



Opere Stradali

i problemi e le soluzioni

Terre rinforzate

MACCAFERRI



Soluzioni Maccaferri per le opere in terra rinforzata

L'esperienza e lo sviluppo tecnologico di nuovi materiali permette di considerare la struttura in terra rinforzata come soluzione tradizionale nelle opere di sostegno. Sono ormai pertanto numerose le applicazioni dove queste strutture dimostrano la validità e la convenienza del sistema: opere di sostegno stradali, rilevati per discariche, opere fonoassorbenti, argini fluviali e rilevati paramassi.

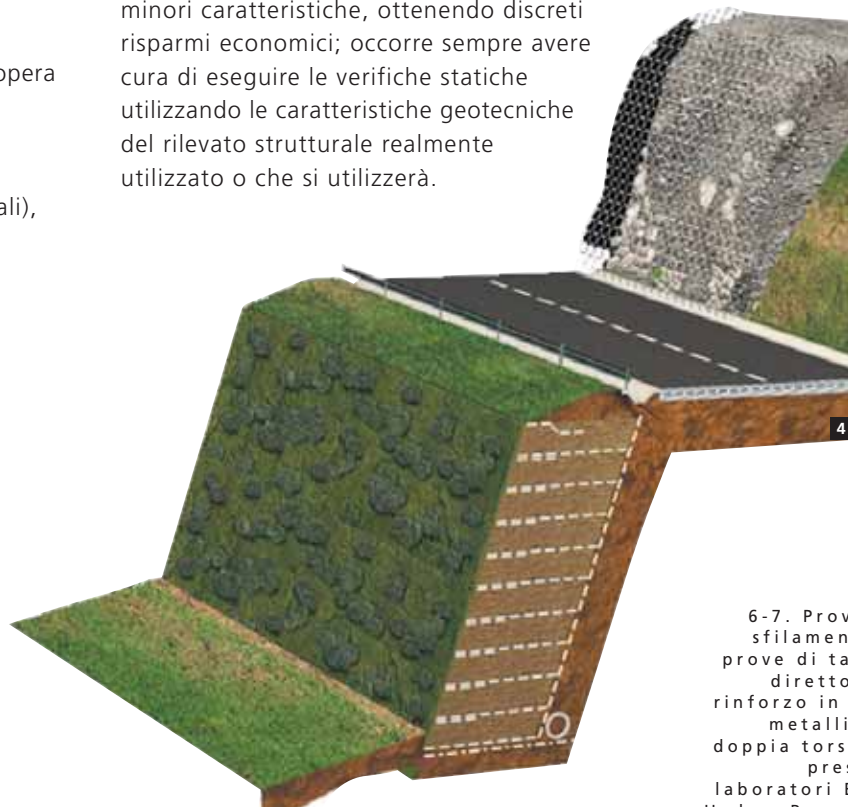
La Maccaferri iniziò la propria esperienza nelle Terre Rinforzate in rete metallica a doppia torsione con una struttura costruita in Sabah (Malesia) nel 1979; da allora, attraverso continue ricerche tecniche svolte all'interno della propria struttura e con la collaborazione di prestigiosi Istituti di Ricerca, Maccaferri ha sviluppato una conoscenza in queste applicazioni tale da offrire oggi al mercato soluzioni tecnicamente all'avanguardia, competitive e che garantiscono durabilità nel tempo e nelle situazioni più critiche.

Il sistema Terramesh sviluppato da Maccaferri è costituito da unità preassemblate in sede di produzione, che minimizzano i tempi di posa in opera e che costituiscono paramento e rinforzo senza soluzione di continuità (senza giunti), al fine di realizzare un sistema completo con ampia differenziazione sia di paramenti (anche bifacciali), che di rinforzi in rete metallica e geogriglie.

La Terra Rinforzata

Le opere in terra rinforzata sono strutture per il contenimento o la stabilizzazione di scarpate e rilevati mediante la presenza di elementi di rinforzo resistenti a trazione, che cambiano le caratteristiche interne dell'ammasso nel quale sono inseriti. Nel caso di strutture di contenimento la Terra Rinforzata si pone come alternativa tecnico/strutturale a muri di cemento armato o cellulari prefabbricati, rispetto ai quali, oltre ad un minor impatto ambientale, è competitiva anche dal punto di vista economico. La grande flessibilità di una struttura in Terra Rinforzata permette il suo utilizzo anche su terreni a debole portanza, poichè è in grado di adattarsi agli assestamenti di base con deformazioni modeste. Questi tipi di struttura inoltre possiedono anche una grande resistenza sismica intrinseca.

Nel caso di stabilizzazione di scarpate o di rilevati si può minimizzare l'utilizzo di terreno strutturale ad elevata capacità, utilizzando i terreni disponibili con minori caratteristiche, ottenendo discreti risparmi economici; occorre sempre avere cura di eseguire le verifiche statiche utilizzando le caratteristiche geotecniche del rilevato strutturale realmente utilizzato o che si utilizzerà.



6-7. Prove di sfilamento e prove di taglio diretto del rinforzo in rete metallica a doppia torsione presso i laboratori ENEL Hydro, Bergamo-Italia.

1-2. Uno dei primi esempi di muri in gabbioni con il sistema "Terra Rinforzata" lungo la strada da Sinsuran a Kota Kinabalu, Malaysia-Sabah.



5

5. Il filo metallico e le geogriglie sono rivestiti di opportuni materiali plastici che garantiscono la durabilità dell'opera.

Prove

Per offrire una progettazione corretta le analisi del comportamento dei materiali inseriti nel terreno sono state da sempre oggetto di studio da parte Maccaferri.

Maccaferri si è infatti soffermata sullo studio del comportamento della rete metallica a doppia torsione in terreni compattati granulari e coesivi (Australian Defence Force Academy – Camberra, Federal Highway Administration – USA, ENEL-HYDRO – Bergamo, Italia).

