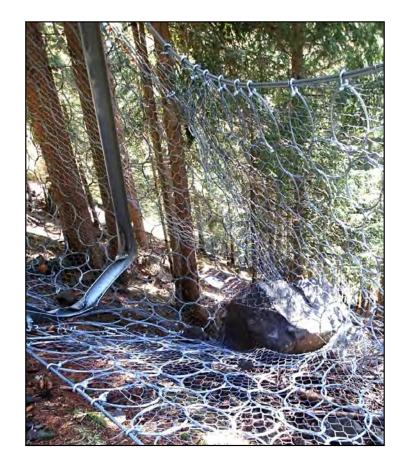


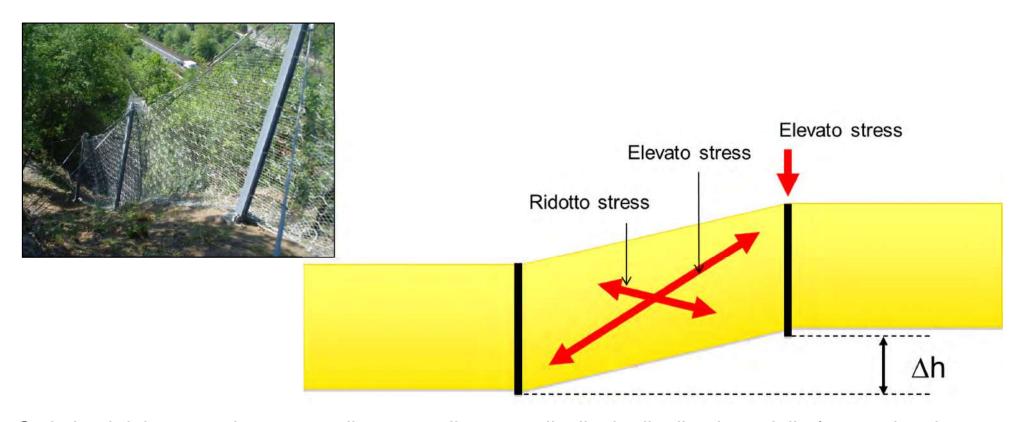
Nelle condizioni reali, le probabilità che la barriera venga impattata nel punto centrale della campata sono molto basse

Punti potenzialmente deboli:
- Porzione laterale della tratta
- Bordo superiore



## **Barriere paramassi**

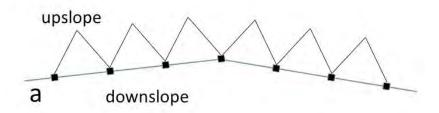




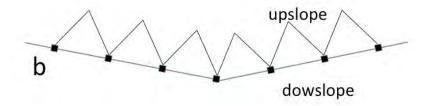
Se le basi dei montanti non sono disposte sullo stesso livello, la distribuzione delle forze sui vari component del kit non è uniforme: alcuni elementi potrebbero essere soggetti ad un carico maggiore rispetto a quello di progetto



Se la barriera non ha un andamento rettilineo in pianta....



... l'altezza residua potrebbe essere inferiore e l'allungamento potrebbe essere maggiore



..... i montanti potrebbero essere soggetti ad un momento rotazionale verso monte







#### **Progettazione**

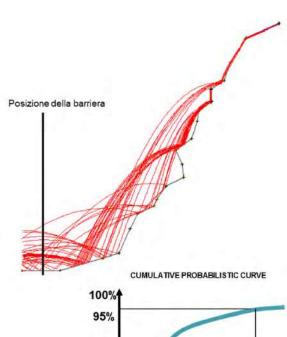
I crash test sulla barriera sono delle prove indicative perché sono sviluppate in particolari condizioni.

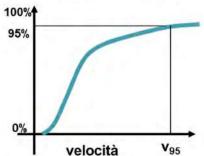
Non è dunque descritto il comportamento della barriera in tutte le condizioni.

