



Soluzioni per la protezione da caduta massi

Utilizzo delle reti nei rivestimenti e rafforzamenti corticali in roccia e negli interventi di soil nailing.

*Barriere paramassi:
caratteristiche costruttive, approccio progettuale, esperienze.*

Autore

Stefano Cardinali

MACCAFERRI

Soluzioni e strategia di intervento

MACCAFERRI

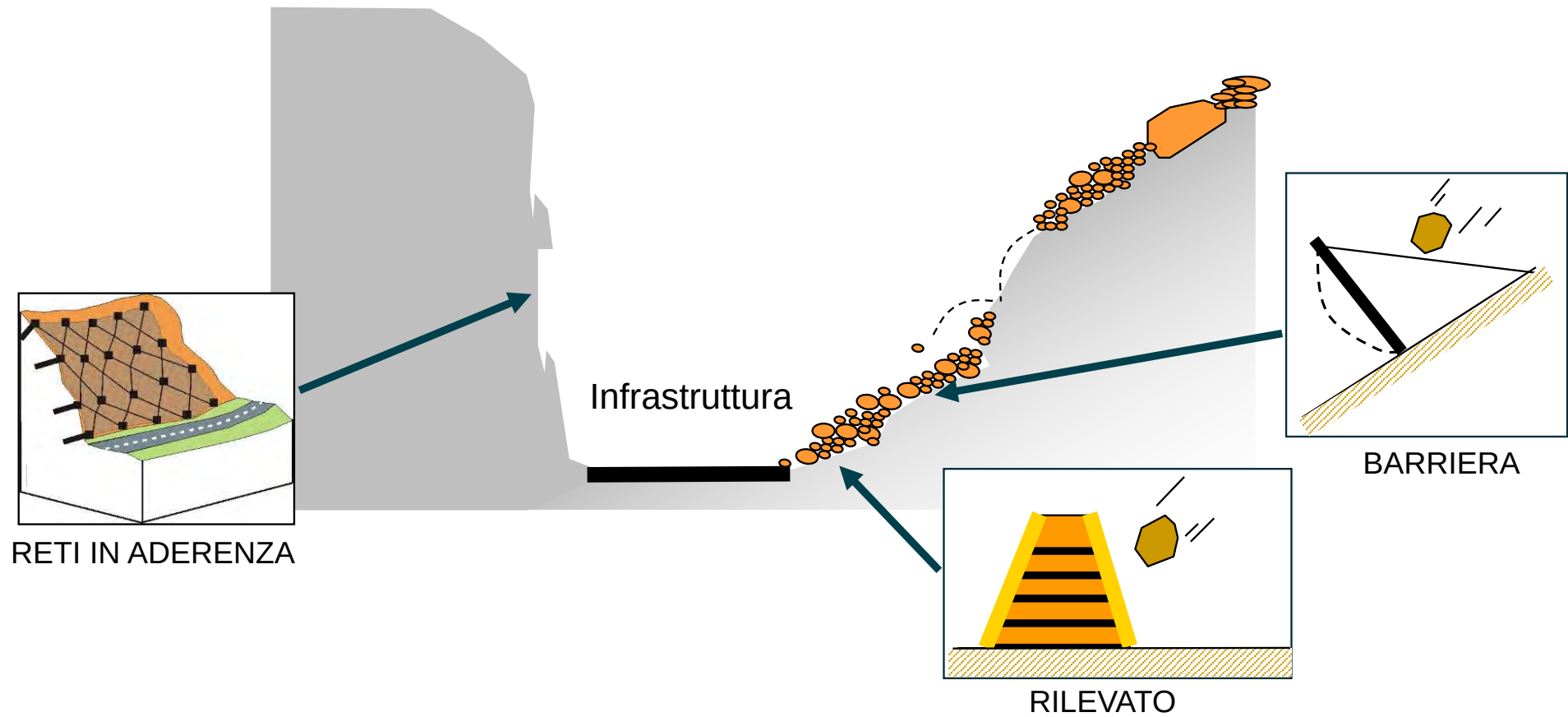
Interventi nella zona di distacco o di instabilità



Interventi nella zona di transito e/o di arresto
(interventi passivi)



Morfologia del sito di intervento

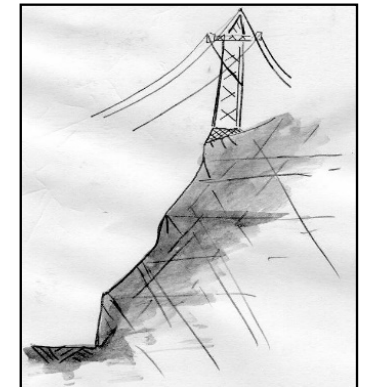
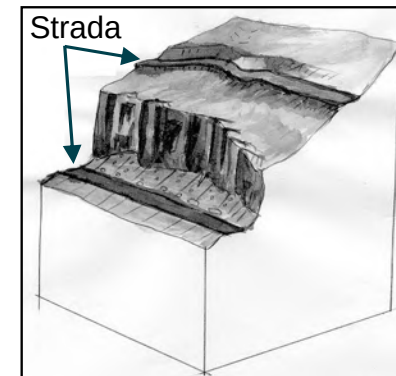


Altri fattori chiave nella scelta della migliore soluzione

- Tipologia del dissesto e magnitudo dell'evento di progetto
- Tempi di esecuzione dei lavori
- Possibilità di effettuare disgaggi
- Sicurezza degli operatori
- Accessibilità

(strade di accesso, possibilità di impiego di elicottero, possibilità di taglio della vegetazione ecc.)

- Costi dell'intervento
- Costi di manutenzione
- Frequenza dei fenomeni di instabilità

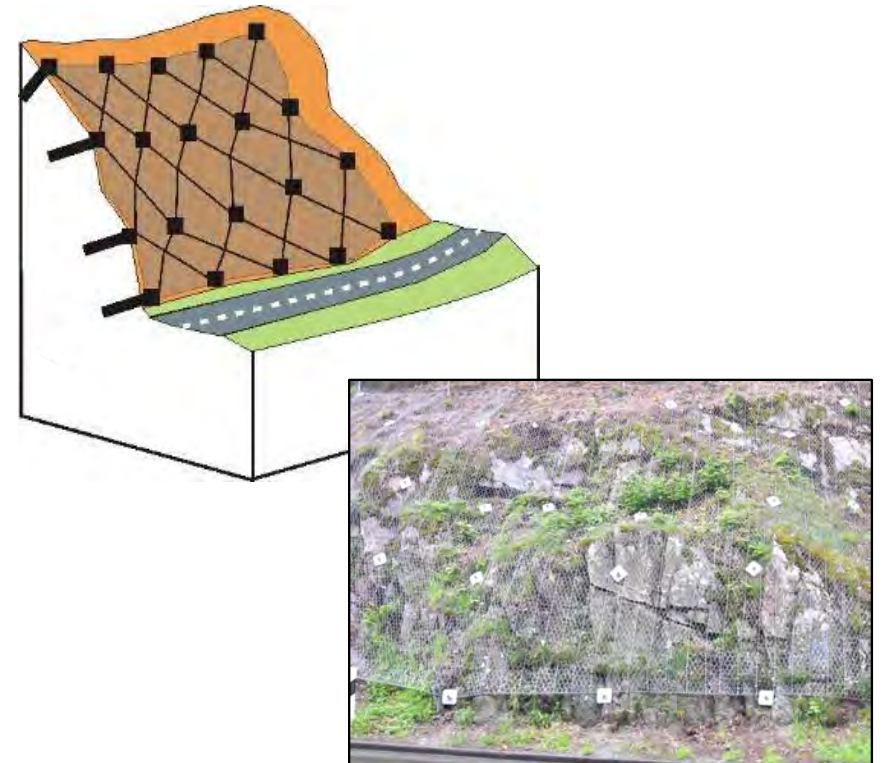


Interventi nell'area di distacco

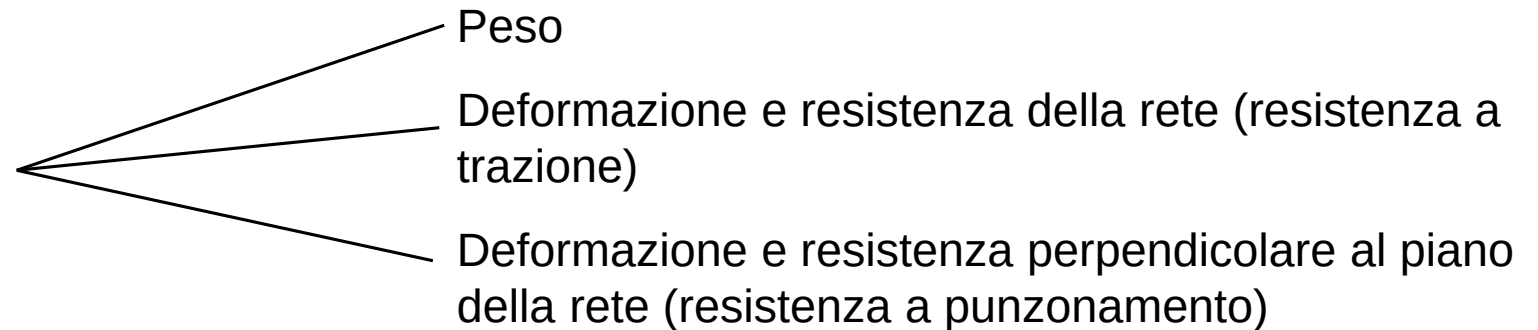
Rivestimento semplice



Rafforzamento corticale



Principali proprietà delle reti



La **UNI 11437:2012** è una pietra miliare. Impone nuovi passi al progettista:

- Confronto sulla base di prove omogenee è possibile
- La deformabilità della rete non è trascurabile (la più alta resistenza è trascurabile se la deformabilità è troppo elevata)

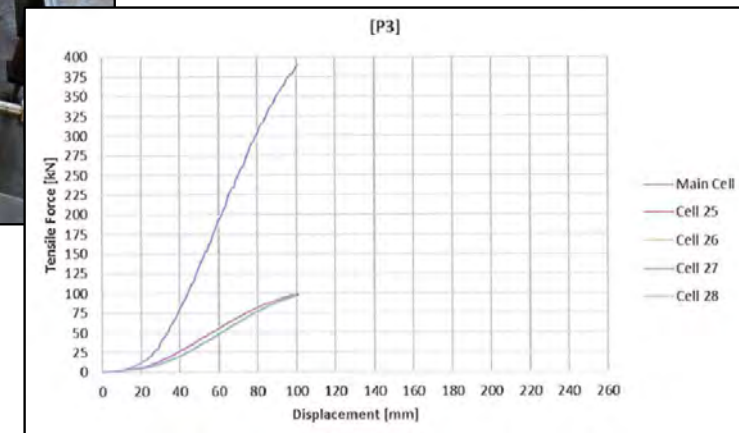
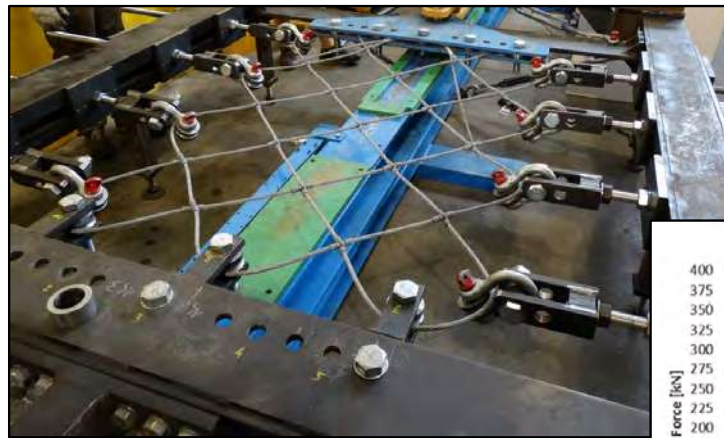


