



autoperforanti
SIRIVE[®]

GEOSOLUZIONI ENGINEERING S.R.L.
PILATI ING. CORRADO CELSAN ING. ALBERTO

Ordine dei Geologi Trentino-Alto Adige

**LA BARRE AUTOPERFORANTI PER L'INGEGNERIA GEOTECNICA:
CAMPI DI APPLICAZIONE, DIMENSIONAMENTO E CONTROLLI IN CORSO D'OPERA**

LE BARRE AUTOPERFORANTI: PRODUZIONE, QUALIFICAZIONE E CARATTERISTICHE TECNICHE

ING. CORRADO PILATI

Geosoluzioni Engineering S.r.l.

ING. ALBERTO BISSON

Sirive S.r.l.

Ordine dei Geologi Trentino-Alto Adige, 18/01/2019

**LA BARRE AUTOPERFORANTI PER L'INGEGNERIA GEOTECNICA:
CAMPI DI APPLICAZIONE, DIMENSIONAMENTO E CONTROLLI IN CORSO D'OPERA**



ANCORAGGI AUTOPERFORANTI

Dall'ancoraggio tradizionale alle barre autoperforanti:

- ▣ Elementi del sistema
- ▣ Produzione
- ▣ Qualificazione
- ▣ Caratteristiche tecniche

ANCORAGGI GEOTECNICI

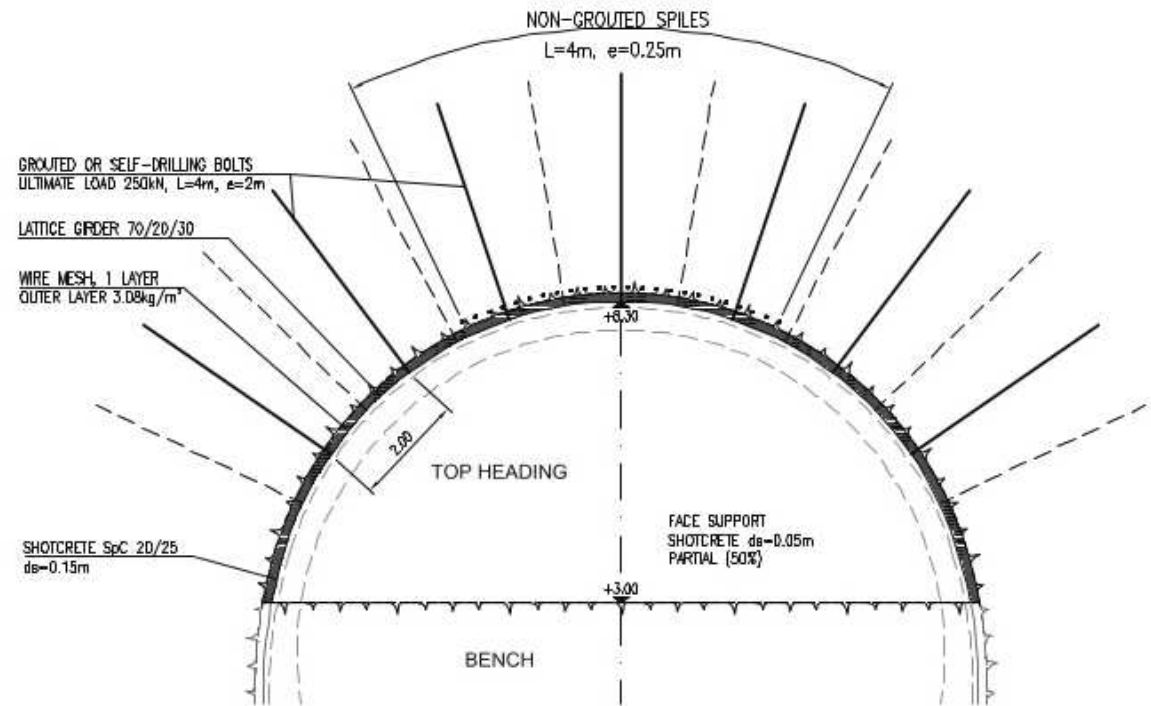
DEFINIZIONI

- Gli ancoraggi geotecnici si suddividono in tre categorie (Raccomandazioni AGI-AICAP, 2012):
 - ▣ **ANCORAGGI o TIRANTI:** elementi strutturali operanti a trazione, costituiti da elementi in acciaio o altri materiali idonei, di lunghezza anche considerevole, che opportunamente collegati al terreno sono in grado di trasmettere forze di coazione ai terreni ed alle rocce.
 - ▣ **BULLONI DI ANCORAGGIO:** elementi strutturali caratterizzati da un elemento resistente a trazione costituito da barre di acciaio avente normalmente lunghezza limitata (non superiore a 12 m) e impiegati prevalentemente in roccia.
 - ▣ **CHIODI DI ANCORAGGIO:** elementi strutturali costituiti da barre di acciaio integralmente connesse al terreno ed operanti in un dominio di trazione e taglio; possono essere privi di dispositivi di bloccaggio esterni al foro.

ANCORAGGI GEOTECNICI

CENNI STORICI

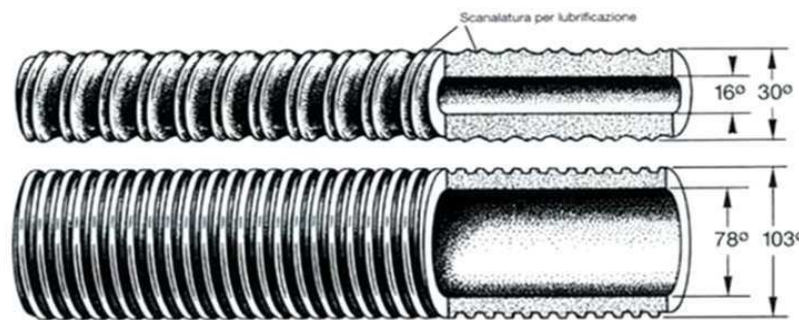
- Lo sviluppo di sistemi di chiodatura del terreno risale al 1960 con il “**New Austrian Tunnelling Method**”, nel quale barre in acciaio venivano completamente cementate in roccia per il sostegno delle calotte di gallerie
- Tra le varie tecniche di installazione degli ancoraggi passivi in barra, una delle più **vantaggiose** è la tecnica **autoperforante**, nota come “**self-drilling**”, nata circa 30 anni fa in Germania



BARRE AUTOPERFORANTI

SISTEMA

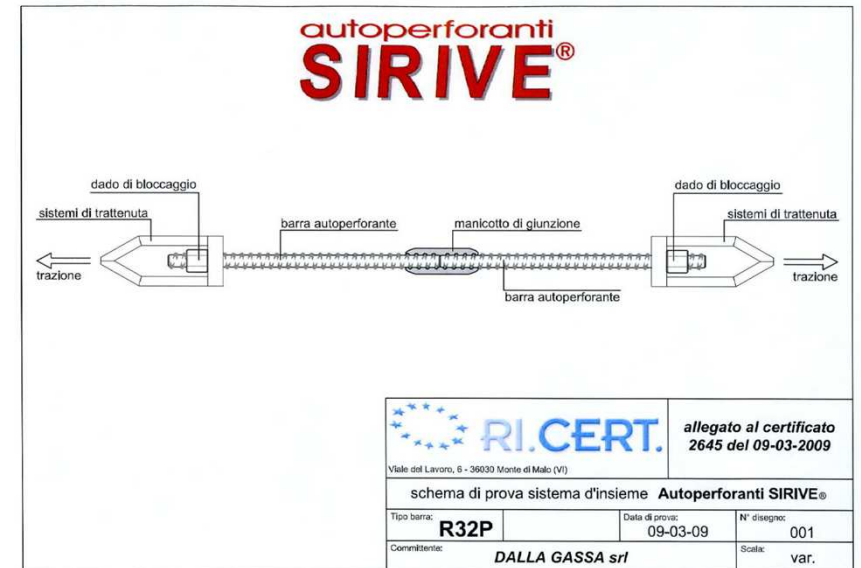
- Una barra autoperforante è una barra cava filettata su tutta la sua lunghezza ricavata per rullatura a freddo da un tubo liscio ed impiegata per realizzare **ANCORAGGI PASSIVI**
- Per la sua messa in opera viene utilizzata una **perforatrice a rotopercussione esterna** dove la barra autoperforante risulta anche asta di perforazione munita in testa di una punta a perdere
- Come fluido di spurgo viene utilizzata una “**boiaccia di cemento**” eseguita con iniezioni a pressioni controllate



BARRE AUTOPERFORANTI

CERTIFICATO DI SISTEMA

- Gli elementi costituenti un ancoraggio autoperforante sono:
 - ▣ **Dado** (*nut*)
 - ▣ **Piastra** (*plate*)
 - ▣ **Barra** (*bar*)
 - ▣ **Manicotto di giunzione** (*coupler*)
 - ▣ **Punta di perforazione a perdere** (*drill bit*)



- Sirive® fornisce un **certificato di sistema** dove la **barra autoperforante** viene testata assieme al **dado** ed al **manicotto di giunzione** ottenendo la rottura della barra.
- In questo modo i progettisti possono **dimensionare** l'ancoraggio autoperforante considerando la sola **resistenza della barra**.

BARRE AUTOPERFORANTI

QUALITÀ

- Questa tecnologia si è diffusa come **alternativa alle tradizionali tecniche** di installazione di ancoraggi in barra che prevedono la realizzazione del **pre-foro**.
- Le **tradizionali** barre autoperforanti presenti in commercio hanno un comportamento di tipo «**fragile**» (ridotto campo plastico) dovuto al loro particolare **processo di lavorazione**.
- **IMPORTANTE** per i professionisti avere **a disposizione un prodotto di qualità,** **con adeguate schede tecniche e rapporti di prova** che ne certifichino le **prestazioni**.



BARRE AUTOPERFORANTI

PRODUZIONE



- **Durante la produzione l'acciaio d'origine viene modificato!**
- I produttori di barre autoperforanti sono quindi «**produttori di acciaio**»
- **Obbligo tracciabilità materiale e laboratorio prove interno**

BARRE AUTOPERFORANTI

QUALIFICAZIONE IN ACCORDO CON IL DM 17/01/2018 (ex DM 14/01/2008)

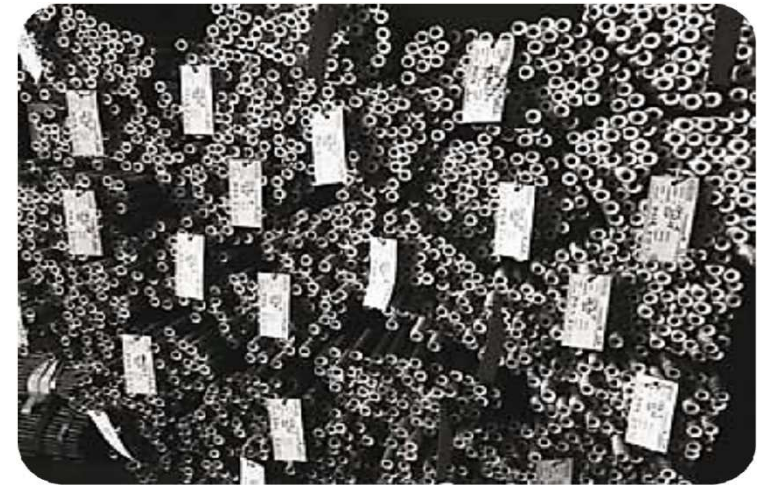
- L'entrata in vigore delle NTC 2008 e poi delle NTC 2018 ha evidenziato una serie di problemi circa l'idoneità all'impiego dei tiranti geotecnici **passivi** formati da **barre cave a filettatura continua autoperforanti**:
 - DIRETTORI LAVORI: si trovano in presenza di forniture di prodotti privi di **marcatatura CE** o **attestato di qualificazione** ai sensi del D.M.;
 - PROGETTISTI: non hanno riferimenti chiari circa la **classe di resistenza** da assumere per il dimensionamento di questi elementi strutturali;
 - FABBRICANTI: qualora lo vogliano o gli sia richiesto, non hanno riferimenti per la **qualificazione del prodotto** (mancano Linee Guida o norme armonizzate).
- Lo stesso D.M. 17/01/2018 **prescrive** che **tutti i materiali e prodotti impiegati a fini strutturali debbano essere provvisti di specifica attestazione che ne comprovi l'idoneità all'impiego.**

BARRE AUTOPERFORANTI

QUALIFICAZIONE IN ACCORDO CON IL DM 17/01/2018 (ex DM 14/01/2008)

- Per far fronte a quest'indeterminatezza normativa, nel **2014** il Servizio Tecnico Centrale (STC) del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (CSLP) ha definito che anche questi elementi strutturali devono rispondere ai requisiti indicati nel **cap. 11 delle Norme Tecniche** e devono essere (cfr. NTC 2018 par. 11.1):

- **Identificati** univocamente a cura del fabbricante;
- **Qualificati** sotto la responsabilità del fabbricante;
- **Accettati** dal direttore lavori.



BARRE AUTOPERFORANTI

QUALIFICAZIONE IN ACCORDO CON IL DM 17/01/2018 (ex DM 14/01/2008)

- Per quanto riguarda la **qualificazione** e la relativa **identificazione** degli acciai, si possono distinguere i seguenti tipi di prodotti (cfr. NTC 2018 par. 11.1):
 - A. Materiali e prodotti ad uso strutturale per i quali sia disponibile una **norma armonizzata (EN) con «Dichiarazione di prestazione» e Marcatura CE**.
 - B. Materiali e prodotti ad uso strutturale per i quali **non** sia disponibile una norma armonizzata, ma per i quali è prevista la **qualificazione nelle NTC** (es. calcestruzzo, acciaio B450C).
 - C. Materiali e prodotti ad uso strutturale non ricadenti in A o B (es. **materiali innovativi**) che **non sono citati nelle NTC**. In questo caso il produttore dovrà pervenire alla Marcatura CE sulla base di «Valutazione Tecnica Europea» (ETA) o, in alternativa, dovrà ottenere un «**Certificato di Valutazione Tecnica**» **rilasciato dal Presidente del C.S.LL.PP., previa istruttoria del Servizio Tecnico Centrale**, anche sulla base di Linee Guida approvate dal C.S.LL.PP., ove disponibili.

BARRE AUTOPERFORANTI

QUALIFICAZIONE IN ACCORDO CON IL DM 17/01/2018 (ex DM 14/01/2008)

□ **Regolamento UE 305/2011**

- Fissa condizioni armonizzate per la **commercializzazione** dei prodotti da costruzione
- Attesta che le informazioni che accompagnano il prodotto sono state ottenute in accordo col Regolamento e devono quindi essere considerate **accurate ed affidabili**
- **Resistenza meccanica e stabilità (Allegato I CPR 305/2011)**: Le opere di costruzione devono essere concepite e realizzate in modo che i carichi cui possono essere sottoposti durante la realizzazione e l'uso non provochino:
 - a) il crollo, totale o parziale, della costruzione;
 - b) gravi ed inammissibili deformazioni;
 - c) danni ad altre parti delle opere di costruzione, o a impianti principali o accessori, in seguito a una grave deformazione degli elementi portanti;
 - d) danni accidentali sproporzionati alla causa che li ha provocati.
- **Attenzione, la marcatura CE:**
 - a) Non è sinonimo di **qualità**;
 - b) Non rappresenta una condizione di **sufficienza**;
 - c) **Non rappresenta idoneità all'uso.**



BARRE AUTOPERFORANTI

QUALIFICAZIONE IN ACCORDO CON IL DM 17/01/2018 (ex DM 14/01/2008)

□ **Specifiche tecniche armonizzate (CPR, Art. 17)**

▣ **Norme armonizzate = Certificazione obbligatoria**

- Database Nando: <http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/nando/>
- Una norma prodotta dal CEN (Comité Européen de Normalisation) diventa armonizzata se e quando viene pubblicata nell'OJEU (Official Journal of the European Union), la “gazzetta ufficiale” europea.

CERTIFICAZIONE OBBLIGATORIA	
Specifica tecnica	Norme armonizzate
Chi la richiede?	Commissione Europea
Chi la redige?	CEN – CENELEC
Come è fatta?	Descrizione prodotto, uso previsto, caratteristiche essenziali, allegato ZA
Dove trovo l'elenco delle norme armonizzate?	OJEU, NANDO
Qual è il risultato?	Rapporti di prova

BARRE AUTOPERFORANTI

QUALIFICAZIONE IN ACCORDO CON IL DM 17/01/2018 (ex DM 14/01/2008)

- «Quando un prodotto da costruzione rientra nell'ambito di applicazione di una **norma armonizzata**, ovvero sia **conforme a una valutazione tecnica europea** rilasciata per il prodotto in questione, il fabbricante redige una **dichiarazione di prestazione** ed appone la **marcatatura CE**» (CPR, Art. 4 par. 2)
- **In caso contrario?** Es. Materiali innovativi

Valutazione Tecnica Europea = Certificazione volontaria

CERTIFICAZIONE OBBLIGATORIA	
Specifica tecnica	EAD
Chi la richiede?	Fabbricante
Chi la redige?	TAB
Come è fatta?	Descrizione prodotto, uso previsto, caratteristiche essenziali
Dove trovo l'elenco delle norme armonizzate?	OJEU, NANDO
Qual è il risultato?	ETA

BARRE AUTOPERFORANTI

QUALIFICAZIONE IN ACCORDO CON IL DM 17/01/2018 (ex DM 14/01/2008)

- **D. Lgs 106/2017:** Disciplina l'adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) n. 305/2011, che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione.
- Pubblicato il 10 Luglio 2017, è in vigore dal 9 Agosto 2017
- **Sanzioni per direttori dei lavori**
 - Il costruttore, il direttore dei lavori, il direttore dell'esecuzione o il collaudatore che, nell'ambito delle specifiche competenze, **utilizzi prodotti non conformi** a quanto prescritto dal Regolamento Europeo CPR 305/2011 è punito con la sanzione amministrativa pecuniaria da 4.000 euro a 24.000 euro.
 - Quando si tratta di prodotti e materiali destinati a **uso strutturale** o a uso antincendio, il medesimo fatto è punito con l'arresto sino a sei mesi e con l'ammenda da 10.000 euro a 50.000 euro.
- **Sanzioni per i progettisti**
 - Il progettista dell'opera che **prescrive prodotti non conformi** a quanto prescritto dal Regolamento Europeo CPR 305/2011 è punito con la sanzione amministrativa pecuniaria da 2.000 euro a 12.000 euro.
 - Quando si tratta di prodotti e materiali destinati a **uso strutturale** o a uso antincendio, il medesimo fatto è punito con l'arresto sino a tre mesi e con l'ammenda da 5.000 euro a 25.000 euro.

BARRE AUTOPERFORANTI

QUALIFICAZIONE IN ACCORDO CON IL DM 17/01/2018 (ex DM 14/01/2008)

- **D.M. 17/01/2018 «Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni»**
 - «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» (par. 11.1).
 - **Le NTC si applicano nei soli cantieri pubblici o anche privati?**
Entrambi! Ovunque i prodotti vengano impiegati per «uso strutturale»...
 - **CPR 305/2011** = Regola la **commercializzazione** di un prodotto da costruzione (cfr. marcatura CE, ETA)
 - **NTC 2018** = Regolano l'**impiego nelle opere di un prodotto da costruzione**

BARRE AUTOPERFORANTI

QUALIFICAZIONE IN ACCORDO CON IL DM 17/01/2018 (ex DM 14/01/2008)

- Le autoperforanti Sirive sono le prime (e ad oggi uniche) in Italia ad aver conseguito la Qualificazione Ministeriale in qualità di **barre cave autoperforanti in acciaio S460J0 per tiranti d'ancoraggio ad uso geotecnico di tipo passivo**, in accordo al DM 14/01/2008 (ora DM 17/01/2018).
- **IMPORTANTE** certificazione perché:
 - Rispetta tutti i **requisiti strutturali** richiesti agli acciai da costruzione secondo **NTC 2008** (confermati dalle NTC 2018);
 - Rispetta i requisiti di **duttilità** (evita rotture fragili delle barre), importanti in zona sismica.
 - **NOTA:** «I fabbricanti possono usare come **Certificati di Valutazione Tecnica** i **Certificati di Idoneità tecnica all'impiego**, già rilasciati dal **STC** prima dell'entrata in vigore delle **NTC 2018**, fino al termine della loro validità» (cfr. NTC 2018, §11.1).

ATTESTATO DI QUALIFICAZIONE
002/15-AM

In conformità al D.M. 14.01.2008 "Norme tecniche per le costruzioni", si attesta che il prodotto da costruzione:

ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE

Barre cave autoperforanti S460J0 a filettatura continua di diametro nominale da 28 a 90 mm per tiranti di ancoraggio ad uso geotecnico di tipo passivo.

Etichetta di identificazione

D.M. 14.01.2008		SIRIVE Autoperforanti R	
LOTTO	n°	sez. nom. mm²	
coiella	n°	peso kg	
acciaio tipo		taglio m	
barre	n°		
data prod.			

prodotto da:
DALLA GASSA s.r.l.
Via Fogazzaro, 71 - 36073 - CORNEDO VICENTINO (VI)

nello stabilimento di:
via Fogazzaro, 71 - 36073 CORNEDO VICENTINO (VI)

è stato sottoposto da parte del Produttore alle prove di qualificazione del prodotto effettuate a cura del Laboratorio Ufficiale Politecnico di Torino - Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica e il Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ha effettuato l'ispezione iniziale dello stabilimento e del controllo di produzione in fabbrica.

Il presente certificato attesta che tutte le disposizioni riguardanti la procedura di qualificazione definita nella norma

D.M. 14.01.2008: "Norme tecniche per le costruzioni"

sono state applicate.

Il presente attestato, che estende e sostituisce il 2/14-AM, del 18.07.2014, ha validità sino a che le condizioni di produzione o il controllo di produzione in fabbrica non subiscano modifiche significative e comunque non oltre il 17.07.2019

Roma, 09.09.2015

IL DIRIGENTE DELLA DIV. I DEL SERVIZIO TECNICO CENTRALE
Dot. Ing. Emanuele Renzi


E. Renzi

ORGANISMO DI CERTIFICAZIONE TECNICA NAZIONALE AI SENSI DEL D.M. 14.01.2008

VIA NUMERATA 2 - 00161 ROMA
TEL. 06.44
www.erg.it

BARRE AUTOPERFORANTI

QUALIFICAZIONE IN ACCORDO CON IL DM 17/01/2018 (ex DM 14/01/2008)

		Cornedo Vicentino VI - 36073 - via A. Fogazzaro 71 tel. (+39)0445953513 - fax. (+39)0445459406 e.mail: barre@sirive.it - www.sirive.it										
QUALIFIED IN ACCORDANCE WITH THE ITALIAN MINISTERIAL DECREE 14/01/2008		SELF-DRILLING HOLLOW BARS S460J0 WITH CONTINUOUS THREAD FOR PASSIVE ANCHORS IN GEOTECHNICAL APPLICATION.										
QUALIFICATO in accordo al D.M. 14/01/2008		Barre cave autop perforanti S460J0 a filettatura continua per tiranti di ancoraggio ad uso geotecnico, di tipo passivo.										
Designation	Symbol	Unit	Type of product - Tipo di prodotto									
			R28	R32LL	R32P	R38L	R38	R51	S60	S76	S90	
Nominal diameter - Diametro nominale	d	(mm)	28	32	32	38	38	51	60	76	90	
Average internal diameter - Diametro interno medio	d _{int}	(mm)	16	20	15	25	19	30	40	56	70	
Nominal cross-sectional area - Area nominale della sezione trasversale	A _n	(mm ²)	360	430	550	595	800	1170	1570	2070	2470	
Nominal mass (1) - Massa nominale	W	(kg/m)	2,83	3,38	4,32	4,67	6,28	9,18	12,32	16,25	19,39	
Nominal proof strength (2) - Valore nominale della tensione di scostamento dalla proporzionalità dello 0,2% (snervamento)	f _{0,2nom}	(MPa)	460									
Nominal maximum tensile strength (2) - Valore nominale della tensione al carico massimo (rottura)	f _{tnom}	(MPa)	560									
Nominal proof force (2) - Valore nominale della forza di scostamento dalla proporzionalità dello 0,2% (snervamento)	F _{0,2nom}	(kN)	166	198	253	274	368	538	722	952	1136	
Nominal maximum force (2) - Valore nominale della forza massima (rottura)	F _{tnom}	(kN)	202	241	308	333	448	655	879	1159	1383	
Average proof force - Valore medio della forza di scostamento dalla proporzionalità dello 0,2% (snervamento medio riscontrato)	F _{0,2m}	(kN)	190	220	290	310	420	610	820	1080	1280	
Average maximum force - Valore medio della forza massima (rottura media riscontrata)	F _{tm}	(kN)	220	260	340	360	490	710	960	1260	1510	
Elongation after fracture (3) - Allungamento dopo rottura	A _s	(%)	≥ 10									
Total elongation at maximum force - Allungamento totale alla forza massima	A _{gt}	(%)	≥ 5									
Impact strength at 0°C (Charpy V-notch test piece) - Resilienza a 0°C (Provetta Charpy con intaglio a V)	-	(J/cm ²)	≥ 27									
Relative rib area (4) - Fattore relativo di nervatura	f _R	-	> 0,115									

- ▣ **Unica classe di acciaio per tutti i diametri**
- ▣ **ATTENZIONE: S460 in uscita**
 (dopo la rullatura), non in entrata!
 Il materiale cambia!
- ▣ **Caratteristiche meccaniche, duttilità e resilienza**

BARRE AUTOPERFORANTI

QUALIFICAZIONE IN ACCORDO CON IL DM 17/01/2018 (ex DM 14/01/2008)

□ **Esercizio: troviamo gli errori!**

Buongiorno, si richiede preventivo per acquisto di:

«Chiodi di ancoraggio autoperforanti di tipo permanente formati da barra cava qualificata, in accordo al D.M. 17/01/2018, in tubo di acciaio S460NH a filettatura continua, del diametro esterno 40 mm, interno 20 mm, carico di rottura 540 kN, carico di snervamento 425 kN, resistenza caratteristica 372 kN, compreso anche piastre, dadi di serraggio manicotti di giunzione, punte di perforazione»

BARRE AUTOPERFORANTI

QUALIFICAZIONE IN ACCORDO CON IL DM 17/01/2018 (ex DM 14/01/2008)

□ **Esercizio: troviamo gli errori!**

Buongiorno, si richiede preventivo per acquisto di:

«Chiodi di ancoraggio autoperforanti **di tipo permanente** formati da barra cava **qualificata**, in accordo al D.M. 17/01/2018, in tubo di acciaio S460NH a filettatura continua, del diametro esterno 40 mm, interno 20 mm, **carico di rottura 540 kN**, **carico di snervamento 425 kN**, **resistenza caratteristica 372 kN**, compreso anche piastre, dadi di serraggio manicotti di giunzione, punte di perforazione»

$f_{0,2nom} = 460 \text{ MPa}$ quindi **Res. caratt. = 460 MPa x 730 mm² = 336 kN ≠ 372 kN**

$f_{0,2}/f_{0,2nom} \leq 1,20$ quindi **425 kN / 730 mm² = 582 MPa > 1,2 x 460 MPa = 552 MPa**

$f_{tnom}/f_{0,2nom} > 1,20$ quindi **$f_{tnom} > 1,2 \times 460 \text{ MPa} = 552 \text{ MPa} \dots$ Non dichiarata ...**

NON PUO' ESSERE UNA BARRA QUALIFICATA!

BARRE AUTOPERFORANTI

ACCESSORI

□ PUNTE DI PERFORAZIONE (DRILLING BIT) A PERDERE

autoperforanti SIRIVE ®		Cornedo Vicentino VI - 36073 - via A. Fogazzaro 71 tel. (+39)0445953513 - fax. (+39)0445459406 e.mail: barre@sirive.it - www.sirive.it							
SELF-DRILLING BARS WITH CONTINUOUS THREAD FOR GEOTECHNICAL APPLICATION - ACCESSORIES									
Barre autoperforanti a filettatura continua per applicazioni geotecniche - ACCESSORI									
Designation	Unit	Product type - Tipo di prodotto							
		R28	R32LL	R32P	R38	R51	S60	S76	S90
Drilling Bits Punte di Perforazione	(∅ mm)	41 / 51	51 / 76	51 / 76	76 / 90	90 / 115	90 / 130	100 / 190	130 / 220
EX/Steel Cross bit Acciaio temperato, a croce		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
EXX/TC Cross bit Widia, a croce		OK	OK	OK	OK	OK	OK	—	—
ESS/TC Button bit Widia, a bottoni		—	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK 130
EY/Steel Asymmetrical bit Acciaio temperato, trilama		—	OK	OK	OK	OK	—	—	—
Steel Clay bit Acciaio temperato, da argilla		—	OK	OK	OK	OK	—	—	OK
Special bit punte speciali		—	OK	OK	OK	OK	OK	OK	—
Coupling (steel: UNI EN 10210) Manicotto di Giunzione	∅ x L (mm)	37 x 120	41 x 140	43 x 160	54 x 190	70 x 200	70 x 200	100 x 200 100 x 220	114 x 230
Nut (steel: UNI EN 10277) Dado di Bloccaggio	(mm)	41 x 45	46 x 50	46 x 50	55 x 70	70 x 70	70 x 80	100 x 100	110 x 100
Metal Plate (steel: UNI EN 10025) Piastrine di Ripartizione	(mm)	150x150x8 150x150x10	200x200x8 200x200x10	200x200x8 200x200x12	200x200x10 200x200x12	200x200x12 200x200x15	200x200x20 250x250x20	250x250x20 300x300x30	custom made a richiesta

- Esistono diverse tipologie e diametri di punte a perdere a seconda del **tipo di terreno** da perforare
- Le punte hanno diametri diversi in **funzione del diametro della barra autoperforante**

BARRE AUTOPERFORANTI

ACCESSORI

□ PUNTE DI PERFORAZIONE (DRILLING BIT) A PERDERE



- Esistono diverse tipologie e diametri di punte a perdere a seconda del **tipo di terreno** da perforare
- Le punte hanno diametri diversi in **funzione del diametro della barra** autoperforante

BARRE AUTOPERFORANTI

ACCESSORI

□ MANICOTTI DI GIUNZIONE

- Il manicotto ha la funzione di collegare più barre l'una all'altra e deve avere una **resistenza a trazione maggiore o uguale a quella della barra** stessa.
- Il manicotto ha una funzione molto importante nel **sistema** dado-barra-manicotto, **ATTENZIONE SE** il produttore emette un certificato di prova relativo al **solo manicotto**.
- La qualità dell'acciaio e l'accuratezza delle tolleranze meccaniche fa sì di ottenere un prodotto di **qualità**; prodotti che arrivano da paesi extraeuropei lasciano molto a desiderare sia nella qualità dell'acciaio che delle lavorazioni meccaniche.
- Per far lavorare adeguatamente il manicotto ci deve essere un **fermo in centro al manicotto** stesso per avvitare in ugual misura entrambe le barre.