Le variabili che definiscono le azioni agenti di progetto (volume del blocco di progetto, cinematismo di caduta lungo il pendio, ecc.) sono spesso affette da un'elevata incertezza

#### IL PROGETTO E' QUINDI BASATO SU UN APPROCCIO STATISTICO

UNI 11211-4:2018 «Opere di difesa dalla caduta massi – Parte 4: Progetto definitivo ed esecutivo» fornisce indicazioni di dettaglio sul dimensionamento delle barriere paramassi (e.g. verifica dell'energia, dell'altezza della barriera e della distanza di sicurezza)







## **DIMENSIONAMENTO DELLA BARRIERA PARAMASSI** IN ACCORDO ALLA NORMA UNI 11211-4

UNI 11211-4: Ottobre 2018

Opere di difesa dalla caduta massi

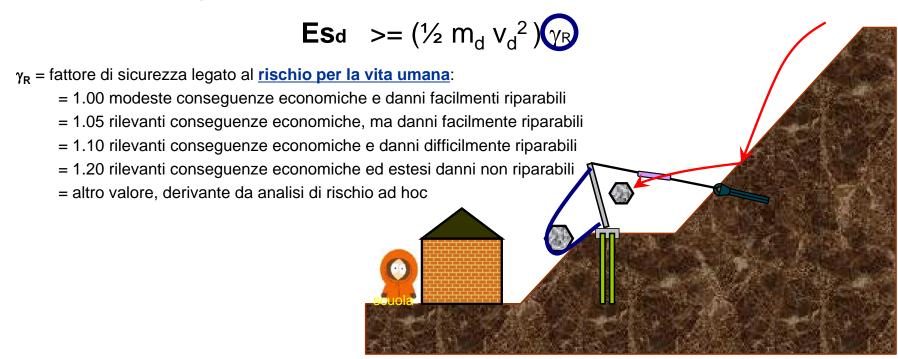
Parte 4: Progetto definitivo ed





# Energia di progetto (UNI 11211-4:2018)

L' **Energia sollecitante di progetto** (Esd) è definita con la formulazione classica dell'energia cinetica, moltiplicata per un fattore di sicurezza ( $\gamma E$ ):





# Velocità (UNI 11211-4: 2012)

La **velocità di progetto dei blocchi** (*va*) è definita come la velocità in corrispondenza del punto di impatto con l'opera corrispondente al frattile del 95% delle velocità calcolate (*vt*) moltiplicata per il coefficiente di sicurezza (γ<sub>F</sub>):

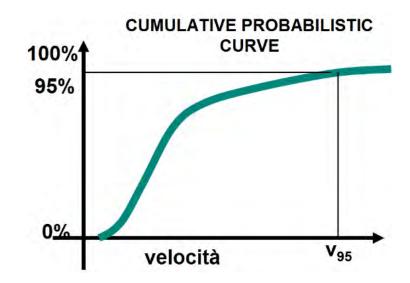
$$V_d = V_{95} \gamma_F = V_{95} (\gamma_{Tr} \gamma_{Dp})$$

 $\gamma_{Tr}$  = fattore di sicurezza che dipende dall'affidabilità delle simulazioni:

- = 1.02 se il coeff. di restituzione è definito con back analysis
- = 1.10 se il coeff. di restituzione è derivante dalle sole info bibliografiche

 $\gamma_{Dp}$  = fattore di sicurezza dovuto alla <u>precisione del rilievo</u> topografico:

- = 1.02 se il pendio è discretizzato mediante un buon rilievo topografico
- = 1.10 se il pendio è discretizzato con media-bassa precisione





# Massa Blocco (UNI 11211-4: 2012)

La **massa del blocco di progetto** ( $m_d$ ) è definita come il prodotto del volume del blocco di progetto ( $Vol_b$ ) per il peso specifico della roccia ( $\gamma$ ), moltiplicato per un coefficiente di sicurezza ( $\gamma$ M):

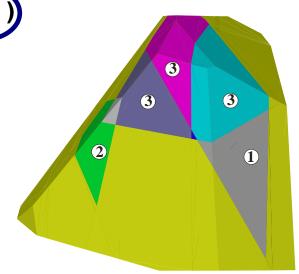
$$m_d = (Vol_b \ \gamma) \ \gamma_M = (Vol_b \ \gamma) (\gamma_{\gamma}) \gamma_{VolF1}$$

 $\gamma_{\gamma}$  = fattore di sicurezza legato alla <u>valutazione della massa per</u>

unità di volume della roccia = 1.00 (generalmente)

γ<sub>VolF1</sub> = fattore di sicurezza legato alla <u>precisione del rilievo del</u>
<u>volume del blocco</u> di progetto:

- = 1.02 per rilievi accurati della parete (fotogrammetria, rilievi geomeccanici, ecc.)
- = 1.10 in assenza di rilievi legati al progetto.





