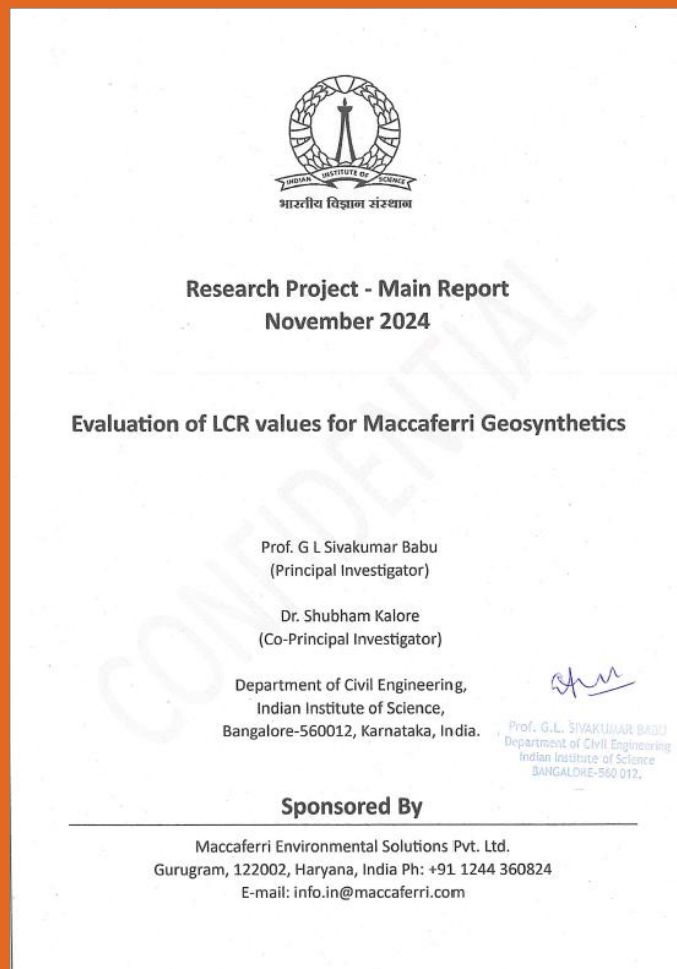
Progettazione – strade pavimentate – miglioramento drenaggio e rigidità

Il Multicomposito risultante dall'accoppiamento di MacDrain W e MacGrid EG consente di ottenere sia benefici derivanti dal miglioramento delle prestazioni di drenaggio sia dal miglioramento della rigidità.

$$SN = a_1 d_1 + a_2 d_2 m_2 + LCR_3 a_3 d_3 m_3$$



Multicomposito → aumento a & m → aumento SN → spessore di Base e Sottobase minori



Presso il Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Indian Institute of Science (IISc) di Bangalore (India) è stata condotta **una campagna di test su larga scala** per valutare l'efficacia delle soluzioni Maccaferri nel migliorare il comportamento meccanico degli strati granulari non legati.