Reti in aderenza su pendii in roccia

MACCAFERRI

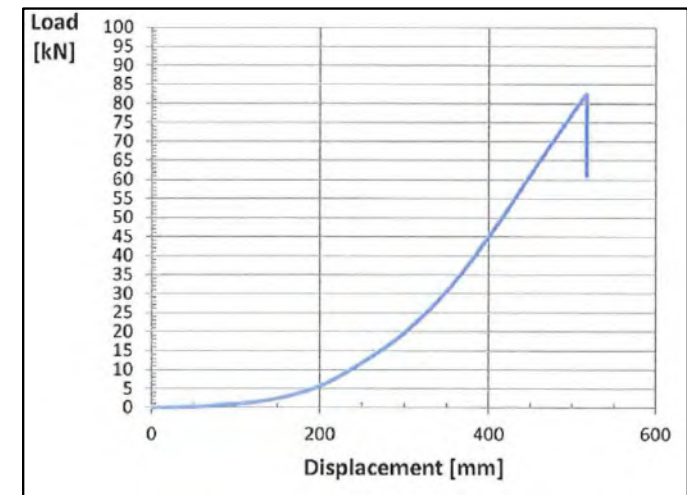
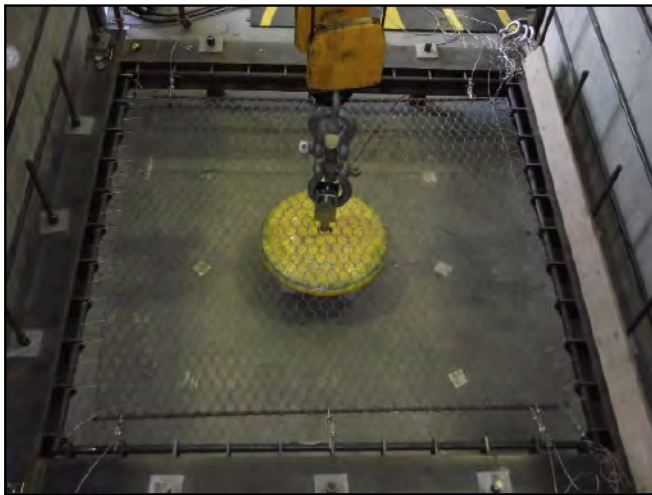
Caratterizzazione proprietà meccaniche delle reti metalliche
UNI 11437:2012

Prova di trazione



Caratterizzazione proprietà meccaniche delle reti metalliche UNI 11437:2012

Prova di punzonamento



La prova fornisce indicazioni sul comportamento delle reti nelle più frequenti situazioni e consente il giusto approccio al dimensionamento delle reti chiodate.

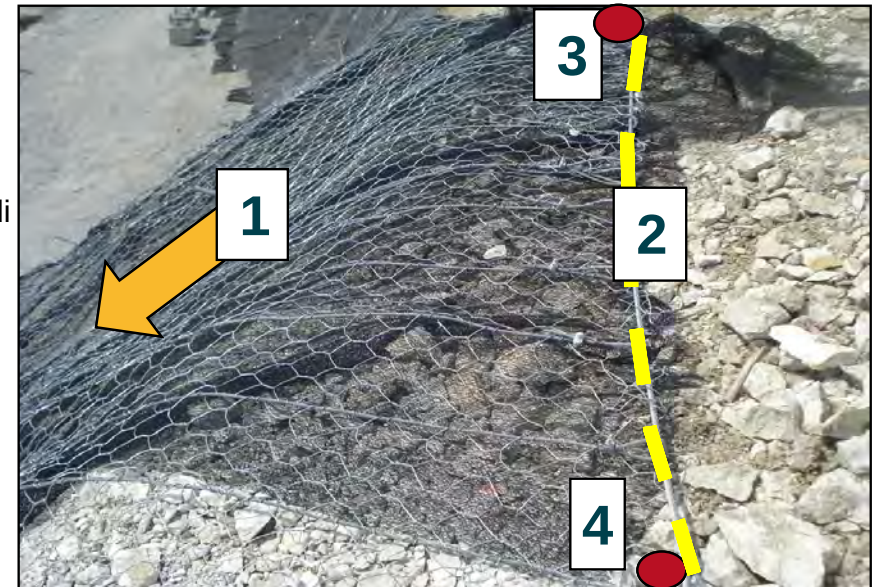
I rivestimenti semplici sono principalmente utilizzati per:

- **stabilizzare** e/o **ridurre** le **velocità** di **caduta** dei detriti e dei blocchi
- **limitare le traiettorie** dei blocchi in caduta in modo che non vadano a interferire con le infrastrutture
- **trattenere** i detriti **al piede** della scarpata



Verifiche

1. Resistenza della rete
2. Resistenza della fune di supporto sommitale, caricata dalla rete
3. Resistenza degli ancoraggi intermedi
4. Resistenza degli ancoraggi laterali

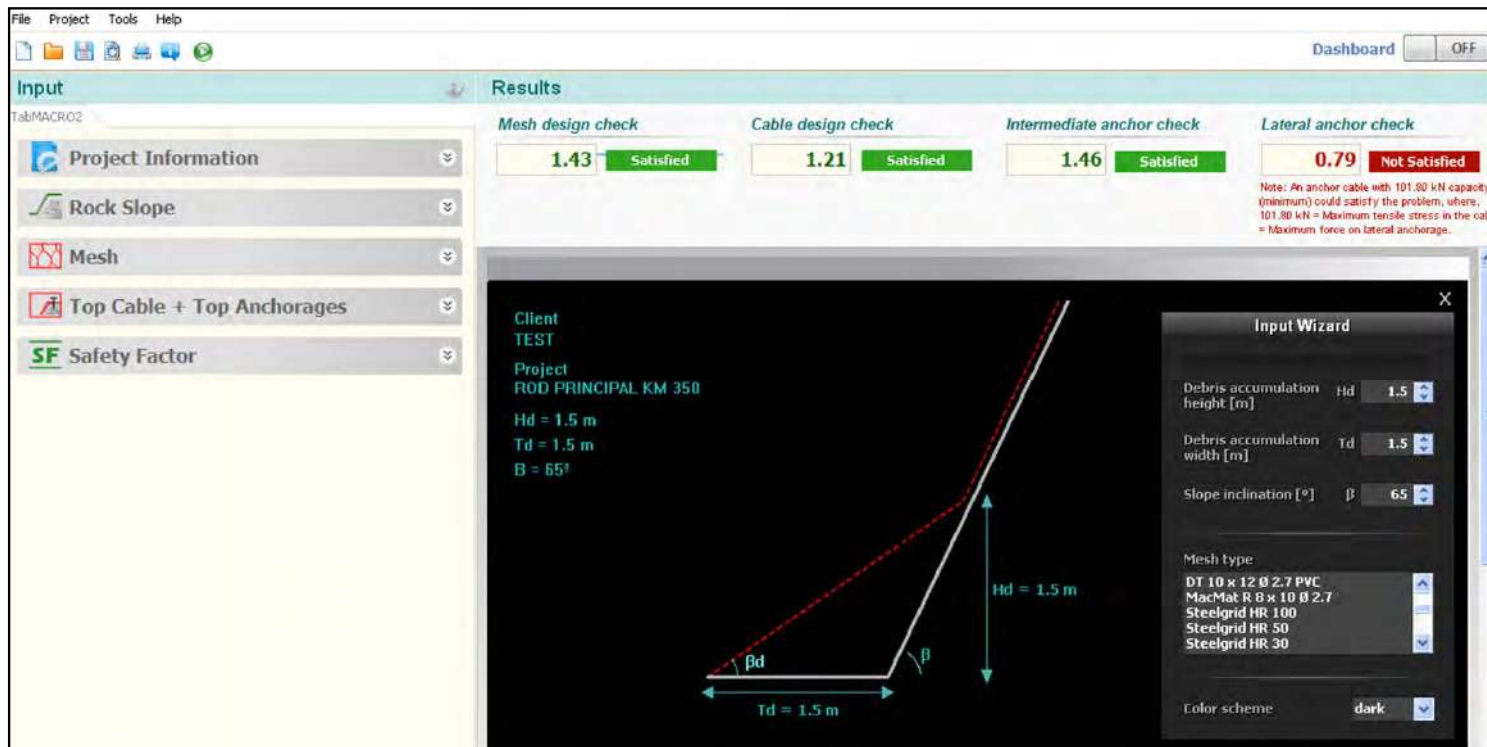


Reti in aderenza su pendii in roccia

MACCAFERRI

Software per il dimensionamento di rivestimenti semplici

Macro 2



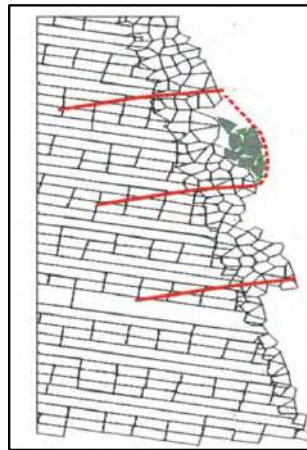
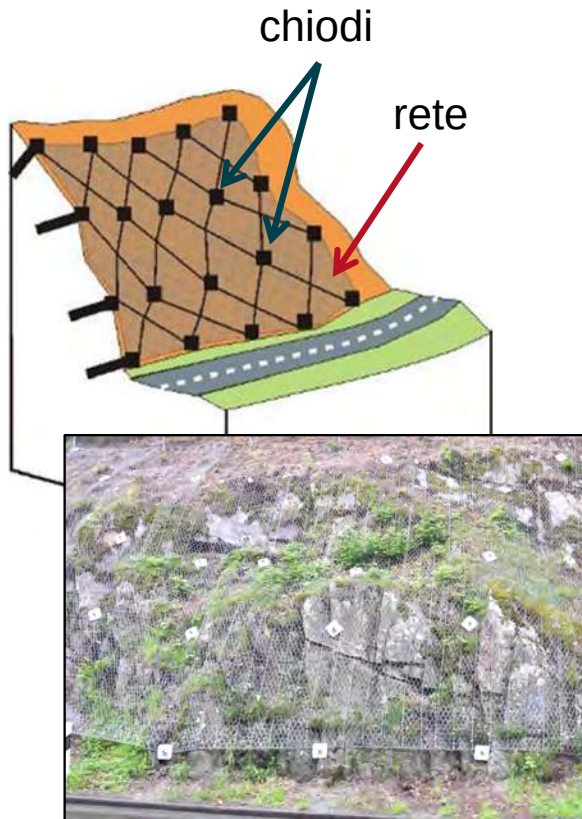
Conoscere il volume di detrito che può essere contenuto,

significa prevedere quando la rete raggiunge il carico limite

Oppure

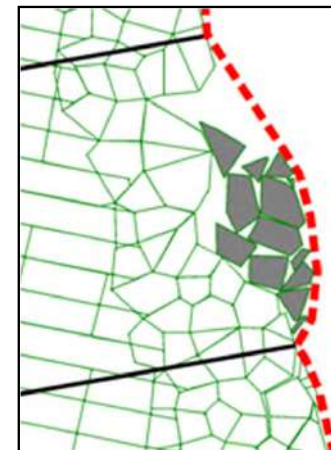
prevedere i tempi per la manutenzione periodica

Rafforzamenti corticali



Ancoraggi

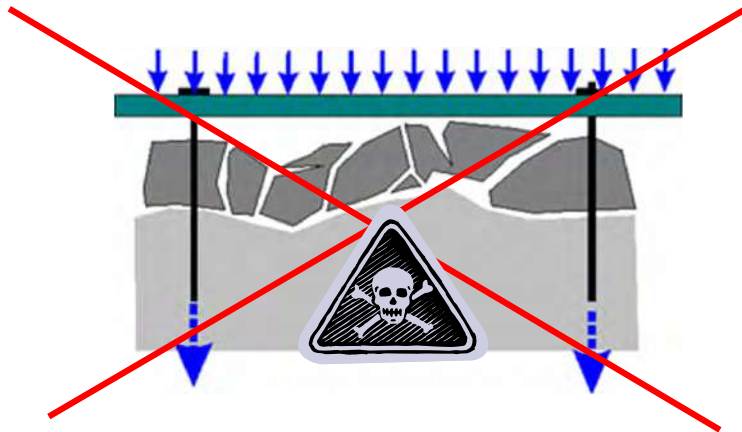
Migliorare la stabilità della coltre superficiale alterata/fratturata