# Livello energetico di progetto (UNI – ETAG)

Il progetto di una barriera allo **Stato limite ultimo** significa riferire il progetto al **MEL (Maximum Energy Level dei crash test)** 

- Deve essere utilizzata la capacità massima della barriera
- Si prevedono impatti singoli
- Sono possibili e convenienti frequenti ispezioni e lavori di manutenzioni in sito
- Esistono problemi di costi

Il progetto della barriera allo **Stato limite di servizio** significa riferire il progetto al **SEL (Service Energy Level = 1/3 MEL)** → **PER IMPATTI MULTIPLI** 

- Non sono ammessi danni significativi alla barriera
- Si prevedono impatti multipli dei massi
- Sono difficili da fare frequenti ispezioni e lavori di manutenzione in sito
- Non ci sono problemi di costo



# Verifica dell'Energia (UNI 11211-4)

L' **Energia sollecitante di progetto** ( $E_{Sd}$ ) deve risultare minore dell'energia dissipabile dalla barriera fattorizzata per un fattore di sicurezza ( $\gamma_E$ ):

Esd < Ebarriera / γE



 $\gamma_E$  = fattore di sicurezza legato al <u>livello energetico di progetto scelto</u>:

- = 1.00 nel caso di approccio al SEL
- = 1.20 nel caso di approccio al MEL

#### **Nota Bene:**

Se per motivi morfologici è necessario installare una barriera con meno di 3 campate:

- = 1.00 nel caso di approccio al SEL
- = 1.20 nel caso di approccio al MEL, e ricorrere a 2 stendimenti paralleli
- = 2.00 nel caso di approccio al MEL



#### **Barriere paramassi**



## Verifica dell'altezza di intercettazione

#### Valutazione dell'altezza della barriera

$$h_{TOT} \ge h_d + f_{min}$$
 dove:  $h_d \ge h_{95} \gamma_{Tr} \gamma_{Dp}$ 

h<sub>tot</sub> altezza commerciale della barriera in accordo a ETAG 027

h<sub>95</sub> altezza del punto di impatto del baricentro del blocco al frattile del 95% delle altezze calcolate

h<sub>d</sub> altezza di impatto di progetto

f<sub>min</sub> franco libero minimo, pari al raggio del blocco e comunque non inferiore a 0,5 m

γ<sub>Tr</sub> fattore di sicurezza che dipende dall'affidabilità delle simulazioni:

- = 1.02 se il coeff. di restituzione è definito con back analysis
- = 1.10 se il coeff. di restituzione è derivante dalle sole info bibliografiche

 $\gamma_{Dp}$  fattore di sicurezza dovuto alla <u>precisione del rilievo topografico</u>:

- = 1.02 se il pendio è discretizzato mediante un buon rilievo topografico
- = 1.10 se il pendio è discretizzato con media-bassa precisione



# Verifica della deformazione (UNI 11211-4)

#### Valutazione della deformazione della barriera

$$d_{Arresto} \ge d_{barriera} \gamma_d$$

 $\gamma_d$  = coefficiente di sicurezza sulla deformazione della barriera:

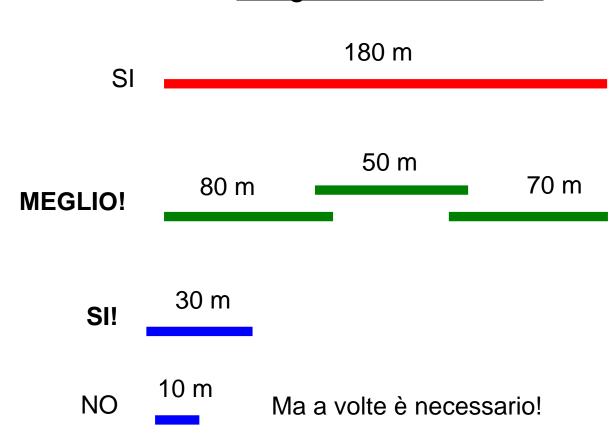
- = 1.30 se è stato utilizzato l'approccio al MEL
- = 1.50 con l'approccio al MEL e le campate di estremità sono comprese nell'area delle possibili traiettorie OPPURE la barriera ha meno di 3 campate
- = 1.00 se è stato utilizzato l'approccio al SEL