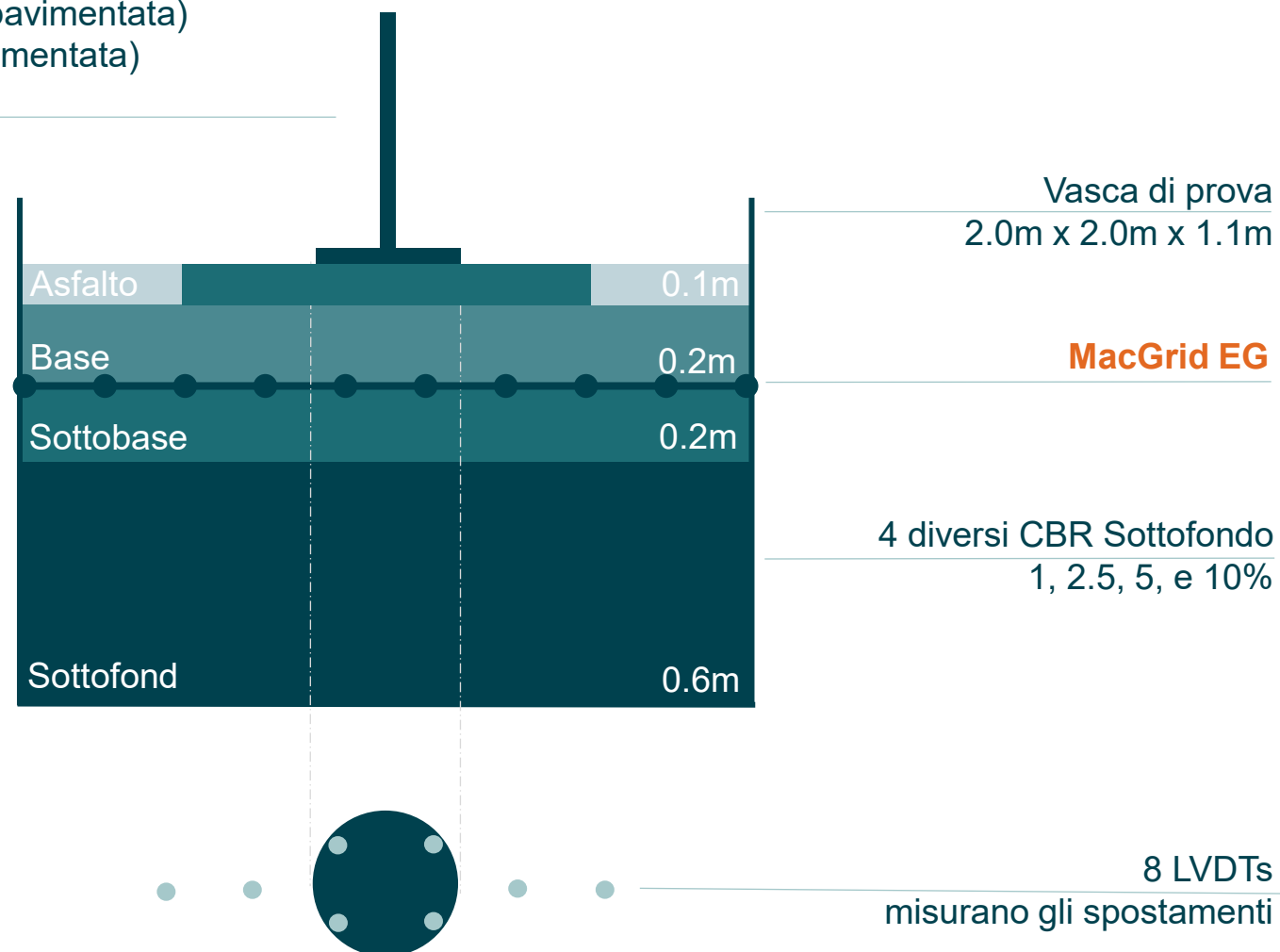
L'analisi dei dati di prova ha fornito valori **LCR convalidati**.