Rivestimento

Trattenere il detrito e/o i blocchi tra gli ancoraggi

LA RETE E' FLESSIBILE E DEFORMABILE



La rete NON E' UNA TRAVE
Che permette di trasferire carichi al terreno

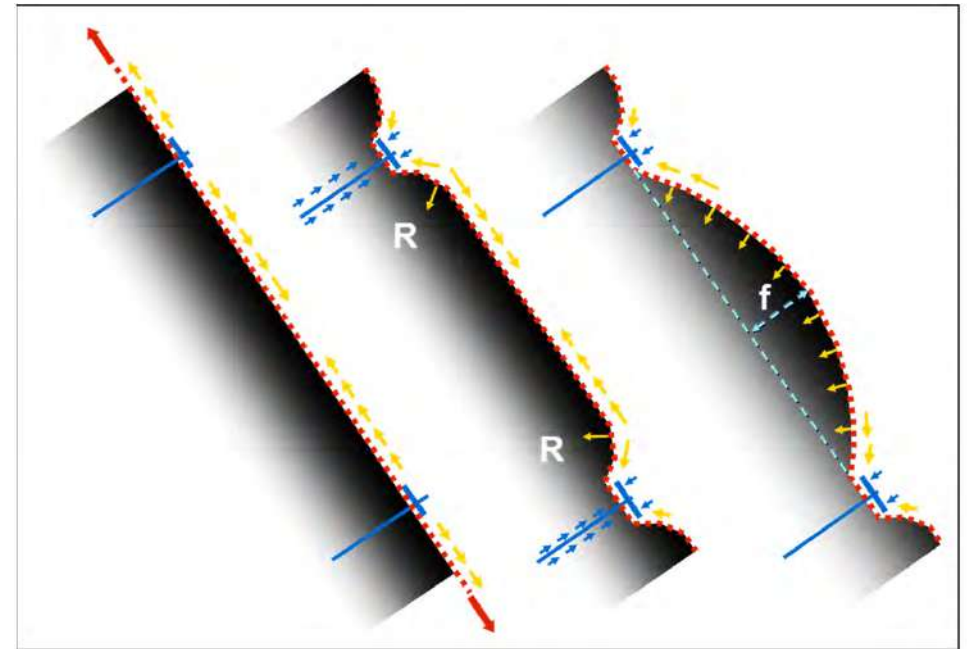


La rete SI DEFORMA
quando soggetta al carico di detriti/blocchi

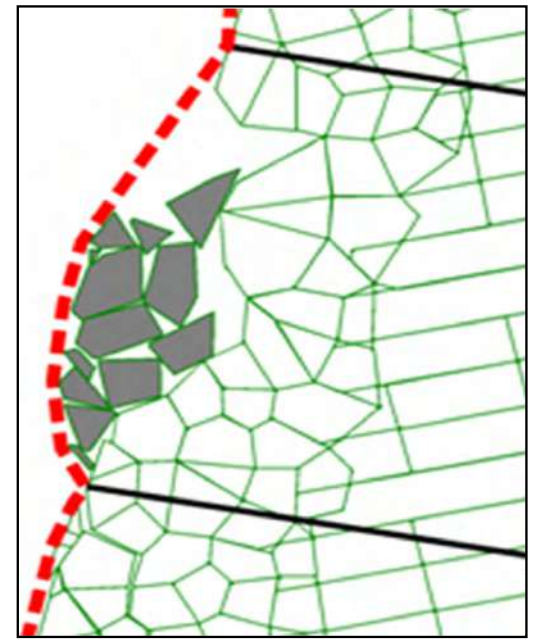
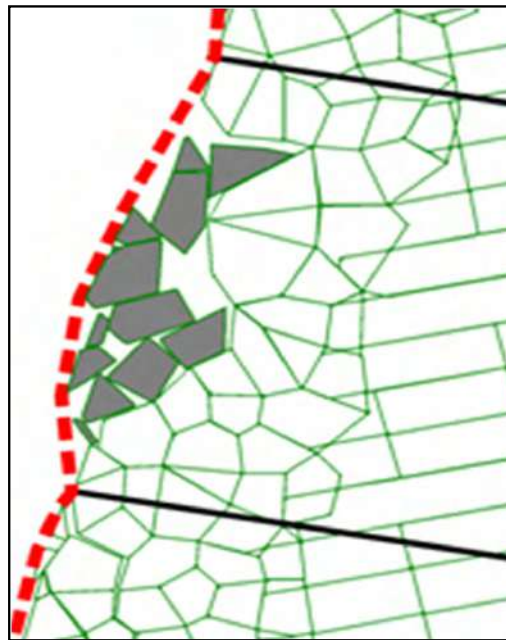
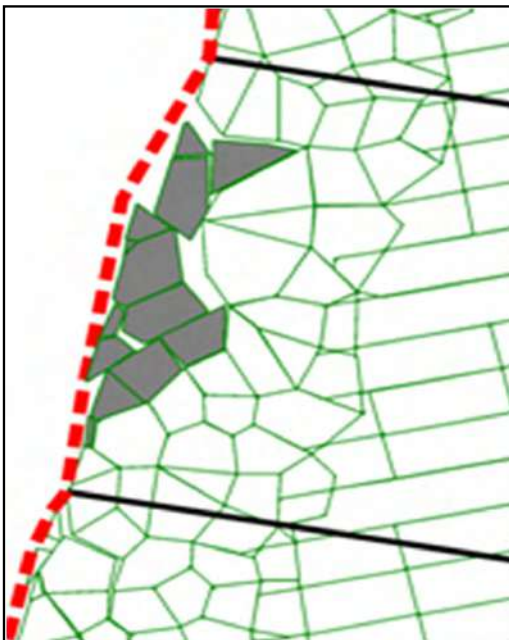
CIRIA 2005 – Soil nailing Best practice guidance: Flexible structural facing

Di base, le condizioni teoriche che devono essere soddisfatte da una rete flessibile, affinché possa essere considerata “attiva” sono le seguenti:

1. La membrana flessibile deve essere interamente in contatto con la superficie del pendio;
2. La membrana flessibile (e dunque la superficie del pendio) deve presentare una specifica curvatura convessa;
3. La membrana flessibile deve essere pretensionata con una nota predeterminata forza di trazione, la quale indurrebbe e determinerebbe, in funzione anche della curvatura del pendio, la pressione stabilizzante agente sul pendio.

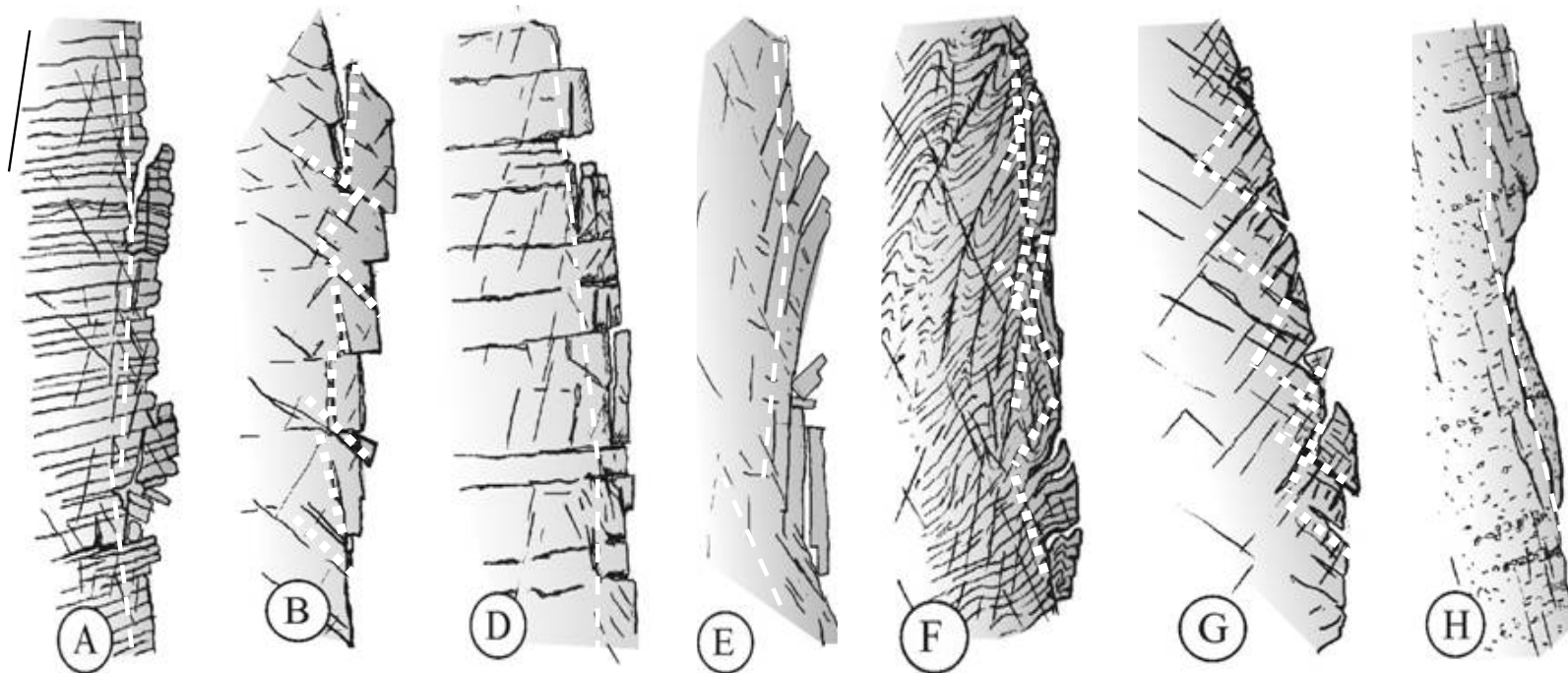


RIGIDITÀ MEMBRANALE DELLA RETE



Rete troppo deformabile e flessibile = denudazione degli ancoraggi = minore stabilità

Bisogna definire lo spessore di roccia instabile caratterizzato da giunti di discontinuità che definiscono i blocchi instabili.



Reti in aderenza su pendii in roccia

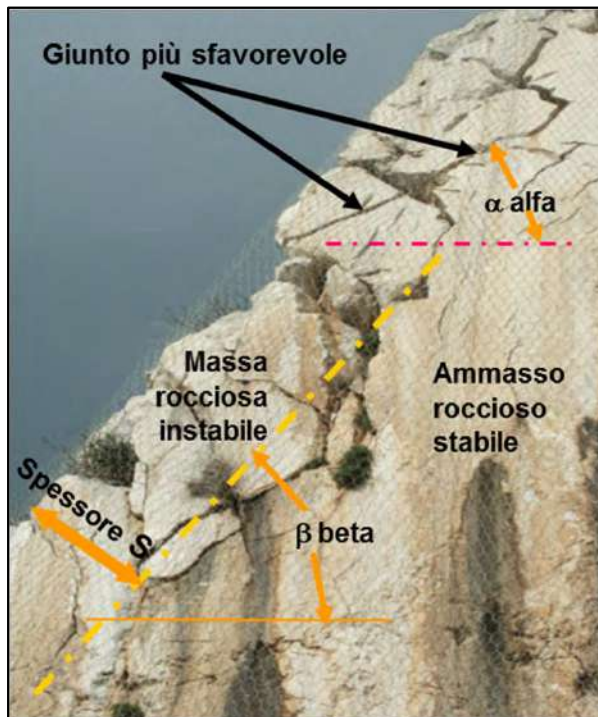
MACCAFERRI

È fondamentale un rilievo geomeccanico dell'ammasso roccioso, al fine di definire le famiglie di giunti e le loro caratteristiche:

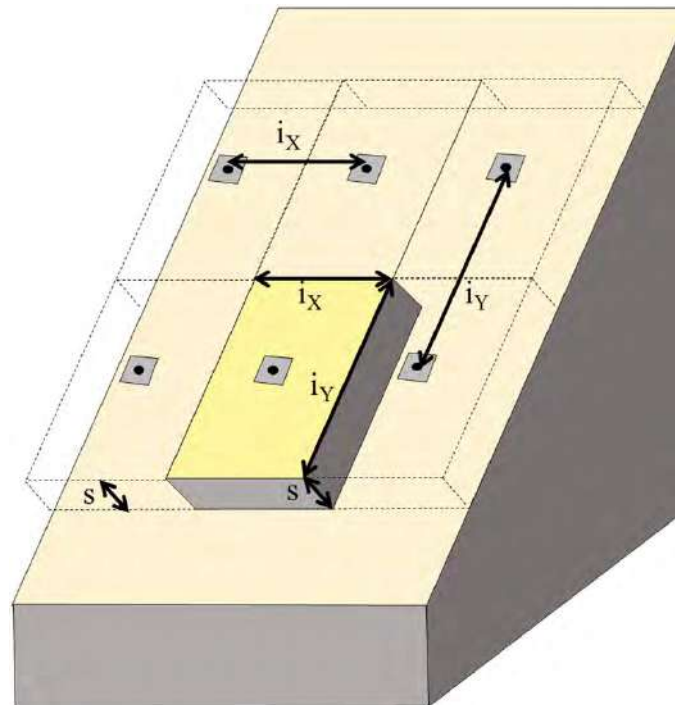
- Resistenza a compressione semplice (JCS)
- Rugosità (JCR)
- Inclinazione
- Ecc.