ENGINEERING S.R.L.
PILATI ING. CORRADO
DELBAN ING. ALBERTO

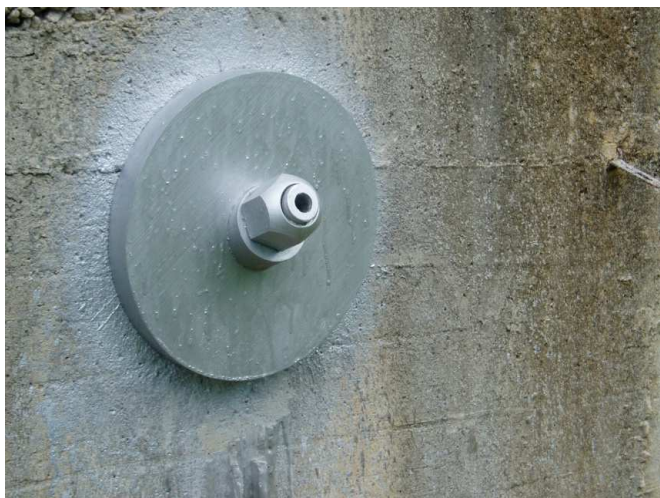
SIRIVE[®]
self-drilling anchor

BARRE AUTOPERFORANTI

ACCESSORI

□ **PIASTRE DI COLLEGAMENTO**

- ▣ La piastra è l'elemento terminale di collegamento con il paramento esterno
- ▣ Può avere diverse forme e dimensioni a seconda del suo impiego



Piastra per muri in calcestruzzo armato



Piastra per parete chiodata "verde"

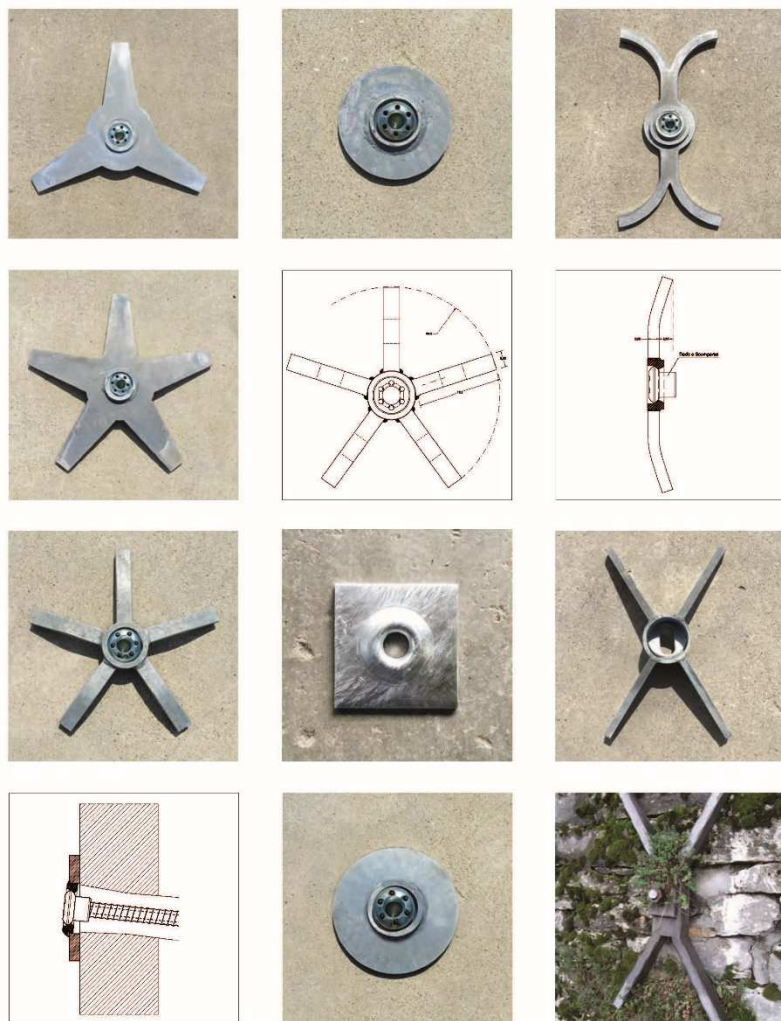


Piastra per parete chiodata con spritz beton

BARRE AUTOPERFORANTI

ACCESSORI

□ PIASTRE DI COLLEGAMENTO



Piastra per consolidamento muri in sasso



Vista d'insieme



BARRE AUTOPERFORANTI

ACCESSORI

- **DADI**
- Il dado è l'elemento terminale e anch'esso **deve resistere più della barra**, anche se gli effettivi carichi gravanti sia sulla barra che sul dado sono inferiori alla resistenza degli elementi in acciaio in quanto la resistenza strutturale risulta di solito superiore alla resistenza geotecnica
- Il dado può essere **esterno alla piastra o a scomparsa**, zincato e imbrunito come la piastra per opere permanenti



BARRE AUTOPERFORANTI

ACCESSORI



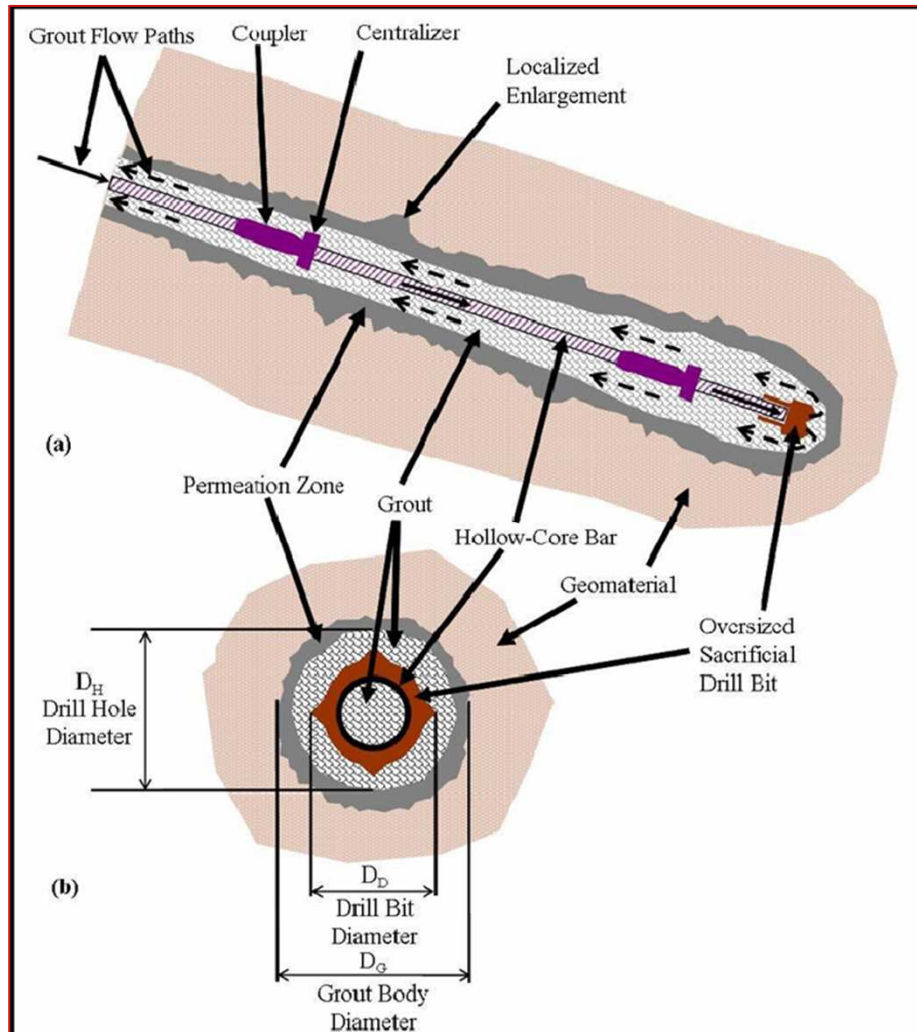
BARRE AUTOPERFORANTI

FASI ESECUTIVE

- Unità di perforazione a rotopercolazione esterna con idonea testa di adduzione
- Alla barra viene montata la punta a perdere più idonea al terreno da perforare ed all'ancoraggio da ottenere
- Fasi esecutive:
 1. **Perforazione:** rotopercolazione con contemporanea iniezione di **boiaccia** utilizzata in fase di avanzamento come fluido di spurgo (**rapporto $a/c = 1$** in fase di perforazione)
 2. **Cementazione:** raggiunta la profondità di progetto, la boiaccia viene addensata con **rapporto $a/c = 0,4$** per eseguire la cementazione dell'ancoraggio

BARRE AUTOPERFORANTI

FASI ESECUTIVE



- Prerogativa della tecnica autoperforante:
 - ▣ **Una sola fase al posto di 3** (esecuzione foro, inserimento barra, cementazione)
 - ▣ La barra autoperforante in acciaio è sia **armatura** sia **elemento perforante**
 - ▣ La barra autoperforante sostituisce i tubi di rivestimento provvisori e le aste di perforazione comunemente impiegate nelle tradizionali tecniche di installazione degli ancoraggi geotecnici

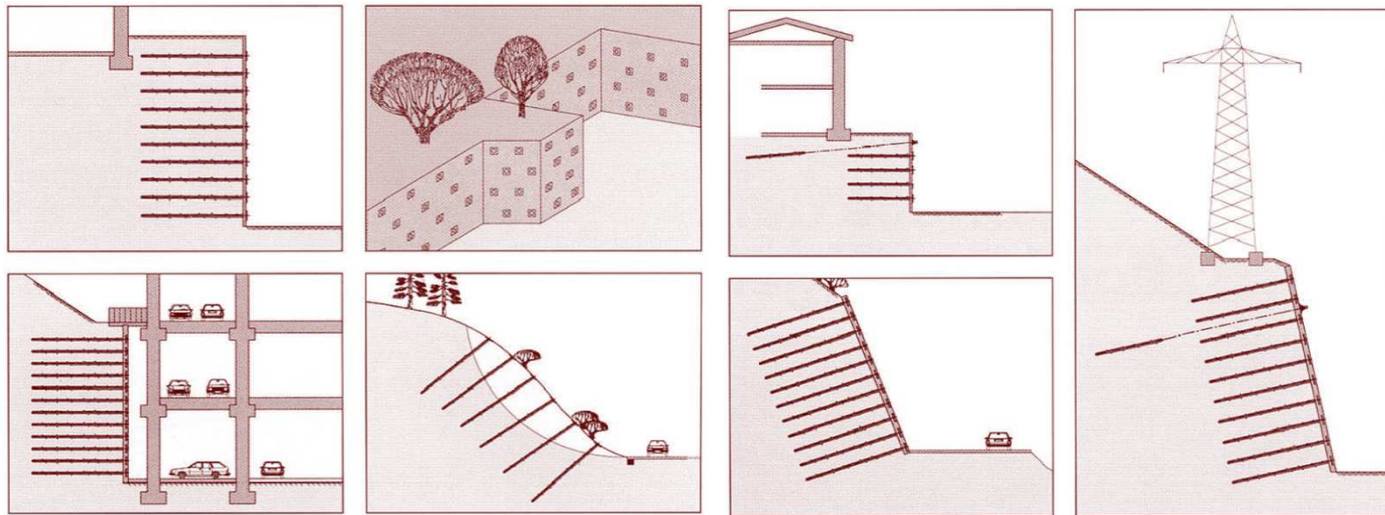
LE PARETI CHIODATE

- ▣ Realizzazione e funzionamento
- ▣ Cenni sul dimensionamento

CHIODATURE PASSIVE

IL SOIL NAILING

- Il principale impiego delle autoperforanti risulta nel sostegno di scavi in terreni sciolti mediante tecnica del **“Soil Nailing”**
- La tecnica di rinforzo del terreno a mezzo di chiodi (“nails”) denominata **“Soil Nailing”** consiste nell’introdurre rinforzi all’interno dell’ammasso del terreno con la funzione primaria di **assorbire sforzi che il terreno non armato non sarebbe in grado di sopportare** (trazione e taglio)



SOIL NAILING

VANTAGGI DEL METODO

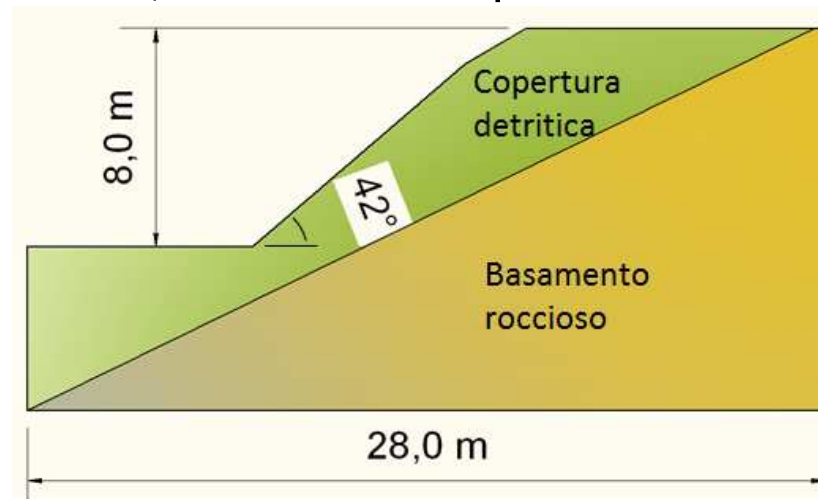
- Barre autoperforanti cementate lungo l'intero profilo (chiodature)
- Rinforzi ravvicinati e passivi (non pretesi)
- Il rivestimento fornisce continuità
- **Vantaggi degli autoperforanti:**
 - ▣ Esecuzione **semplice e veloce**
 - ▣ Incremento del diametro reso
 - ▣ Basso costo
 - ▣ Adattabilità a molti tipi di terreno o roccia con buon controllo della lunghezza
 - ▣ Buona protezione alla corrosione



SOIL NAILING

CONFRONTO TRA TECNICHE DI RINFORZO

- Stabilizzazione di un generico pendio di altezza limitata
- Dimensionamento dell'intervento in accordo con metodo agli stati limite (cfr. NTC 2018, ex NTC 2008)
- Analisi all'equilibrio limite (EL)
- Valutazione del **fattore di sicurezza globale** per meccanismo di instabilità globale di tipo rotazionale
- **Costo al metro lineare**, al netto delle spese di cantierizzazione



SOIL NAILING

CONFRONTO TRA TECNICHE DI RINFORZO

IPOSTESI DI PARTENZA:

Proprietà geotecniche del terreno:

	γ [kg/m ³]	γ_s [kg/m ³]	ϕ [°]	δ [°]	c' [kg/cm ²]
coltre superficiale	1800	1800	28.00	18.67	0,000
ghiaia compatta	1900	1900	38.00	25.33	0,100

Tipologia d'intervento e normativa di riferimento:

Intervento permanente, CLASSE II, vita nominale $V_N = 50$ anni
Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)

Localizzazione dell'intervento:

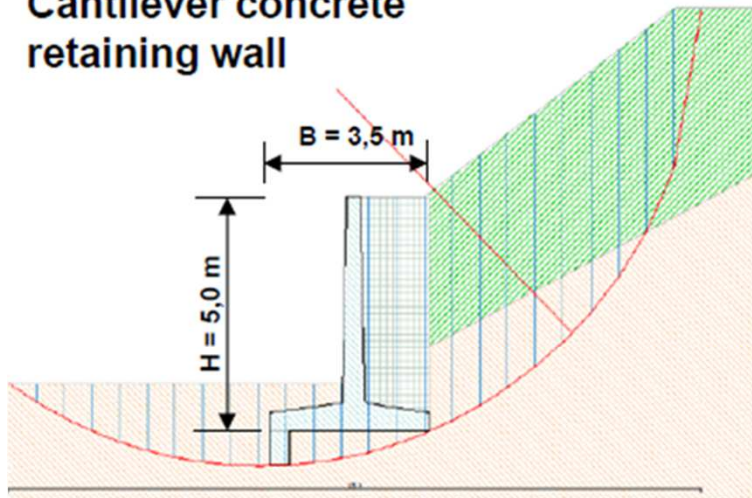
Cornedo Vicentino (VI); ZONA SISMICA 3; sottosuolo di categoria C e fattore topografico T2.

Si analizzano n°7 possibili sistemi di intervento per la stabilizzazione del fronte instabile riportando per ciascun intervento l'efficienza raggiunta in termini di fattore di sicurezza globale e relativa spesa indicativa di realizzazione.

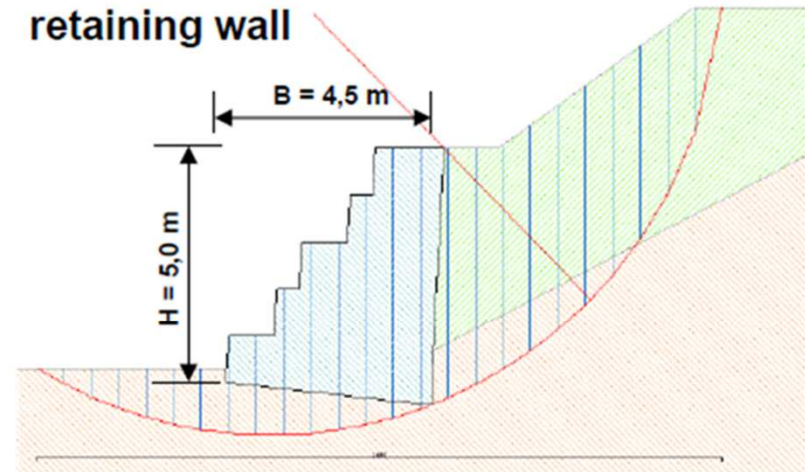
SOIL NAILING

CONFRONTO TRA TECNICHE DI RINFORZO

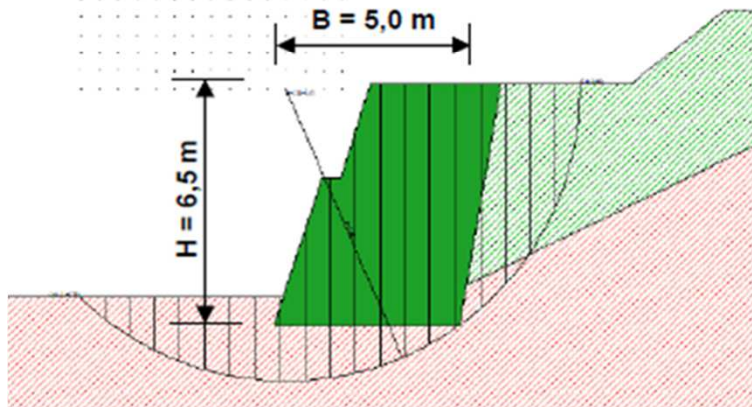
Cantilever concrete retaining wall



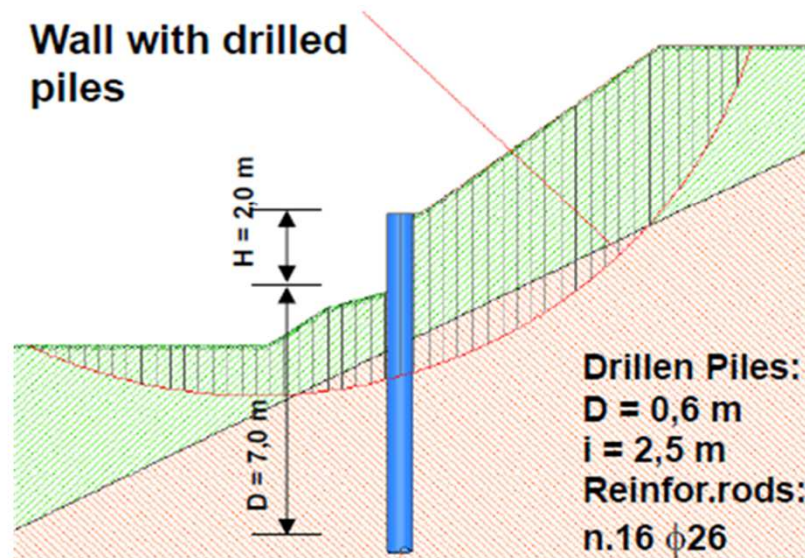
Gabbion retaining wall



Reinforced soil wall



Wall with drilled piles

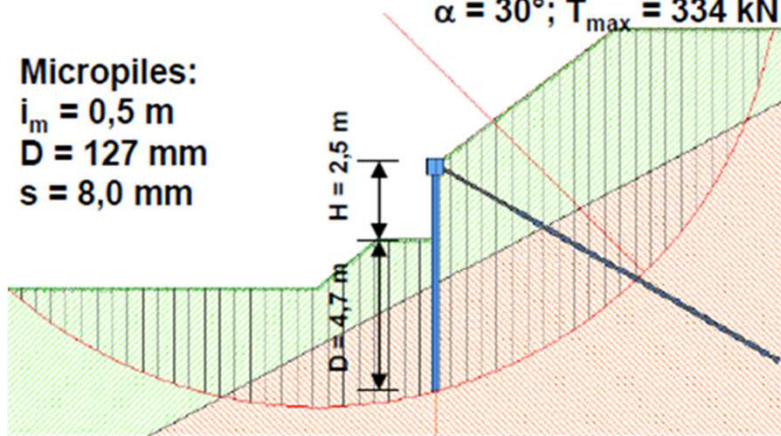


SOIL NAILING

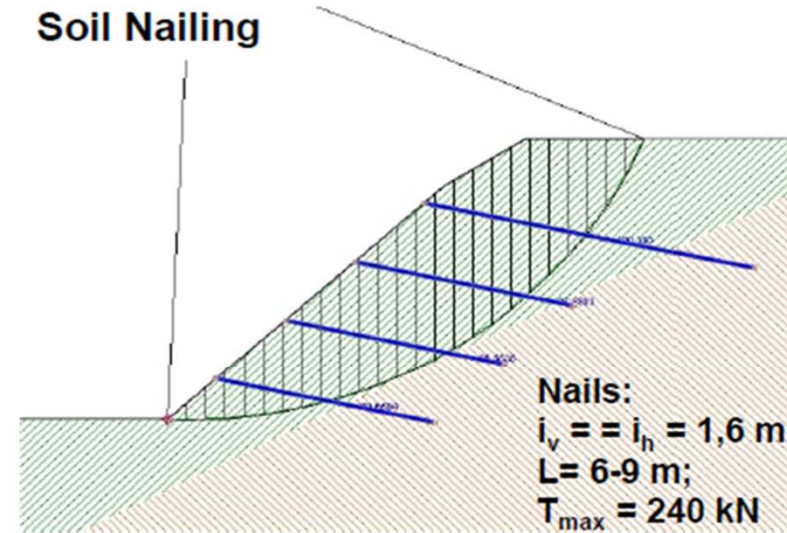
CONFRONTO TRA TECNICHE DI RINFORZO

Tie-back micropile wall

Micropiles:
 $i_m = 0,5 \text{ m}$
 $D = 127 \text{ mm}$
 $s = 8,0 \text{ mm}$

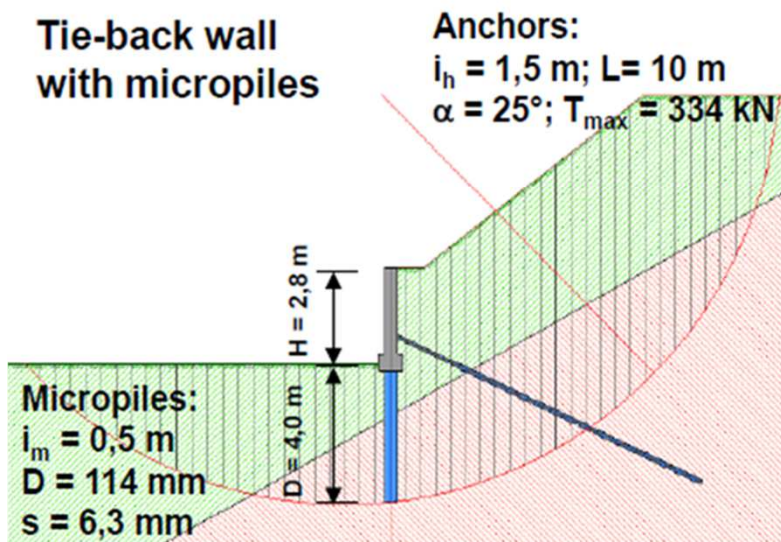


Soil Nailing



Tie-back wall with micropiles

Micropiles:
 $i_m = 0,5 \text{ m}$
 $D = 114 \text{ mm}$
 $s = 6,3 \text{ mm}$



SOIL NAILING

CONFRONTO TRA TECNICHE DI RINFORZO

INTERVENTO	CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO	FS	Prezzo (Euro/m)	Prezzo/ Δ FS (Euro)
Muro a mensola	H = 5.0 m; L = 3.5 m; Profondità dente = 0.7 m	1.29	1694	5841
Muro in gabbioni	H = 5.0 m; L = 4.0 m; Pendenza base = 6°	1.30	2614	8713
Muro in terra rinforzata	H = 5.0 m; L = 3.5 m	1.39	1360	3487
Pali singoli trivellati	H = 2.0 m; Profondità = 7.0 m; interasse 1.5 m; D=60 cm; armature 16 ϕ 26	1.58	1781	3071
Muro fondato su micropali	H = 2.8 m; Profondità = 4.0 m; 2 linee di micropali con interasse $i=0.8$ m; interasse longitudinale 1.50 m; $D_{ex}=114,3$ mm; $s=6,3$ mm; ancoraggio con barra R38 ad interasse 1.5 m; L = 10 m; $\alpha = 25^\circ$	1.60	1420	2367
Berlinese ancorata	H = 2.5 m; Profondità = 4.2 m; 2 linee di micropali con interasse $i=0.5$ m; interasse longitudinale 0.50 m; $D_{ex}=127$ mm; $s=8$ mm; ancoraggio con barra R38 ad interasse 2,5 m; L = 12 m; $\alpha = 30^\circ$	1.46	1584	3443
Soil Nailing con autoperforanti	Lunghezze delle barre = 6, 6, 6, 9 m; $i_x = i_z = 1.6$ m; $\alpha = 15^\circ$; rivestimento in rete elettrosaldata	1.39	883	2264

(Cola et al., 2012)

SOIL NAILING

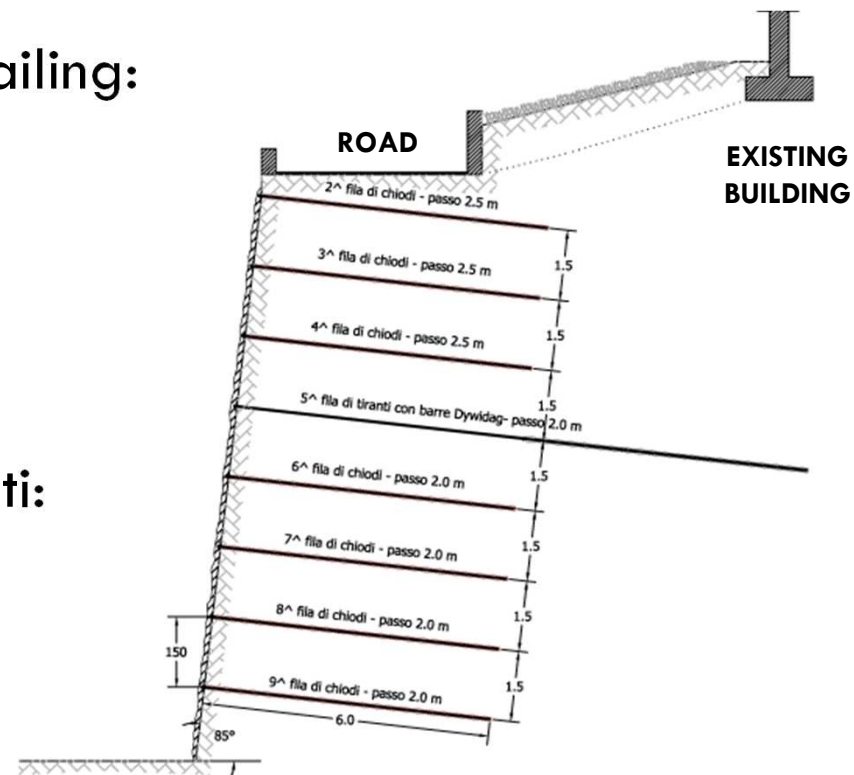
CAMPI DI APPLICAZIONE

□ Tipici campi di applicazione del Soil Nailing:

- ▣ Supporto di scavi
- ▣ Stabilizzazione dei pendii
- ▣ Recupero di opera esistenti
- ▣ Sistemi misti

□ Sia in opere temporanee sia permanenti:

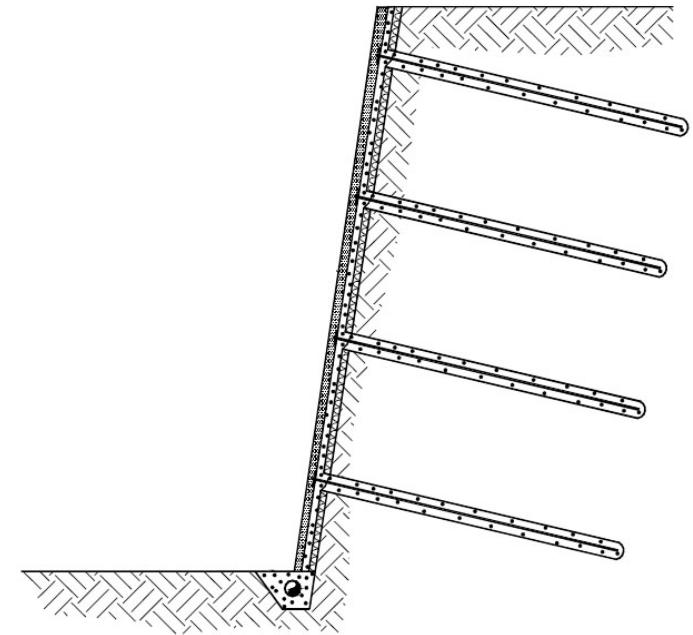
- ▣ **Temporanee:** vita utile < 2 anni
- ▣ **Permanenti:** vita utile > 2 anni