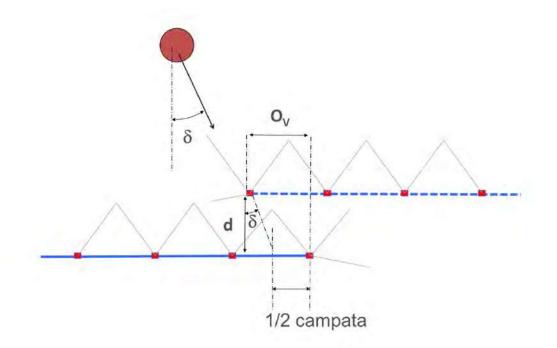
# Lunghezza delle tratte



## **Barriere paramassi**



### Sovrapposizione tra tratte contigue



La sovrapposizone dipende principalmente dalla distanza tra le due barriere:

 $O_V = 1/2$  campata + d tand

δ = 15° per pendii regolari, blocchi rotondeggianti

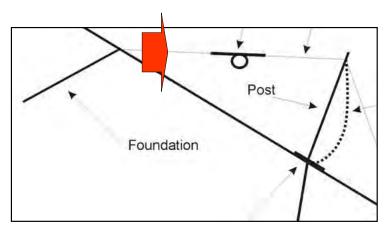
d = 35° per pendii irregolari, blocchi tabulari

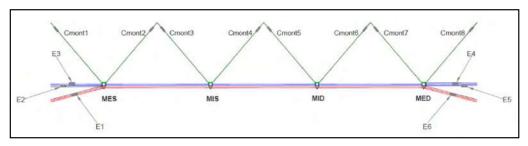


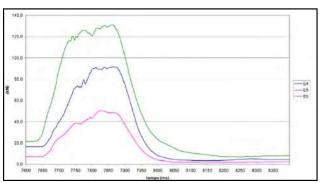




Le forze agenti sulle funi principali del kit sono misurate durante l'impatto per mezzo di celle di carico installate direttamente sulle fondazioni e/o sulle stesse funi principali







#### **Barriere paramassi**





#### Prove di collaudo



#### Prove su ancoraggi di fondazione in opera

Sono eseguite su ancoraggi di fondazione costituenti l'opera, in fase esecutiva e/o in fase di collaudo, al fine della verifica sperimentale della loro idoneità.

- Per sistemi in rete o per opere di consolidamento e/o legatura di masse rocciose, la prova di collaudo degli ancoraggi in opera deve essere effettuata con un carico di prova N<sub>C</sub> pari a 1,2 volte il carico di esercizio.
- Per le barriere paramassi a rete la prova di collaudo di ancoraggi di fondazione in opera è effettuata con un carico di prova N<sub>C</sub> pari a;
  - 1,2 volte il carico di esercizio, corrispondente al carico misurato durante la prova SEL1
  - oppure laddove tale valore calcolato ecceda quello misurato durante la prova MEL, il carico N<sub>C</sub> sarà pari al carico misurato durante la prova MEL.
- In ogni caso dovranno essere scelte metodologie di prova idonee a non arrecare danni significativi ai componenti strutturali dell'ancoraggio. Al fine di evitare deformazioni plastiche (in particolare riduzione della dimensione) dell'asola dell'ancoraggio di fondazione, si potranno utilizzare perni di connessione all'attrezzatura di prova aventi idonea dimensione.

#### Prove su ancoraggi di fondazione fuori opera

Le prove su ancoraggio di fondazione fuori opera sono eseguite in diverse fasi:

- in fase di progettazione su ancoraggi di fondazione preliminari di prova per la determinazione o conferma dei valori di resistenza ipotizzati;
- in fase esecutiva su ancoraggi di fondazione a perdere della medesima tipologia utilizzata nell'opera. In questo caso le prove possono essere spinte fino allo stato limite ultimo o fino a rottura.

Gli ancoraggi di fondazione di prova realizzati fuori opera, sottoposti a sollecitazioni più severe di quelle previste per gli ancoraggi di fondazione in opera e non utilizzabili per l'impiego successivo, devono essere realizzati con lo stesso sistema costruttivo di quelli in opera, nello stesso sito e nelle stese condizioni ambientali.

Per le barriere paramassi a rete la prova su ancoraggi di fondazione fuori opera è effettuata con un carico di prova N<sub>C</sub> non inferiore al carico di progetto e comunque non inferiore a quello misurato durante la prova MEL, oppure fino a rottura.