Lo studio delle deformazioni di rinforzi con diverse rigidzze (ENEL-HYDRO – Bergamo, Italia, "Royal Military College of Canada-Kingston-Ontario) ha consentito di sviluppare l'abbinamento di prodotti in rete metallica a doppia torsione con geogriglie ad alta resistenza aumentando la gamma delle possibili soluzioni.

Queste prove hanno dato la possibilità di ottenere opportuni parametri da utilizzare nella progettazione dell'opera e di mettere a punto un nuovo software (Macstars 2000) che utilizza le più moderne teorie geotecniche sul comportamento dei terreni.

Durabilità

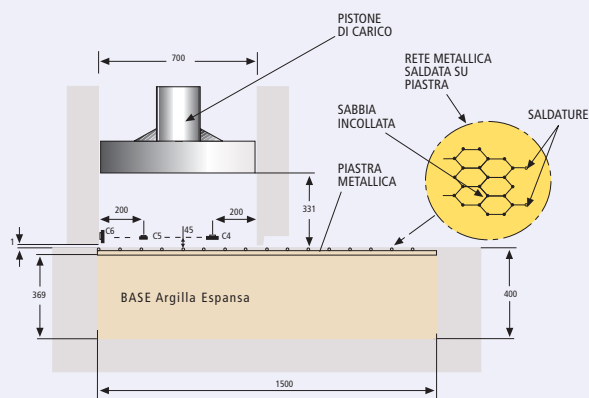
La durabilità, la resistenza e la sicurezza sono alcuni degli elementi di base su cui si sono concentrate le risorse e l'attenzione dei tecnici Maccaferri.

La durabilità dipende sia dai parametri e dai modelli utilizzati nella fase di progettazione, sia delle caratteristiche tecniche dei materiali impiegati nell'opera. La scelta di materiali con rivestimenti adeguati e l'utilizzo di corretti parametri di sicurezza nella progettazione pongono la Maccaferri al vertice degli standard di certificazione richiesti dai più esigenti enti.

Il sistema Terramesh® è costituito da elementi in rete metallica a doppia torsione in filo di acciaio protetto con lega eutettica di zinco e alluminio e terre rare ed ulteriore rivestimento plastico, che possono essere abbinati a geogriglie in poliestere rivestito in poliolefine in grado di fornire le più ampie garanzie di durata, fino ai 120 anni richiesti dalle più severe normative internazionali.

Schema prove di Taglio Diretto interfaccia Terreno-rete

6

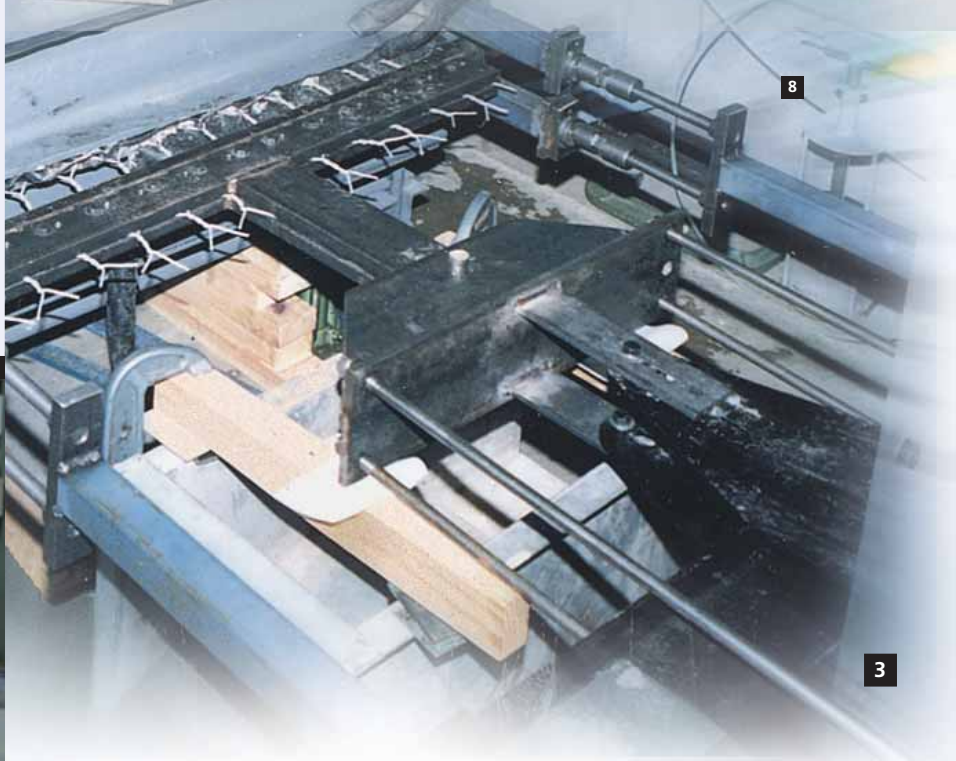


7



8. Indagine sul comportamento delle armature di rinforzo in rete metallica a doppia torsione presso Camberra University, New South Wales-Australia.

8



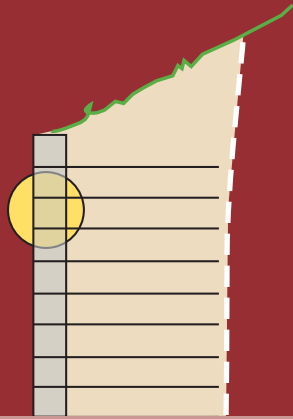
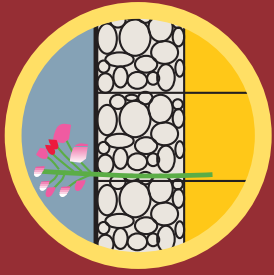
3



Il paramento: criteri per la scelta delle soluzioni

- Inserimento estetico nell'ambiente circostante.
- Possibilità di rinverdimento che presuppone l'utilizzo di un idoneo ritentore di fini, la presenza di uno strato esterno di terra vegetale, l'esecuzione di idrosemina a spessore ed inserimento di talee arbustive (anche con la collaborazione di esperti del settore).
In climi aridi o dove non si voglia dare manutenzione all'opera è consigliato il paramento in pietrame.
- Continuità strutturale con il rinforzo
- La produzione industriale in stabilimento degli elementi Terramesh, che garantisce la scelta dei materiali e del loro assemblaggio ottimale.
- Disponibilità materiale tecnico di supporto e assistenza tecnica di cantiere a garanzia di una buona riuscita della qualità della posa in opera.