SOIL NAILING

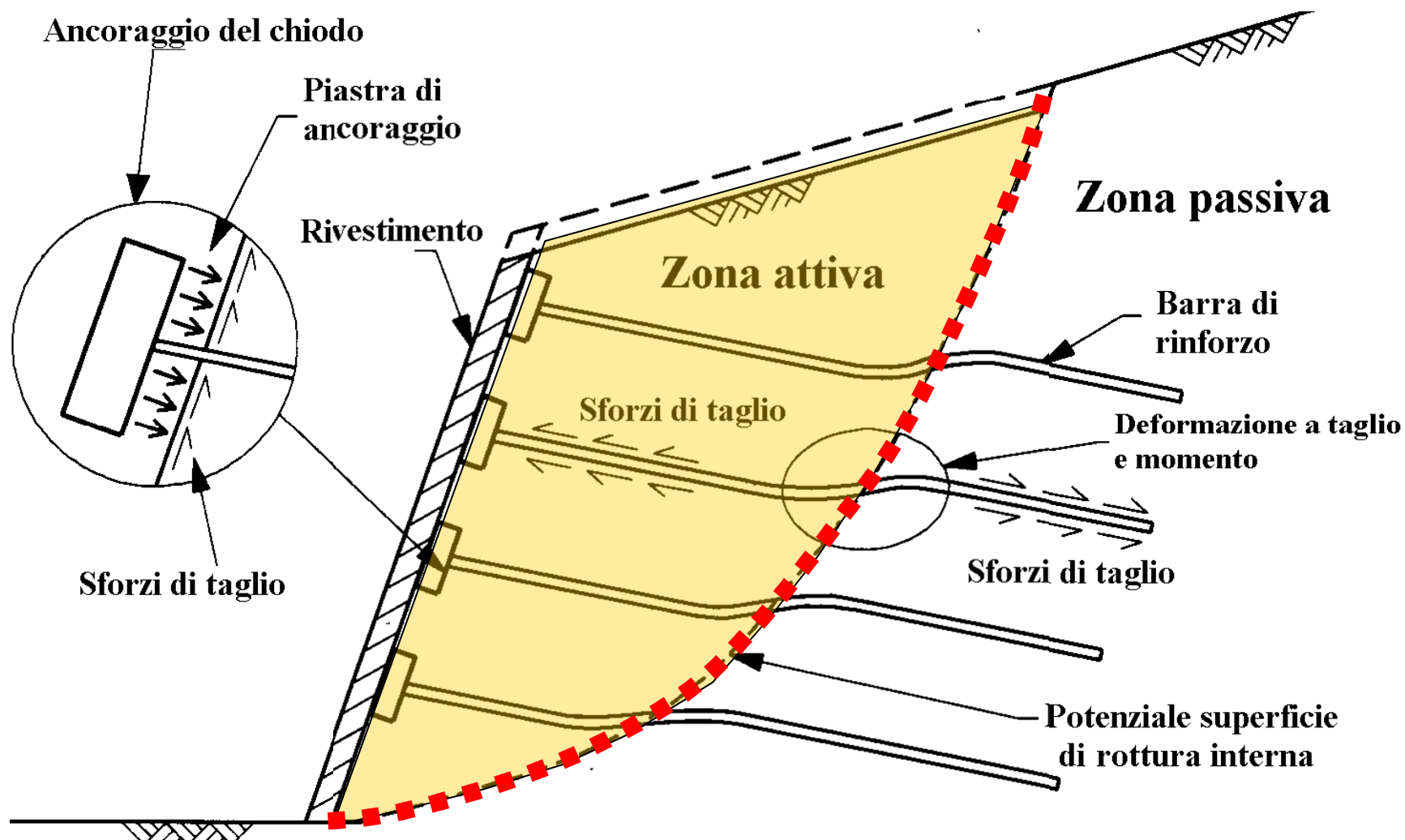
FUNZIONAMENTO DI UNA PARETE CHIODATA

- Il 'soil nailing' o 'chiodatura' è una tecnica di rinforzo dei terreni per la realizzazione di pareti di scavo sub-verticali, alternativa alle usuali **tecniche di sostegno** (muri, berlinesi e terre rinforzate)
- Obiettivo: **sopperire alla carenza di resistenza a trazione e taglio dei terreni sciolti** leggermente cementati mediante l'inserimento di elementi esterni che assorbono tale sollecitazione.
- **Chiodi = «Nails» = Cucitura**



SOIL NAILING

FUNZIONAMENTO DI UNA PARETE CHIODATA



SOIL NAILING

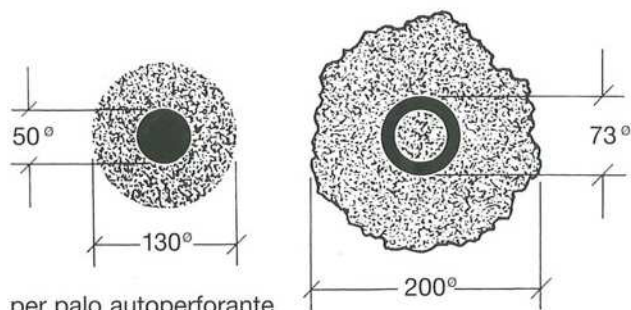
ELEMENTI COSTITUTIVI

Chiodo: barra inserita nel foro e sigillata con miscela cementizia.

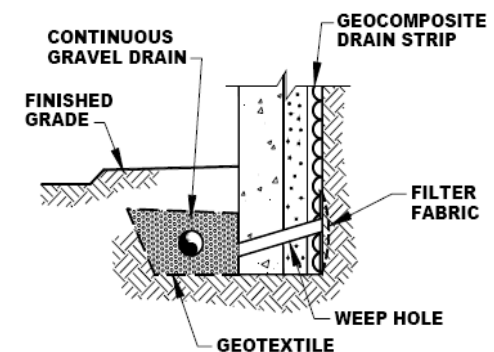
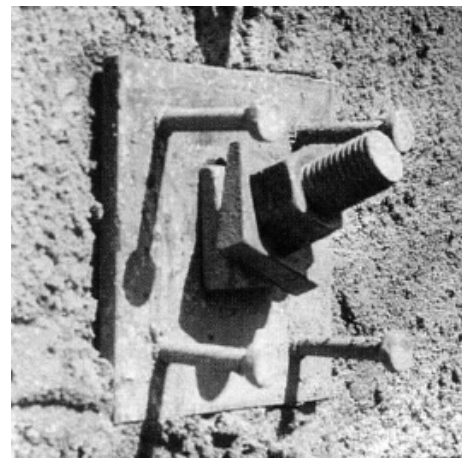
Rivestimento di facciata: paramento esterno dell'opera, costituito da rete elettrosaldata e da spritz beton ed eventuale rivestimento definitivo.

Collegamento barra-rivestimento: piastra di ripartizione e dado di serraggio per ancoraggio della barra alla facciata.

Sistema drenante: dispositivi atti ad allontanare l'acqua che può arrivare dietro la parete (dreni, canalette, geo-compositi).



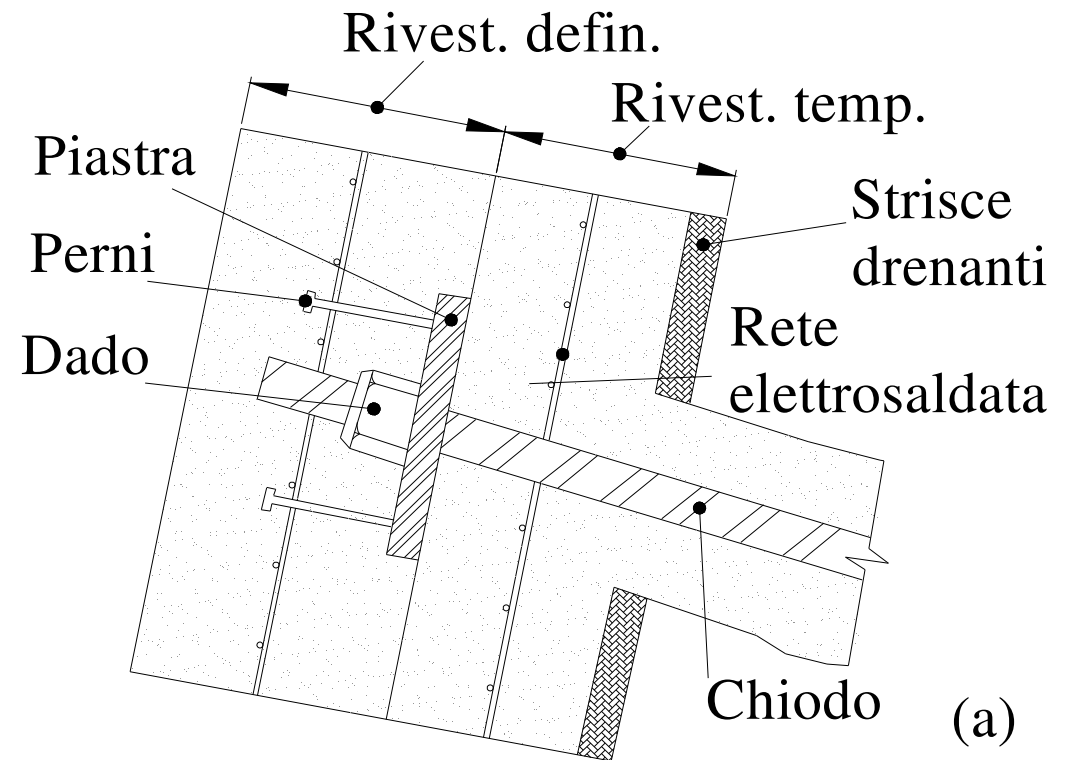
per palo autoperforante
un tubo è staticamente più vantaggioso
di una barra piena



SOIL NAILING

TIPI DI RIVESTIMENTO (UNI-EN 14490:2010)

- Rivestimento **rigido** («hard facing»):
 - Temporaneo
 - Definitivo



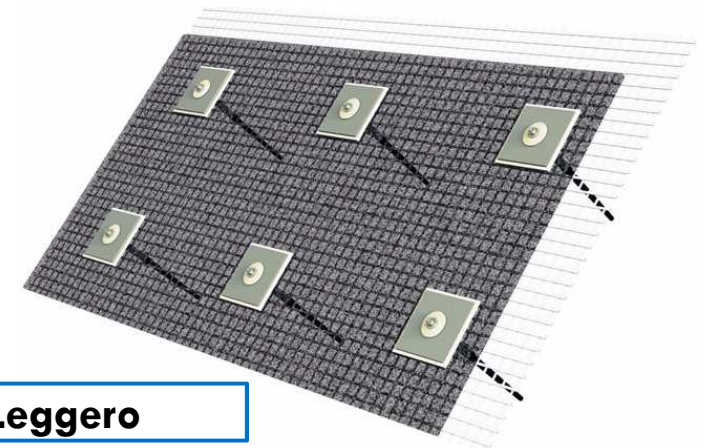
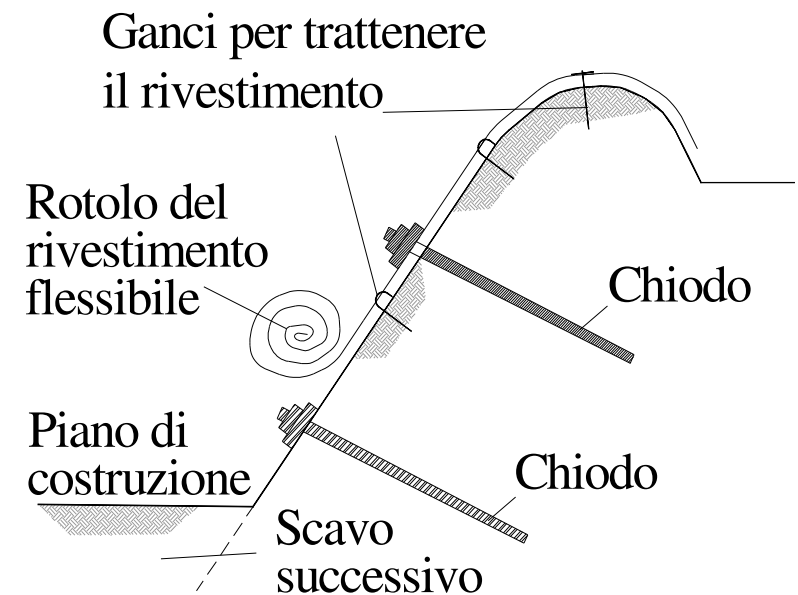
SOIL NAILING

TIPI DI RIVESTIMENTO (UNI-EN 14490:2010)

- Rivestimento **flessibile** («flexible facing»)
- Rivestimento **leggero** («soft facing»)



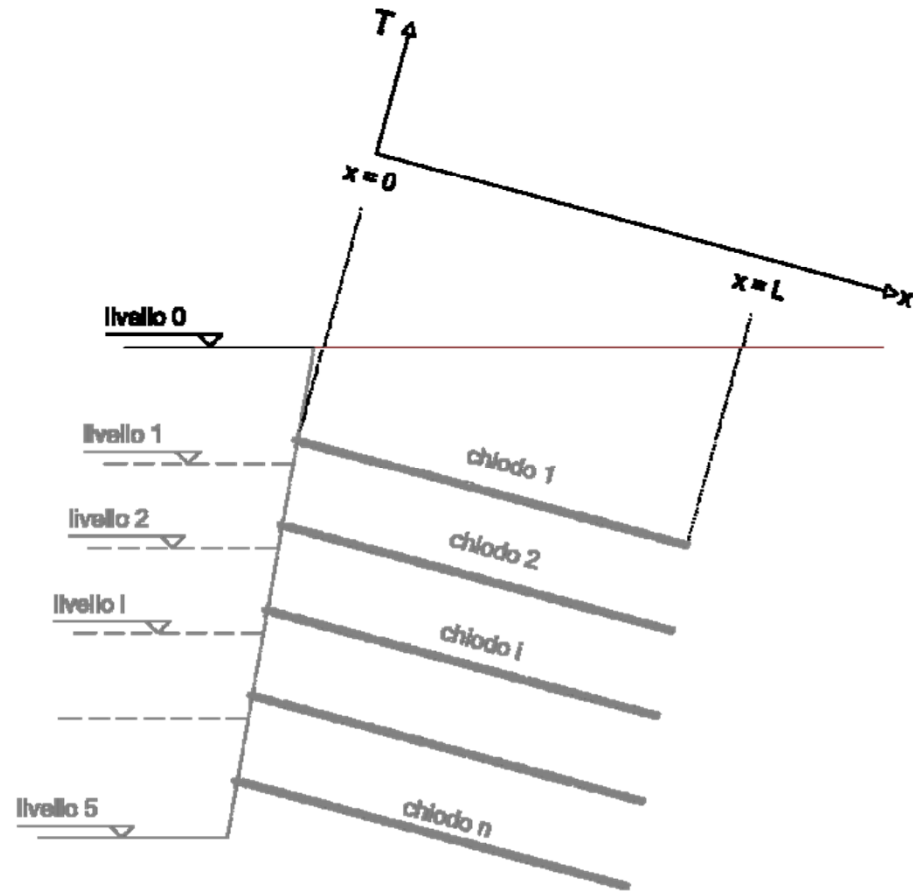
Flessibile



Leggero

SOIL NAILING

MOBILITAZIONE DELLA TRAZIONE NEI CHIODI



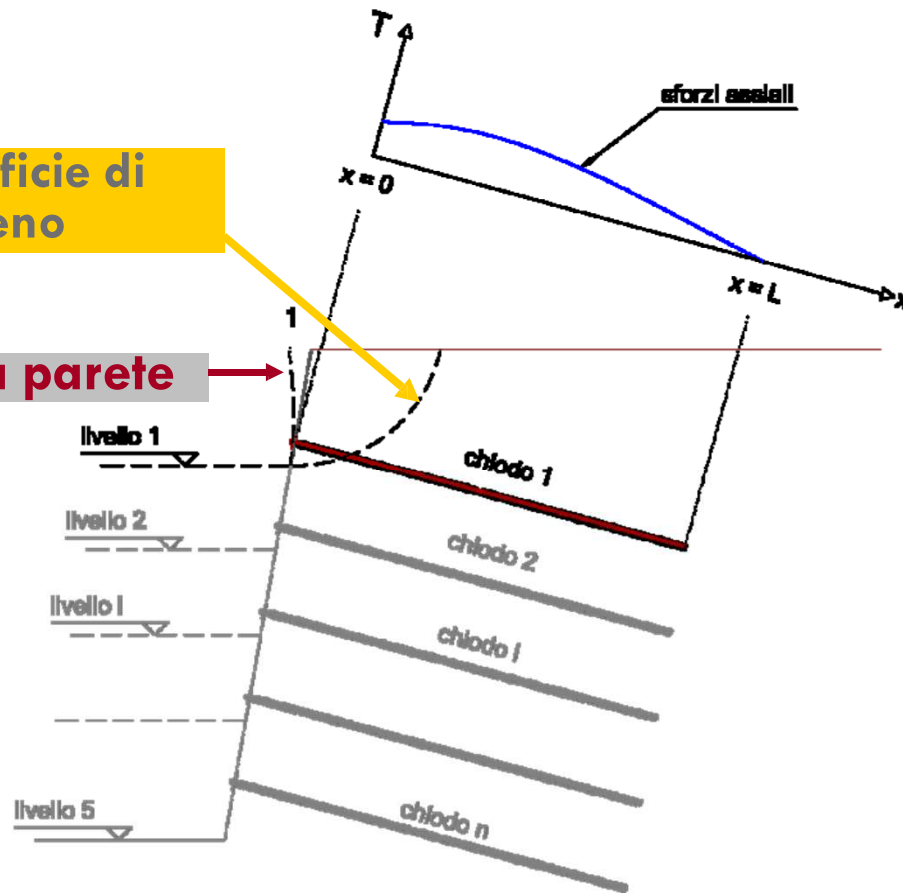
SOIL NAILING

MOBILITAZIONE DELLA TRAZIONE NEI CHIODI

Scavo al 1° livello

Possibile superficie di rottura del terreno

Deformata della parete

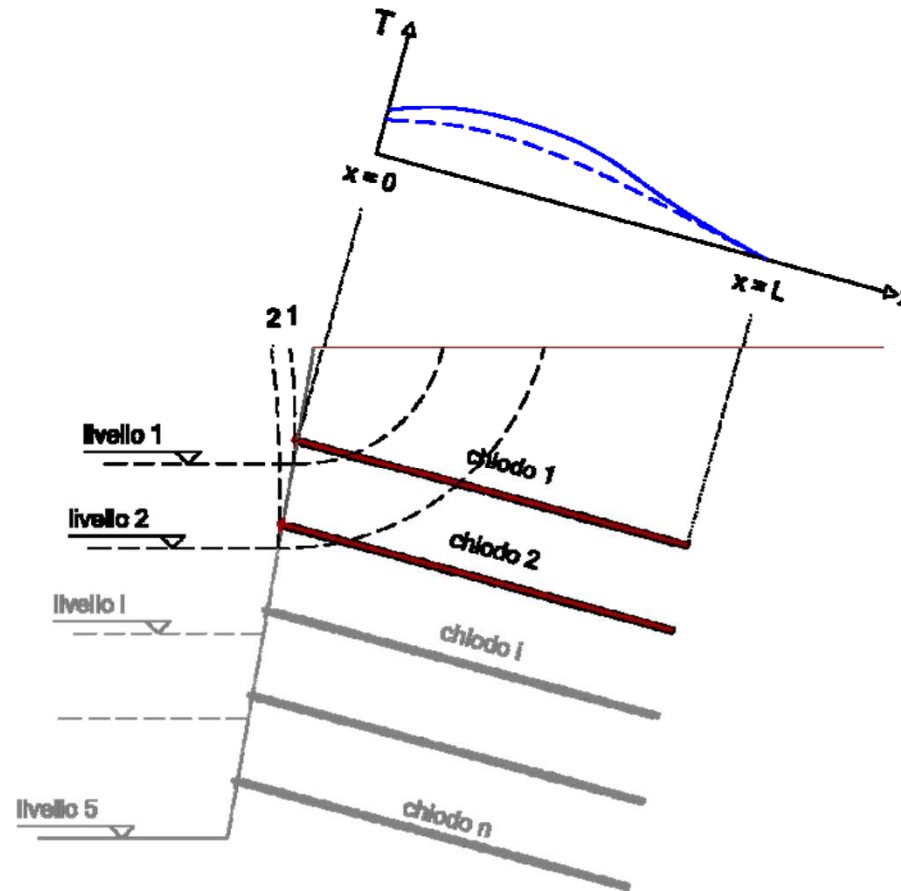


Trazione nel **chiodo 1**
in fase di scavo 1

SOIL NAILING

MOBILITAZIONE DELLA TRAZIONE NEI CHIODI

Scavo al 2° livello

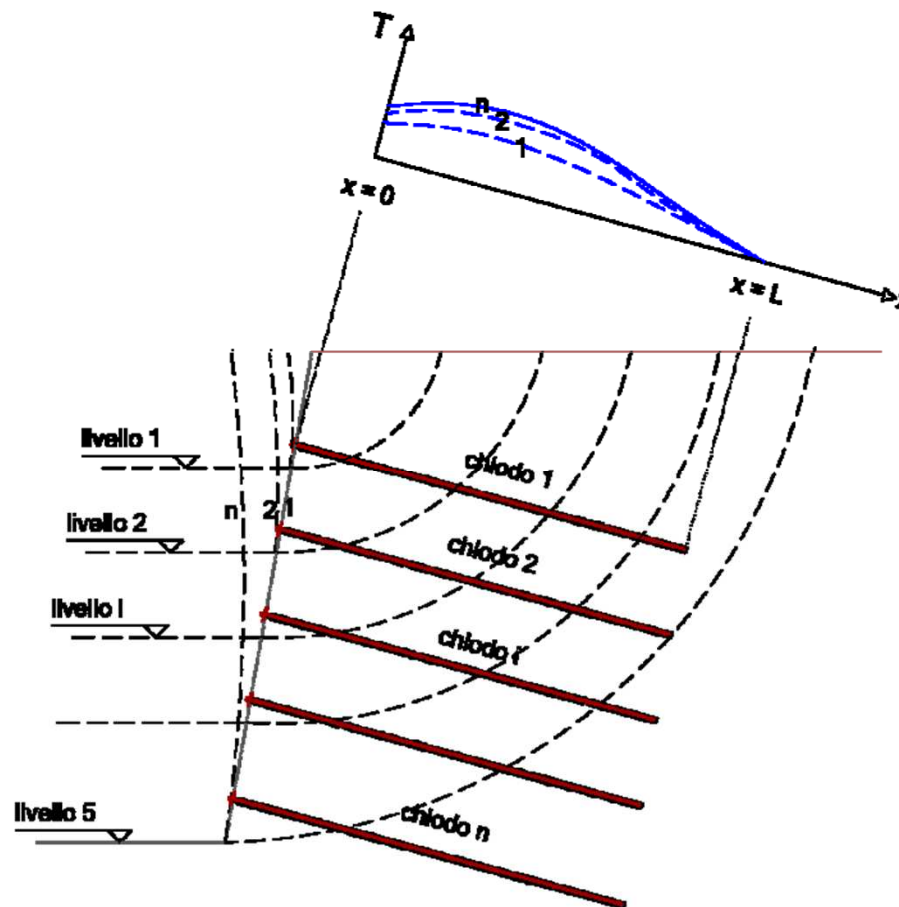


Trazione nel **chiodo 1**
in **fase di scavo 2**

SOIL NAILING

MOBILITAZIONE DELLA TRAZIONE NEI CHIODI

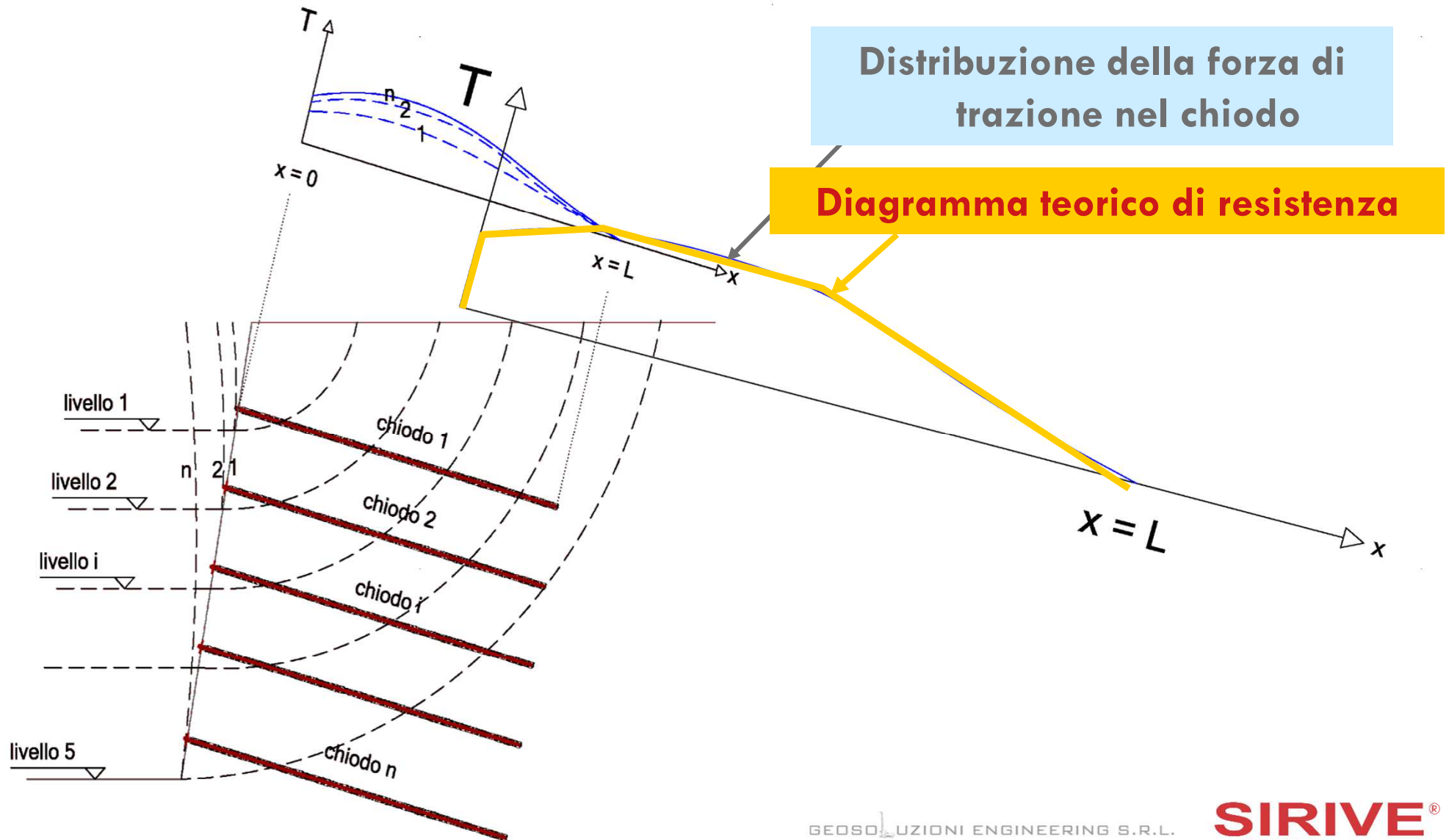
Scavo al n-esimo livello



Trazione nel **chiodo 1**
in **fase di scavo n**

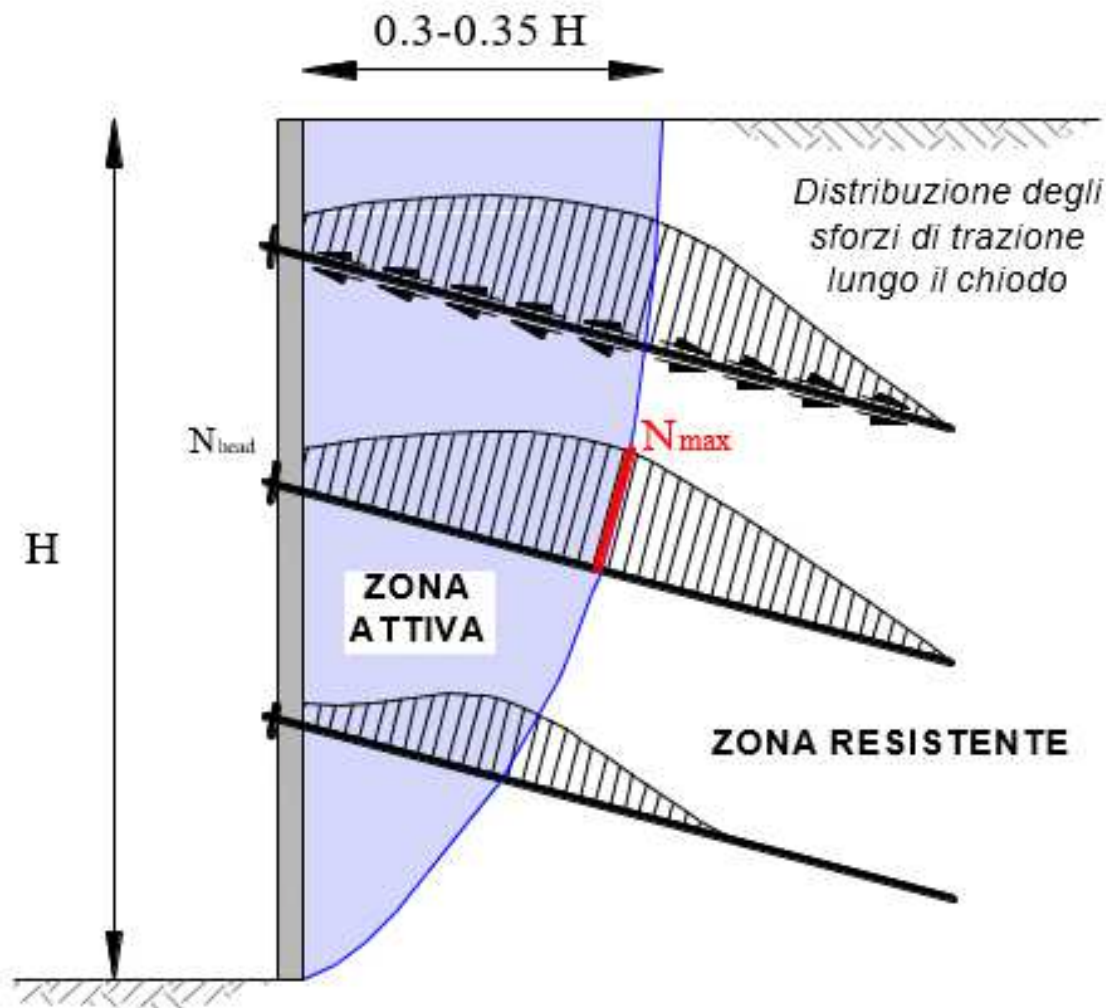
SOIL NAILING

MOBILITAZIONE DELLA TRAZIONE NEI CHIODI



SOIL NAILING

MOBILITAZIONE DELLA TRAZIONE NEI CHIODI



Zona attiva: porzione in movimento verso lo scavo dove **il terreno tende a sfilare la barra**