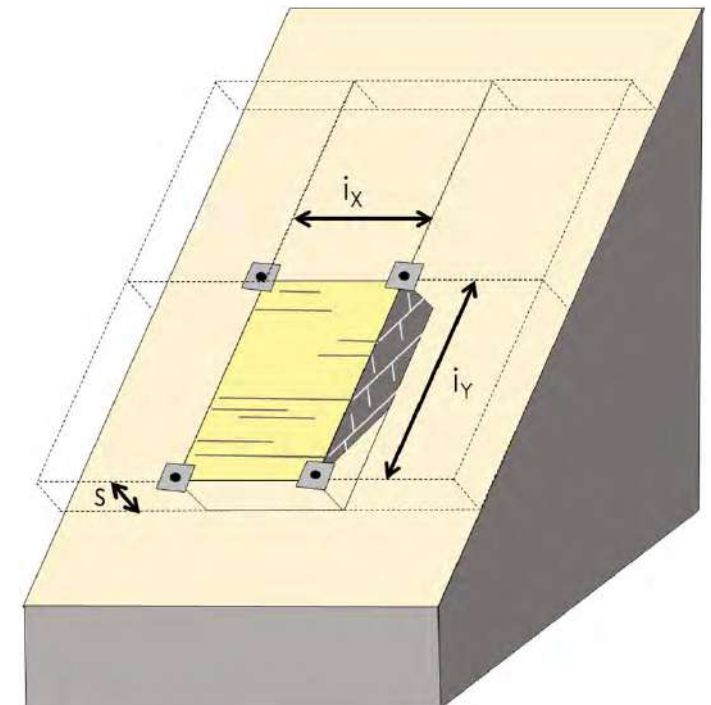
Modello di calcolo



Dimensionamento dei chiodi



Verifica della rete
agli stati limite ultimo e di servizio



Reti in aderenza su pendii in roccia

MACCAFERRI

Software per il dimensionamento di rafforzamenti corticali

Macro 1

MACRO Studio · MACRO 1 Reinforced System

Region: 900 global

Dashboard

Ingresso

Barra di ancoraggio

Geometria

Spaziatura orizzontale tra gli ancoraggi [m] S_x 3.00

Spaziatura verticale tra gli ancoraggi [m] S_y 3.00

Inclinazione della barra rispetto all'orizzontale α 10

Coefficient (Bustamante, 1993) C_p 1.00

Tipo di ancoraggio ☐ Custom

Tipo di barra Steel bar B450C

Diametro interno della barra di ancoraggio [mm] ϕ_i 0

Diametro esterno della barra di ancoraggio [mm] ϕ_e 24

Diametro di foratura [mm] 50

Tensione di snervamento dell'ancoraggio [MPa] σ_{yk} 450.00

Corona di corrosione

☒ Spessore personalizzato (mm) t_c 0.00

☐ Spessore automatico (mm) t_c 0.00

Aggressività ambientale [Median] C_r 37.50

Vita utile di progetto [Anni] S_{yr} 30.00

Reduction of the steel yield according to NF P 94-270 (2009)

Tensione limite intasamento interfaccia ancoraggio-roccia [MPa] T_{lim} 0.30

Lunghezza di pluriestensione nella roccia stabile [m] L_p 0.50

Risultati

Analisi dello scivolamento della zona superficiale

FOS_R 1.14

Tasso di lavoro dell'ancoraggio 69.90 %

Analisi della Rete

Steelgrid HR 30

Punzonamento FOS_R 1.85

Tasso di lavoro 53.95 %

Graphic **Results MACRO**

11.1. GENERALITÀ

Si definiscono materiali e prodotti per uso strutturale, utilizzati nelle opere soggette alle presenti norme, quelli che consentono ad un'opera ove questi sono incorporati permanentemente di soddisfare in maniera prioritaria il requisito base delle opere n.1 "Resistenza meccanica e stabilità" di cui all'Allegato I del Regolamento UE 305/2011.

I materiali ed i prodotti per uso strutturale devono rispondere ai requisiti indicati nel seguito.

I materiali e prodotti per uso strutturale devono essere:

- identificati univocamente a cura del fabbricante, secondo le procedure di seguito richiamate;
- qualificati sotto la responsabilità del fabbricante, secondo le procedure di seguito richiamate;
- accettati dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di identificazione e qualificazione, nonché mediante eventuali prove di accettazione.

In particolare, per quanto attiene l'identificazione e la qualificazione, possono configurarsi i seguenti casi:

- A) materiali e prodotti per i quali sia disponibile, per l'uso strutturale previsto, una norma europea armonizzata il cui riferimento sia pubblicato su GUUE. Al termine del periodo di coesistenza il loro impiego nelle opere è possibile soltanto se corredati della "Dichiarazione di Prestazione" e della Marcatura CE, prevista al Capo II del Regolamento UE 305/2011;
- B) materiali e prodotti per uso strutturale per i quali non sia disponibile una norma europea armonizzata oppure la stessa ricada nel periodo di coesistenza, per i quali sia invece prevista la qualificazione con le modalità e le procedure indicate nelle presenti norme. E' fatto salvo il caso in cui, nel periodo di coesistenza della specifica norma armonizzata, il fabbricante abbia volontariamente optato per la Marcatura CE;
- C) materiali e prodotti per uso strutturale non ricadenti in una delle tipologie A) o B. In tali casi il fabbricante dovrà pervenire alla Marcatura CE sulla base della pertinente "Valutazione Tecnica Europea" (ETA), oppure dovrà ottenere un "Certificato di Valutazione Tecnica" rilasciato dal Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, previa istruttoria del Servizio Tecnico Centrale, anche sulla base di Linee Guida approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ove disponibili; con decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, su conforme parere della competente Sezione, sono approvate Linee Guida relative alle specifiche procedure per il rilascio del "Certificato di Valutazione Tecnica".

Reti in aderenza su pendii in roccia

MACCAFERRI

Certificato di Costanza della Prestazione e DOP

Notifikovaná osoba č. 1301

TSLG TECHNICKÝ A SKUŠOBNÝ ÚSTAV STAVEBNÝ, s. r. o.
BUILDING TESTING AND RESEARCH INSTITUTE
Študentská 5, 821 04 Bratislava, Slovenská republika

Certificato di Costanza della Prestazione

1301 – CPR – 1228

In conformità al Regolamento (EU) N° 305/2011/EU del Parlamento Europeo e del Consiglio del 8 marzo 2011 (Regolamento Prodotti da Costruzione o CPR), questo certificato si applica al prodotto da costruzione:

Reti metalliche doppia torsione (maglia esagonale) e reti metalliche doppia torsione con inserimento di funi in acciaio

Reti metalliche doppia torsione (RETE DT e MACMAT R1) e reti metalliche doppia torsione con inserimento di funi in acciaio (STEELGRID, MACARMOUR, MACMAT HS e MACARMOUR GREEN) con uso previsto in: stabilizzazione di scarpate a versanti lungo strade, autostrade e ferrovie mediante controllo e prevenzione dell'erosione, dello scivolamento e crollo di blocchi, detriti e frammenti, sistemi di soil nailing. Per l'uso previsto, la vita utile presunta per le reti metalliche doppia torsione, quando installate in opera, è in conformità alla EN 10223-3: 2013, Annex A, in relazione ai diversi rivestimenti del filo ed alle diverse categorie di corrosività.

Imnesso sul mercato

Officina Maccaferri S.p.A.
Via Kennedy, 10, 40069 Zola Predosa (BO)
Italia

e fabbricato nello stabilimento di produzione

OM200902, OM200903, OM201002
OM-2012-05, OM-2012-06, OM-2013-07

Questo certificato attesta che tutte le disposizioni riguardanti la valutazione e la verifica della costanza della prestazione descritte in

ETA 16/0758 – versione 04, emessa il 21/02/2020

o

EAD 230008-00-0106

secondo il sistema 1 sono applicate per le prestazioni descritte in ETA, e che il controllo della produzione di fabbrica applicato dal produttore è stato valutato per garantire

la costanza delle prestazioni del prodotto da costruzione.

Questo certificato è stato emesso la prima volta il 19 Dicembre 2016 e rimarrà valido fintanto che: l'ETA, l'EAD, i prodotti da costruzione, i metodi AVCP o le condizioni di fabbricazione nell'impianto non vengano modificati significativamente, e a meno che non venga sospeso o revocato dall'ente notificato per la certificazione del controllo della produzione di fabbrica.

Bratislava, 4 Giugno 2020

 Dipl. Ing. Daša Kozáková
capo dell'Ente Notificato 1301

132203

CE

Dichiarazione di Prestazione
STEELGRID HR 30 8x10 2.7 GL-006-DOP-1228-20190301

Cliente: _____
Designazione del materiale: _____
Ordine: _____
Documento di trasporto: _____ data: _____
Quantità: _____

Nome Prodotto: **STEELGRID**

Tipo Prodotto: **HR 30 8x10 – 2.7 GLA**

Uso Previsto: Stabilizzazione di scarpate e versanti, controllo e prevenzione dello scivolamento di blocchi, della caduta di frammenti di dall'erosione, sistemi di soil-nailing, lungo strade, autostrade e ferrovie.

MACCAFERRI

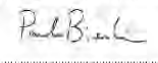
Officina Maccaferri S.p.A.
Via J. P. Kennedy, 10
40069 Zola Predosa (BO) - Italy
www.maccaferri.com

AVCP: _____ System 1
TAB: _____ SIRS, Tecnický a Skúšobný Ústav Stavebný
Valutazione tecnica europea: _____ ETA 16/0758
EAD: _____ EAD 230008-00-0106
Ente notificato: _____ SIRS, Technický a Skúšobný Ústav Stavebný, s. r. o.
Ha rilasciato il Certificato di Costanza della Prestazione: _____ no. 1228

Caratteristiche essenziali	Prestazione	Specifiche Tecniche
Tipo maglia	8x10; 8x10; 10x10; 10x15	EAD 230008-00-0106 (EN 10223-3)
Diametro filo	8/10; 10/10; 10/12	EAD 230008-00-0106 (EN 10223-3)
Protezione del filo contro la corrosione	Zn 100g/m² Alu-PV 0,05 o equivalente a 2.7 galvaneizzato (classificazione: Class A)	EAD 230008-00-0106 (EN 10223-3)
Diametro fune	30-50; 30-50; 30-50	EAD 230008-00-0106 (EN 10223-3)
Resistenza a trazione filo allungamento	300-500 MPa, > 6%	EAD 230008-00-0106 (EN 10223-3)
Resistenza a trazione della rete	150-110; 110; 110	EAD 230008-00-0106 (EN 10223-3)
Capacità di carico a punzonamento	150-110; 110; 110	EAD 230008-00-0106 (EN 10223-3)
Deformazione massima sotto carico	40-10; 10; 10	EAD 230008-00-0106 (EN 10223-3)
Resistenza a corrosione in SO ₂	> 20 anni, secondo il metodo di prova	EAD 230008-00-0106 (EN 10223-3)
Resistenza a corrosione in nebbia salina	> 100 cicli, secondo il metodo di prova	EAD 230008-00-0106 (EN 10223-3)
Durabilità: vita utile prevista (EN 10223-3)	50 anni (classificazione C2, 25 anni) categoria CO ₂ , 10-15 anni (classificazione C4)	EAD 230008-00-0106 (EN 10223-3)

La costruzione del prodotto indicato sopra sono conformi alle prestazioni dichiarate.
Si rilascia la presente dichiarazione e prestazione, in accordo con (L. 30/2011), sotto la responsabilità esclusiva del fabbricante.