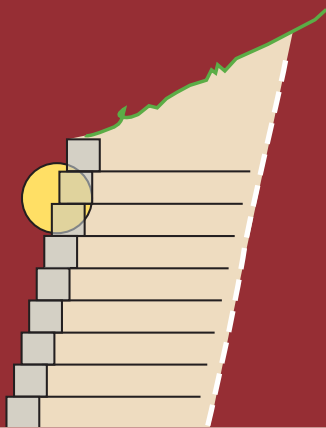
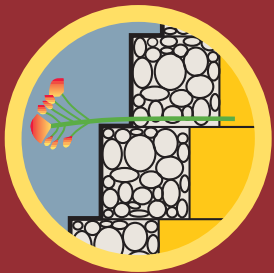




TERRAMESH® CON PARAMENTO VERTICALE



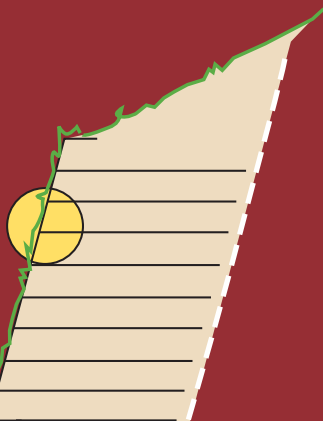
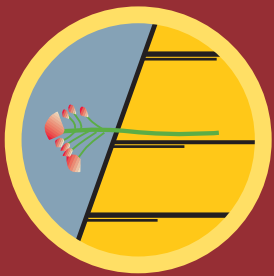
11



TERRAMESH® CON PARAMENTO A GRADONI



12



TERRAMESH® VERDE



13

11. Opera di sostegno in Terramesh® S di altezza 23 m in un insediamento industriale minerario, Sumbawa-Indonesia.

12. Muro di sostegno stradale in Terramesh® S, Southern Highlands, Papua Nuova Guinea.

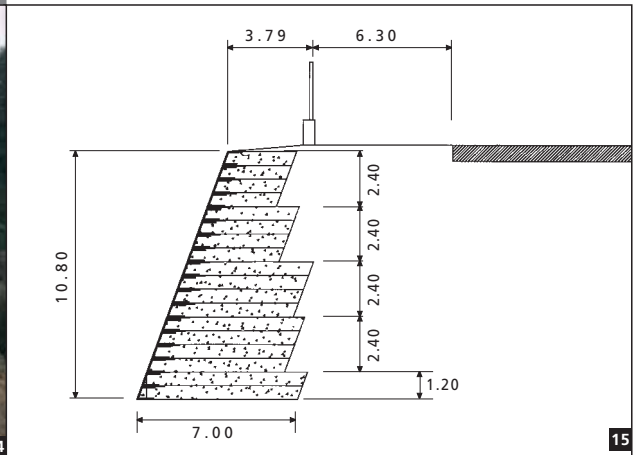
13. Paramento rinverdito di un Terramesh® verde, Casalecchio di Reno (BO)-Italia.

Il rinforzo: le soluzioni

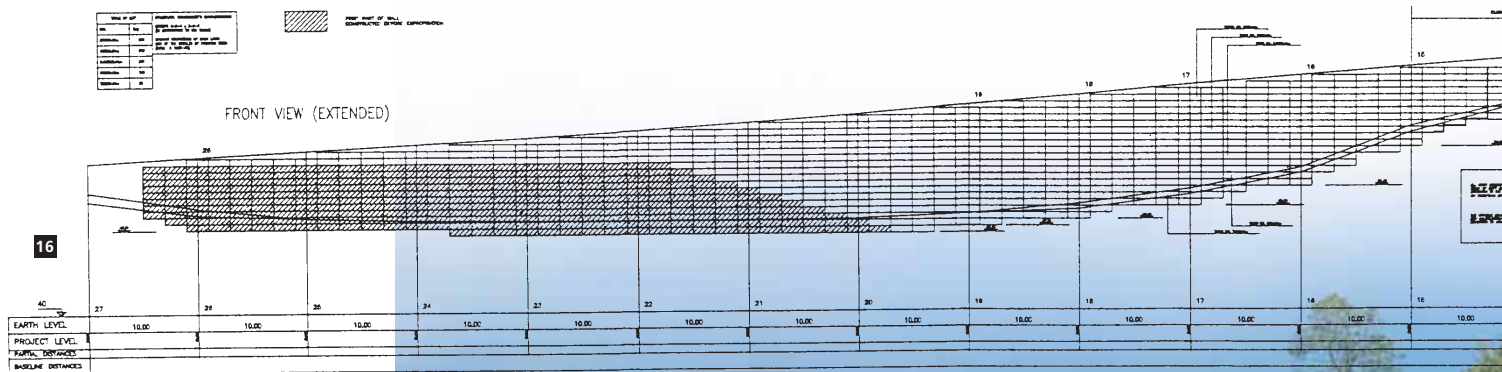
Sistema Terramesh®



14



15



16

14-15-16-17. Opera di sostegno per allargamento rilevato stradale dell'autodromo di Imola realizzati con elementi Terramesh® verde, Imola-Italia.