STABILIZZAZIONE STRADALE

MACCAFERRI

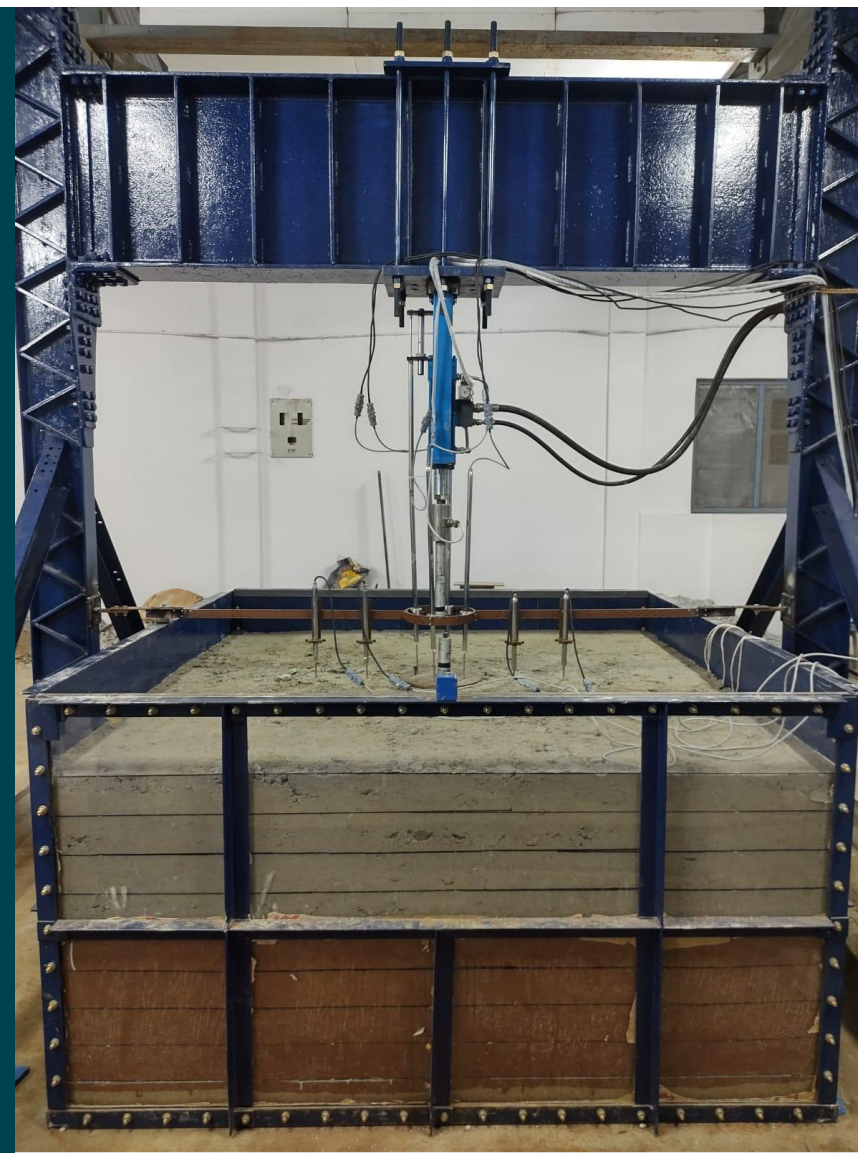
Configurazione di prova (ASTM D8462)

10.000 cicli di carico (non pavimentata)
100.000 cicli di carico (pavimentata)
560kPa, ampiezza 40 kN



Risultati della Ricerca

- > I risultati dei test dimostrano che l'inclusione di MacGrid EG negli strati granulari non legati consente di ottimizzare lo spessore degli strati granulari non legati o di prolungarne la durata utile.
- > I valori di LCR sono stati osservati più elevati per i sottofondi con CBR inferiore rispetto a quelli con CBR superiore.
- > I valori di LCR sono aumentati con l'aumentare della resistenza a trazione della geogriglia.
- > Non è stata osservata alcuna influenza dello strato di asfalto sui risultati. Ciò consente di condurre test su tratti non asfaltati, semplificandone l'esecuzione.