Prontino a nome e per conto del fabbricante: _____ Ing. Paolo Bianchini – Procuratore speciale



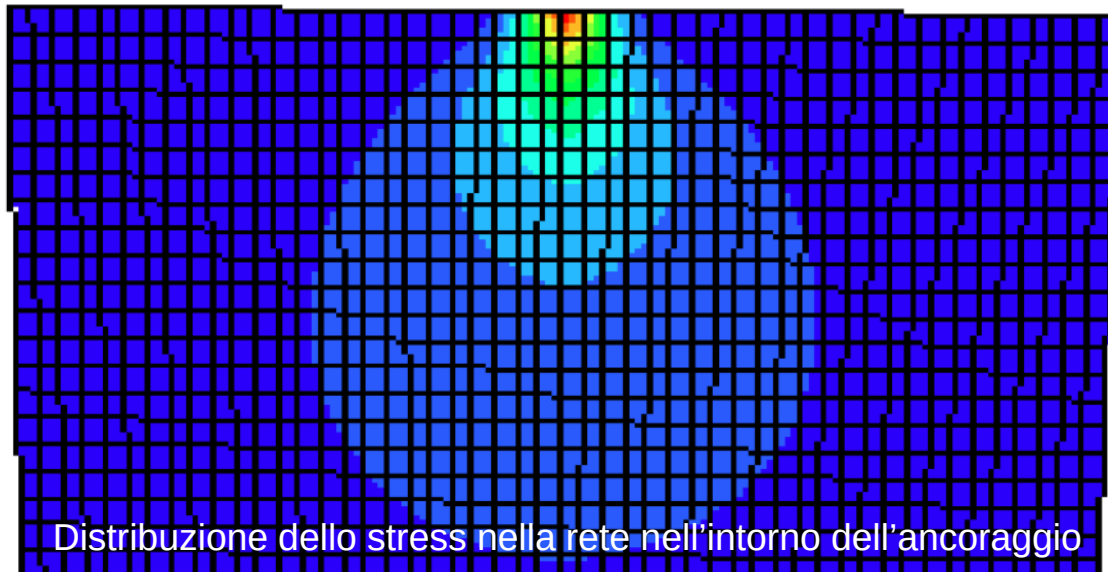
Zola Predosa (BO) - 07/06/2019

Stabilimento di produzione come indicato sulla etichetta del prodotto e sul Certificato di Conformità del CE.
Il presente documento, che assolve anche al rispetto dei requisiti per l'uso previsto, costituisce parte integrante e necessaria del prodotto. Qualora per la partecipazione di Maccaferri non sia allineato il risultato di prodotti in rete metallica a doppia torsione approvato dal Presidente Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, e della EN 10223-3:2013.

Intervento tipologico di rafforzamento corticale



Reticolo in fune di acciaio



Il reticolo in fune determina i seguenti vantaggi:

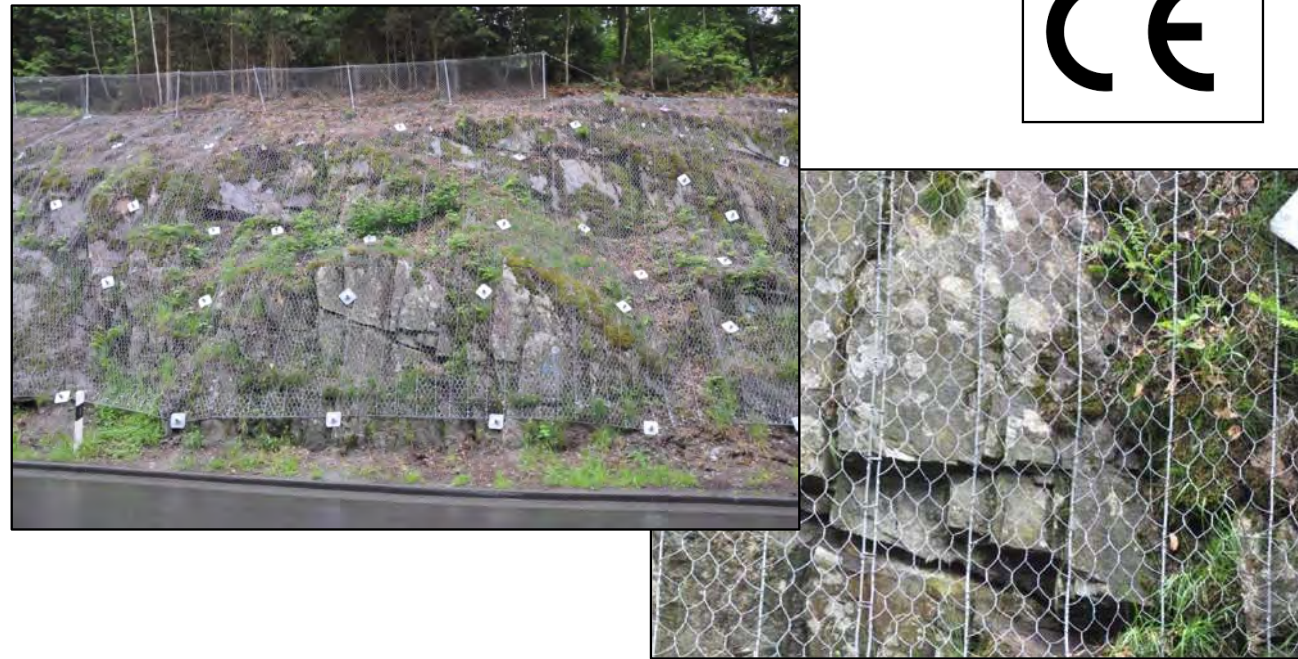
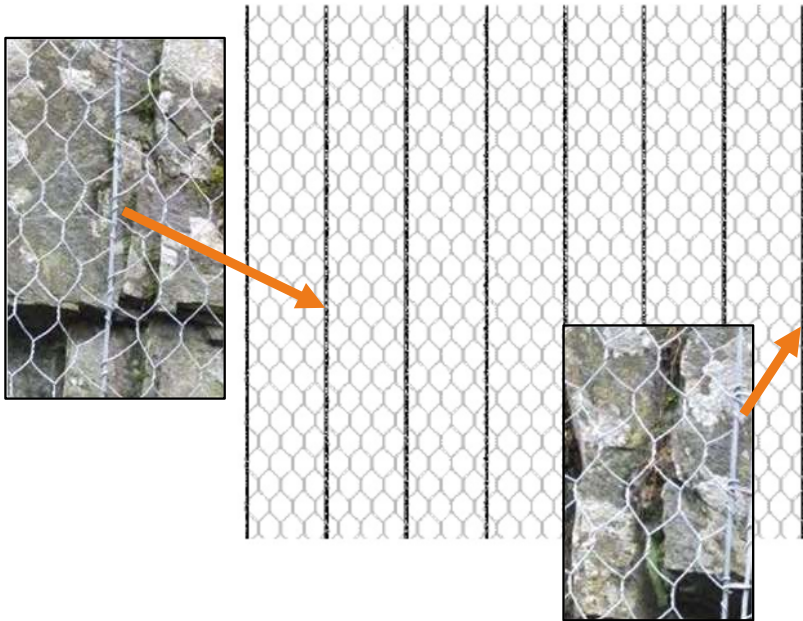
- Riduce la deformazione della membrana.
- Riduce lo stress in corrispondenza della piastra

La fune coopera bene se intessuta nella rete



STEELGRID HR

Rete a Doppia Torsione a maglia esagonale tipo 8x10 con funi di acciaio intessute con interasse 30/50/100 cm rivestita con Galmac (Zn/Al5%)



- Caduta di blocchi di dimensione significativa (vol. $\approx 1,0 \text{ m}^3$)
- Rivestimenti semplici su pendii molto estesi
- Rafforzamenti corticali

Reti in aderenza su pendii in roccia

MACCAFERRI

Frauenberg (Germania)



Reti in aderenza su pendii in roccia

MACCAFERRI

Strada di accesso Diga di Ridracoli (FC)



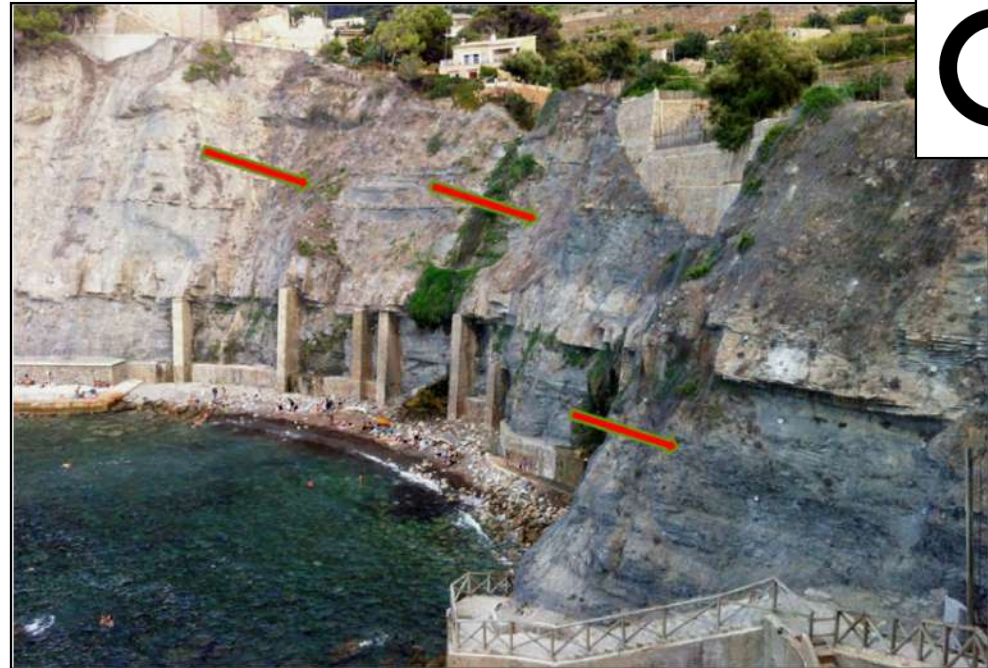
Reti in aderenza su pendii in roccia

MACCAFERRI



STEELGRID HR POLIMAC

Rete a Doppia Torsione a maglia esagonale tipo 8x10 con funi di acciaio intessute con interasse 30/50/100 cm rivestita con Galmac (Zn+5%Al) e PoliMac

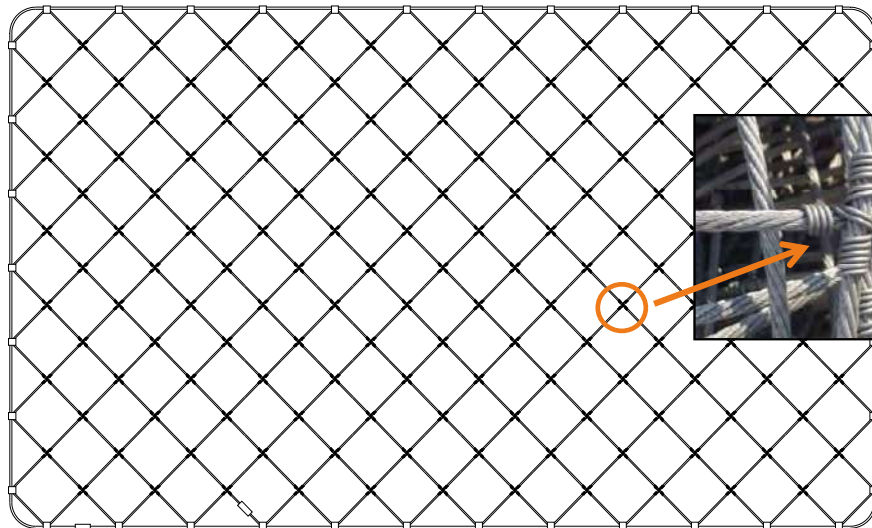


- Caduta di blocchi di dimensione significativa (vol. $\approx 1,0 \text{ m}^3$)
- Rivestimenti semplici e rafforzamenti corticali in ambienti aggressivi

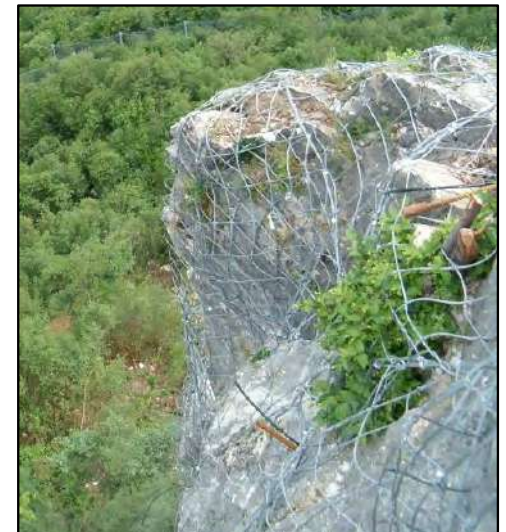
PANNELLI SW/HEA



Rete in fune di acciaio diam. 8/10 mm
con maglia 250x250, 300x300, 400x400
con speciale nodo di legatura



«borchia» dei
pannelli tradizionali



- Rafforzamenti corticali con ridotte deformazioni
- Rivestimento ed imbragaggio grossi blocchi instabili, speroni, pinnacoli ecc.