Zona passiva o resistente: porzione lontana e stabile dove **il terreno trattiene la barra**

Superficie di scivolamento: quasi coincide con la linea degli N_{max}

SOIL NAILING

MOBILITAZIONE DELLA TRAZIONE NEI CHIODI

T_{head} = trazione al rivestimento dipendente dalla rigidità del rivestimento

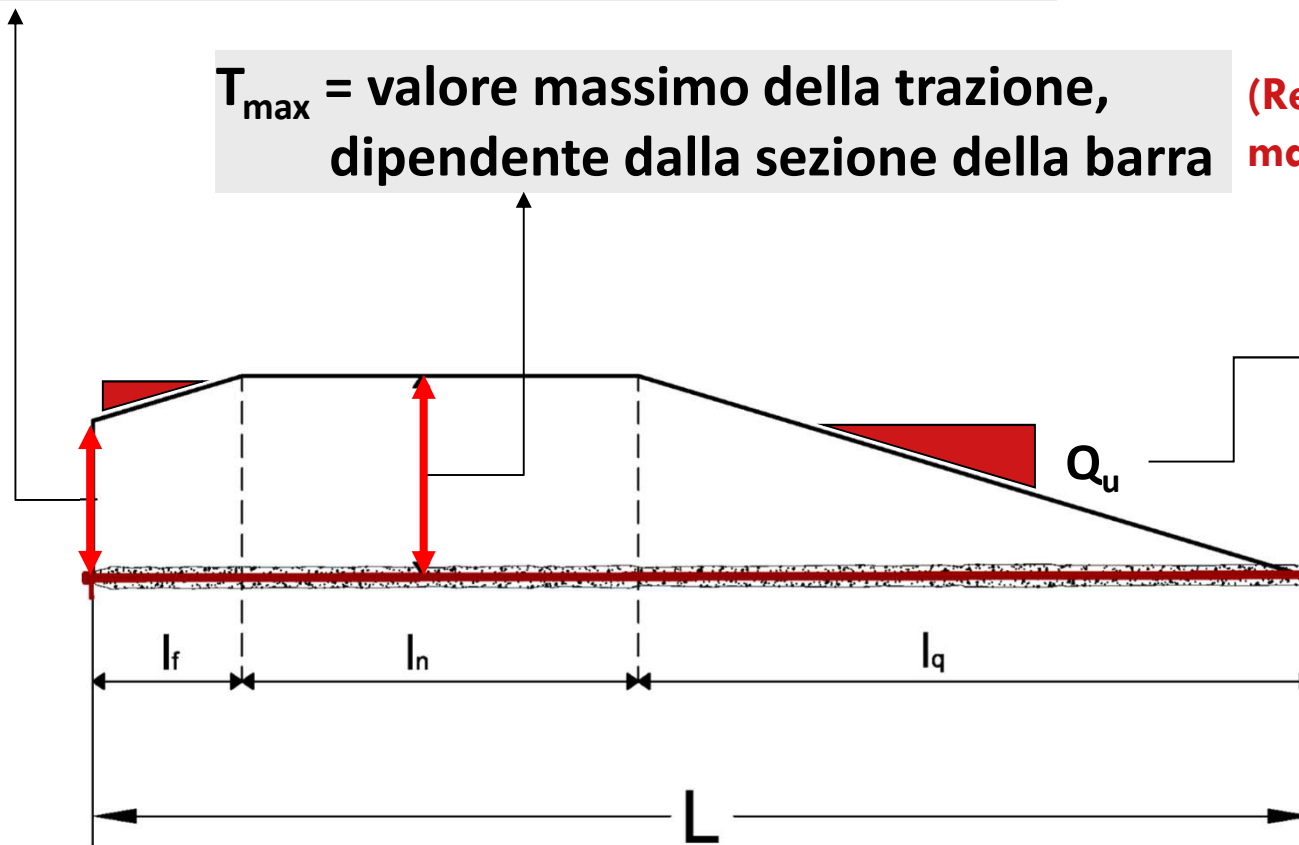
(Resistenza a flessione/punzonamento del rivestimento)

T_{max} = valore massimo della trazione, dipendente dalla sezione della barra

(Resistenza a trazione barra o massimo valore di attrito)

Q_u = Resistenza allo sfilamento per unità di lunghezza

($Q_u = \pi D \cdot \tau_u$ con τ_u = Resistenza a taglio chiodo-terreno)



SOIL NAILING

NORMATIVE E LINEE GUIDA INTERNAZIONALI

Paese	Linee Guida
Europa	EN 14490 (2010) – Execution of special geotechnical works – Soil nailing
USA	FHWA-SA-96-069R (1996) – Manual for Design and Construction monitoring of soil nail walls
USA	FHWA-NHI-14-007 (2015) – Geotechnical Engineering circular No. 7 – Soil Nail Walls – Reference manual
Regno Unito	CIRIA C637 (2005) – Soil Nailing, best practice guidance
Regno Unito	HA 68/94 – Design Methods for the Reinforcement of Highway Slopes by Reinforced Soil and Soil Nailing Techniques
Francia	Clouterre (1991) – Recommendation Clouterre
Hong Kong	Geoguide 7 (2008) – Guide to Soil Nail Design and Construction, Geotechnical Engineering Office
Paesi Scandinavi	Nordic guidelines for reinforced soils and fills (2002)

SOIL NAILING

NORMATIVE E LINEE GUIDA INTERNAZIONALI

□ TIRANTI DI ANCORAGGIO

Sono elementi strutturali collegati al terreno atti a resistere a sforzi di trazione

□ **Gli ancoraggi autoperforanti sono una particolare categoria di tiranti in barra del tipo passivo**

□ *Principali normative e linee guida di riferimento nazionale:*

- **D.M. 17/01/2018:** «Norme tecniche per le costruzioni 2018» (NTC 2018);
- **Raccomandazioni AGI-AICAP 2012:** Ancoraggi nei terreni e nelle rocce.

DIMENSIONAMENTO DEGLI ANCORAGGI

PROGETTO E VERIFICA

- **Gli ancoraggi sono da verificare sia allo stato limite ultimo (SLU) sia allo stato limite di esercizio (SLE)**
- **Gli stati limite ultimi** dei **tiranti di ancoraggio (§6.6 NTC 2018)** si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e/o al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che li compongono. **Gli stati limite di esercizio** fanno invece riferimento agli spostamenti/allungamenti degli ancoraggi stessi.
- Nel progetto risulta indispensabile indicare:
 - Orientazione
 - Lunghezza
 - Numero di ancoraggi
 - Tecnica esecutiva
 - Diametro medio reso
 - Resistenza di progetto R_d
 - Azione sollecitante

DIMENSIONAMENTO DEGLI ANCORAGGI

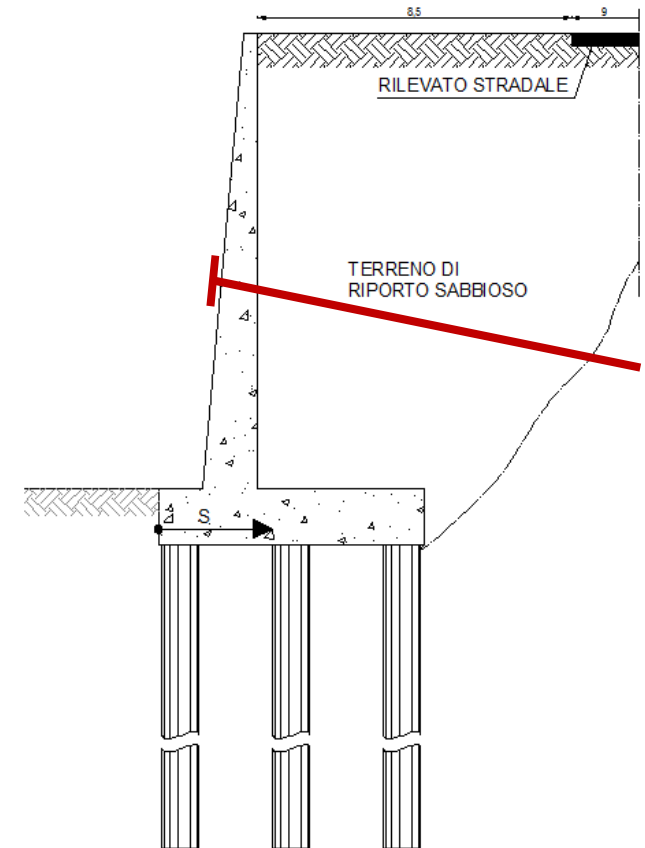
PROGETTO E VERIFICA

- Nel caso specifico dei tiranti di ancoraggio è necessario eseguire una preliminare **VERIFICA STRUTTURALE DELL'ARMATURA D'ANCORAGGIO.**

La verifica di resistenza della barra deve essere condotta in combinazione:

A1 + M1 + R1

dove la resistenza di progetto a snervamento della barra (o dei trefoli) deve risultare superiore alla sollecitazione assiale «A1» agente sull'ancoraggio di progetto.



DIMENSIONAMENTO DEGLI ANCORAGGI

PROGETTO E VERIFICA

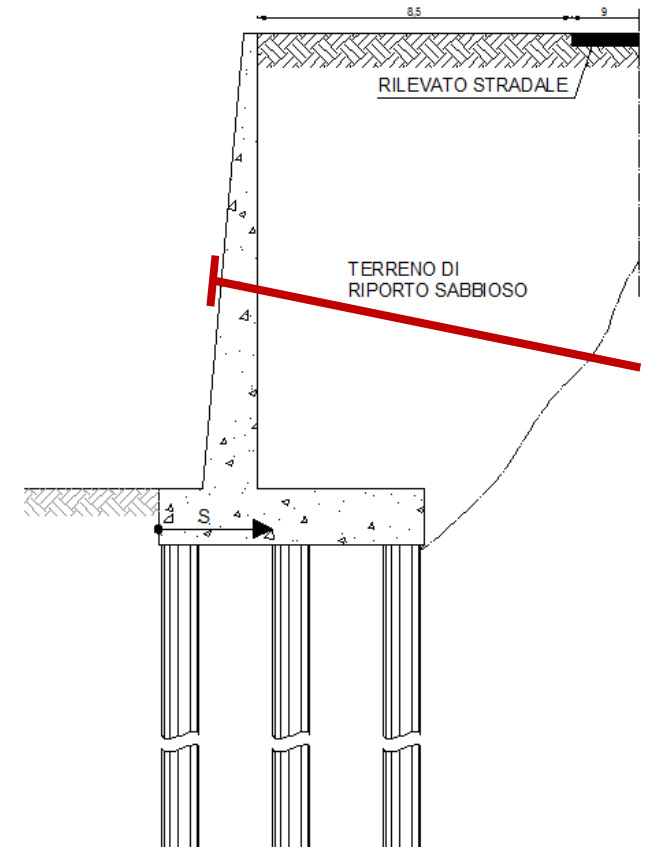
□ VERIFICA STRUTTURALE DELL'ARMATURA D'ANCORAGGIO:

$$E_d \leq R_{yd}$$

La resistenza di progetto dell'armatura di ancoraggio viene calcolata:

$$R_{yd} = R_{yk} / 1,15$$

dove il coefficiente **1,15** è il valore di γ_M che viene applicato agli «acciai da armatura» (es. strutture in calcestruzzo armato).



DIMENSIONAMENTO DEGLI ANCORAGGI

PROGETTO E VERIFICA

- Nel dimensionamento dei tiranti di ancoraggio è inoltre necessario eseguire la **VERIFICA ALLO SFILAMENTO DELLA FONDAZIONE DELL'ANCORAGGIO.**

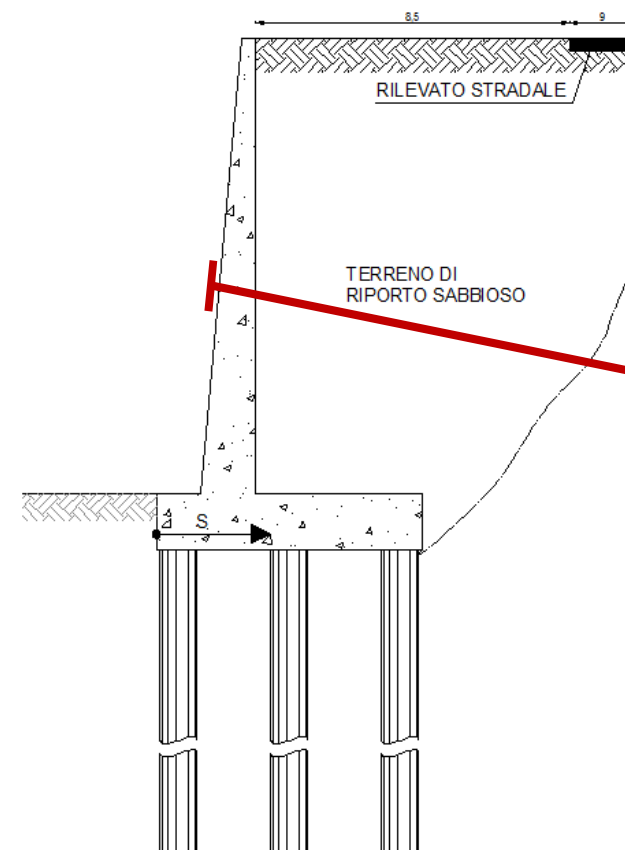
La verifica di tale condizione deve essere condotta secondo la combinazione:

A1 + M1 + R3

dove R3 risulta pari a:

- ▣ 1,1 se il tirante è provvisorio
 - ▣ 1,2 se il tirante è permanente
- Dalla verifica deve risultare:

$$E_d \leq R_{ad}$$

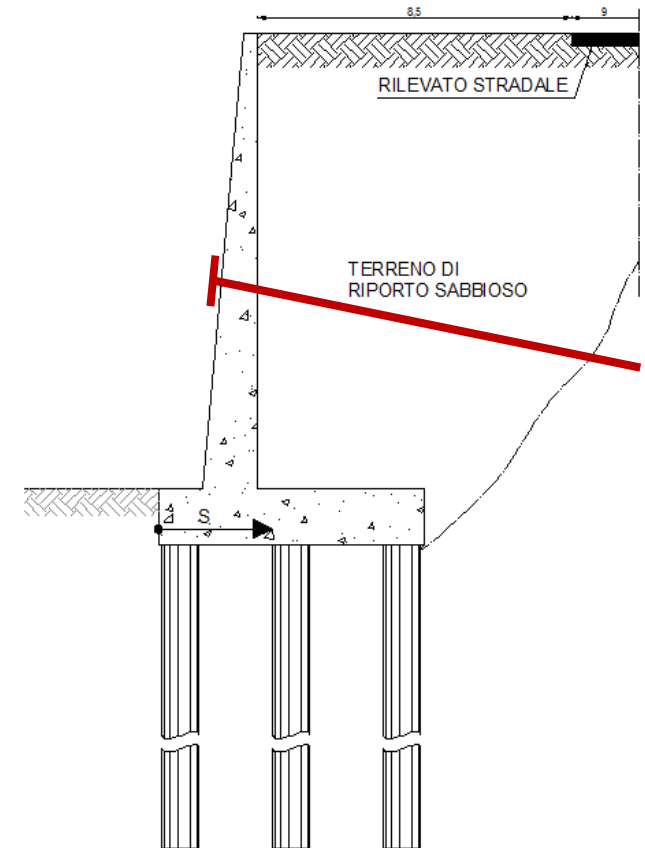


DIMENSIONAMENTO DEGLI ANCORAGGI

PROGETTO E VERIFICA

- Le **verifiche a sfilamento** da effettuare sull'ancoraggio sono due:
 1. **VERIFICA A SFILAMENTO INTERFACCIA ARMATURA-INIEZIONE;**
 2. **VERIFICA A SFILAMENTO INTERFACCIA BULBO DI ANCORAGGIO-TERRENO.**

Generalmente risulta dimensionante per l'ancoraggio la seconda verifica, anche se esistono particolari casi (ancoraggi in roccia, barre di ridotte dimensioni rispetto al diametro di perforazione...) in cui risulta più gravosa la prima verifica.



DIMENSIONAMENTO DEGLI ANCORAGGI

PROGETTO E VERIFICA

- Il **valore caratteristico della resistenza allo sfilamento** dei tiranti R_{ak} può essere determinato da risultati di **prove di progetto su ancoraggi prova** o da **metodi di calcolo analitici** (si vedranno in seguito) utilizzando i **fattori di correlazione** riportati nelle seguenti tabelle:

Tab. 6.6.II - Fattori di correlazione per derivare la resistenza caratteristica da prove di progetto, in funzione del numero degli ancoraggi di prova

Numero degli ancoraggi di prova	1	2	> 2
ξ_{a1}	1,5	1,4	1,3
ξ_{a2}	1,5	1,3	1,2

Tab. 6.6.III - Fattori di correlazione per derivare la resistenza caratteristica dalle prove geotecniche, in funzione del numero n di profili di indagine

Numero di profili di indagine	1	2	3	4	≥ 5
ξ_{a3}	1,80	1,75	1,70	1,65	1,60
ξ_{a4}	1,80	1,70	1,65	1,60	1,55

- Il valore di progetto della resistenza a sfilamento R_{ad} si ottiene applicando il **coefficiente parziale** γ_R (1,10 se provvisorio o 1,20 se permanente) sulla resistenza caratteristica R_{ak} .

DIMENSIONAMENTO DEGLI ANCORAGGI

PROGETTO E VERIFICA

RESISTENZA CARATTERISTICA A SFILAMENTO

$$R_{ak} = \min \left\{ (R_{a,m})_{media} / \xi_i ; (R_{a,m})_{min} / \xi_j \right\}$$

RESISTENZA DI PROGETTO A SFILAMENTO

$$R_{ad} = R_{ak} / \gamma_R$$

γ_R = **coefficiente parziale** da applicare alla resistenza caratteristica

Il fattore di sicurezza finale «FS» applicato alla resistenza a sfilamento del bulbo presenta un valore **variabile da 1,32 a 2,16** e **premia l'utilizzo di campi prova sugli ancoraggi** oppure una **campagna di indagini geologiche molto dettagliata**.

SOIL NAILING

RESISTENZA DELLE BARRE: EFFETTO DEL TERRENO E DELLA PROFONDITA' DI INFISSIONE

□ Geoguide 7 (2008)

$$Q_u = D_c \left(\pi c'_{SG} + 2\sigma'_v \tan \phi'_{SG} \right)$$

con $\sigma'_v \leq 300$ kPa

□ FHWA (2003)

$$Q_u = \pi D_c q_u \quad \text{con} \quad q_u = \sigma'_v f'_{ult}$$

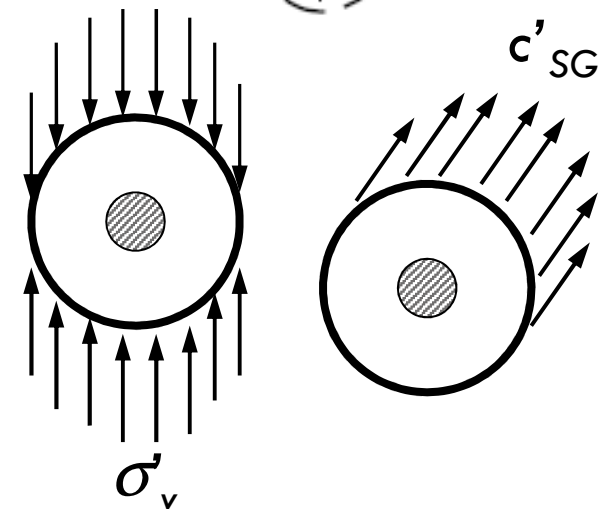
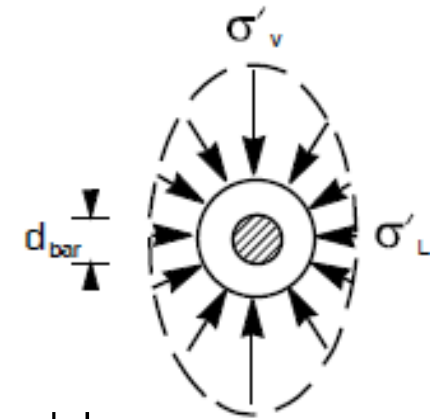
D_c = diametro utile del chiodo

σ'_v = tensione vert. eff. alla prof. media

c'_{SG} = coesione all'interfaccia chiodo-terreno

ϕ'_{SG} = angolo di attrito all'interfaccia

f'_{ult} = coefficiente di attrito apparente dell'interfaccia ($f'_{ult} = \tan \phi \div 6$)



SOIL NAILING

RESISTENZA A SFILAMENTO DEI CHIODI

Metodo di costruzione	Tipo di terreno	Tensione ultima [kN/m ²]	Fonte
Trivellato	Loess	25 – 75	2
	Argilla soffice	20 – 30	1
	Argilla da rigida a dura	40 – 60	1
	Limo argilloso	40 – 100	1
	Argilla sabbiosa calcarea	90 – 140	1
	Riporto limoso sabbioso	15 – 20	1
Con foro aperto	Limo non plastico	20 – 30	2
	Sabbia medio densa e limo sabbioso	50 – 75	2
	Sabbia limosa densa e ghiaia	80 – 100	2
	Sabbia molto densa e ghiaia	120 – 240	2
	Argilla rigida	40 – 60	2
	Limo argilloso rigido	40 – 100	2
Roto-perforazione	Argilla sabbiosa rigida	50 – 100	3
	Marna/limestone	300 – 400	1
	Dolomite tenera	400 – 600	1
	Arenaria fratturata	200 – 300	1
	Argillite fratturata	100 – 150	1
	Scisto fratturato	100 – 175	1
	Basalto	500 – 600	1
	Sabbia limosa	100 – 150	1
Infissi	Limo	60 - 75	1
	Sabbia densa / ghiaia	180 – 210	3
	Detrito di falda sabbioso	70 – 150	3
Jet grouted	Detrito di falda argilloso	40 - 75	1
	Sabbia	380	1
	Sabbia/ghiaia	700	1

(after Elias and Juran, 1991)
(FHWA, 2015)

SOIL NAILING

RESISTENZA A SFILAMENTO DEI CHIODI

METODO 1 - Raccomandazioni AGI-AICAP (2012):

$$R_{a,c} = \pi D_d L_f q_s$$

con:

- ▣ $R_{a,c}$ = Resistenza limite allo sfilamento
- ▣ D_d = Diametro nominale di perforazione
- ▣ L_f = Lunghezza barra in zona resistente
- ▣ q_s = Resistenza limite unitaria (considerare IGU per autoperforanti) (Ostermayer, 1974; Ostermayer e Scheele, 1977)

SOIL NAILING

RESISTENZA A SFILAMENTO DEI CHIODI

METODO 2 - Raccomandazioni AGI-AICAP (2012):

$$R_{a,c} = \pi D_s L_f q_s$$

con:

- ▣ $R_{a,c}$ = Resistenza limite allo sfilamento
- ▣ D_s = Diametro reso reale, con $D_s = \alpha D_d$
- ▣ α = coefficiente maggiorativo del diametro di perforazione funzione del tipo di terreno, della pressione di iniezione e della tecnica di iniezione (da tabella, considerare IGU per autoperforanti)
- ▣ L_f = Lunghezza barra in zona resistente
- ▣ q_s = Resistenza limite unitaria (da Bustamante & Doix, 1985)

SOIL NAILING

RESISTENZA A SFILAMENTO DEI CHIODI

Soil Type	Gravity-Grouted Solid Bar Soil Nail (psi)	Hollow Bar Soil Nail (psi)	Pressure-grouted Micropiles (Sabatini et al. 2005) (psi)
Silty Sand (SM)	12.8-17.1	18.7-24.4	Sand (some silt) 10-27.5
Poorly Graded Sand (SP)	13.2	71.2-79.6	Sand (some Gravel) 17.5-52
SP with Gravel	50.5-82.2	-	Sand (some Gravel) 17.5-52
Poorly Graded Gravel (GP) with Sand	53.2-64.5	62.4-156.3	Gravel (some Sand) 17.5-52

Nominal bond strength of Soil Nails in granular soils
(after Cadden et al. 2010) (FHWA, 2015)

SOIL NAILING

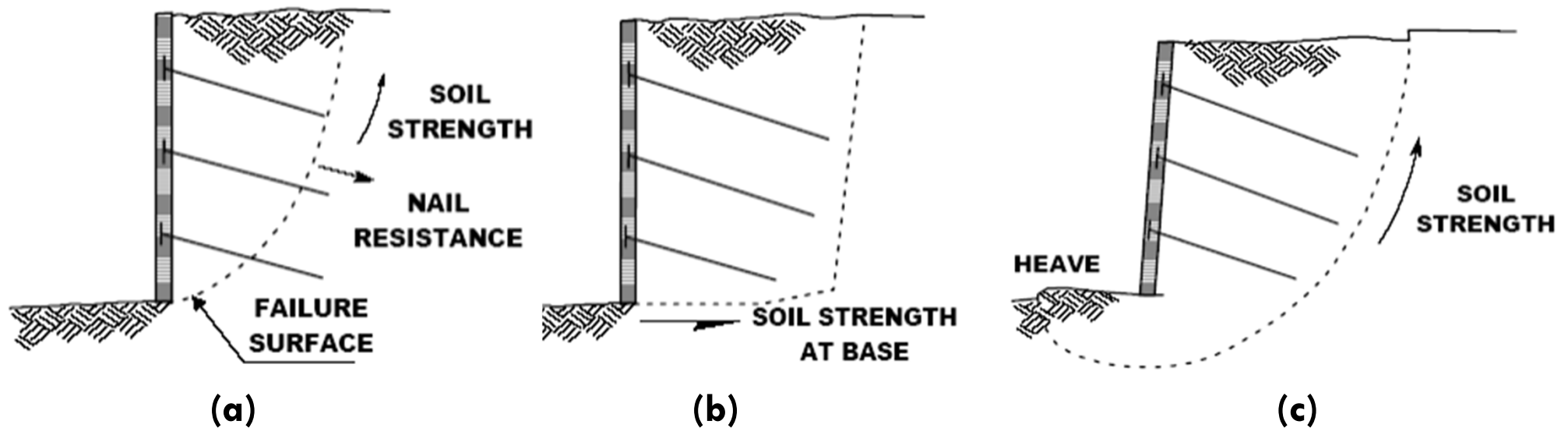
DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE: STATI LIMITE ULTIMI

□ Rottura di tipo esterno

- a) **Collasso per stabilità globale**
- b) **Collasso per scorrimento alla base**
- c) **Collasso della fondazione**

Per ogni Stato Limite Ultimo
va verificato che:

$$E_d \leq R_d$$

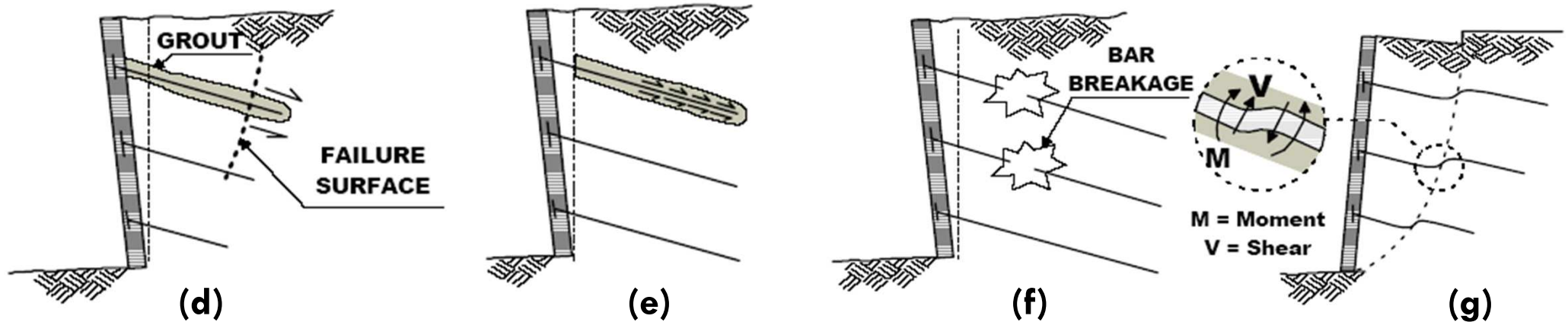


SOIL NAILING

DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE: STATI LIMITE ULTIMI

□ Rottura di tipo interno

- d) Sfilamento lungo l'interfaccia iniezione – terreno
- e) Sfilamento lungo l'interfaccia chiodo – iniezione
- f) Rottura della barra per trazione
- g) Rottura della barra per flessione e taglio

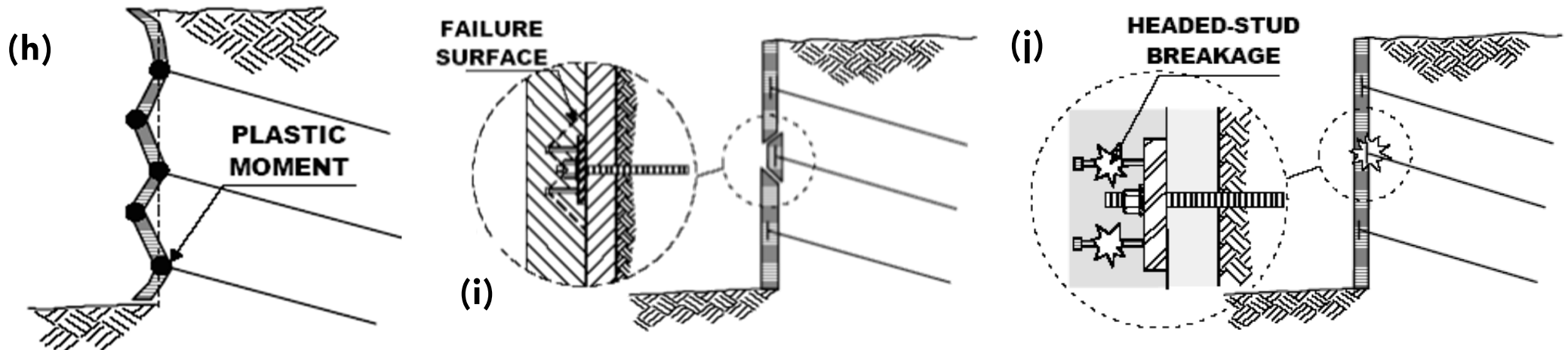


SOIL NAILING

DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE: STATI LIMITE ULTIMI

□ Rottura del rivestimento

- h) Rottura per flessione
- i) Rottura per punzonamento
- j) Rottura dei perni di testa



CHIODATURE E ANCORAGGI

DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE: STATI LIMITE ULTIMI

- **Verifica di stabilità**
- **Stabilità dei pendii naturali: par. 6.3 NTC 2018**
- *«La valutazione del coefficiente di sicurezza dei pendii naturali, espresso dal rapporto tra la resistenza al taglio disponibile (τ_f) e la tensione di taglio agente (τ) lungo la superficie di scorrimento, deve essere eseguita **impiegando sia i parametri geotecnici, congruenti con i caratteri del cinematismo atteso o accertato, sia le azioni presi con il loro valore caratteristico».***
- *«L'adeguatezza del **marginine di sicurezza ritenuto accettabile dal progettista** deve comunque essere giustificata sulla base del livello di conoscenze raggiunto, dell'affidabilità dei dati disponibili e del modello di calcolo adottato in relazione alla complessità geologica e geotecnica, nonché sulla base delle conseguenze di un'eventuale frana».*
- **Condizioni sismiche:** valori caratteristici dei parametri geotecnici... «L'adeguatezza del margine di sicurezza nei confronti della stabilità del pendio deve essere valutata e motivata dal progettista» (par. 7.11.3.5 NTC 2018)

CHIODATURE E ANCORAGGI

DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE: STATI LIMITE ULTIMI

- **Verifica di stabilità**
- Opere di sostegno (muri, paratie, strutture miste): par. 6.5 NTC 2018
 - *«La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.1, 6.2.11 e 6.8.1».*
 - **$\gamma_r=1,1$ (condizioni statiche)**
 - **Condizioni sismiche:** par. 7.11.6 NTC 2018
 - **$\gamma_r=1,2$ (condizioni sismiche)** (come par. 7.11.4)

CHIODATURE E ANCORAGGI

DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE: STATI LIMITE ULTIMI

- **Verifica di stabilità**
- Opere di materiali sciolti e fronti di scavo: par. 6.8 NTC 2018
- *«Le verifiche devono essere effettuate secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I».*
- **$\gamma_r=1,1$ (condizioni statiche)**
- **Condizioni sismiche:** par. 7.11.4 NTC 2018
- **$\gamma_r=1,2$ (condizioni sismiche)**

SOIL NAILING

DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE: STATI LIMITE DI ESERCIZIO

- Lo Stato Limite di Servizio o di Esercizio (SLE) è lo stato in cui **si compromette la funzionalità** dell'opera senza **pervenire al collasso**.
- Si raggiunge per deformazioni eccessive del terreno o delle strutture, per innalzamento del livello di falda, per effetto di moti di filtrazione nel terreno retrostante, malfunzionamento del sistema di drenaggio, corrosione delle barre, ecc.
- Non esistono criteri ben definiti per le verifiche degli SLE.
- Lo SLE non deve compromettere la **funzionalità dell'opera** o creare **danni nelle strutture limitrofe**.