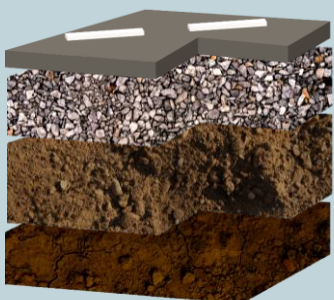
STABILIZZAZIONE DEL SUOLO

MACCAFERRI

Soluzione sostenibile ed economica

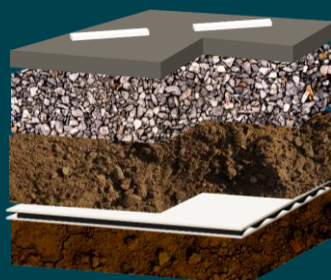
Non Stabilizzato

- > Base=0.60m
- > Sottobase=1.00m



Stabilizzato con MacDrain W

- > Base=0.60m
- > Sottobase =0.70m

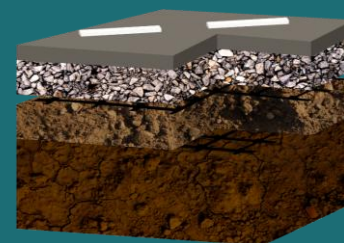


Riduzione Spessore

- > n.d. (Base)
- > -30% (Sottobase)

Stabilizzato con MacGrid EG

- > Base=0.40m
- > Sottobase =0.60m

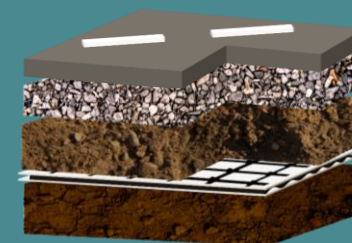


Riduzione Spessore

- > -33% (Base)
- > -40% (Sottobase)

Stabilizzato con Multicomposito

- > Base=0.30m
- > Sottobase =0.55m



Riduzione Spessore

- > -50% (Base)
- > -45% (Sottobase)



Advanced Multi-Composite Products for Road Stabilization: A Comparative Design and LCA Analysis

Fabrizio Trivato¹, Zeynephan P.V.², Giulia Lugli³ and Pierre Rimoldi⁴

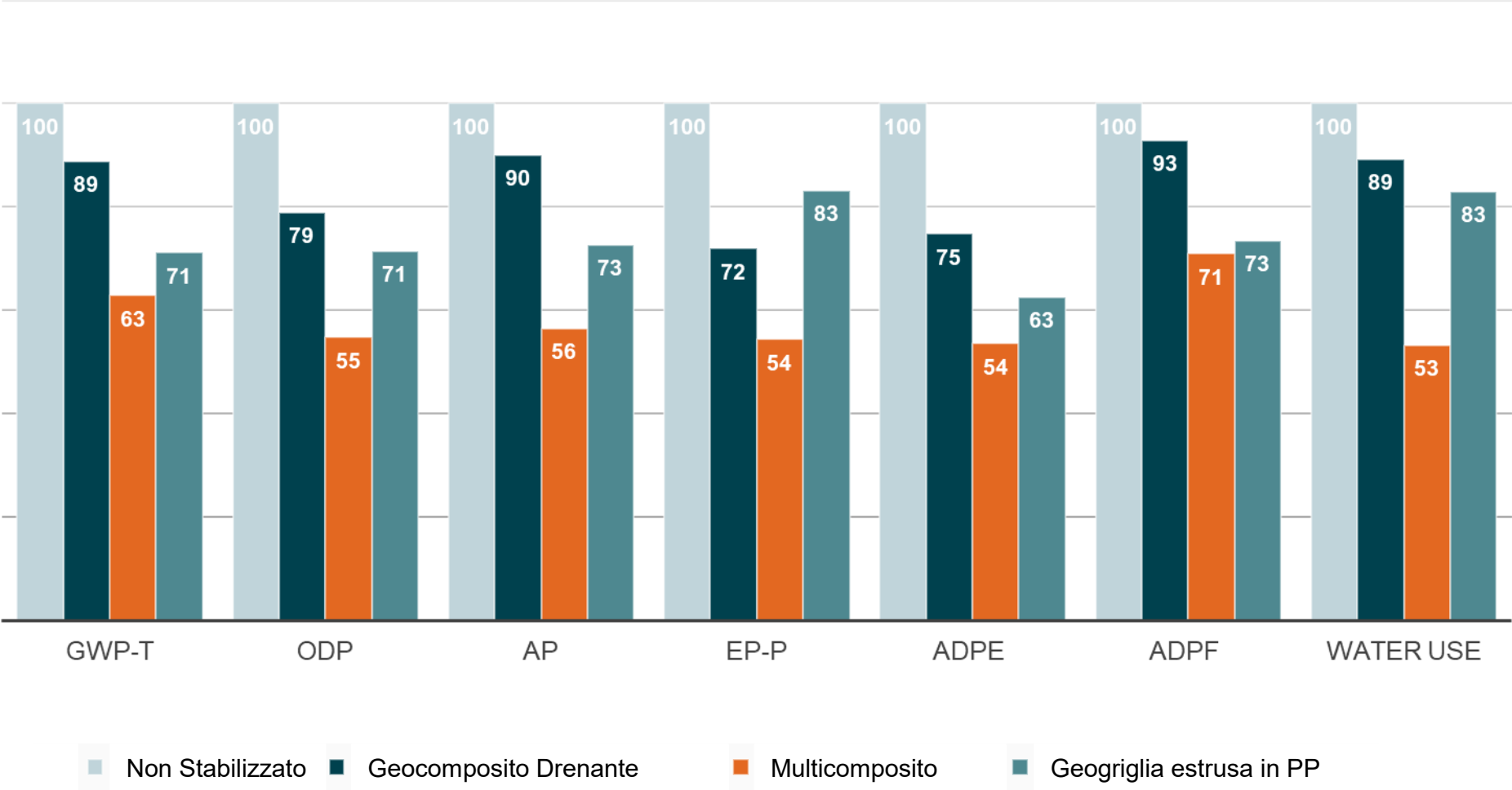
¹Officine Maccaferri S.p.A. Geosynthetic Business Unit, 40132 Bologna, Italy
²Maccaferri Middle East, Technical Department, Dubai, UAE
³Civil Engineering Consultant, 20137 Milano, Italy