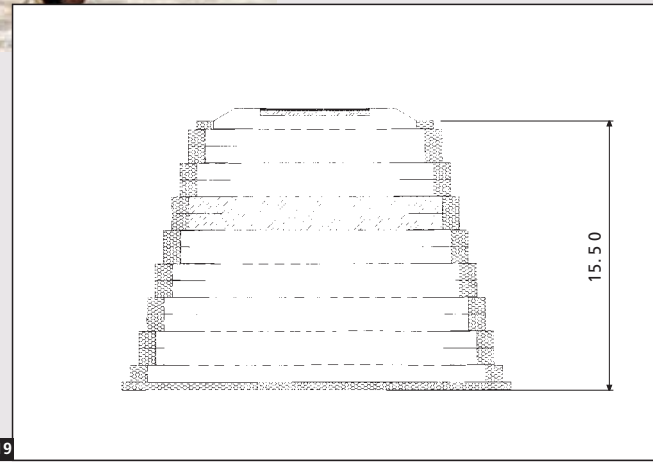
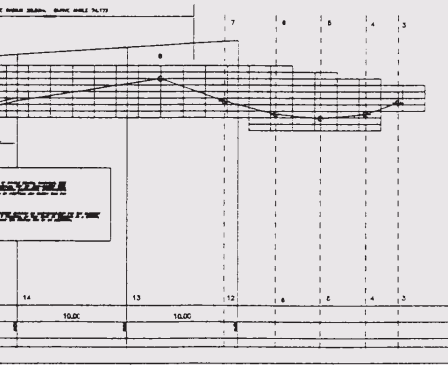


17



18-19. Opere di sostegno in Terramesh®S e geogriglie, Aliano (MT)-Italia.

10

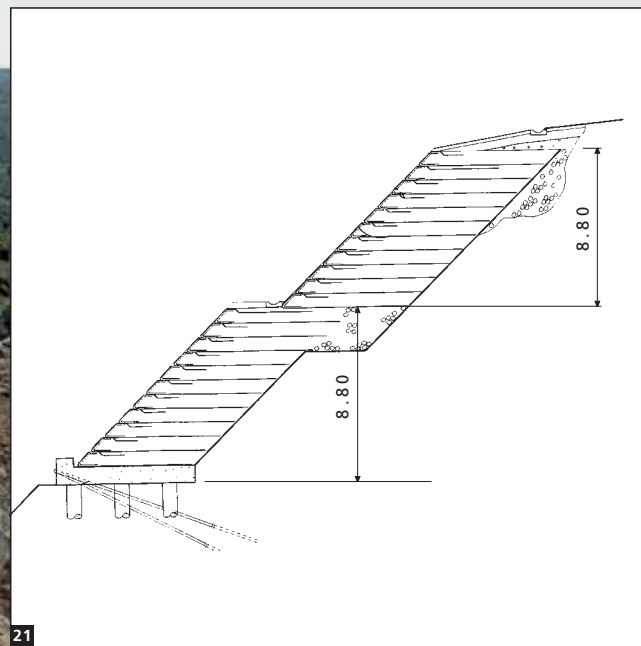


19



20-21. Stabilizzazione della scarpata in geogriglia, Passignano (PG)-Italia.

20



21



Il sistema Terramesh®

La stretta collaborazione con società di costruzioni ha permesso a Maccaferri di offrire prodotti pensati per ridurre i tempi di posa in opera e minimizzare le problematiche di cantiere. La posa in opera del sistema Terramesh® può essere eseguita facilmente e rapidamente anche da personale non qualificato, opportunamente istruito.

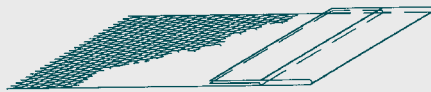
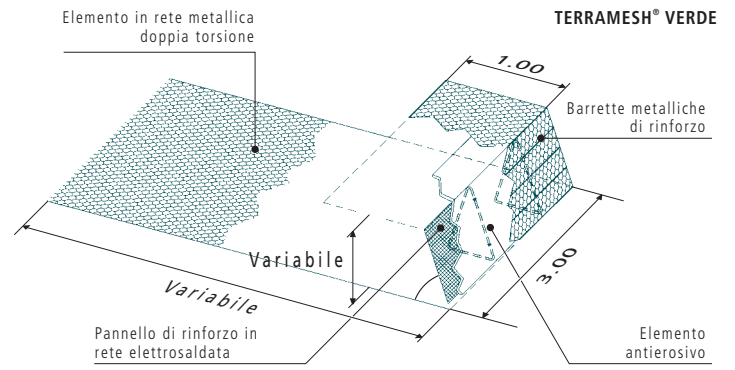
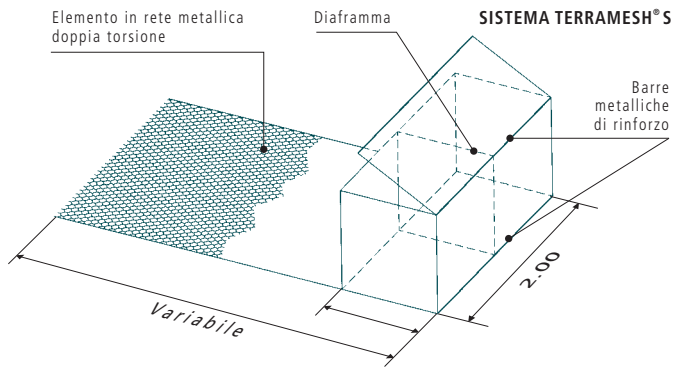
Il rispetto delle indicazioni date da Maccaferri nelle operazioni di posa in opera sono fondamentali per l'ottenimento di una struttura solida, duratura, economica e garantiscono la sicurezza sul cantiere. La predisposizione e la compattazione del rilevato viene effettuata impiegando le attrezzature, il personale e le macchine tradizionali, in accordo a quanto previsto dalle specifiche locali sulle costruzioni stradali. Il rilevato strutturale dovrà essere costituito da terreno di buona qualità (granulare e ben selezionato), di elevato potere drenante e angolo di attrito interno, e soprattutto mantenere inalterate le sue caratteristiche nel tempo; se questo non fosse possibile bisogna assicurarsi che la progettazione abbia tenuto conto delle

caratteristiche del terreno adottato in fase di posa in opera.