SOIL NAILING

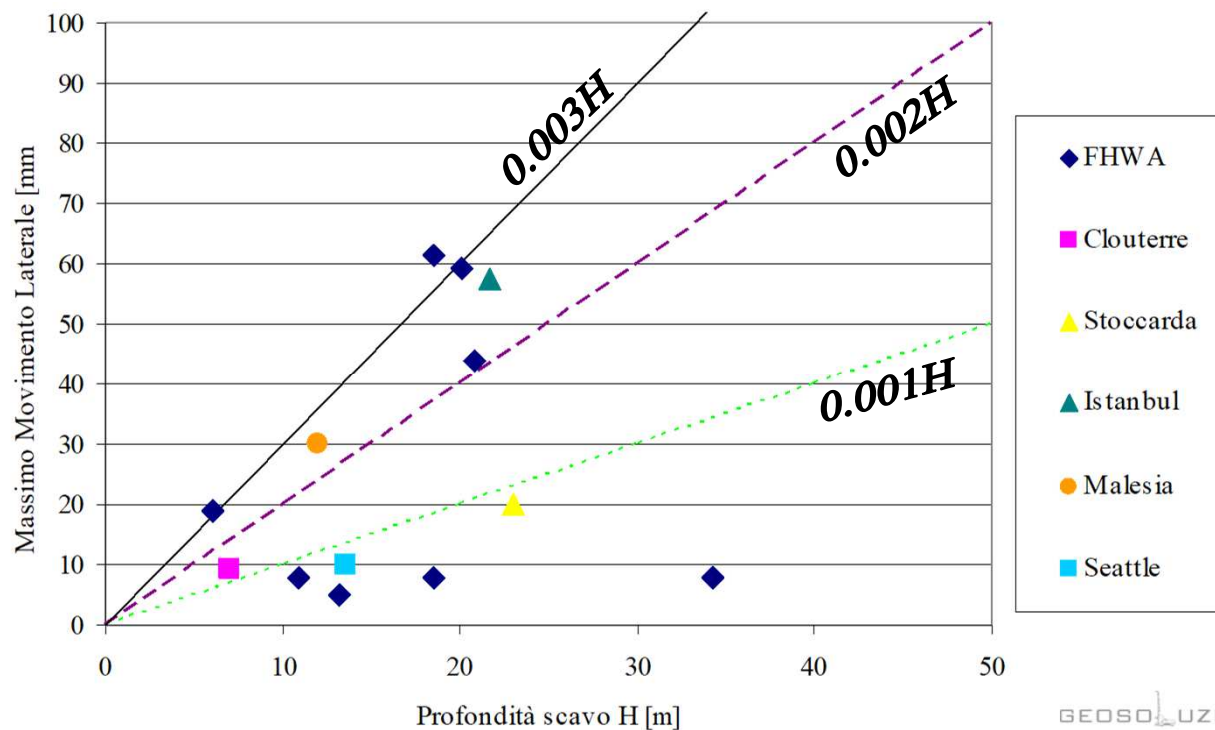
DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE: STATI LIMITE DI ESERCIZIO



SOIL NAILING

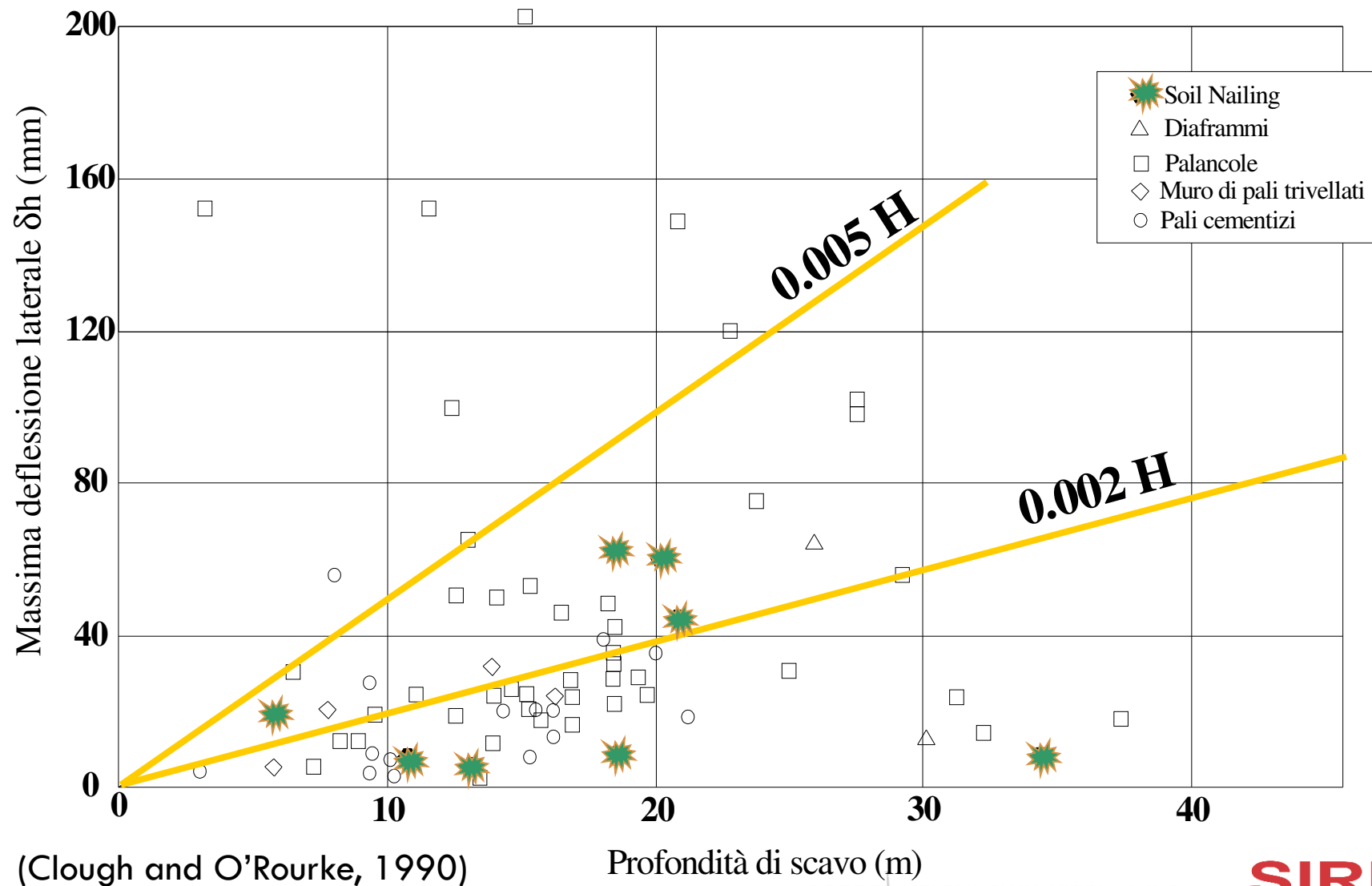
DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE: STATI LIMITE DI ESERCIZIO

	Rocce fratturate e terreni rigidi	Sabbie	Terreni a grana fine
d_H e d_V	$H/1000$	$2H/1000$	$3H/1000$
k	0,8	1,25	1,5



SOIL NAILING

DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE: STATI LIMITE DI ESERCIZIO



(Clough and O'Rourke, 1990)

Profondità di scavo (m)

GEOSOLUZIONI ENGINEERING S.R.L.
PILATI ING. CORRADO
CELBAN ING. ALBERTO

SIRIVE[®]
self-drilling anchor

MODALITA' DI POSA IN OPERA

LA POSA DEGLI AUTOPERFORANTI SIRIVE®

MODALITA' DI PERFORAZIONE

L'installazione delle barre autoperforanti può avvenire:

- ❑ Mediante **sola rotazione** solo in terreni sciolti (no roccia-ghiaie-sassi trovanti);
- ❑ Mediante **rotopercolazione** in qualsiasi tipo di terreno/materiale.

PERFORAZIONE A ROTAZIONE

- ❑ La perforazione a rotazione deriva prettamente dal settore **micropali/sondaggi**;
- ❑ Basta un convertitore tra la testa di rotazione (rotary) e la barra.

Peculiarità della perforazione a rotazione:

- ❑ Sola rotazione **DESTRA** della barra;
- ❑ Solitamente grande potenza di tiro/spinta e coppia delle unità di perforazione.



LA POSA DEGLI AUTOPERFORANTI SIRIVE®

MODALITA' DI PERFORAZIONE

PERFORAZIONE A ROTOPERCUSSIONE

- La perforazione a rotopercolazione deriva prettamente dal settore **cave/minerario**.
- Basta un kit di accessori per realizzare autoperforanti a regola d'arte con una perforatrice anche «datata».

Peculiarità della perforazione a rotopercolazione:

- **Martello esterno** (perforatrice) composto da una massa battente che percuote una impugnatura rotante;
- Rotazione di perforazione **SINISTRA**.



LA POSA DEGLI AUTOPERFORANTI SIRIVE®

SCELTE NELLA POSA IN OPERA

- La scelta del **tipo di unità di perforazione** va eseguita in funzione di questi dati:
 - ▣ Barra utilizzata
 - ▣ Terreno/roccia da forare
 - ▣ Tipologia di cantiere (spazio aperto-accesso limitato-pendio etc)

- Altra scelta importante è il **fluido di spurgo** della perforazione:
 - ▣ Ad aria compressa
 - ▣ Ad acqua
 - ▣ A boiaccia cementizia

- Infine è vitale la scelta della **punta di perforazione a perdere**:
 - ▣ Punta temperate croce/bottoni
 - ▣ Punta con inserti a widia croce/bottoni
 - ▣ Punta ad elica/puntazze
 - ▣ Punta con ugelli calibrati (mini jet)



LA POSA DEGLI AUTOPERFORANTI SIRIVE®

RAFFORZAMENTI CORTICALI

- La posa di ancoraggi autoperforanti per **rafforzamenti corticali**:

PUNTI DI FORZA

- Velocità di esecuzione
- Certezza della iniezione
- Lunghezze ancoraggi (anche 20m)
- Economicità dell'ancoraggio rispetto i classici chiodi

La posa può essere realizzata con diversi macchinari:

- Perforatrice portatile 20 kg (a mano con rocciatori)
 - Barre R28-R32 nel limite dei 5-6 m
- Perforatrice idraulica su sollevatore polivalente
 - Barre R28-R32-R38-R51 (R51 al max 15 m)
- Perforatrice idraulica montata su slittone da parete
 - Barre R28-R32-R38-R51 (R51 al max 15 m)
- Perforatrice idraulica montata su escavatore ragno 12 ton
 - Barre da R32 a S90

LA POSA DEGLI AUTOPERFORANTI SIRIVE®

RAFFORZAMENTI CORTICALI

- Perforatrice portatile 20 kg (a mano con rocciatori specializzati)
 - ▣ Barre R28-R32 nel limite dei 5-6 m



LA POSA DEGLI AUTOPERFORANTI SIRIVE®

RAFFORZAMENTI CORTICALI

- Perforatrice idraulica su sollevatore polivalente
 - ▣ Barre da R28 a R51



LA POSA DEGLI AUTOPERFORANTI SIRIVE®

RAFFORZAMENTI CORTICALI

- Perforatrice idraulica montata su slittone da parete
 - Barre R28-R32-R38



LA POSA DEGLI AUTOPERFORANTI SIRIVE®

RAFFORZAMENTI CORTICALI

- Perforatrice idraulica montata su escavatore ragno 12 ton
 - Barre da R28 a S90



MODALITA' DI ESECUZIONE

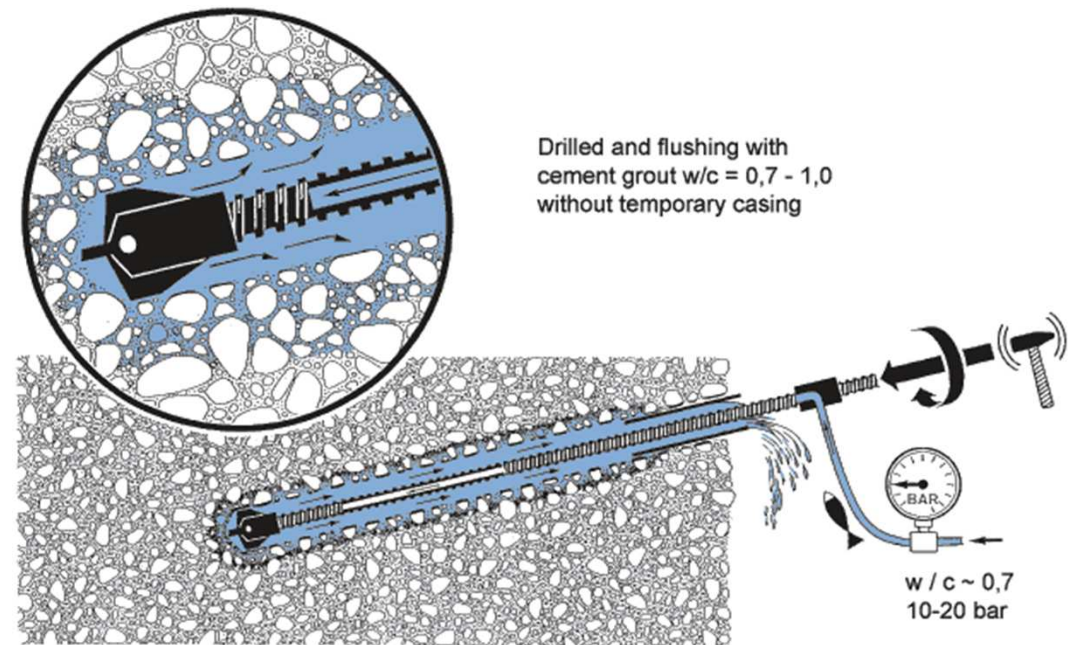
INSTALLAZIONE PER ROTOPERCUSSIONE

- Per poter eseguire correttamente le barre autoperforanti vengono impiegate **unità di perforazione specifiche a rotopercussione esterna e dotate di una idonea testa di adduzione**
- Alla barra viene montata la punta a perdere più idonea al terreno da perforare ed all'ancoraggio da ottenere
- La barra viene **collegata alla perforatrice**
- **Inizia la perforazione del terreno e la contemporanea iniezione di boiaccia in fase di avanzamento** utilizzata come **fluido di spurgo** e come elemento per **sostenere il foro senza bisogno di rivestirlo**
- La miscela inizialmente ha un **rapporto A/C = 1** per eseguire la perforazione.

MODALITA' DI ESECUZIONE

INSTALLAZIONE PER ROTOPERCUSSIONE

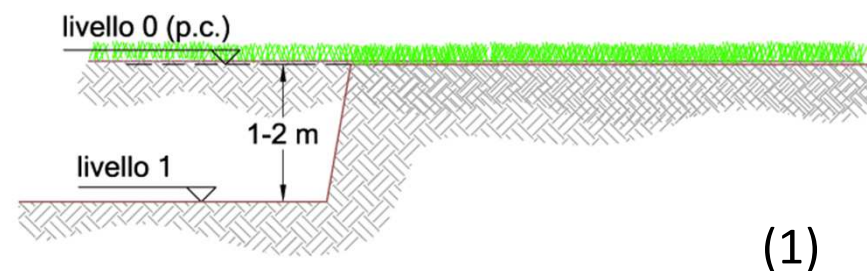
- Inserita la prima barra si può montare un **manicotto** ed una **nuova barra** fino al raggiungimento della profondità prevista dal progetto
- A questo punto viene **addensata la miscela** con **rapporto $A/C = 0,4$** per eseguire la cementazione dell'ancoraggio
- E' buona norma (questo è affidato all'esperienza dell'operatore) nella fase di cementazione dell'ancoraggio muovere avanti e indietro la perforatrice per ottenere un diametro medio reso maggiore e **controllare la fuoriuscita dell'iniezione da boccaforo.**



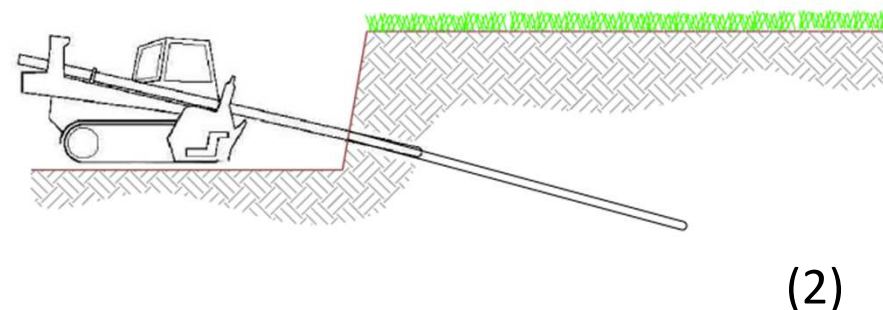
SOIL NAILING

SEQUENZA COSTRUTTIVA TOP-DOWN

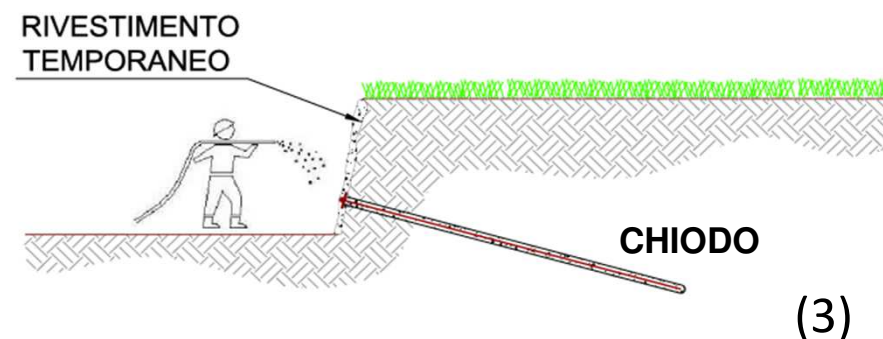
1) **Scavo non sostenuto di 1-2 m**



2) Installazione dei **chiodi** con tecnica autoperforante



3) Applicazione del **rivestimento temporaneo** in **spritz-beton** e rete elettrosaldata



4) Scavo degli n livelli successivi con ripetizione delle operazioni 1, 2 e 3 e **rivestimento definitivo**

MODALITA' DI ESECUZIONE

INSTALLAZIONE PER ROTOPERCUSSIONE



FOTO 1 - Preparazione piani di lavoro



FOTO 2 - Chiodatura a settori



FOTO 3 - Inizio della perforazione

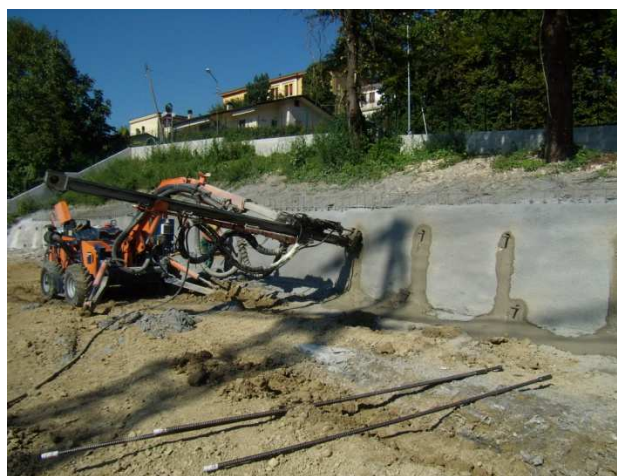


FOTO 4 - Perforazione
con iniezione in avanzamento

CONI ENGINEERING S.R.L.
PILATI ING. CORRADO
CELBAN ING. ALBERTO

SIRIVE[®]
self-drilling anchor

MODALITA' DI ESECUZIONE

INSTALLAZIONE PER ROTOPERCUSSIONE

- I chiodi vengono realizzati dopo aver spruzzato la parete;
- Da notare che sotto ciascun chiodo si vede la colata dell'iniezione fuoriuscita da boccaforo.



FOTO 5 - Aggiunta di una barra



FOTO 6 - Parete realizzata

MODALITA' DI ESECUZIONE

INSTALLAZIONE PER ROTOPERCUSSIONE

□ Tipologie di macchine



Perforatrice Tamrock HL 500 montata su Merlo



Commando

APPLICABILITA' E CAMPI D'IMPIEGO

- Tipi di terreno idonei alla tecnica autoperforante Sirive®
- Campi di applicazione



BARRE AUTOPERFORANTI

APPLICABILITA' GEOTECNICA

- **Terreni particolarmente idonei all'impiego degli autoperforanti**
 - Tutti i terreni **granulari** con granulometria 0-200 mm
 - Il metodo si esalta in presenza di **terreni alluvionali poco addensati**, ghiaie, sabbie, sabbie limose
 - Morene e detriti di falda anche con massi di grossa pezzatura
- **Terreni dove il metodo è sconsigliato (per ancoraggio)**
 - Terreni coesivi e torbosi in genere, ma solo per un problema di ancoraggio
 - Non è possibile rivestire o usare la calza, quindi **non idonee in presenza di falda in forte movimento che dilava l'iniezione**
 - Tutti i detriti di falda in presenza di **grandi vuoti** dove diventa impossibile portare a boccaforo il fluido di spurgo e completare la cementazione
 - In terreni rocciosi sono applicabili ma non risulta la soluzione migliore in quanto il foro rimane aperto e si possono utilizzare tranquillamente altri metodi di perforazione

BARRE AUTOPERFORANTI

APPLICABILITA' GEOTECNICA

Terreni idonei	Terreni non idonei
Terreni residuali e rocce alterate	Rocce altamente fratturate con giunti aperti e vuoti
Terreni coesivi compatti (limi e argille senza fenomeni di creep)	Rocce decomposte con discontinuità e fragili
Sabbie dense e naturalmente cementate	Terreni organici e argillosi, con indice liquido $I_L > 0.2$ e $C_u < 50$ kPa
Sabbie omogenee medie e fini (con coesione apparente ≥ 5 kPa)	Terreni granulari sciolti (con $N_{SPT} < 10$ o $D_r < 30\%$)
Terreni sopra il livello di falda freatica	Terreni granulari a granulometria uniforme privi di coesione
	Terreni suscettibili al gelo e/o rigonfianti
	Terreni con elevati contenuti d'acqua o con presenza di tasche isolate d'acqua

BARRE AUTOPERFORANTI

VANTAGGI DEL METODO

- **Semplifica molto le operazioni di cantiere:** diventa molto più semplice eseguire le perforazioni agli operatori e di conseguenza aumenta la qualità finale del lavoro.
- **Si stabilizza il foro in fase di avanzamento:** in questo modo non si avranno delle sovrappressioni, o detensionamenti causati da altri metodi di perforazione che sono sempre molto rischiosi soprattutto quando si impiega l'aria compressa.
- **Perforazione molto veloce:** raddoppia la velocità di perforazione rispetto ai metodi tradizionali.
- **Si evita l'impiego dei rivestimenti** a sostegno del foro e si ottengono dei **diametri medi resi di cementazione molto maggiori** rispetto alle tecniche tradizionali.
- E' facilmente **adattabile alla geologia del sito:** in caso di imprevisti geologici, si può decidere di prolungare l'ancoraggio.



Diametro medio reso 35-40 cm

BARRE AUTOPERFORANTI

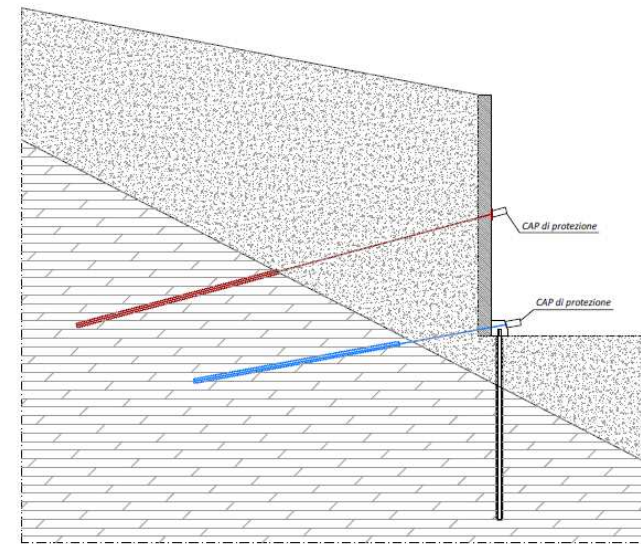
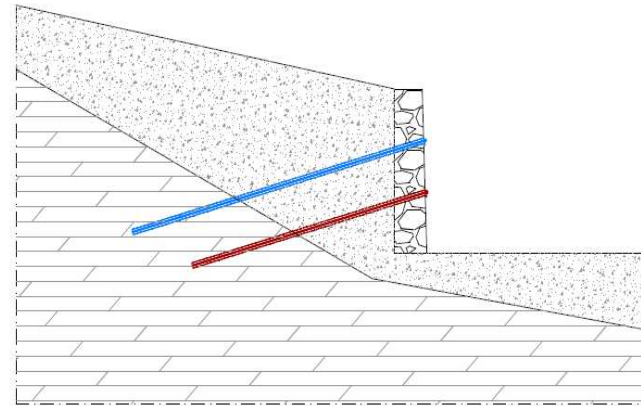
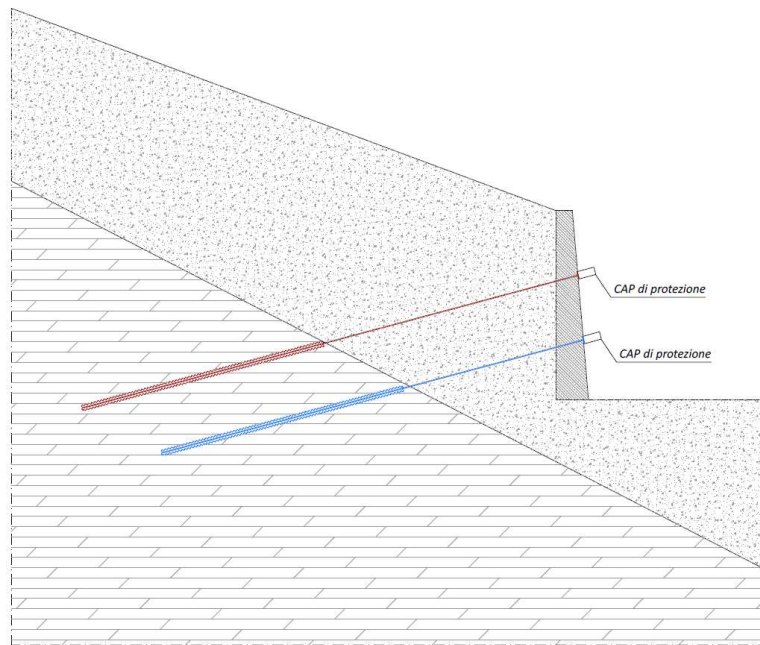
VANTAGGI DEL METODO

- Questa tecnologia è nata una trentina di anni fa, ha sostituito in molti casi altre opere come sistemi di chiodatura tradizionali trovando nel corso degli anni sempre maggiori applicazioni ed andando, in situazioni particolari, a **sostituire l'impiego di tiranti e micropali.**
- Le barre autoperforanti possono essere usate come **tiranti provvisori passivi dove si possono accettare deformazioni.**
- Si possono utilizzare come **micropali di fondazione in situazioni dove è necessario stabilizzare subito i fori in fase di perforazione** (esempio vicino a palazzi storici).