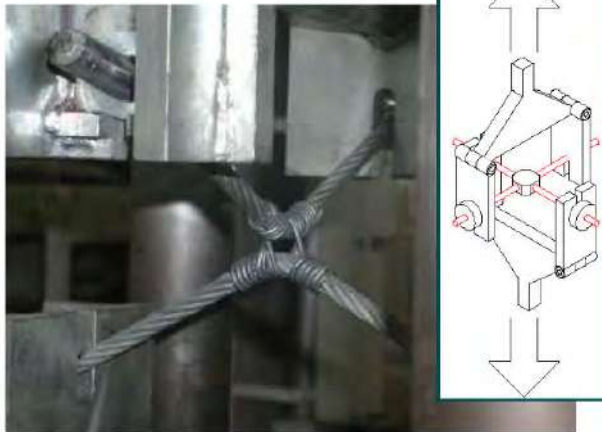
PANNELLI SW/HEA

Le prestazioni del pannello in fune sono strettamente legate anche al comportamento del nodo

Prova di strappo



23 kN ÷ 28 kN



7 kN ÷ 12 kN

S.S. 685 "delle Tre Valli Umbre"



S.S. 685 "delle Tre Valli Umbre"



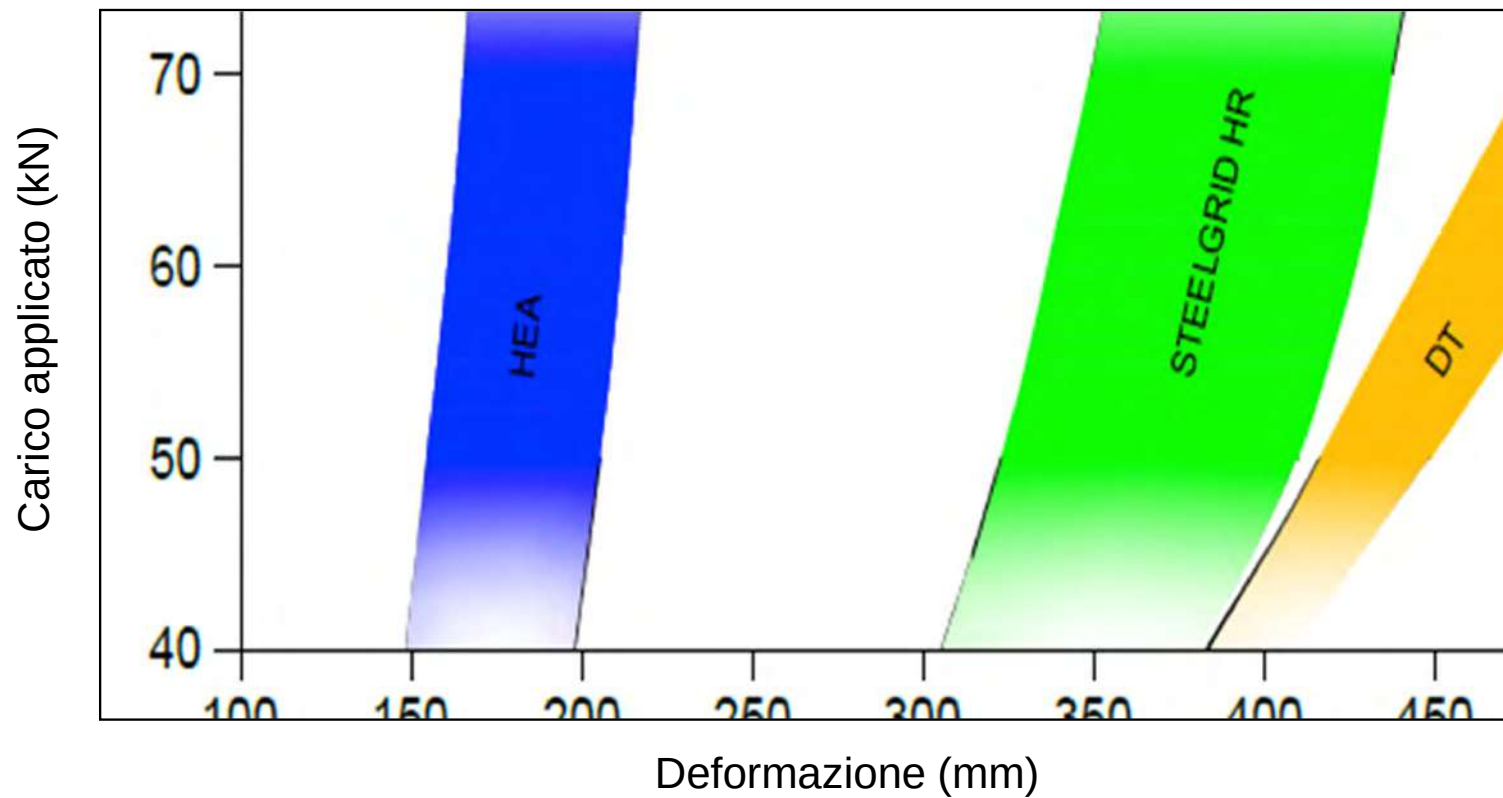
PANNELLI SW/HEA INOX



Al Hoceima Port (Marocco)



Risultati prove di punzonamento UNI 11437:2012



MacArmour: il più avanzato e sicuro sistema di rivestimento

MACCAFERRI

MacArmour®



IL PIÙ AVANZATO E SICURO
SISTEMA DI RIVESTIMENTO

NEW
2 in 1
DRAPERY
SYSTEM



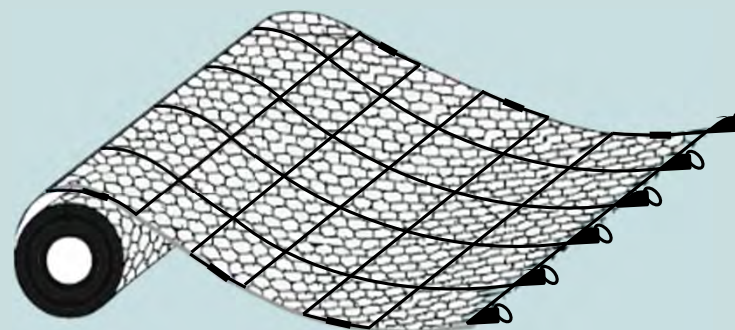
Rete a doppia torsione

+



Pannello in fune

=



Reti in aderenza su pendii in roccia

MACCAFERRI

MacArmour®



Unicità tecnologiche e operative: riduzione del tempo di installazione

MACCAFERRI

TEMPO DI INSTALLAZIONE

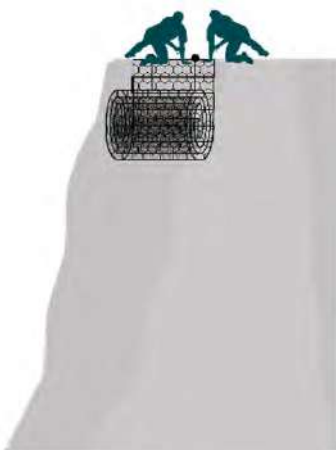
MacArmour® riduce i **tempi di installazione** e i **rischi** associati con le attività in sito

Fino al **50%** PIU' VELOCE
RISPETTO AD ALTRI SISTEMI



Assicura la **protezione dalla caduta massi** in quattro semplici passaggi:

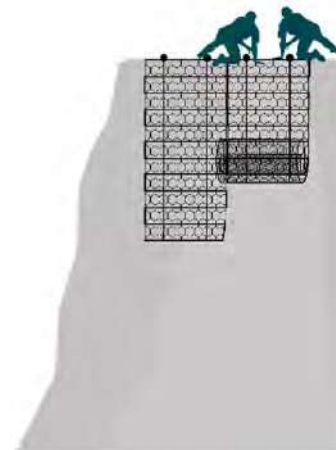
1. **Fissaggio** del
primo telo



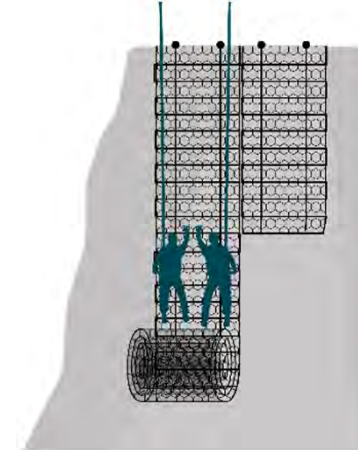
2. **Stesa** del Mac Armour®
sulla parete



3. **Stesa** dei successivi
teli di MacArmour®



4. **Installazione** dei teli di
MacArmour® con facilità grazie a nuove
e veloci modalità di connessione



Herakleion (Creta) - Grecia



Rocca Ricciarda (AR)



MACMAT-R - MACMAT HS

Rete a Doppia Torsione a maglia esagonale tipo 8x10 con funi di acciaio intessute, preaccoppiata ad una geostuoia tridimensionale in PP