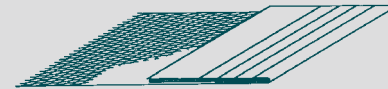
I risultati ottenuti dalle prove hanno mostrato che una gralunometria variabile da 0,02 mm fino a 6 mm (percentuale passante 100%) rappresenta in generale un campo di valori ottimale per il rilevato. Sono tuttavia ammesse anche gralunometrie maggiori (fino a 200 mm) qualora si introduca un opportuno fattore parziale di sicurezza nel rinforzo per possibili danneggiamenti dei rivestimenti. Nel caso di paramento verde al fine di ottenere la massima efficacia dei trattamenti di inerbimento è necessario predisporre un piccolo strato di terreno vegetale nella zona immediatamente retrostante il paramento esterno.

Un appropriata idrosemina a spessore e l'inserimento di talee arbustive dovranno essere previste per garantire il rinverdimento, tenendo conto della situazione climatica locale, dell'esposizione, della geometria del progetto e della caratterizzazione floristico-vegetazionale del luogo.

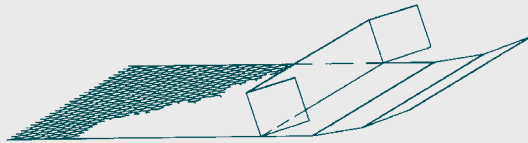




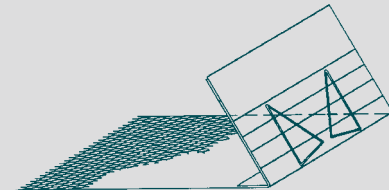
Singolo elemento già confezionato in stabilimento con una piega utile per la messa in opera.



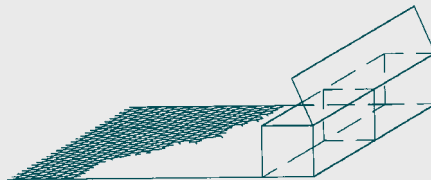
Singolo elemento confezionato in stabilimento con una piega utile per la messa in opera, compreso barrette di rinforzo, geosintetico, pannello di rete elettrosaldata di rinforzo a staffe triangolari.



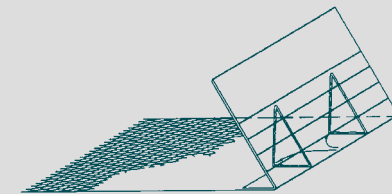
Posizionamento dell'elemento e aperture lungo l'apposita barretta di rinforzo, innalzamento parete posteriore.



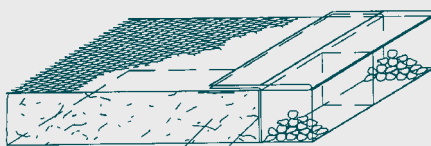
Posizionamento dell'elemento e apertura lungo la barretta di rinforzo, inferiore.



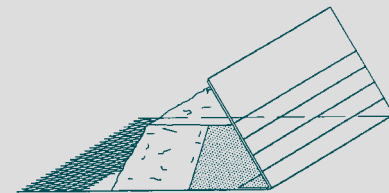
Assemblaggio del diaframma e legatura di tutti i bordi.



Apertura e rotazione delle staffe triangolari e fissaggio delle stesse al telo di base.

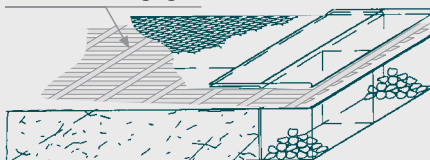


Riempimento con pietrame e legatura del coperchio dell'elemento; posizionamento del geotessile e riempimento a tergo con terreno.



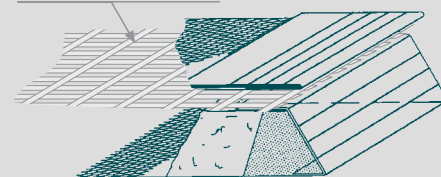
Riempimento con terreno fino al livello desiderato.

Eventuali Geogriglie



Posizionamento dell'elemento successivo e legatura al precedente con l'inserimento eventuale di Geogriglie.

Eventuali Geogriglie



Piegatura della parte terminale lungo l'ultima barretta di rinforzo, posizionamento dell'elemento successivo e legatura al precedente con punti metallici in acciaio inox, possibile inserimento di Geogriglie.

Il calcolo: il futuro sulle orme

Le scelte progettuali sono frutto di analisi quantitative e non solo qualitative e soggettive. Questa è la ragione per cui la nostra azienda ha promosso ricerche di laboratorio, di campo e bibliografiche che hanno creato una serie di softwares specifici di settore, come MACSTARS nelle terre rinforzate. Questi strumenti sono stati concepiti con possibilità evolutive, cioè con possibilità di aggiornarsi al migliorare delle conoscenze e dell'esperienza. Fatti quindi, non parole, che testimoniano una presenza ed una volontà che ha contraddistinto Maccaferri come fornitrice di soluzioni (e non solo prodotti) dall'inizio del secolo, fino all'inizio del terzo millennio.

MACSTARS 2000

Maccaferri Stability Analysis of Reinforced soils

Il programma di calcolo MACSTARS consente la verifica della stabilità di opere in terra rinforzata, cioè di strutture atte al contenimento o alla stabilizzazione di scarpate, mediante la presenza di elementi di rinforzo capaci di assorbire sforzi di trazione. Peraltro è possibile eseguire verifiche di stabilità in assenza di rinforzi secondo i metodi classici dell'equilibrio limite.