Abstract. In the construction sector, there is a growing emphasis on sustainable solutions driven by global recognition of the negative impacts of human activities on the environment. Among these solutions in civil engineering applications, geosynthetics have proven to be a versatile and high-performing alternative to traditional materials, offering significant advantages in terms of reducing resource consumption and minimizing CO₂ emissions. When two or more geosynthetic materials are coupled together to create a single product, the result is a high-performance product called a multi-composite geosynthetic. These are engineered to enhance project efficiency and sustainability, ensuring faster and more efficient installation in terms of time, costs, and CO₂ emissions from production and installation operations. A notable example of this innovation is the use of multi-composite geosynthetics for road applications, which incorporate a biaxial geogrid with a drainage geogrid. These integrated components work synergistically to stabilize subgrades, facilitate water drainage through the drainage core, and reduce the thickness of aggregate layers due to the inclusion of the reinforcement element. In this paper, the results of a comparative design calculation based on the AASHTO 1993 method will be presented to better illustrate how the inclusion of a multi-composite geosynthetic within the road structure can impact the reduction of various layers in comparison to an unstabilized road section. These results will be used to perform a comparative Life Cycle Assessment analysis, confirming the effectiveness of the multi-composite solution compared to traditional design methods.

1 Introduction

In recent years, the construction sector has placed increasing emphasis on sustainability, as public administrations and engineers have become more aware of the environmental challenges posed by traditional practices. This growing awareness stems from the global recognition of the negative environmental impacts of human activities, leading to the adoption of international directives such as the United Nations Sustainable Development