BARRE AUTOPERFORANTI

CAMPI DI IMPIEGO

- Modalità di intervento:
 - ▣ Chiodi
 - ▣ Tiranti
 - ▣ Chiodi o tiranti con micropali



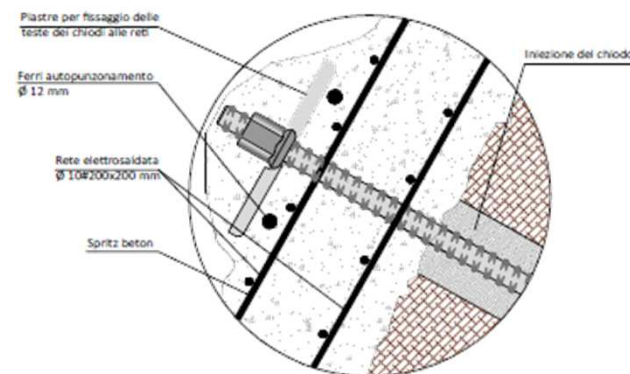
BARRE AUTOPERFORANTI

CAMPI DI IMPIEGO

- **Parete chiodata** per la stabilizzazione di scarpate in frana con ancoraggi autoperforanti e **spritz beton**



PARTICOLARE CHIODO 1:5
1:5 0 0,25 m



Particolare della
doppia rete
elettrosaldata



BARRE AUTOPERFORANTI

CAMPI DI IMPIEGO

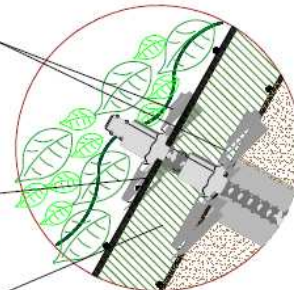
- **Pareti chiodate** per la stabilizzazione di scarpate instabili ancoraggi autoperforanti con **paramento esterno a verde**



PARTICOLARE CHIODO 1:5
1.5 0.25m

PIASTRA PER FISSAGGIO DELLE
TESTE DEI CHIODI ALLE RETI

PANNELLO DI PROFILATURA E CONTENIMENTO
COSTITUITO DA RETE "NERA" Ø8 MAGLIA 20X20 cm. RETE
ANTIDLAVAMENTO IN POLIESTERE O POLIPROPILENE
MAGLIA 1X1 cm E RETE ELETTROSALDATA ZINCATO A
CALDO Ø 6 mm MAGLIA 15x15 cm

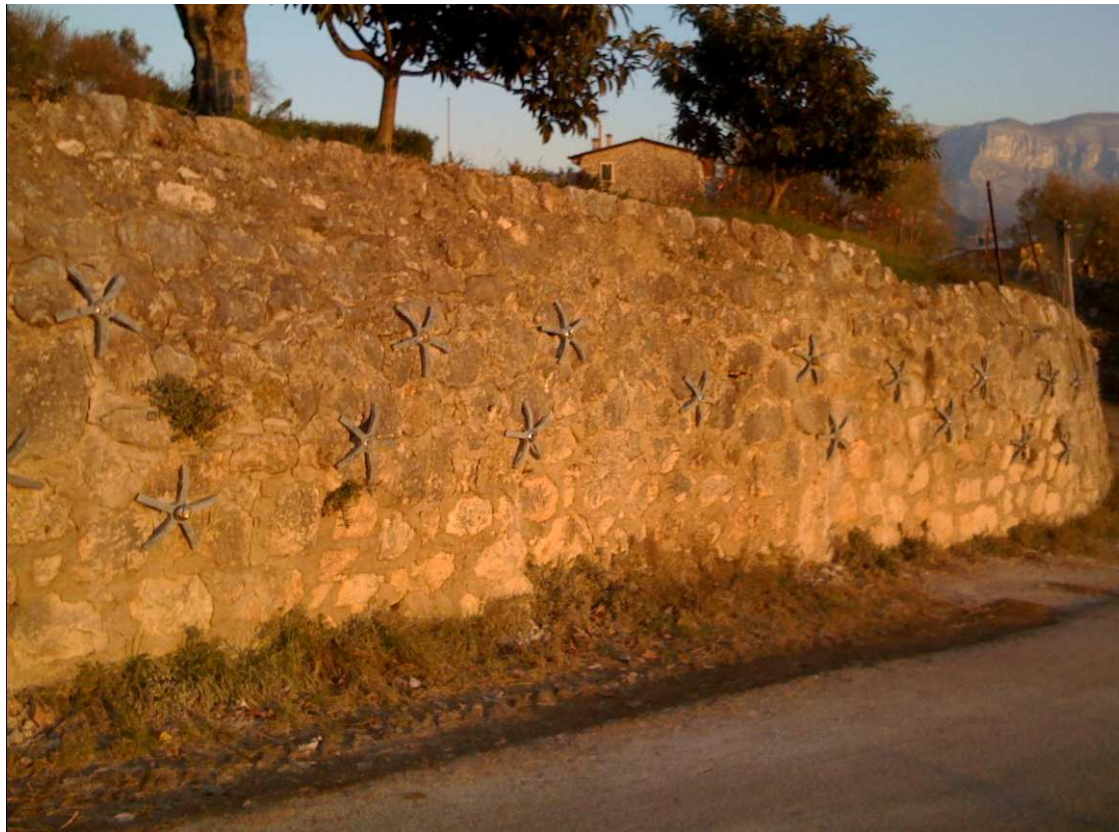


RICOSTRUZIONE DELLA COTICA VEGETALE
MEDIANTE RIPORTO DI TERRENO VEGETALE OVE
NECESSARIO ED ESECUZIONE DI IDROSEMINA

CONSOLIDAMENTO DI MURI ESISTENTI

CHIODI DI RINFORZO STRUTTURALE E GEOTECNICO

- **Barre autoperforanti** per il consolidamento di **muri in sasso** o in calcestruzzo esistenti

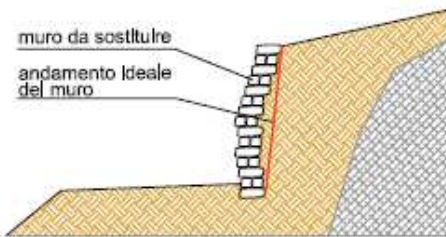


CONSOLIDAMENTO DI MURI ESISTENTI

RICOSTRUZIONE DI MURI ESISTENTI

- La tecnica autoproforante permette inoltre di **ricostruire muri esistenti in sicurezza limitando i volumi di terreno da scavare**

1 - STATO DI FATTO



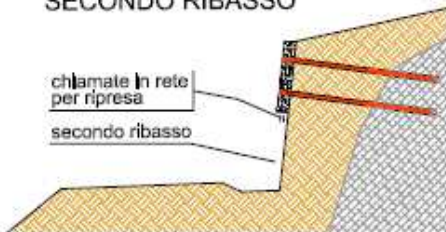
2 - DEMOLIZIONE MURO E PRIMO RIBASSO



3 - SPRITZ BETON E CHIODATURA



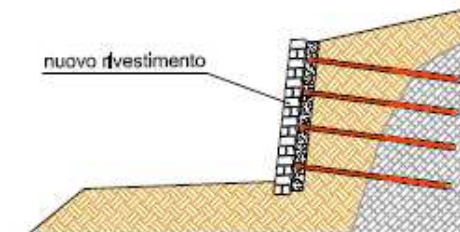
4 - DEMOLIZIONE MURO E SECONDO RIBASSO



5 - SPRITZ BETON E CHIODATURA



6 - RIVESTIMENTO PARETE



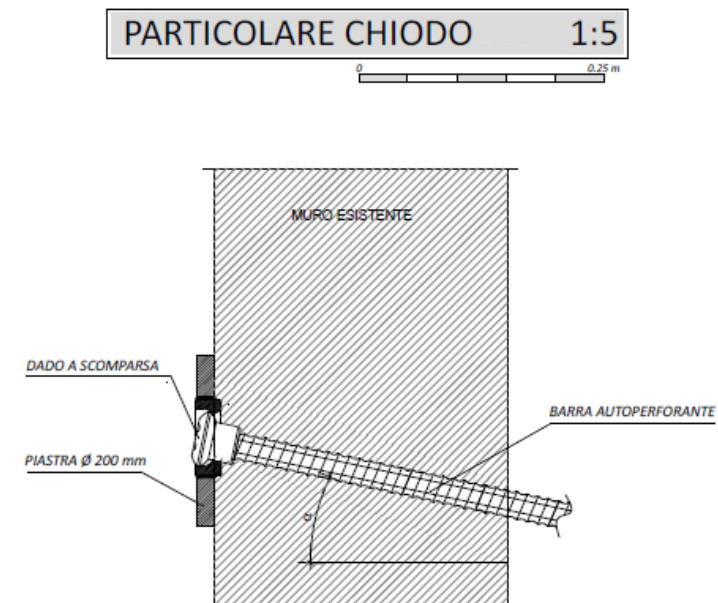
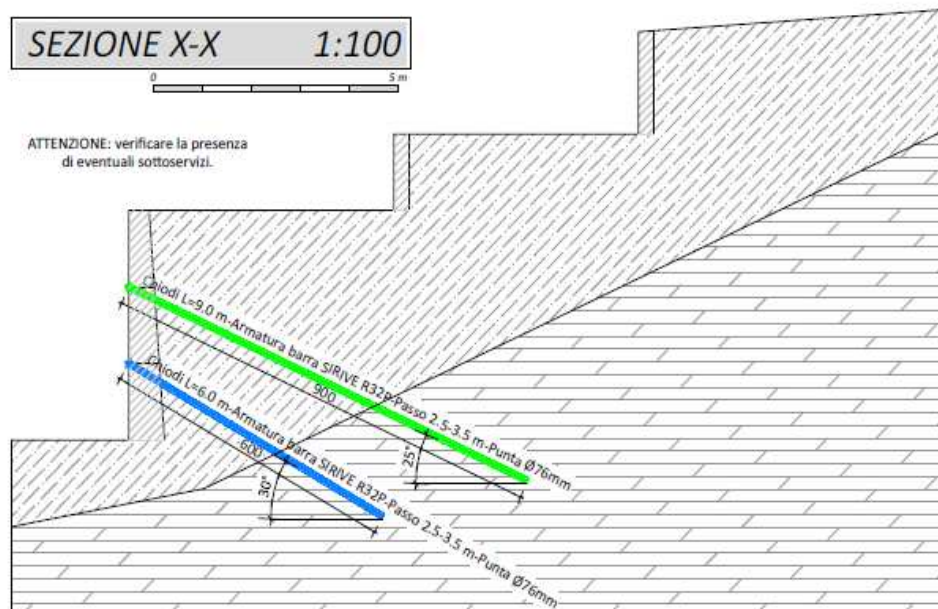
SVILUPPO PROSPETTICO - RAPPRESENTAZIONE SEQUENZA OPERATIVA PER SETTORI



CONSOLIDAMENTO DI MURI ESISTENTI

CHIODI DI RINFORZO STRUTTURALE E GEOTECNICO

- Per muri di altezza contenuta o muri sottoposti a spinte non elevate in cui si ha una condizione prossima all'equilibrio critico, l'intervento più diffuso è il **consolidamento mediante chiodi** (rapido ed economico);

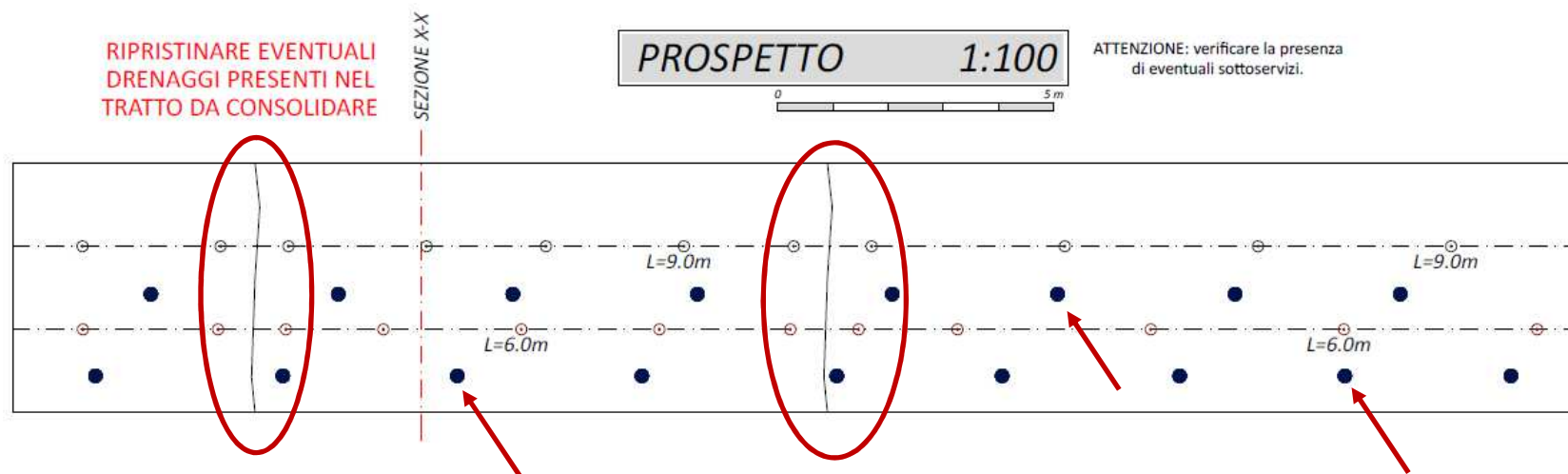


CONSOLIDAMENTO DI MURI ESISTENTI

CHIODI DI RINFORZO STRUTTURALE E GEOTECNICO

□ Nota bene:

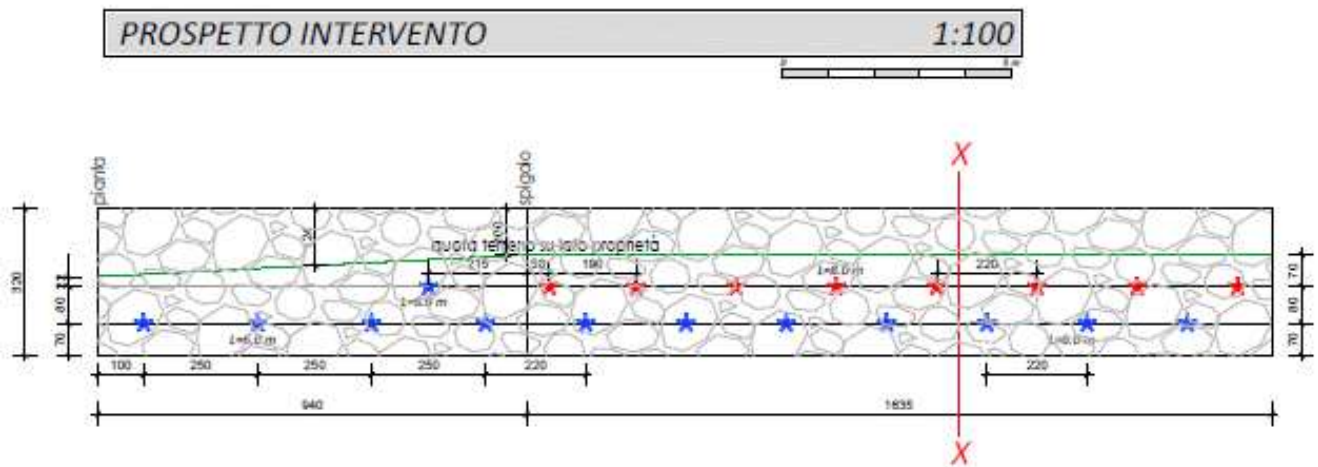
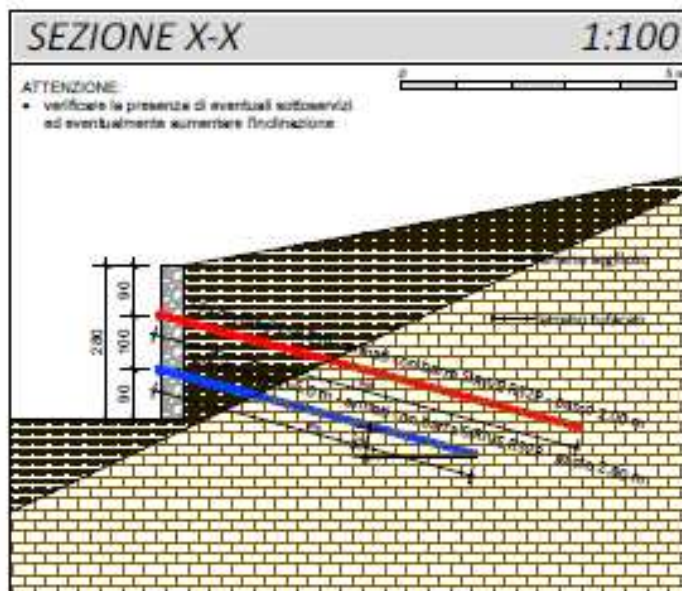
- E' buona norma tenere una distribuzione degli ancoraggi regolare a quinconce; tuttavia, in presenza di fessure di un certo rilievo si devono predisporre ancoraggi da entrambe le parti della fessura;
- Prestare molta attenzione al ripristino dei drenaggi, provvedendo alla loro realizzazione quando non sono presenti nel muro (in particolare nel caso di ricoprimento con spritz-beton).



CONSOLIDAMENTO DI MURI ESISTENTI

CHIODI DI RINFORZO STRUTTURALE E GEOTECNICO

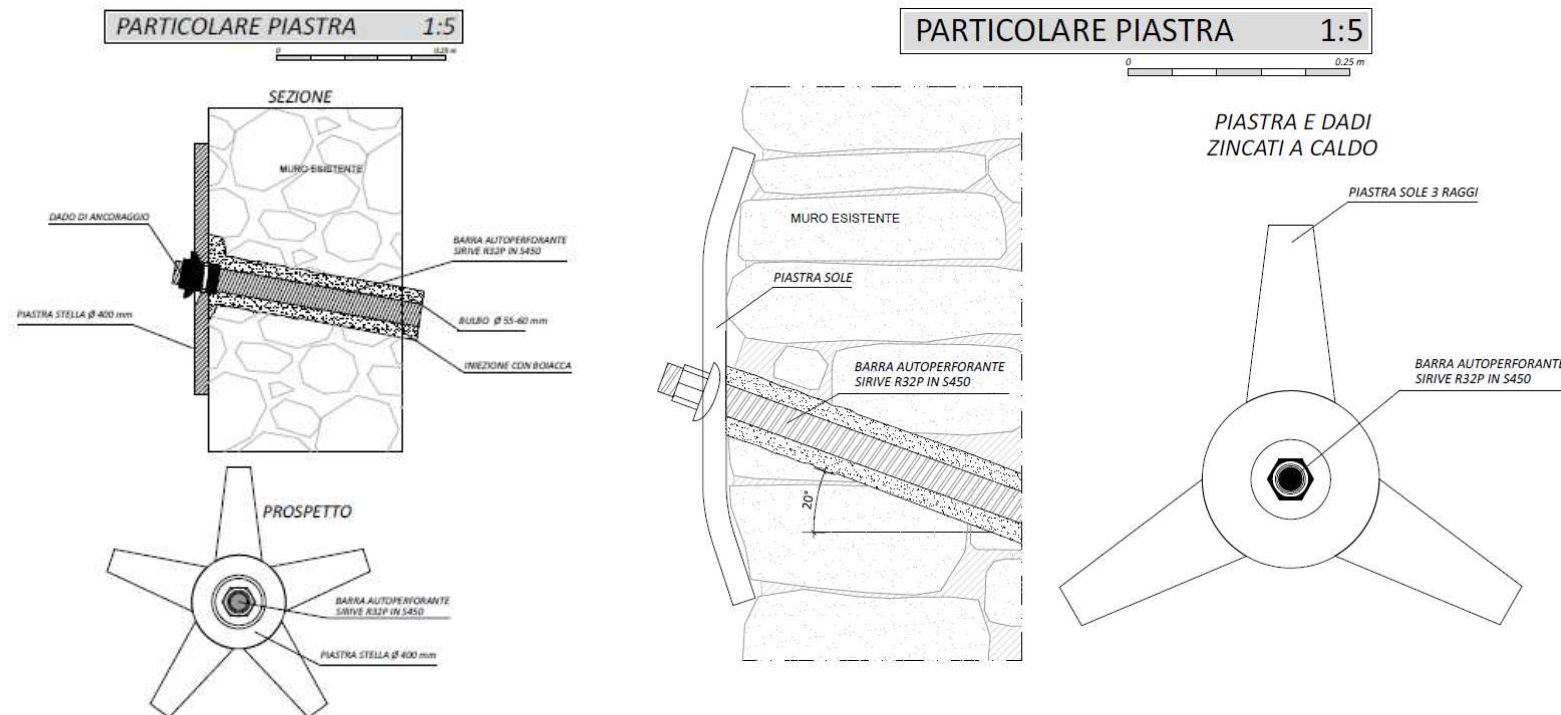
- **Lunghezza, inclinazione, armatura e punta dei chiodi** sono scelti in funzione della **geologia**, della **stratigrafia** e dei **carichi agenti**; la **maglia** viene invece scelta in funzione delle **condizioni del paramento**.



CONSOLIDAMENTO DI MURI ESISTENTI

SISTEMA DI TESTATA DEL CHIODO DI ANCORAGGIO

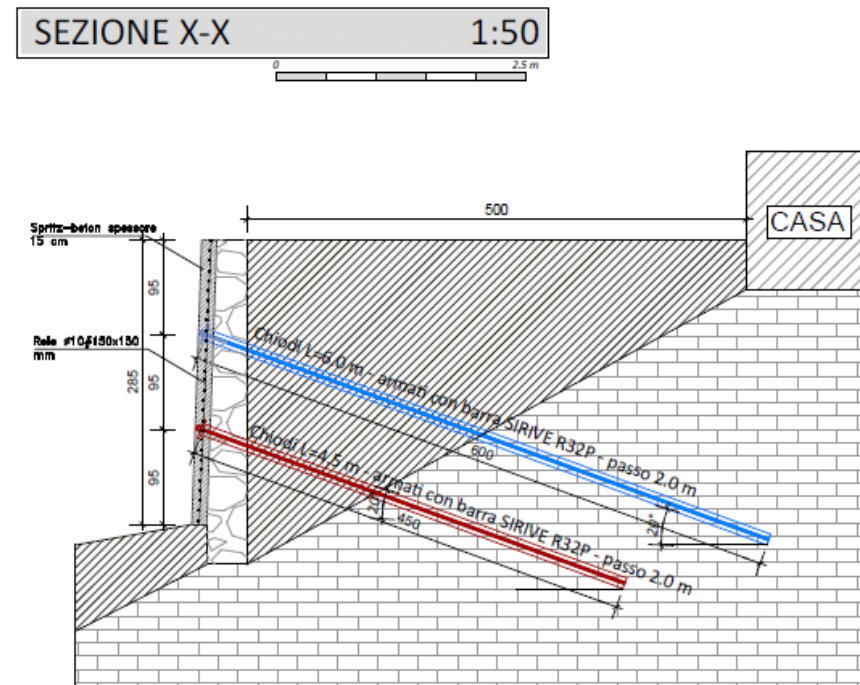
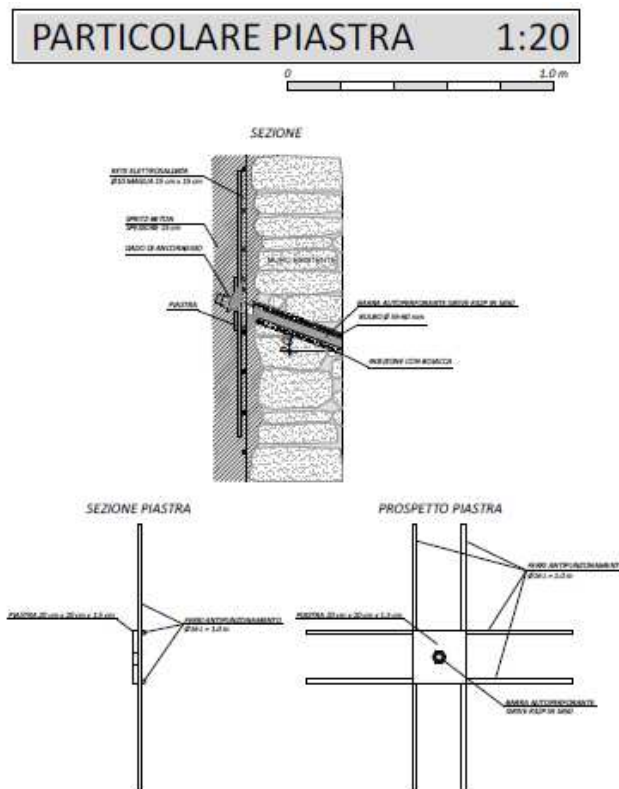
- Il collegamento chiodo-paramento si ottiene mediante piastra e dado; tutto il sistema barra-piastra-dado deve essere protetto dalla corrosione con zincatura a caldo;
- Se il paramento è costituito da pietrame di grosse dimensioni o è ben legato i chiodi vengono ancorati con piastre.



CONSOLIDAMENTO DI MURI ESISTENTI

RIVESTIMENTO DEL PARAMENTO

- Se il paramento si presenta molto ammalorato e non può garantire la funzione di «piastra», il muro viene rivestito con uno strato di **spritz-beton** armato con rete elettrosaldata.



CONSOLIDAMENTO DI MURI ESISTENTI

ESEMPIO DI INTERVENTO DI CHIODATURA MURO

- **FASE 1:** Pulizia muro, sfalcio vegetazione e preparazione pista per mezzi di perforazione.



CONSOLIDAMENTO DI MURI ESISTENTI

ESEMPIO DI INTERVENTO DI CHIODATURA MURO

- **FASE 2:** Preparazione eventuale cassero a perdere per il nuovo rivestimento e tracciamento chiodi.



CONSOLIDAMENTO DI MURI ESISTENTI

ESEMPIO DI INTERVENTO DI CHIODATURA MURO

- **FASE 3:** Installazione chiodi ed eventuali tubi microfessurati per il drenaggio dell' acqua.



CONSOLIDAMENTO DI MURI ESISTENTI

ESEMPIO DI INTERVENTO DI CHIODATURA MURO

- **FASE 4:** Esecuzione del rivestimento e dei manufatti di completamento (cordoli, cunette, guard-rail...).



CONSOLIDAMENTO DI MURI ESISTENTI

ESEMPIO DI MASCHERAMENTO DEL RIVESTIMENTO



CONSOLIDAMENTO DI MURI ESISTENTI

ESEMPIO DI MASCHERAMENTO DEL RIVESTIMENTO



CONSOLIDAMENTO DI MURI ESISTENTI

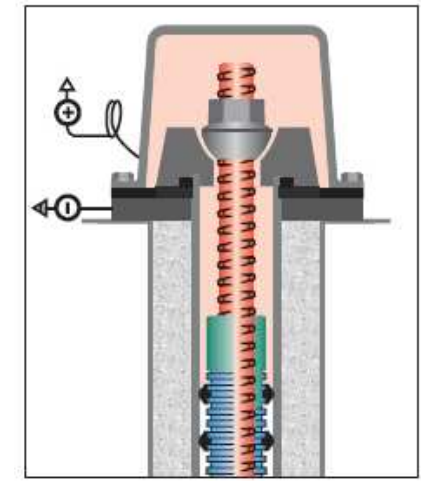
TIRANTI ATTIVI DI ANCORAGGIO

- I tiranti attivi permanenti possono essere realizzati mediante trefoli in acciaio armonico o mediante barre inguainate nei primi metri;
- In entrambi i casi la testa del tirante deve essere protetta da corrosione mediante apposito cap protettivo;
- Nel caso di tirante con trefoli si devono lasciare **sporgere i trefoli per almeno 40 cm** per permetterne la ritesatura.