Il programma Macstars si contraddistingue per la sua flessibilità, sia nell'elaborare soluzioni specifiche e complesse, sia per la possibilità di verificare tutti gli aspetti progettuali tenendo conto dei diversi materiali di rinforzo, delle diverse normative, di tutte le possibili sollecitazioni esterne, delle diverse geometrie, di diverse tipologie di terreno e delle possibili sollecitazioni idrauliche.

Le verifiche sono condotte con riferimento all'effettiva geometria dell'opera in terra rinforzata. In caso di scarpate complesse (ad esempio di più opere isolate) è possibile rappresentare l'intera scarpata tenendo conto della mutua iterazione delle varie opere.

Oltre che alla sua flessibilità, il maggiore aspetto innovativo risiede nel poter utilizzare anche metodi deformativi (con spostamento imposto o con spostamenti incrementali) che consentono una attenta analisi delle sollecitazioni del rinforzo e una più reale verifica di stabilità: il metodo degli spostamenti differisce dal metodo tradizionale solo relativamente alle simulazioni dei rinforzi; nel metodo rigido ogni forza è simulata attraverso una forza pari al minimo tra il carico di rottura e carico di sfilamento.

Nel metodo degli spostamenti il rinforzo è simulato attraverso una forza dipendente dalla deformazione impressa al rinforzo dalle sue caratteristiche di elasticità.



del passato

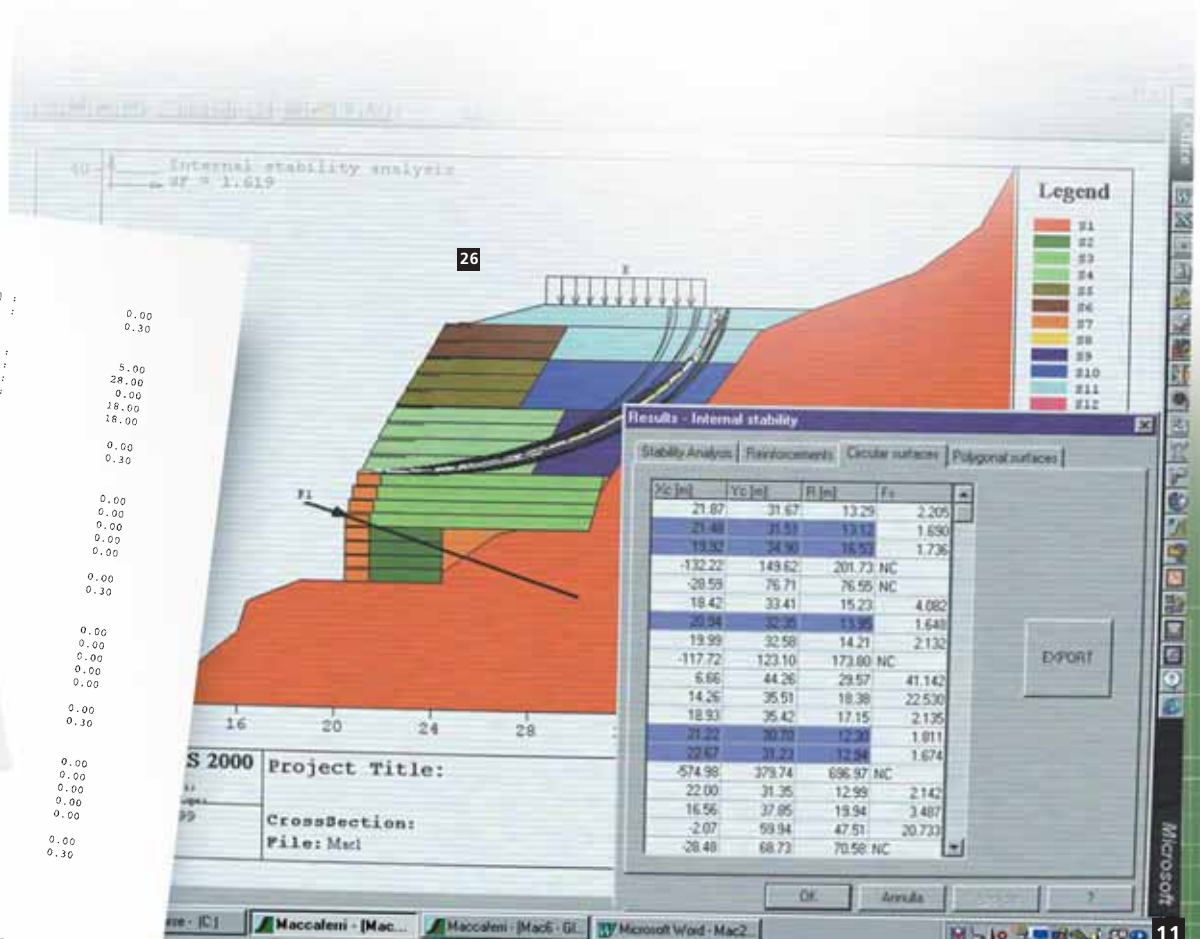


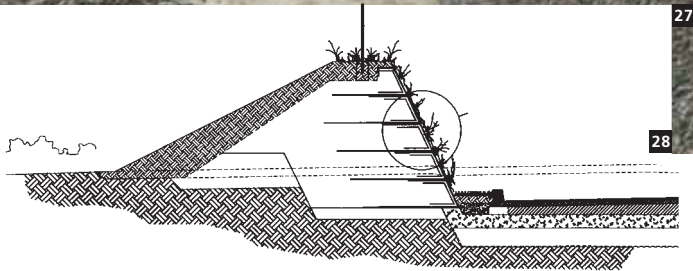
Le Verifiche possibili (utilizzando metodi di Janbu o Bishop)