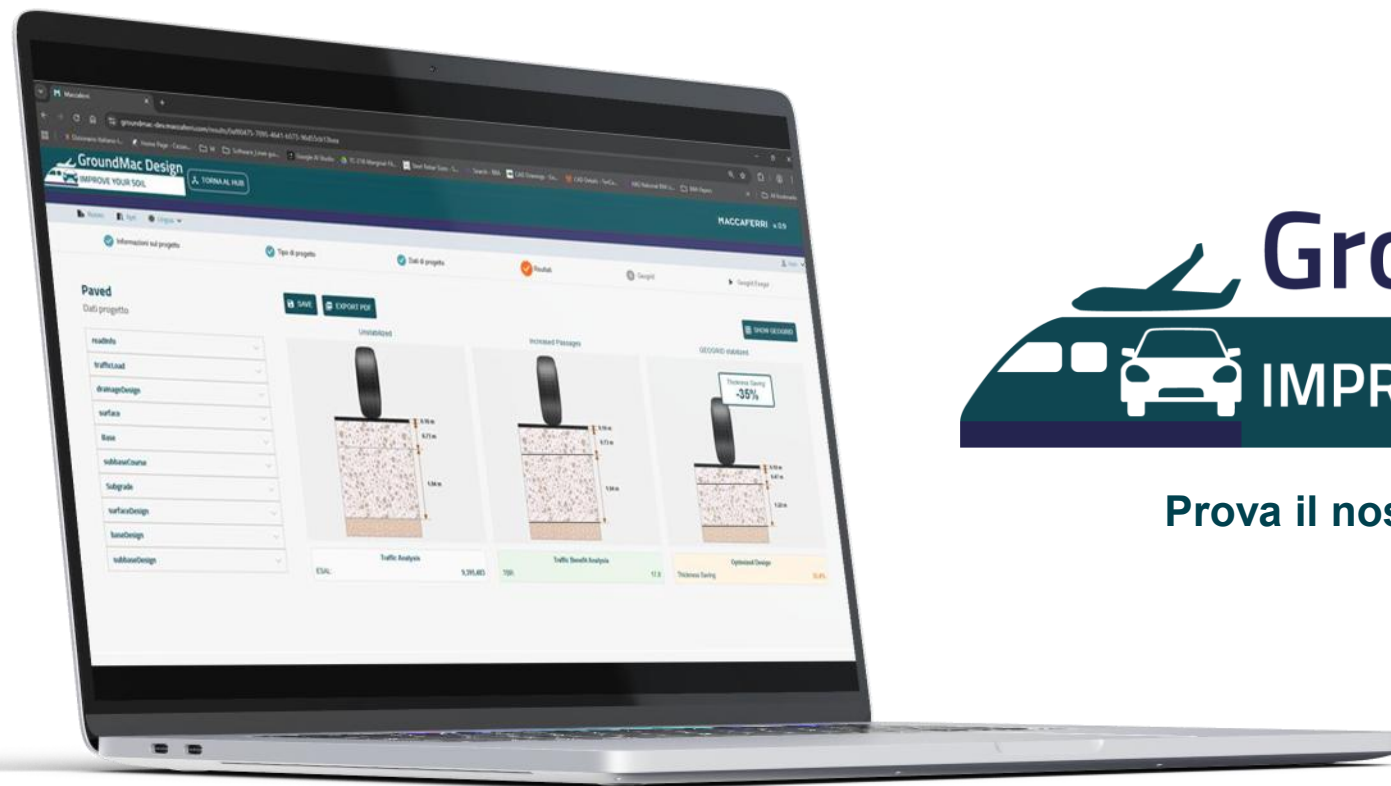
* geosynthetic@maccaferri.com



STABILIZZAZIONE DEL SUOLO

MACCAFERRI

GroundMac



Prova il nostro software su edesign.maccaferri.com

SUPPORTO A 360° PER IL TUO PROGETTO

MACCAFERRI

Maccaferri è sempre al fianco di ingegneri, architetti e costruttori



I nostri **esperti in ingegneria geotecnica, idraulica e ambientale** possono supportarvi in tutte le fasi del progetto.



Grazie!

MACCAFERRI