Reti in aderenza su pendii naturali o su scavi in terreno sciolto

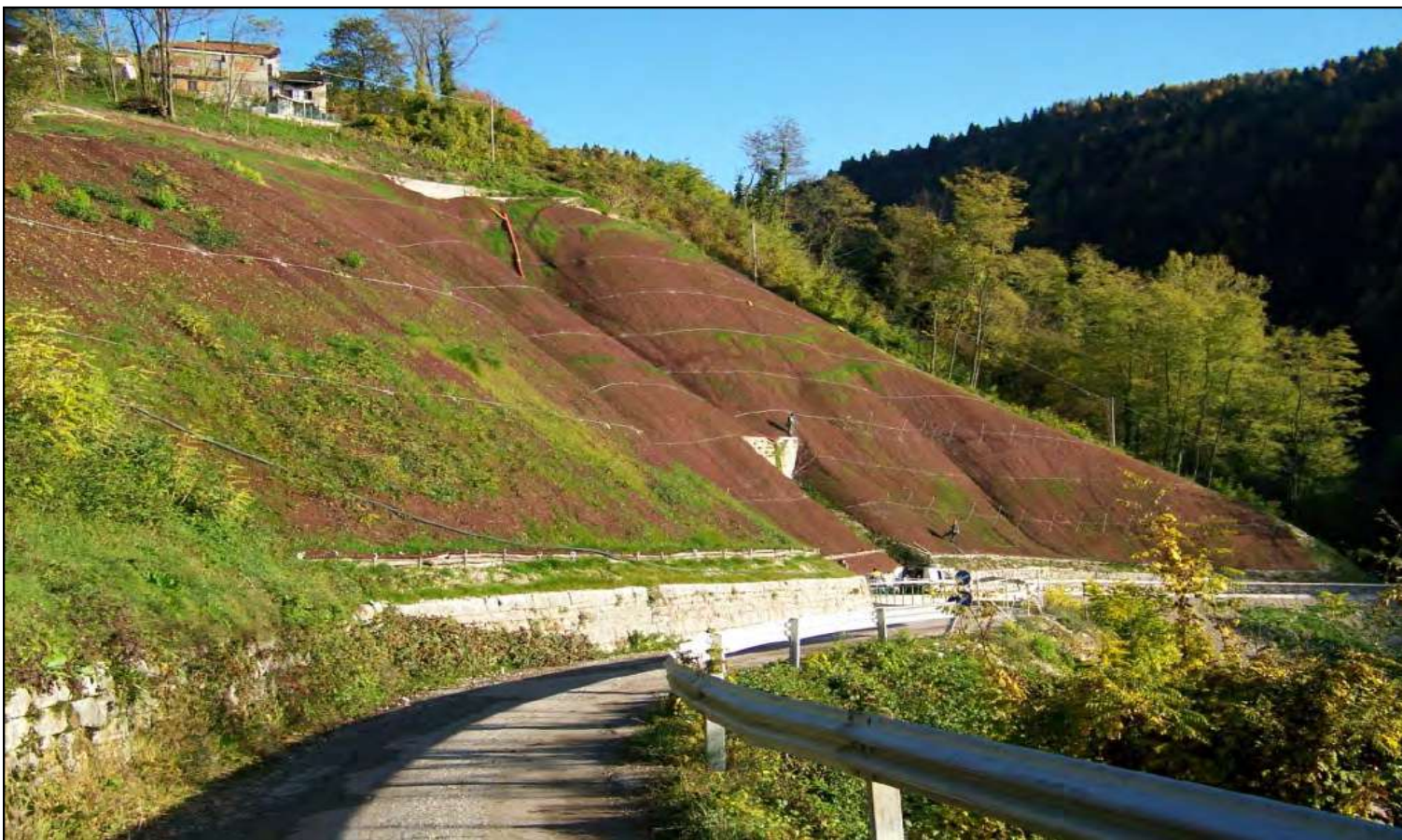
MACCAFERRI

Ripristino di dissesto idrogeologico mediante riprofilatura, regimentazione delle acque superficiali, consolidamento e rivestimento anti-erosivo



Reti in aderenza su pendii naturali o su scavi in terreno sciolto

MACCAFERRI



Reti in aderenza su pendii in terreno sciolto o roccia fortemente degradata

MACCAFERRI

S.P. 64 Nursina – Arquata del Tronto (AP)

2017

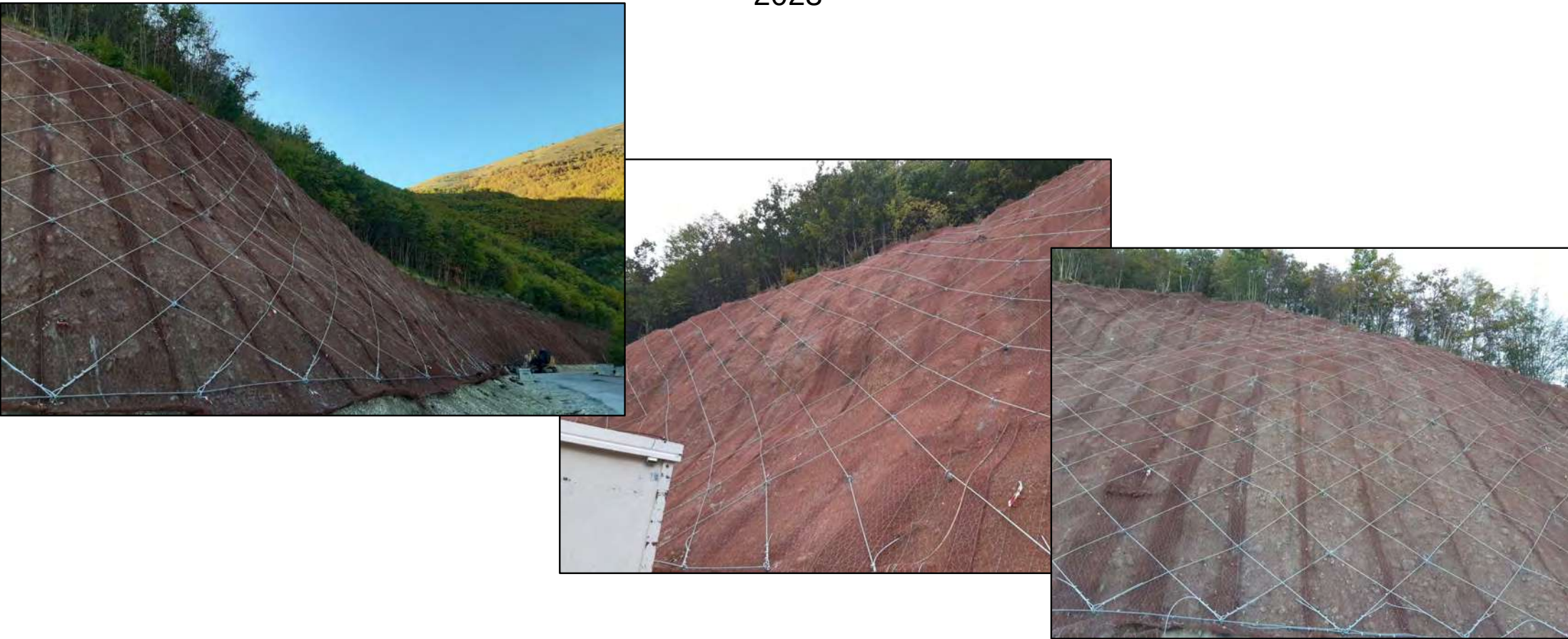


Reti in aderenza su pendii in terreno sciolto o roccia fortemente degradata

MACCAFERRI

S.P. 64 Nursina – Arquata del Tronto (AP)

2023



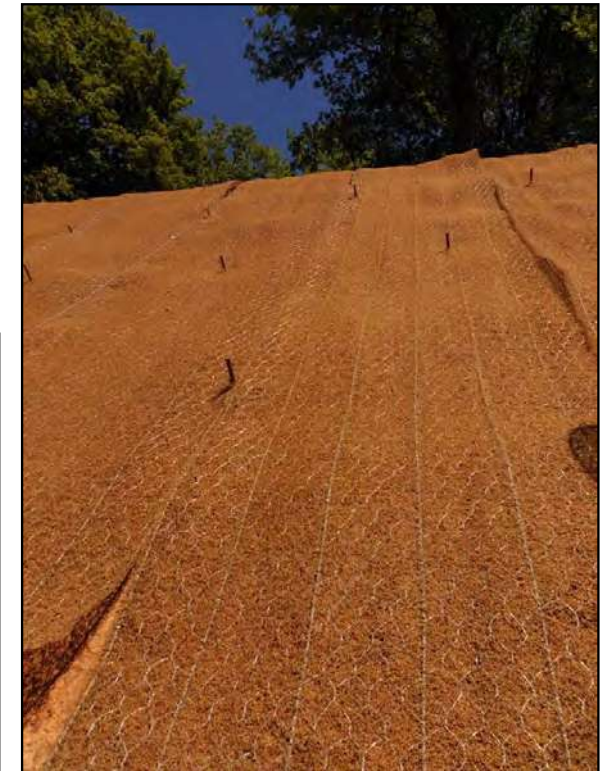
Reti in aderenza su pendii naturali o su scavi in terreno sciolto

MACCAFERRI

Soil Nailing con rivestimento strutturale flessibile



Rivestimento anti-erosivo ad elevata rigidezza
di scavi definitivi



Reti in aderenza su pendii naturali o su scavi in terreno sciolto

MACCAFERRI

Soil Nailing con rivestimento strutturale flessibile



Reti in aderenza su pendii in terreno sciolto o roccia fortemente degradata

MACCAFERRI

S.P. 7 Nursina – Acquasanta del Tronto (AP)

2017



Reti in aderenza su pendii in terreno sciolto o roccia fortemente degradata

MACCAFERRI

S.P. 7 Nursina – Acquasanta del Tronto (AP)

2023



Reti in aderenza su pendii in terreno sciolto o roccia fortemente degradata

MACCAFERRI

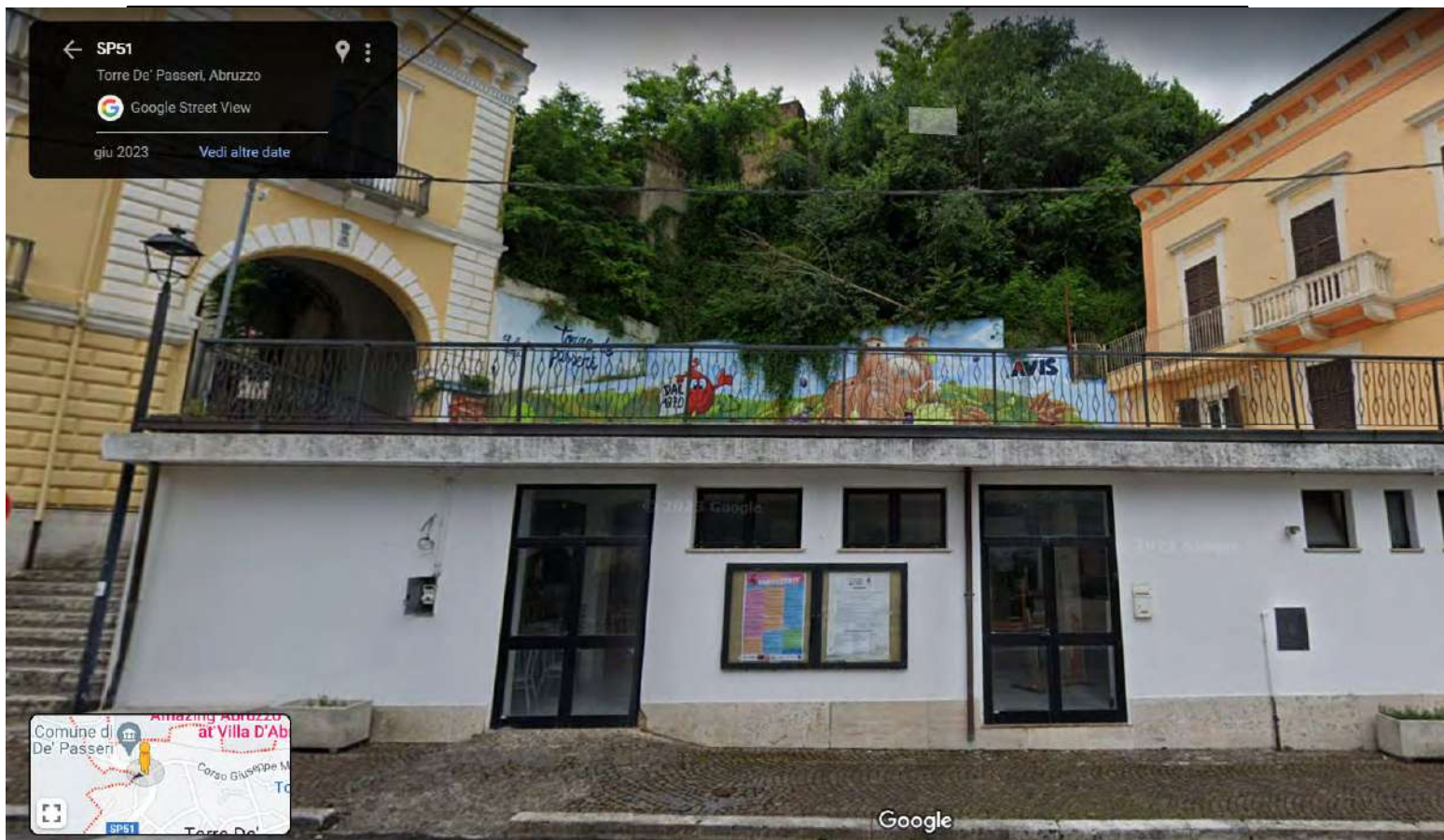
Torre dè Passeri (PE) - 2012



Reti in aderenza su pendii in terreno sciolto o roccia fortemente degradata

MACCAFERRI

Torre de' Passeri (PE) - 2023



Reti in aderenza su pendii in terreno sciolto o roccia fortemente degradata

MACCAFERRI

Taurano (AV)