- Stabilità superficiale
- Stabilità interna
- Stabilità globale
- Scorrimento
- Muro di sostegno
- Cedimento

Rapporto

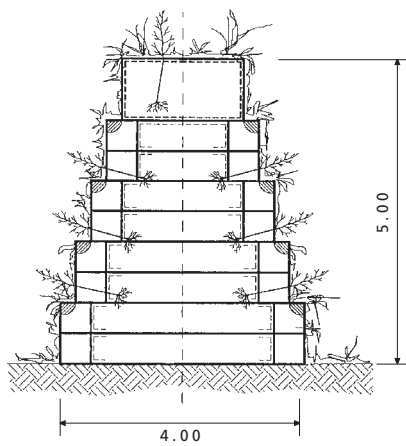
È possibile generare un rapporto che riepiloga tutti i dati di progetto e dei risultati. Il rapporto è contenuto in un file Word.





27-28. Barriera antirumore realizzata con elementi Terramesh® verde nell'ambito di costruzioni stradali in ambiente urbano, Bologna-Italia.

La nostra esperienza



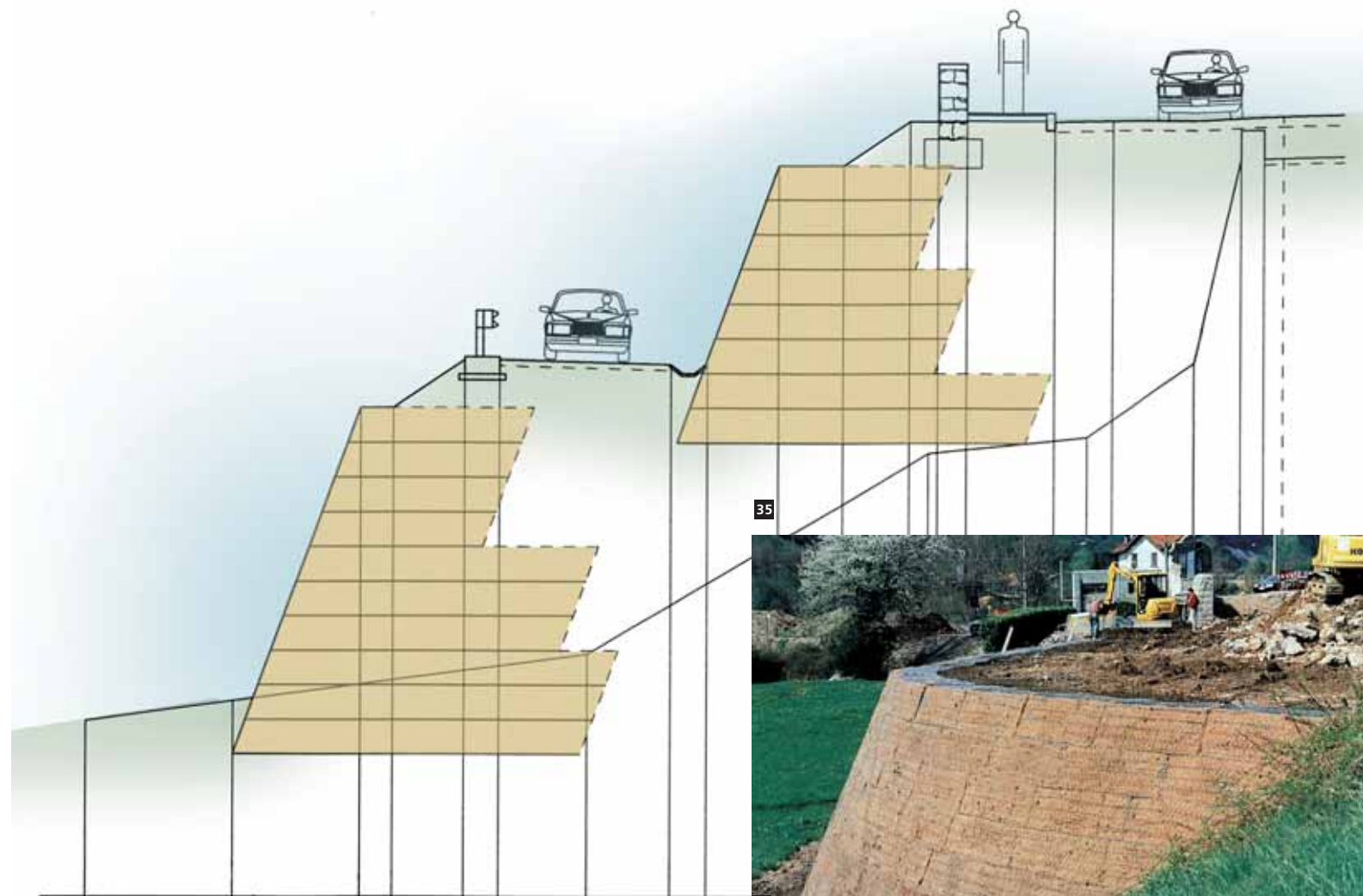
29-30. Barriera antirumore a protezione di nuovo insediamento turistico, realizzata con elementi Terramesh® S lungo la ferrovia Roma-Pisa, S.Vincenzo (LI)-Italia.



31, 32. Opera di sostegno in Terramesh® verde per l'ampliamento di stabilimento Industriale, Arcevia (AN)-Italia.



33-34. Opera di sostegno in Terramesh® verde per l'ampliamento casello autostradale, Villesse (GO)-Italia.



35-36-37. Risistemazione stradale con opere di sostegno in Terramesh® verde, Valle d'Ogna (BG)-Italia.



38-39. Muro di sostegno di sottoscampa in Terramesh® verde, Civitanova Marche (MC)-Italia.





40



41

40-41. Sistemazione di una scarpata con geogriglia, Tapei-Taiwan.