## Carichi di collaudo

**RB 2000** 

| Carichi prova SEL1<br>(risultanti dalle forze di picco registrate sulle funi e/o o<br>SEL1)   | firettamente sugli ancoraggi durante la prova  |  |
|---|--|--|
| Carico di trazione sugli ancoraggi laterali "A"   | 172,7 kN   |  |
| Carico di trazione sugli ancoraggi laterali "B"   | 140,9 kN   |  |
| Carico di trazione sugli ancoraggi di monte   | 84,1 kN  |  |
| (pari a 1,2 volte il carico di esercizio, corrispondente a SEL1, oppure pari al carico massimo MEL, laddove il v quello misurato durante la prova MEL)  Carico di trazione sugli ancoraggi laterali "A" |  |  |
| Carico di trazione sugli ancoraggi laterali "B"   | 164 kN   |  |
| Carico di trazione sugli ancoraggi di monte   | 101 kN   |  |
| Carichi minimi di collaudo su ancorago<br>(pari al carico massimo misurato durante la prova MEI   | AND ADDRESS OF THE PARTY OF THE |  |
| Carico di trazione sugli ancoraggi laterali "A"   | 251 kN   |  |
| Carico di trazione sugli ancoraggi laterali "B"   | 164 kN   |  |
| carros at a accord ough anostaggi latorali D  | 104 KN   |  |

#### Efficienza barriere paramassi: sistema di allertamento

RB 2000 (2000 kJ) - S.S. 34 - Ghiffa (VCO) Installazione Giugno/Luglio 2022 – foto fine Settembre 2022







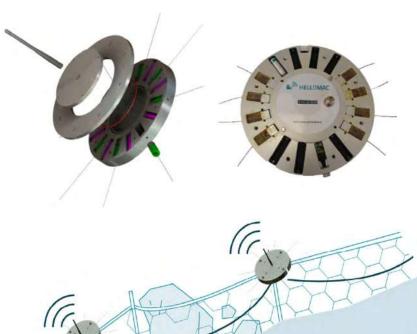


#### MAKE YOUR ROCKFALL PROTECTION SMARTER

**HELLOMAC** è un sistema di allerta studiato per la salvaguardia delle infrastrutture e degli edifici protetti da qualunque tipo di barriere paramassi o opera di protezione deformabile.

<u>L'informazione che si ottiene è riferita al lavoro della barriera nel suo insieme</u> e non al solo lavoro di parti di questa quali dissipatori di energia, ancoraggi o montanti: infatti <u>NON è necessario un processo di elaborazione dei dati e valori di spostamento o deformazione.</u>

HELLOMAC traduce un evento di impatto che ha interessato la barriera al livello di energia impostato nell'attivazione dei sensori.



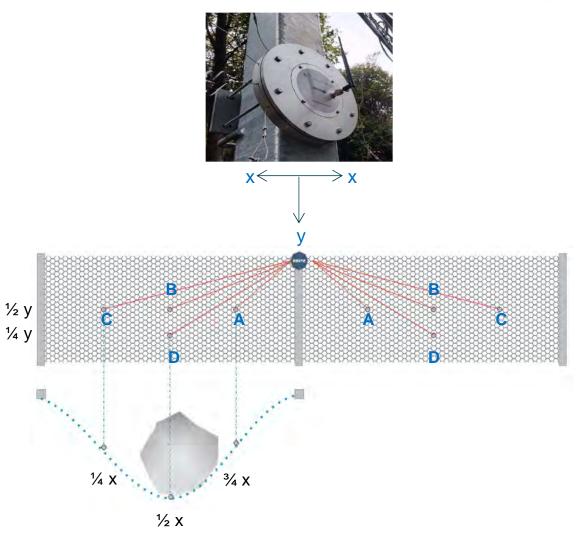


## Come si installa

In base al modello della barriera

 Possibilità di integrazione del sistema su barriere già esistenti

| Modello: Maccaferri RB 1500 (10m x 4m) |   |                             |  |
|--|---|-----------------------------|--|
| Posizione                              | Lunghezza<br>del lasco del<br>tirante [m] | Distanza senza<br>lasco [m] | Lunghezza<br>totale del<br>tirante [m] |
| Α                                      | 1.26                                      | 3.20                        | 4.46                                   |
| В                                      | 1.93                                      | 5.38                        | 7.31                                   |
| С                                      | 0.39                                      | 7.76                        | 8.15                                   |
| D                                      | 0.78                                      | 5.83                        | 6.61                                   |