CAP TIRANTI CON TREFOLI



CAP TIRANTI CON BARRA

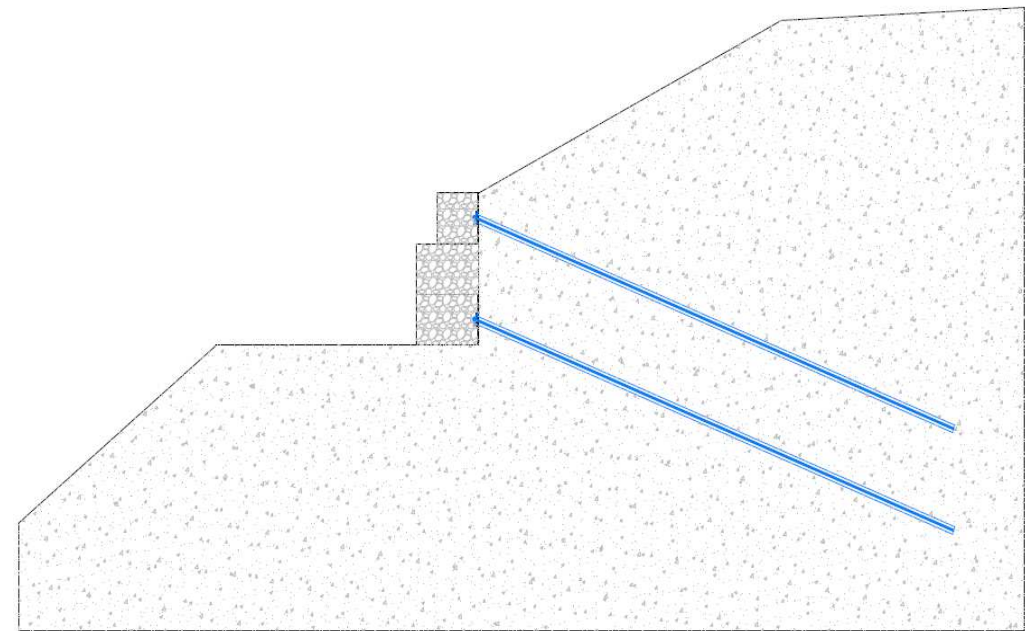


**ATTENZIONE: QUANDO SI UTILIZZANO TIRANTI ATTIVI LA
NORMATIVA PREVEDE CHE ESSI SIANO RITESABILI E SOSTITUBILI**

CONSOLIDAMENTO DI GABBIONI ESISTENTI

CHIODATURA DEI GABBIONI

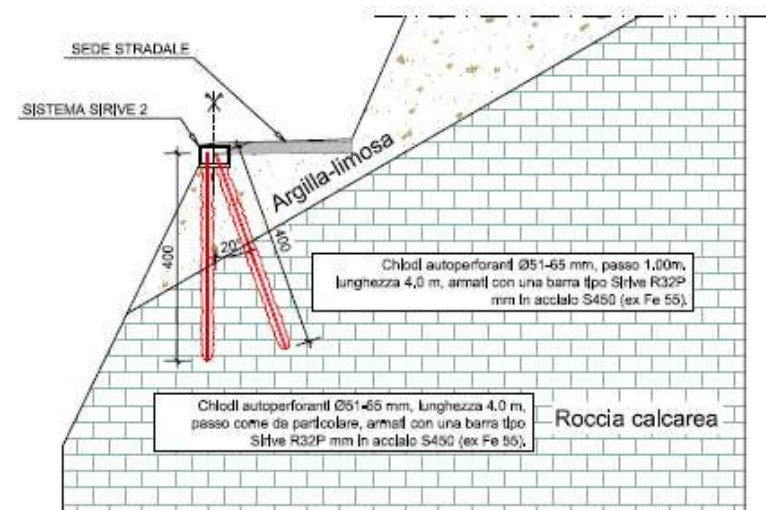
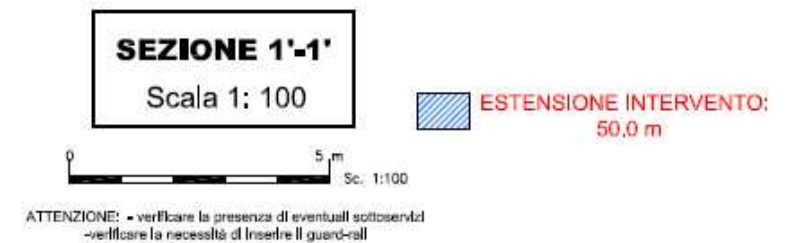
- Nel caso in cui la sola sostituzione dei gabbioni non è sufficiente perché permangono le spinte elevate o si richiede un intervento nei confronti della stabilità globale della gabbionata si possono abbinare i gabbioni ai chiodi;
- **Nota bene: il rifacimento di una gabbionata richiederebbe in ogni caso un lavoro di sbancamento a monte dei gabbioni.**



CONSOLIDAMENTO DI CIGLI STRADALI


CORDOLO SU ANCORAGGI IN BARRA (INTERVENTO TIPO SIRIVE®-2)

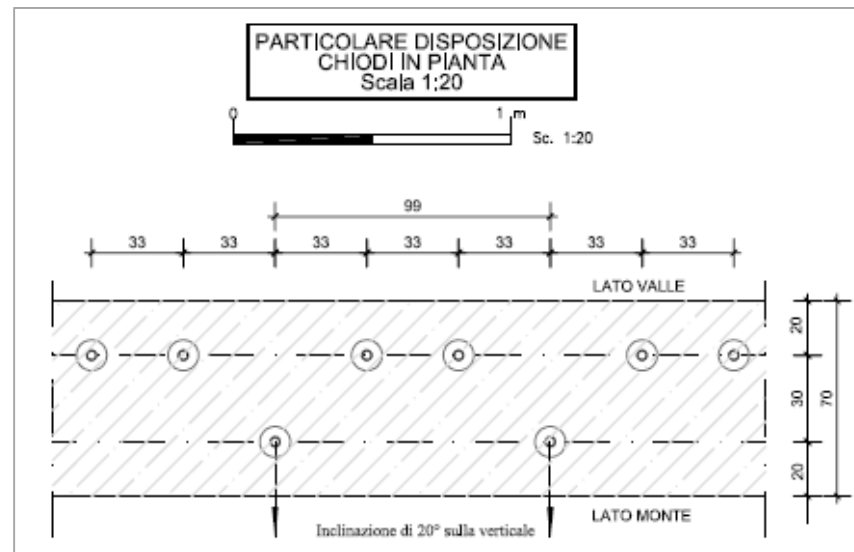
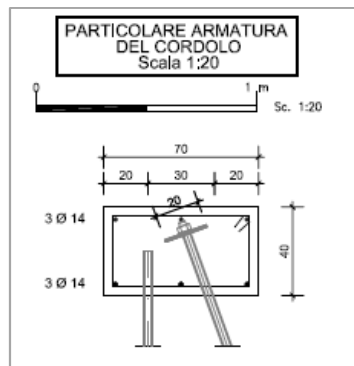
- Ancoraggi verticali e sub-verticali realizzati mediante tecnica autoperforante per il consolidamento di cigli stradali interessati da dissesti o movimenti franosi.
- I chiodi hanno la funzione di apportare un **contributo resistente a taglio** ed evitare **cedimenti verticali ed orizzontali** del cordolo e della sede stradale.
- Le sollecitazioni assiali sui chiodi sono contenute (ordine 50 kN).



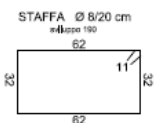
CONSOLIDAMENTO DI CIGLI STRADALI

CORDOLO SU ANCORAGGI IN BARRA (INTERVENTO TIPO SIRIVE®-2)

- Chiodo verticale = **compressione** assiale
 - Chiodo inclinato = **compressione e trazione**
- 
- **Indispensabile prevedere piastra di testa per evitare sfilamento della barra** (schema dado-piastra-dado)



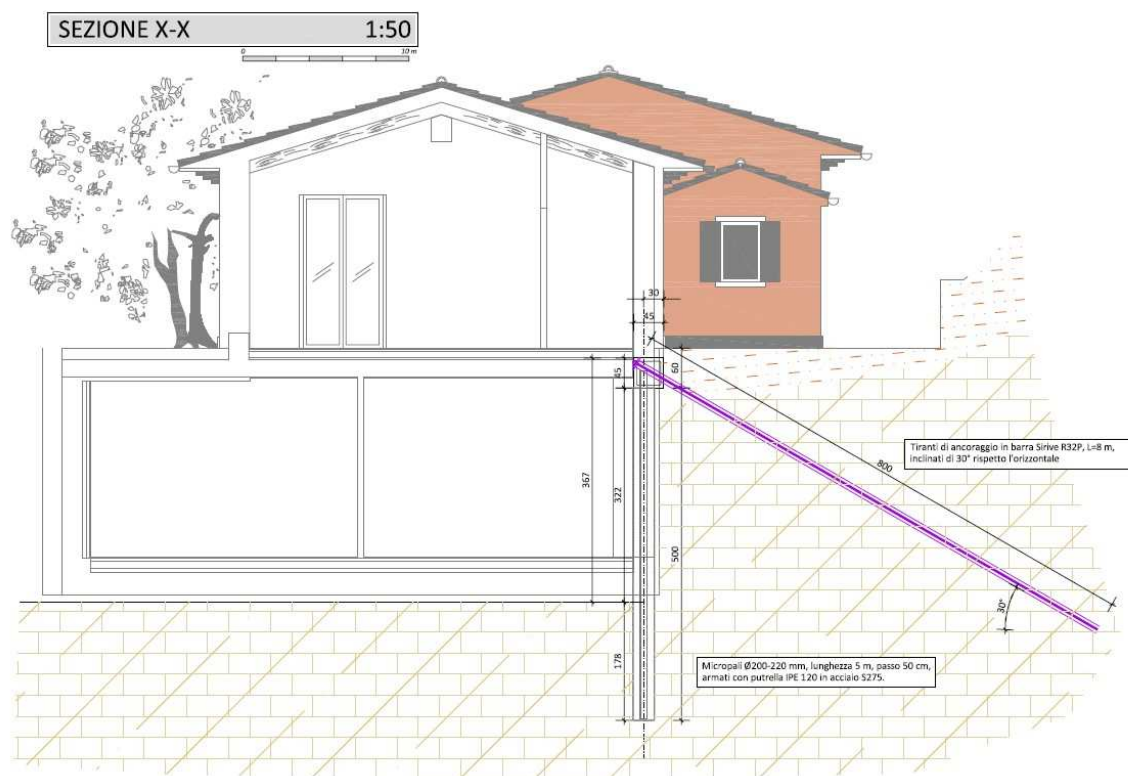
N.B. :
1) L'ESTREMITA' SUPERIORE DEL CORDOLO DEVE ESSERE IMPOSTATO AD UNA QUOTA DI CIRCA -0,10 m DAL LIVELLO STRADALE FINITO IN MODO DA PERMETTERE LA STESA DELLO STRATO DI USURA



OPERE PROVVISORIE

BERLINESI TIRANTATE CON ANCORAGGI AUTOPERFORANTI

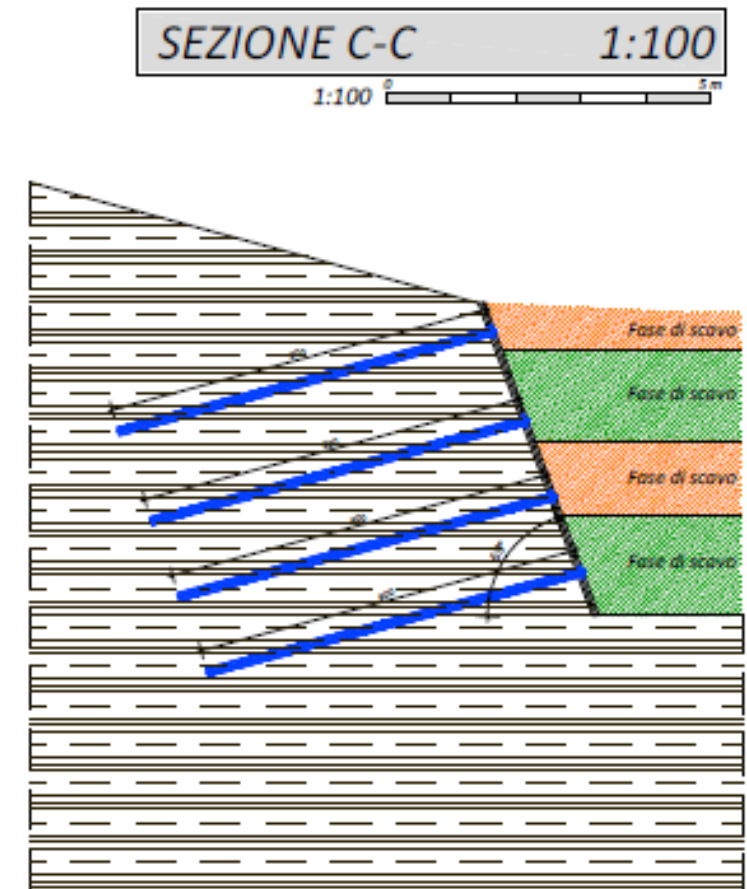
- Svolgono la loro funzione solo per il tempo necessario alla realizzazione delle opere definitive; ai fini del calcolo si possono **trascurare le azioni sismiche**.
- **BERLINESI TIRANTATE**
 - ▣ Sono ideali se ho strutture esistenti a ridosso dello scavo;
 - ▣ I **micropali** hanno passo fitto per contenere il terreno creando l'effetto arco tra palo e palo;
 - ▣ I **chiodi** sopportano le spinte orizzontali trasmettendole al terreno in profondità;
 - ▣ La macchina perforatrice per l'esecuzione dei micropali lavora dal piano campagna, quindi sono necessari degli spazi di manovra.



OPERE PROVVISORIE

SOIL NAILING

- E' un'opera deformabile quindi si possono avere cedimenti in testa;
- Viene eseguita per fasce dall'alto verso il basso, ideale per sbancamenti che si sviluppino in lunghezza;
- I chiodi sopportano le spinte orizzontali trasmettendole al terreno in profondità e garantiscono la stabilità del fronte;
- Lo strato di spritz-beton evita il detensionamento del terreno;
- L'opera ha un ingombro maggiore rispetto alla berlinese.



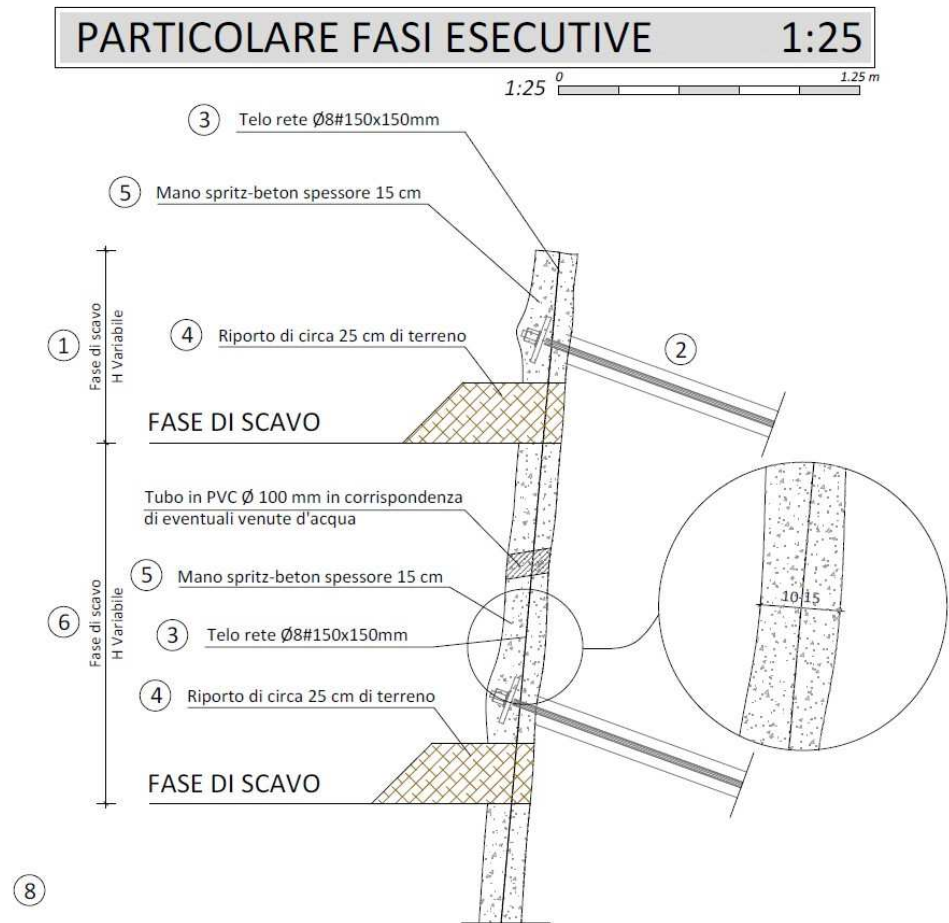
OPERE PROVVISORIE

SOIL NAILING

□ FASI ESECUTIVE

1. Scavo fino alla quota della **prima fase di scavo**;
2. Esecuzione della fila di **chiodi**;
3. Posa in opera del telo di **rete elettrosaldata**;
4. Riporto di circa **25 cm di terreno**;
5. Esecuzione dello strato di **spritz-beton**;
6. Scavo fino alla quota della **successiva fase di scavo**;
7. Ripetere le fasi precedenti (2-6) fino alla quota di **fondo scavo**;
8. Esecuzione in tempi brevi delle **strutture definitive** a ridosso della parete.

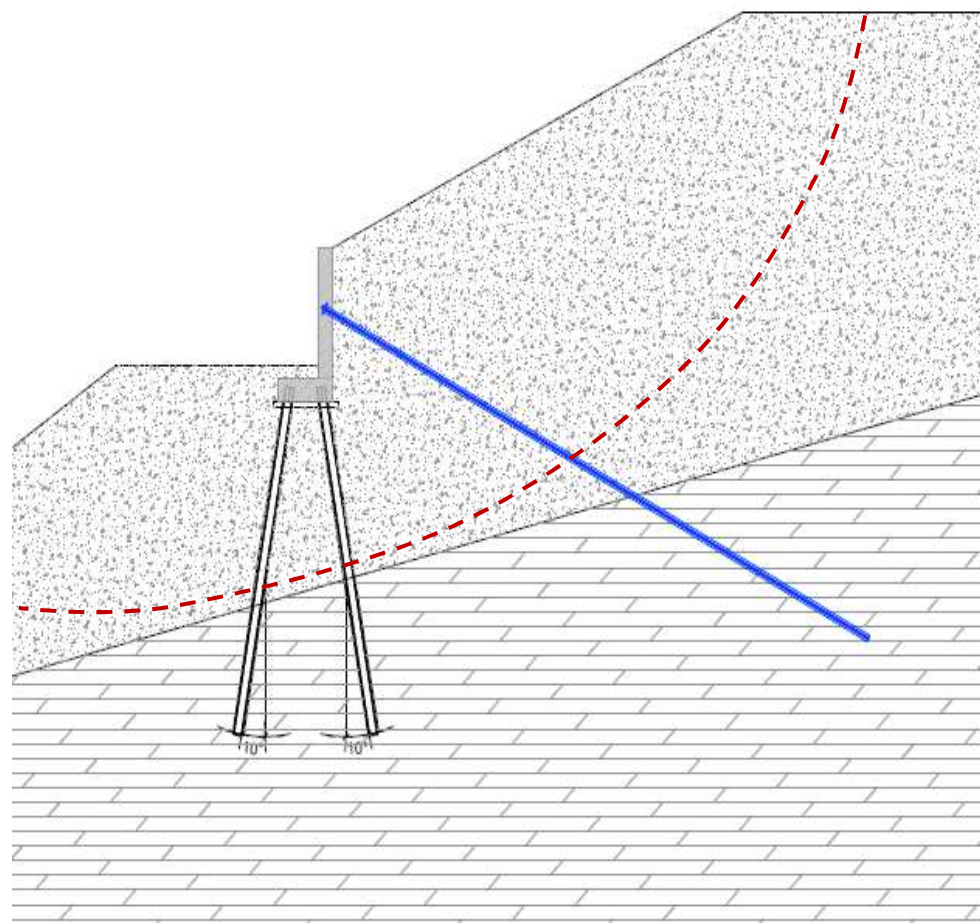
- Per creare la sovrapposizione tra le reti elettrosaldate di due fasi successive, **dopo la stesa del foglio di rete si riportano circa 25 cm di terreno a ridosso della rete prima della stesa dello spritz-beton.**



OPERE PERMANENTI

MURI ANCORATI CON TIRANTI O CHIODI AUTOPERFORANTI

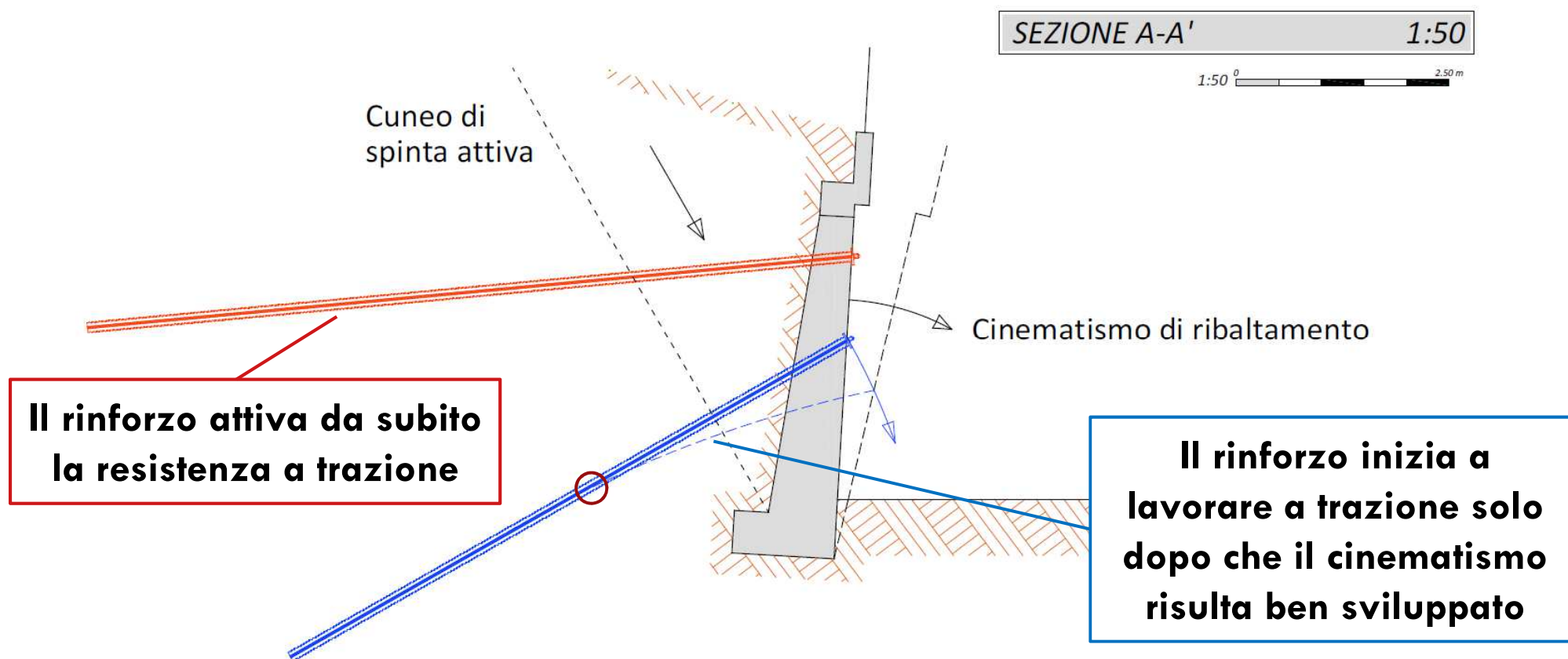
- L'uso degli ancoraggi permette di **scaricare parte delle azioni orizzontali** (taglio e momento) che agiscono in testa ai pali;
- Anche la lunghezza dei tiranti/chiodi è funzione della profondità dello strato resistente;
- I tiranti/chiodi sono **permanenti** e devono essere protetti dalla corrosione (per i chiodi cfr. durabilità e metodi di protezione in **UNI EN 14490**);
- Contribuiscono alla stabilità globale.



OPERE PERMANENTI

INCLINAZIONE DEI RINFORZI E CINEMATISMI DI ROTTURA

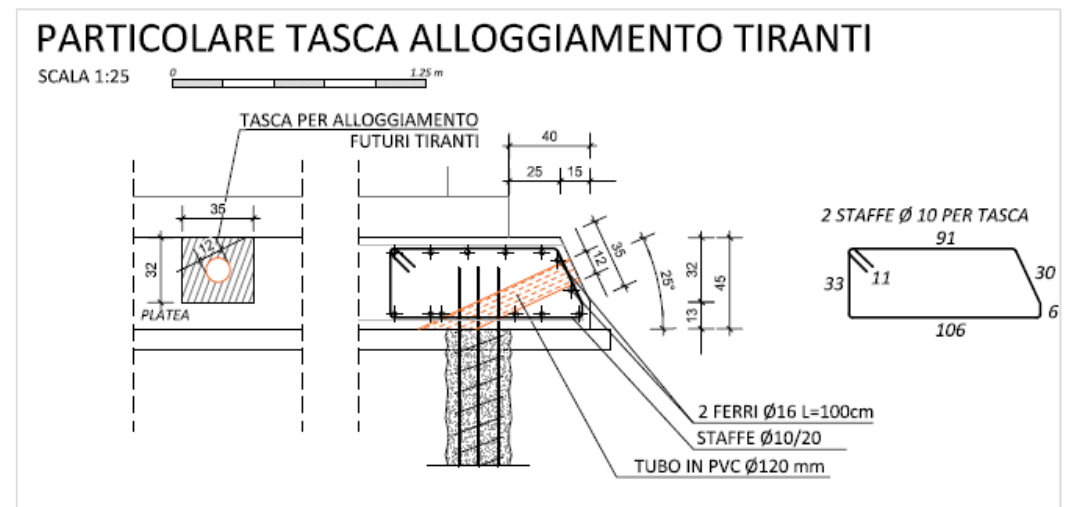
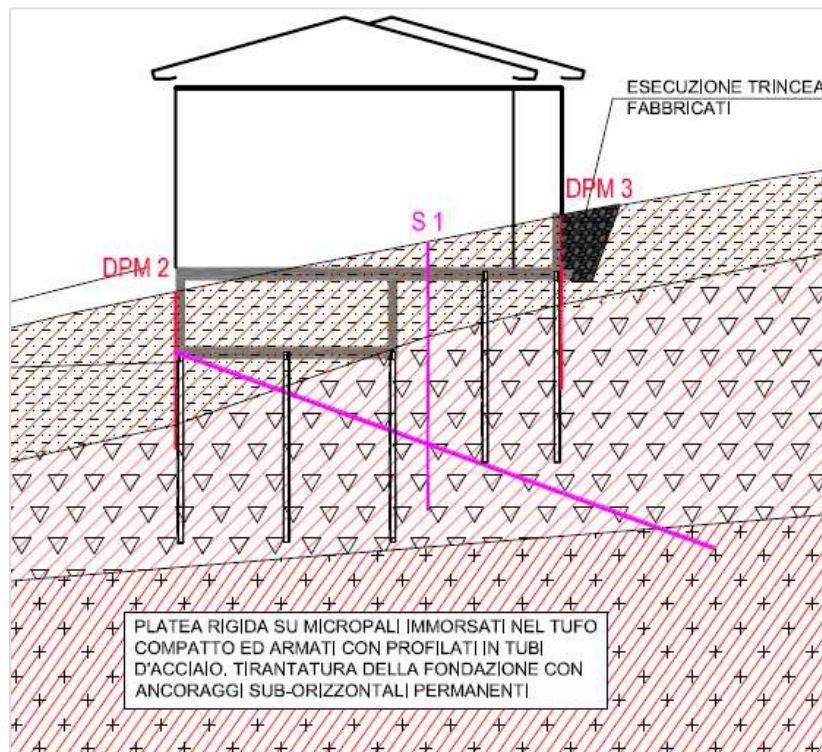
- Attenzione alla scelta dell'inclinazione dei rinforzi!



OPERE PERMANENTI

PLATEE ANCORATE

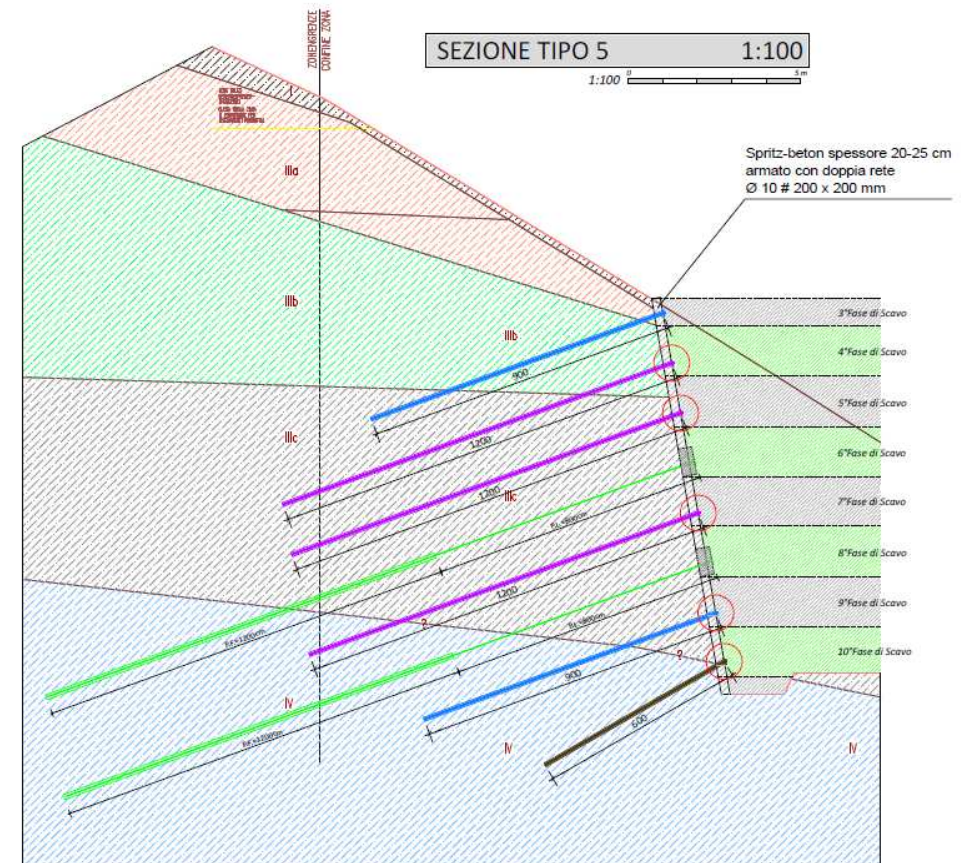
- Nel caso fabbricati (nuovi o esistenti) posizionati su versanti instabili o dove le spinte del terreno a tergo dell'opera risultano significative.



OPERE PERMANENTI

SOIL NAILING PERMANENTE

- A differenza del soil-nailing come opera provvisoria, ha chiodi permanenti, lo spritz-beton ha spessore maggiore ed è armato con doppia rete elettrosaldata per garantire la durabilità nel tempo;
- I chiodi saranno più lunghi per esigenze di portata e di cunei di spinta in maniera analoga a quanto detto per i tiranti;
- Per altezze di scavo a partire dagli 8 m circa si inseriscono file di tiranti attivi per creare dei punti fermi nei confronti delle deformazioni.



OPERE PERMANENTI

SOIL NAILING PERMANENTE



OPERE PERMANENTI

SOIL NAILING PERMANENTE

- **La densità di chiodi può variare da 1,5 m/mq a 3-4 m/mq a seconda del tipo di terreno.** Per densità maggiori risulta conveniente una berlinese tirantata. Solitamente il passo orizzontale va da 1,5 a 3 m e quello verticale da 1 a 1,5 m a seconda del grado di autosostentamento del terreno nella fase di scavo.