42

42. Rilevato stradale e protezione culvert con Terramesh® S e Gabbioni, Picerno/Baragiano (PZ)-Italia.

43



44

43-44. Opera di sostegno in Terramesh® verde acqua, Masseria Crisci (MT)-Italia.



15



45



46

45-46. Opera di sostegno e sistemazione idraulica con Terramesh® verde Ugovizza (UD)-Italia.

47-48. Rilevato stradale in struttura mista geogriglia - Terramesh® verde, Villamassargia (CA)-Italia.



48



47



54. Sistemazione di scarpata, Jastrzebiej Gorze - Polonia.



49. Opera di sostegno in Terramesh® verde, Bologna-Italia.



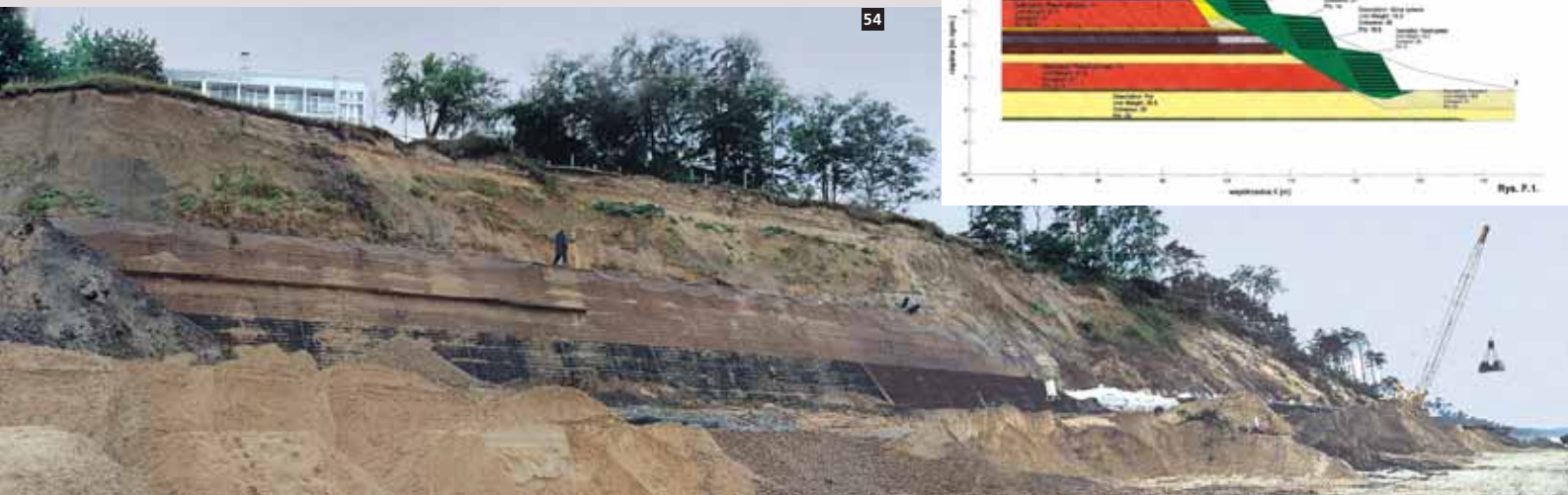
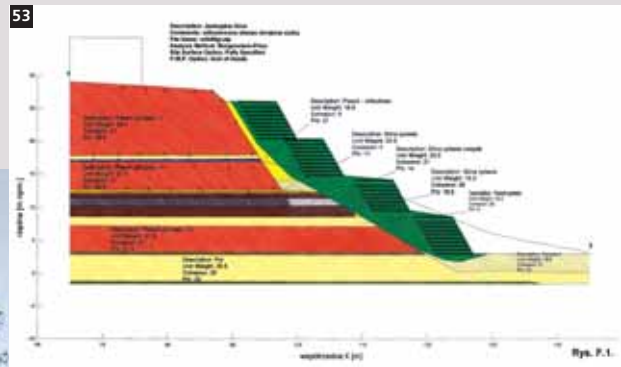
50. Opera di sostegno per la costruzione di parcheggi in Terramesh® verde, Ariccia (RM)-Italia.



51. Opera di sostegno in Terramesh® S per un nuovo insediamento residenziale, Christchurch,-Nuova Zelanda.



52. Opera di sostegno in Terramesh® S in un insediamento industriale minerario, Sumbawa-Indonesia.





55

56

55-56. Opera di sostegno in Terramesh® verde nel sito archeologico dei Fori Imperiali, Roma-Italia.



60

60

60-61-62. Sistemazione di una scarpata sul fiume Reno per il riassetto ambientale e la costruzione di una pista ciclabile, Terramesh® Casalecchio di Reno (BO)-Italia.



57

57. Opera di sostegno in Terramesh® S, per l'allargamento sede autostradale, Youg Doug Express Way-South Korea.



58

58. Sistemazione idraulica in Terramesh® S e gabbioni torrente, Vella, Sulmona (AQ)-Italia.

59

59. Sistemazione di una discarica per i lavori del sito Olimpico Sidney 2000-Australia.



61

62

63. Opera di sostegno in geogriglia per allargamento sede stradale, Arcola (SP)-Italia.

64. Protezione idraulica con Terramesh® verde tipo acqua, Cogne (AO)-Italia.



63



64

19



ANY REPRODUCTION, INCLUDING PHOTOCOPY, FILM AND MICROFILM, IS FORBIDDEN. ALL RIGHTS RESERVED WORLDWIDE.

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



MACCAFERRI

A member of
Maccaferri
Industrial Group

Officine Maccaferri S.p.A.
Via Kennedy, 10
40069 Zola Predosa (Bologna) - Italia
Tel. ++39 051 6436000
Fax ++39 051 6436201
e-mail: comit@maccaferri.com
www.maccaferri.com