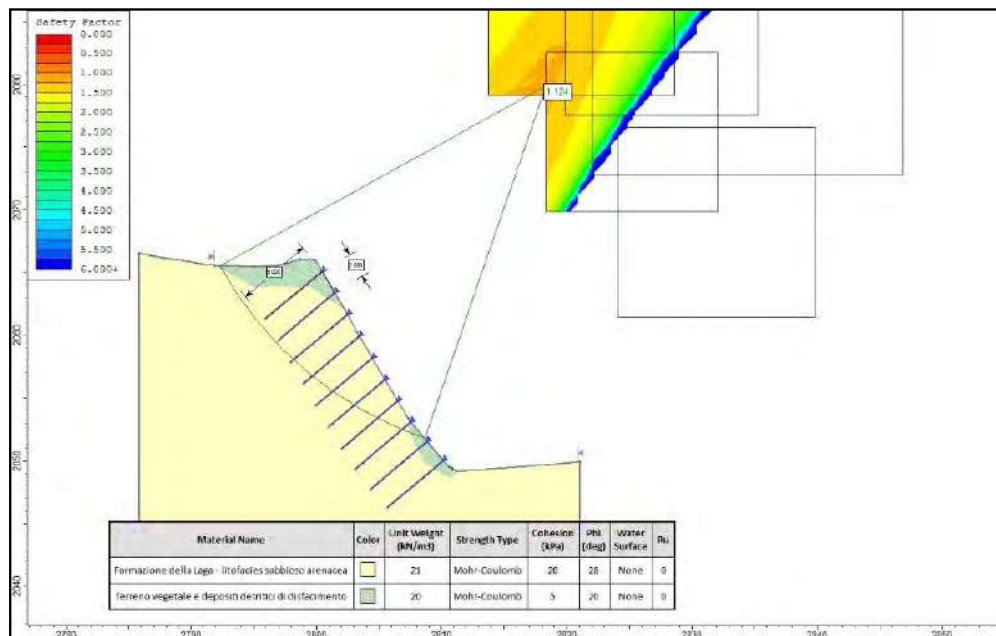


Reti in aderenza su pendii naturali o su scavi in terreno sciolto

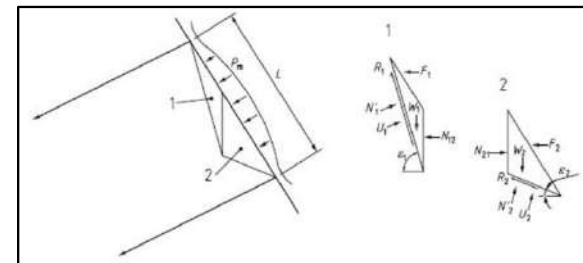
MACCAFERRI

Soil Nailing con rivestimento strutturale flessibile

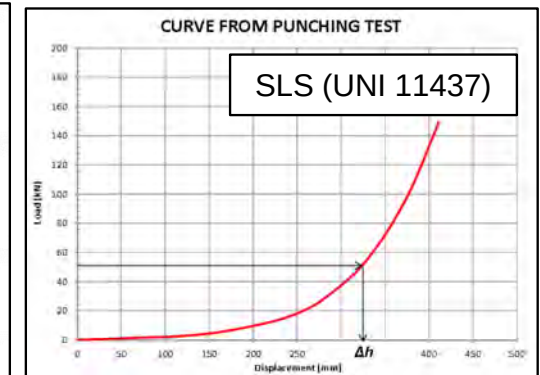
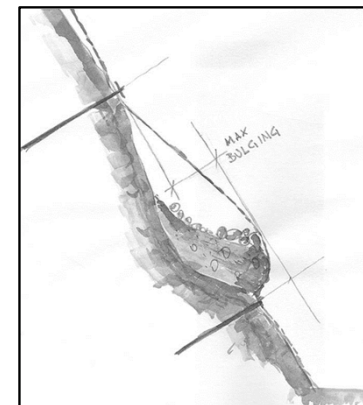
Verifica della stabilità globale e dimensionamento dei chiodi



Verifica agli stati limite ultimo e di servizio del rivestimento (software BIOS)



SLU (BS 8006-2)



SLS (UNI 11437)

Nuovo software di calcolo per interventi di soil-nailing

MACCAFERRI



*Sviluppato in collaborazione con il **Politecnico di Milano***

INNOVATION CENTER

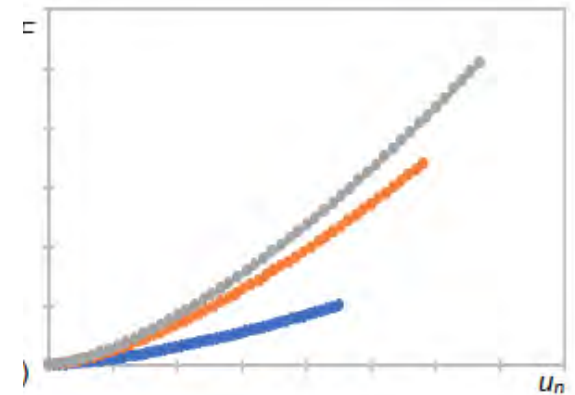
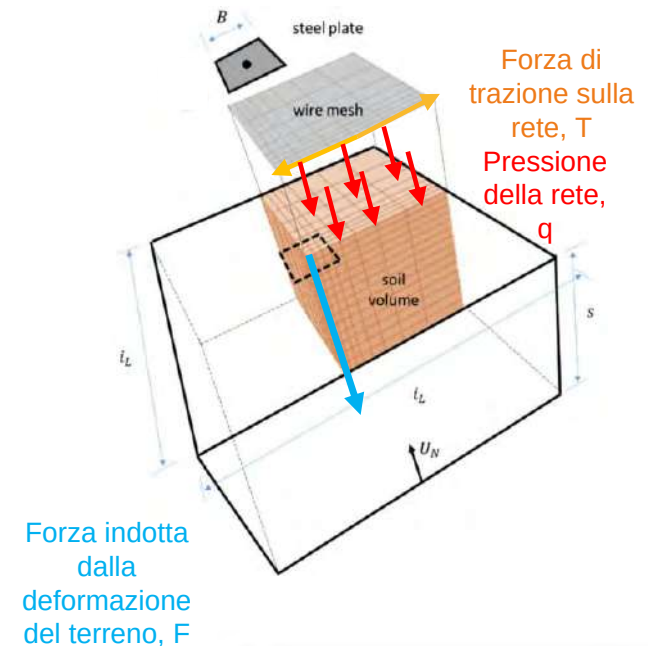
MACCAFERRI



Mac S-Design

è basato su un **approccio ibrido**:

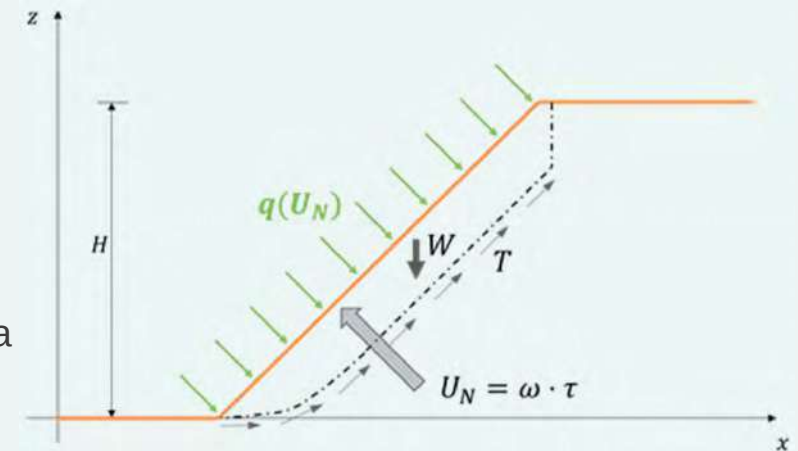
- M** L'equilibrio del terreno è analizzata mediante il metodo all'equilibrio limite
- M** L'azione stabilizzante fornita dall'intervento strutturale passivo è espresso attraverso una funzione caratteristica delle deformazioni terreno – rete elaborata mediante un'analisi agli elementi finiti e calibrata mediante test di laboratorio



Il problema della stabilità dello strato superficiale di un pendio può essere trattato attraverso 3 fasi successive di analisi:

Fase 1: Identificazione del potenziale meccanismo di rottura

- Identificazione sia della superficie di scivolamento che del relativo campo deformativo $\mathbf{U}(\mathbf{x}, \mathbf{z})$ del terreno
- Analisi nel campo delle forze destabilizzanti e delle forze resistenti
- Instabilità a causa di: inclinazione del pendio, parametri geotecnici della coltre instabile, fratture di tensione, presenza di falda, ecc.

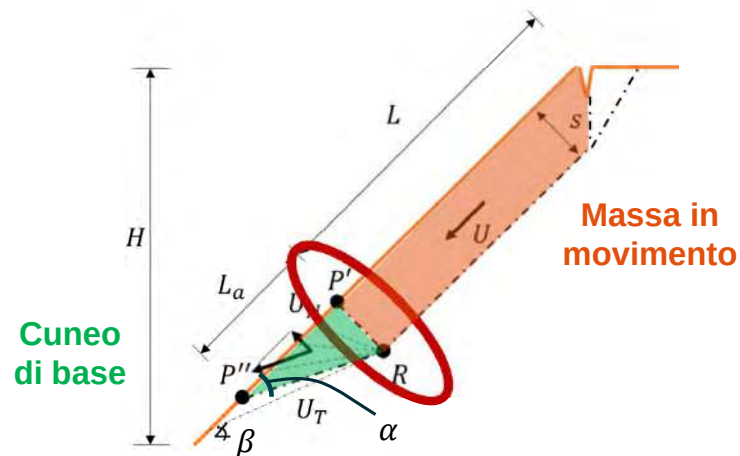


LE ASSUNZIONI DI BASE DEL METODO E L'APPROCCIO SCHEMATICO

MACCAFERRI

Due differenti approcci vengono considerati

Metodo 1

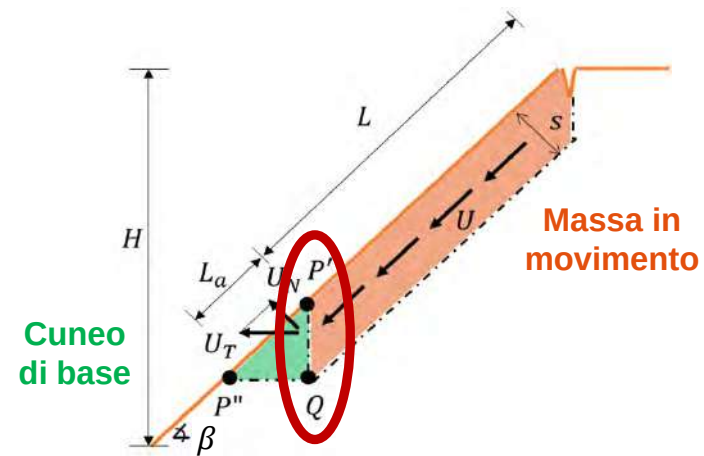


Questo metodo considera un cuneo stabilizzante di base nel quale:

- Le forze indotte sono trasferite attraverso un'interfaccia P'R ortogonale alla superficie del pendio
- Differenti cunei di base possono essere considerati per ogni punto P' e ognuno di questi è definito da differenti valori di angolo α

Questo metodo è più compatibile con pendii molto inclinati

Metodo 2



Questo metodo considera un cuneo stabilizzante di base nel quale:

- Le forze indotte sono trasferite attraverso un'interfaccia verticale P'Q,
- Esiste un singolo cuneo per ogni punto P'

Questo metodo è più compatibile con pendii poco inclinati