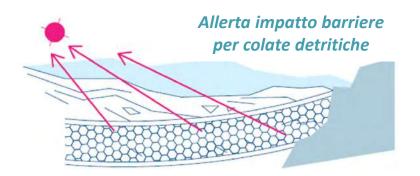
#### Principali campi di utilizzo











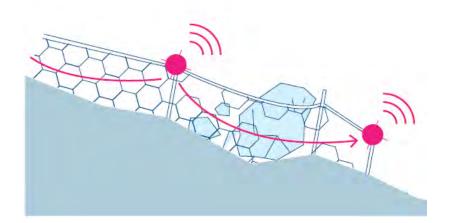
- Il sistema è progettato per funzionare in ambienti con impatti ad alta energia e condizioni climatiche aggressive.
- Pioggia, neve, vento e solo non creano alcun problema.
- Mon sono presenti fili elettrici e/o punti deboli di possibile rottura.

#### Sistema di allerta «HelloMac»



<u>La trasmissione tra i dispositivi HELLOMAC e l'acquisitore HUBIR avviene in onde radio</u> su una frequenza dedicata. In questo modo non è necessario avere una copertura della rete telefonica nel sito di installazione.

- Trasmissione dati via GSM o satellite (Iridium)
- M HUBIR può interfacciarsi con altri sensori
- Controllo automatizzato di allarmi e comandi locali (sirene, semafori, sbarre, ecc)







## altri sensori disponibili







Estensimetri, fessurimetri, celle di carico

Equipaggiati con trasmettitore radio SFL



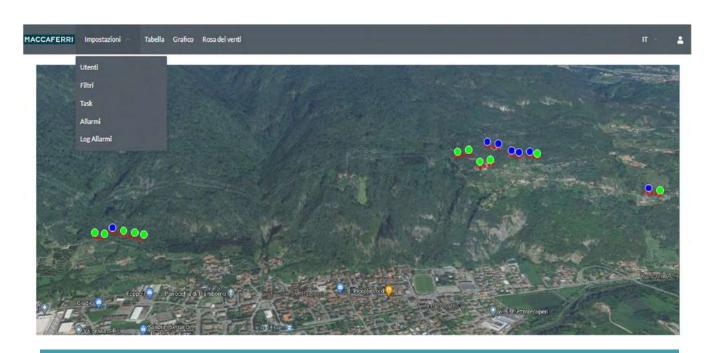
Stazione meteo compatta Pioggia, temperatura, umidità





- **M** Geolocalizzazione
- **M** Dati

- **M** Avvisi
- **M** Notifiche







**HELLOMAC APP** 





## **AFFIDABILE**

- Sistema di allerta in tempo reale
- Trasmissione giornaliera dello stato per ciascun sistema
- Mai senza copertura di rete
- Un dispositivo, 8 sensori e rilevamento completo di qualsiasi movimento



## **FACILE DA INSTALLARE**

- Peso limitato e dimensioni ridotte
- Facile da installare e senza manodopera qualificata
- Installazione su ogni protezione paramassi, anche quelle esistenti



# **ESENTE DA MANUTENZIONE**

- 7 batterie con una durata nominale di almeno 5 anni
- Nessuna attività di cablaggio
- Progettato per operare in climi aggressivi
- Testato contro gli impatti



#### MACCAFERRI

## **UNA DELLE NOSTRE STORIE DI SUCCESSO: VERBANIA**

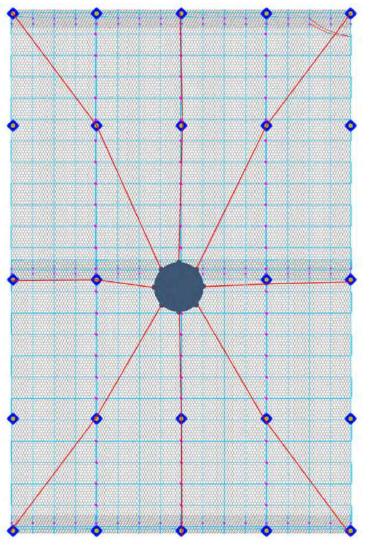




## **HELLOMAC SU RIVESTIMENTI CORTICALI**

#### MACCAFERRI





#### MACCAFERRI

#### **UNA DELLE NOSTRE STORIE DI SUCCESSO: PONZA**



#### MACCAFERRI

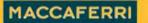
## **INSTALLAZIONE DIRETTA SU AMMASSI ROCCIOSI / CANALI**

Ono San Pietro (BS)









# GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Stefano Cardinali
Tel. +39 331 6235189
s.cardinali@it.maccaferri.com