OPERE PERMANENTI

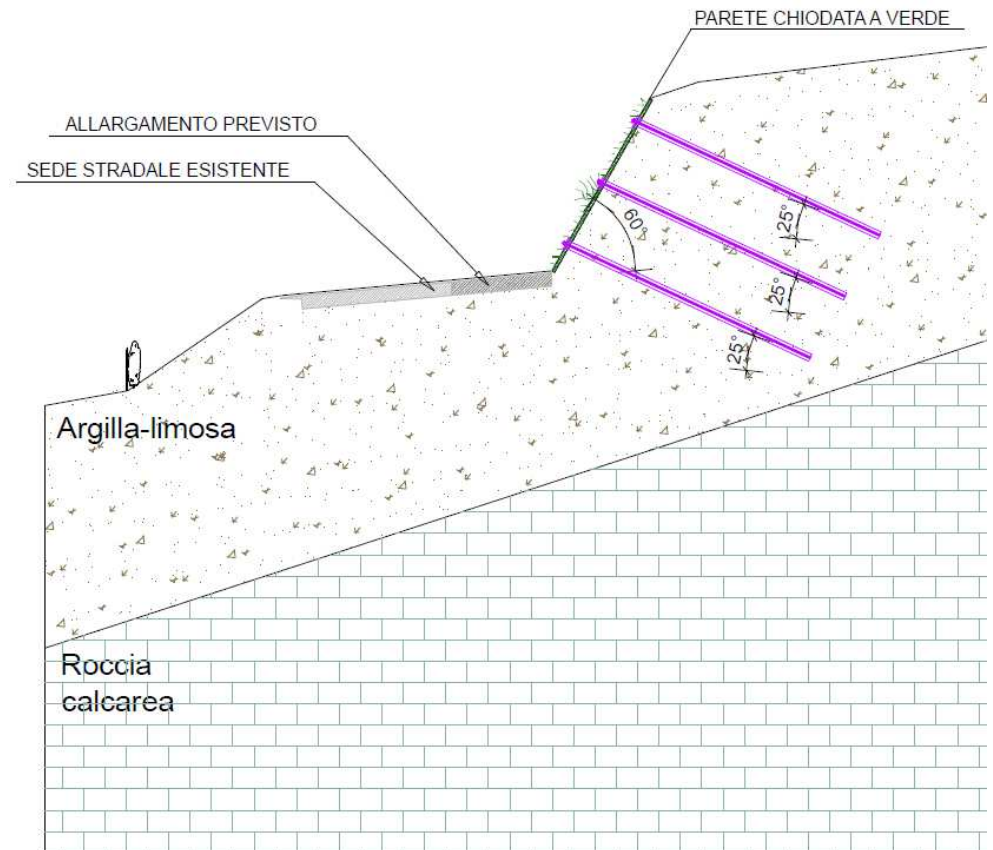
SOIL NAILING PERMANENTE



OPERE PERMANENTI

SOIL NAILING PERMANENTE CON PARAMENTO A VERDE

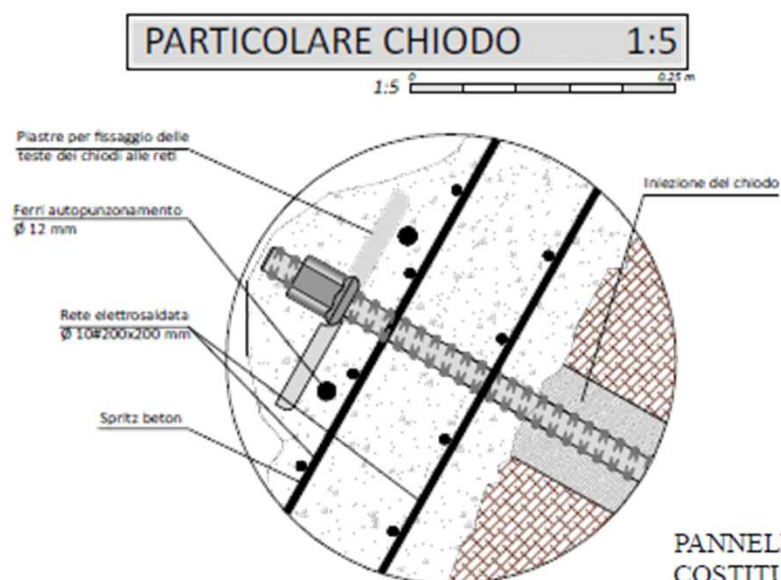
- Il **soil-nailing con paramento a verde** sostituisce lo spritz-beton con un pacchetto di reti elettrosaldate e geogriglia che, previa idrosemina, permette di ricoprire con elementi vegetali il fronte di scavo;
- La posizione dell'opera deve essere favorevole alla crescita della vegetazione;
- La maglia dei chiodi è più fitta rispetto al classico soil-nailing per limitare lo spancimento delle reti tra chiodo e chiodo;
- Il fronte di scavo ha **pendenza massima di 60°** per permettere alla vegetazione di attecchire.



OPERE PERMANENTI

SOIL NAILING PERMANENTE CON PARAMENTO A VERDE

- La differenza principale è il **paramento**:



SPRITZ-BETON vs

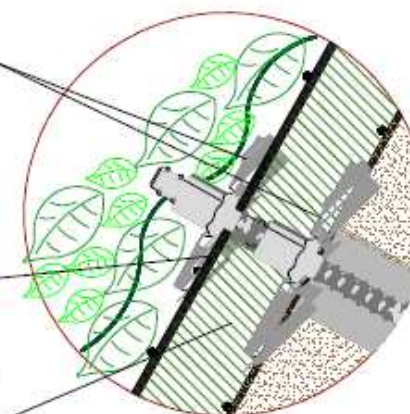
PARAMENTO A VERDE



PIASTRA PER FISSAGGIO DELLE
TESTE DEI CHIODI ALLE RETI

PANNELLO DI PROFILATURA E CONTENIMENTO
COSTITUITO DA RETE "NERA" Ø8 MAGLIA 20X20 cm, RETE
ANTIDILAVAMENTO IN POLIESTERE O POLIPROPILENE
MAGLIA 1X1 cm E RETE ELETTRISALDATA ZINCATA A
CALDO Ø 6 mm MAGLIA 15x15 cm

RICOSTRUZIONE DELLA COTICA VEGETALE
MEDIANTE RIPORTO DI TERRENO VEGETALE OVE
NECESSARIO ED ESECUZIONE DI IDROSEMINA



OPERE PERMANENTI

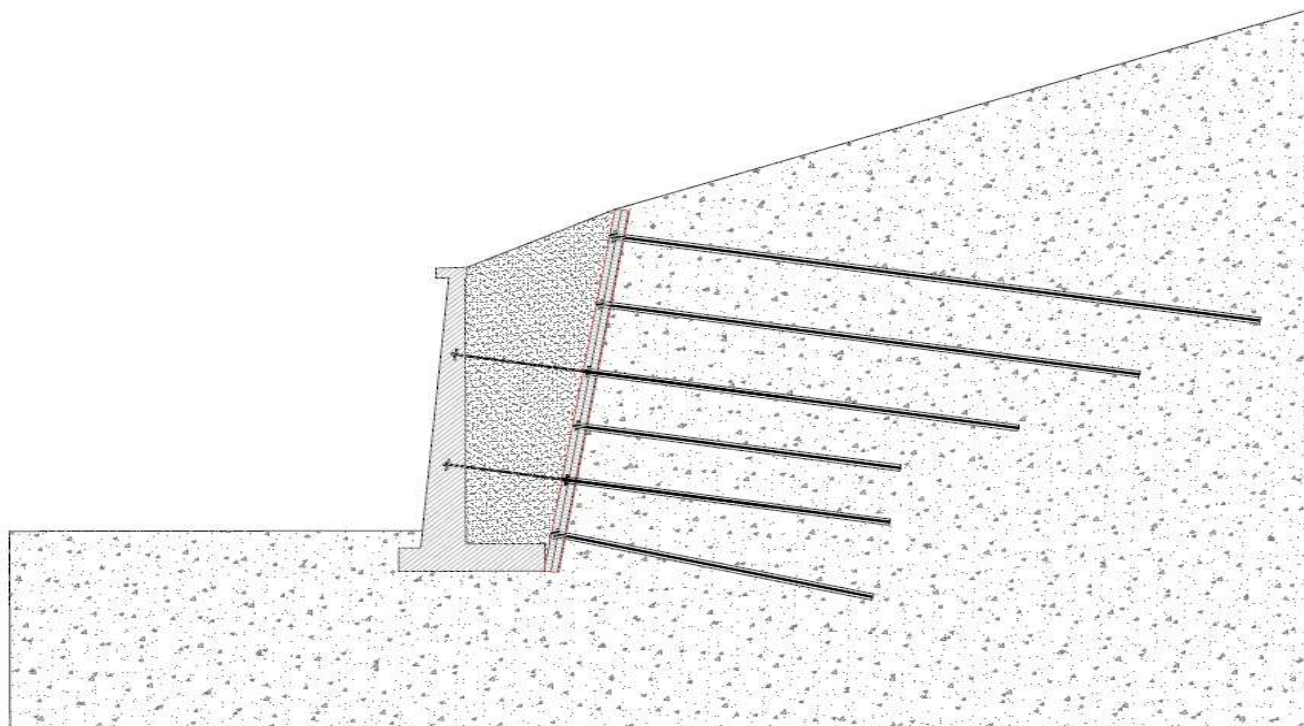
SOIL NAILING PERMANENTE CON PARAMENTO A VERDE



OPERE PERMANENTI

SOIL NAILING PERMANENTE CON SOLUZIONE MISTA

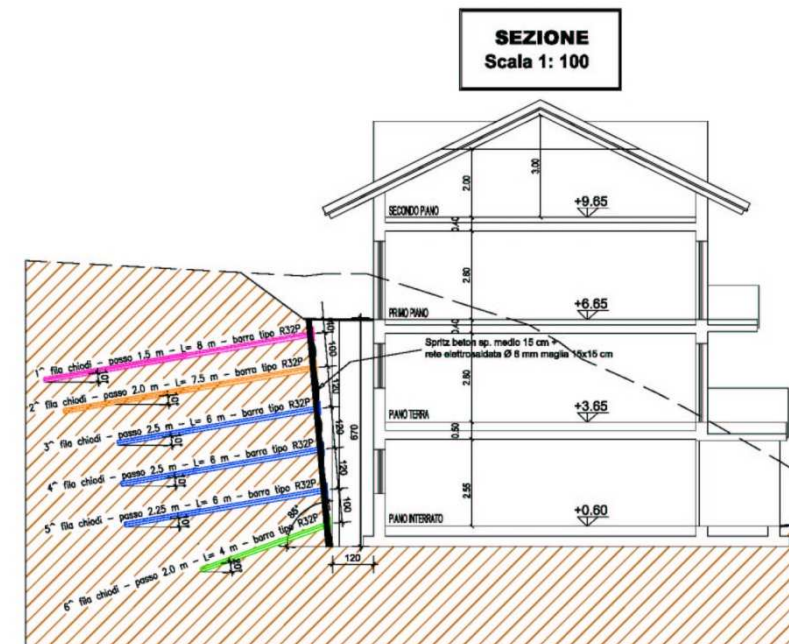
- Il soil-nailing è una tecnica versatile che permette anche di ottenere **soluzioni miste**: si possono infatti prolungare alcuni ancoraggi dell'opera **provvisoria** ed utilizzarli come ancoraggi **permanenti** del nuovo muro.



OPERE PERMANENTI

SOIL NAILING PERMANENTE CON SOLUZIONE MISTA

- Vicino all'edificio: **berlinese con tiranti attivi**
- Lontano dall'edificio: **parete chiodata passiva**



OPERE PERMANENTI

SOIL NAILING PERMANENTE CON SOLUZIONE MISTA

- Chiodi passivi e tiranti attivi a file alternate



ANCORAGGI AUTOPERFORANTI

CAMPI DI APPLICAZIONE

□ CONCLUSIONI

- Gli ancoraggi autoperforanti (chiodature), così come gli ancoraggi attivi, hanno la funzione di contrastare le spinte orizzontali del terreno agenti sulle opere di ingegneria civile.
- Svolgono una funzione di **resistenza a taglio e cucitura** lungo la superficie di rottura negli interventi di stabilizzazione di versante.
- Hanno funzione di **messa in sicurezza di scarpate rocciose o ammassi instabili**.
- Sono molto utili per il ripristino delle funzionalità strutturali e geotecniche di **opere esistenti ammalorate**.
- Laddove applicabili, gli ancoraggi con autoperforanti rappresentano una **tecnica rapida ed economica** che offre numerosi vantaggi.

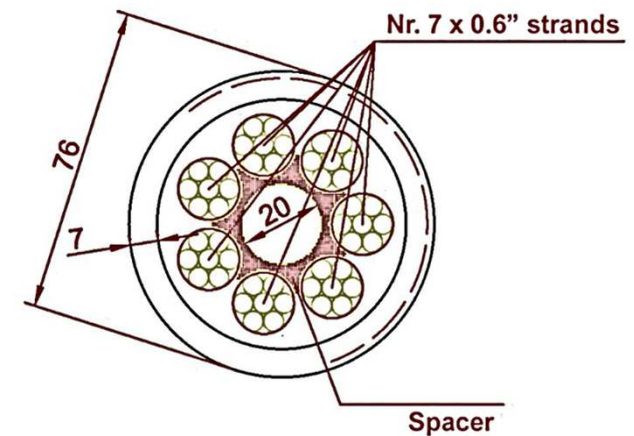
RICERCA E SVILUPPO SIRIVE®

Quali strategie per l'ulteriore sviluppo della tecnologia autoperforante?

RICERCA E SVILUPPO SIRIVE®

QUALI STRATEGIE?

- Quali strategie per l'ulteriore sviluppo delle barre autoperforanti?
 1. **Abbinare** la tecnologia autoperforanti con altri materiali e/o tecniche:
 - Barra autoperforante + trefoli = **Ancoraggio Composito Sirive®**



RICERCA E SVILUPPO SIRIVE®

ANCORAGGIO COMPOSITO SIRIVE®

Scheda:

**Ancoraggio
Composito
Sirive®**

- Obiettivi:
 - ▣ **Stato limite di esercizio:** aumentare il carico ammissibile a parità di allungamento in dominio elastico;
 - ▣ **Stato limite ultimo:** diminuire le deformazioni plastiche a parità di allungamento.

BARRA AUTOPERFORANTE + TREFOLI = ANCORAGGIO COMPOSITO SIRIVE®



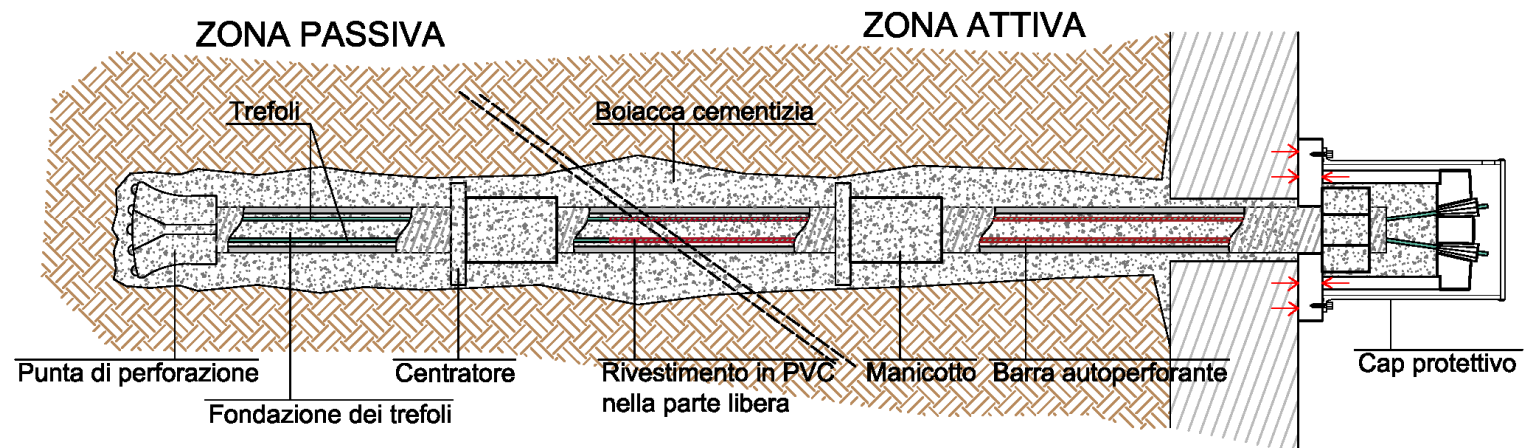
RICERCA E SVILUPPO SIRIVE®

ANCORAGGIO COMPOSITO SIRIVE®

Scheda:

Ancoraggio
Composito
Sirive®

- Sono possibili **5 varianti** nello schema di installazione, con **ancoraggio attivo o passivo**



RICERCA E SVILUPPO SIRIVE®

ANCORAGGIO COMPOSITO SIRIVE®

Scheda:

Ancoraggio Composito Sirive®

DESCRIZIONE	COSTO [€/metro]		
	Barra autoperforante	Ancoraggio a trefoli (12 trefoli Ø 0,6")	Barra composita Ø 76 sp. 8 + 8 trefoli Ø 0,6"
Barra acciaio Fe55, sezione 1800 mm ²			21.06
Nr. 8 trefoli, diametro 0.6"			8.00
Barra acciaio Fe55, sezione 5455 mm ²	63.83		
Nr. 12 trefoli, diametro 0.6"		12.00	
Accessori e confezionamento	67.00	69.00	42.85
Subtotale costi di produzione	130.83	81.00	71.91
Costi generali: 8%	10.47	6.48	5.75
Subtotale	141.30	87.48	77.66
Utile impresa: 30%	42.39	26.24	23.30
COSTO TOTALE	183.69	113.72	100.96
Risparmio con barra composita%	45.0	11.2	-

Confronto del costo dei tre sistemi di ancoraggio alternativi
per una resistenza a rottura di 3000 kN.

RICERCA E SVILUPPO SIRIVE®

ANCORAGGIO COMPOSITO SIRIVE®

Scheda:

Ancoraggio Composito Sirive®

Vantaggi dell'Ancoraggio Composito Sirive®:

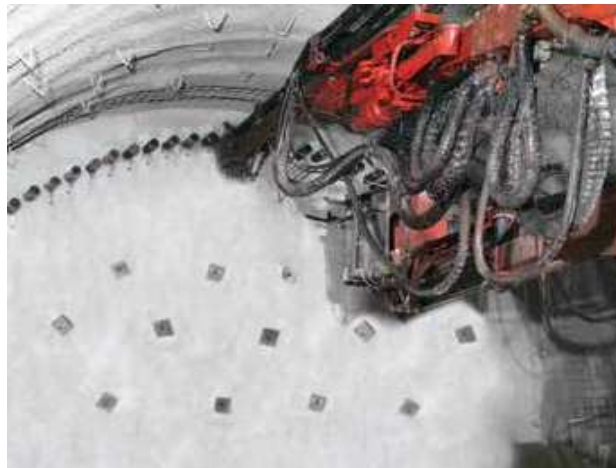
- ❑ **Minor costo** a parità di caratteristiche meccaniche;
- ❑ Alti carichi di rottura e basse deformazioni in esercizio;
- ❑ **Durabilità** (minore fessurazione, maggiore protezione a corrosione);
- ❑ Semplicità di **trasporto** e **velocità di esecuzione**;
- ❑ Lunghezza di ancoraggio **adattabile** alle diverse condizioni geologico-geotecniche presenti in sito;
- ❑ Maggiore **inerzia flessionale** e **continuità** data dal trefolo al rinforzo completo (miglioramento rispetto al solo manicotto).



RICERCA E SVILUPPO SIRIVE®

QUALI STRATEGIE?

- Quali strategie per l'ulteriore sviluppo delle barre autoperforanti?
 1. **Abbinare** la tecnologia autoperforante con altri materiali e/o tecniche:
 - Sistema autoperforante + dreno = **Sirive® Tubodrain**



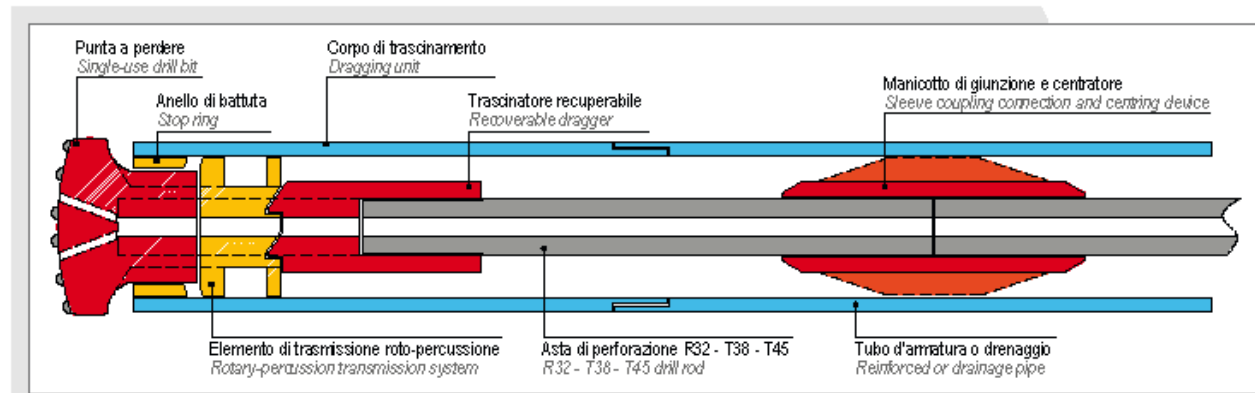
RICERCA E SVILUPPO SIRIVE®

TUBODRAIN SIRIVE®

Scheda:

Tubodrain
Sirive®

- Dreno autoperforante composto da un **tubo forato in acciaio di diametro compreso tra 60 e 90 mm**, zincato a caldo o in acciaio inox.
- E' posto in opera dalla **stessa unità di perforazione che si impiega per le barre autoperforanti**.
- Il dreno è costituito da una **speciale testa di perforazione a perdere**, che comprende una **punta perforante** (in acciaio per terreni duri, o in widia per rocce) e un **sistema di trascinamento del tubo drenante**.



RICERCA E SVILUPPO SIRIVE®

TUBODRAIN SIRIVE®

Scheda:

**Tubodrain
Sirive®**

Vantaggi del Tubodrain Sirive®:

- **Rapidità di esecuzione;**
- Elevata **durabilità**, data dalla migliore connessione tra elementi **modulari filettati;**
- **Manutenzione** e pulizia periodica sempre garantita grazie al tubo metallico;
- Possibilità di impiego accessorio ad altre tecniche, specie se per l'installazione vengono impiegati gli stessi macchinari già presenti in cantiere.



RICERCA E SVILUPPO SIRIVE®

QUALI STRATEGIE?

- Quali strategie per l'ulteriore sviluppo delle barre autoperforanti?
 1. **Abbinare** la tecnologia autoperforanti con altri materiali e/o tecniche:
 - Barra autoperforante + rete = **Sistema Integrato Sirive®-1**



RICERCA E SVILUPPO SIRIVE®

QUALI STRATEGIE?

- Quali strategie per l'ulteriore sviluppo delle barre autoperforanti?
 1. **Abbinare** la tecnologia autoperforanti con altri materiali e/o tecniche:
 - Barra autoperforante + gabbione = **Supergabion ancorato Sirive®**



RICERCA E SVILUPPO SIRIVE®

QUALI STRATEGIE?

- Quali strategie per l'ulteriore sviluppo delle barre autoperforanti?
 1. **Abbinare** la tecnologia autoperforanti con altri materiali e/o tecniche:
 - Barra autoperforante + geogriglia = **Terre rinforzate ancorate Sirive®**



RICERCA E SVILUPPO SIRIVE®

QUALI STRATEGIE?

□ Quali strategie per l'ulteriore sviluppo delle barre autoperforanti?

2. **Innovazione nell'approccio** alla soluzione di problemi complessi:

- Frane/colate: tecniche rigide tradizionali vs tecniche flessibili = **Ancoraggio Flottante Sirive®**



RICERCA E SVILUPPO SIRIVE®

ANCORAGGIO FLOTTANTE SIRIVE®

Scheda:

**Ancoraggio
Flottante
Sirive®**

- Installazione di singole barre di ancoraggio in acciaio secondo una geometria **discontinua** che si adatta alla morfologia del pendio
- Rinforzi **passivi** (non pretensionati), che **riducono per attrito le tensioni tangenziali mobilitate dal movimento del versante**
- Barre **autoperforanti**: semplicità e velocità di esecuzione, incremento del diametro reso del bulbo cementato, basso costo



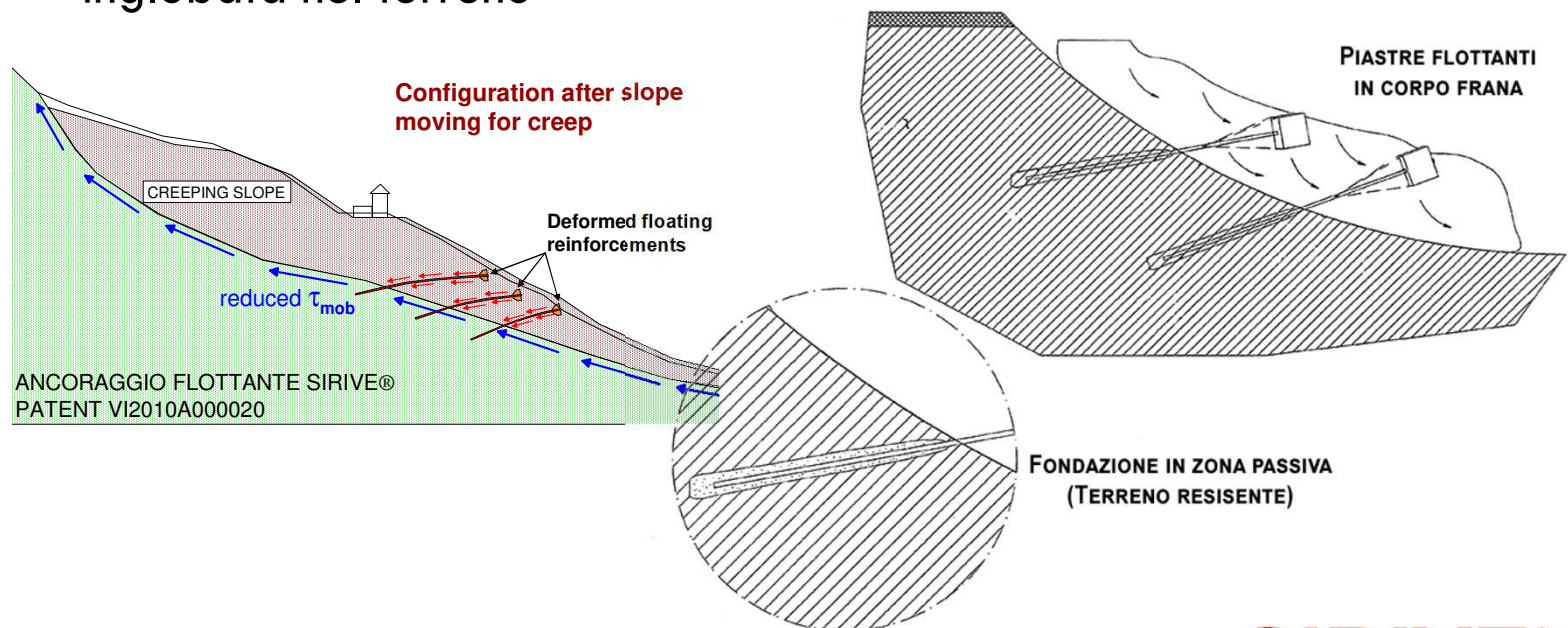
RICERCA E SVILUPPO SIRIVE®

ANCORAGGIO FLOTTANTE SIRIVE®

Scheda:

Ancoraggio Flottante Sirive®

- Piastra esterna (**elemento flottante**) + ancoraggio passivo cementato lungo tutto il profilo
- L'insieme è un **dissipatore di energia per attrito** che si attiva all'interno del terreno (mezzo viscoso) in movimento
- Se il pendio si deforma e il terreno si sposta, la piastra può essere inglobata nel terreno



RICERCA E SVILUPPO SIRIVE®

ANCORAGGIO FLOTTANTE SIRIVE®

Scheda:

**Ancoraggio
Flottante
Sirive®**

- Attivazione del sistema con spostamenti relativi all'interfaccia terreno-superficie esterna dell'ancoraggio:
 - ▣ **Stabilizzazione completa** del versante: la tensione nei rinforzi resta inferiore alla massima disponibile
 - ▣ **Rallentamento**: completa attivazione della massima resistenza disponibile, senza rottura strutturale, continuando ad esplicare l'azione stabilizzante



RICERCA E SVILUPPO SIRIVE®

ANCORAGGIO FLOTTANTE SIRIVE®

Scheda:

Ancoraggio
Flottante
Sirive®

La tecnica dell'Ancoraggio Flottante Sirive®:

- **Elementi di rinforzo puntuali**, progettati e posti in opera per assorbire ciascuno una data quantità di tensioni tangenziali.
- **Forza totale esplicabile** limitata superiormente:

$$Q_a = Q_p + \int_L \pi D \tau_u dx$$

Forza di testa
(piastra)

Attrito laterale
(barra passiva)



RICERCA E SVILUPPO SIRIVE®

ANCORAGGIO FLOTTANTE SIRIVE®

Scheda:

Ancoraggio
Flottante
Sirive®

Vantaggi dell'Ancoraggio Flottante Sirive®:

- Tecnica **flessibile**
- **Modularità** con possibilità di calibrazione dell'intervento in corso d'opera
- **Facilità e rapidità** di trasporto e installazione
- **Durabilità** (minore fessurazione, maggiore protezione a corrosione)
- **Basso impatto ambientale** (rapporto di ricoprimento di facciata pari a circa 5-6%)
- **Basso costo**



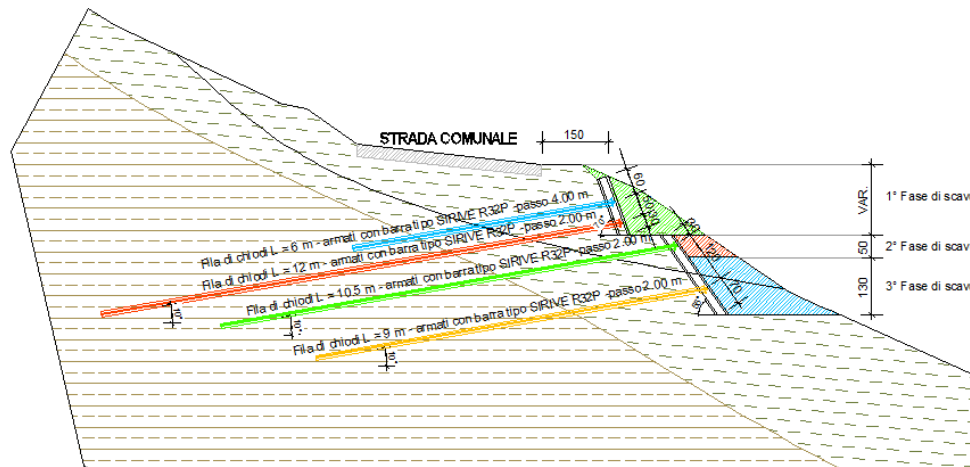
RICERCA E SVILUPPO SIRIVE®

QUALI STRATEGIE?

□ Quali strategie per l'ulteriore sviluppo delle barre autopercoranti?

2. **Innovazione nell'approccio** alla soluzione di problemi complessi:

- Piccoli smottamenti/frane: tecniche rigide tradizionali vs tecniche flessibili
= **Parete Flottante Sirive®**



Gli ancoraggi sono passivi, quindi affinché l'intervento entri in funzione deve svilupparsi la spinta attiva del terreno a tergo del muro.

Pertanto si devono accettare delle

PICCOLE DEFORMAZIONI A MONTE

RICERCA E SVILUPPO SIRIVE®

QUALI STRATEGIE?

□ Quali strategie per l'ulteriore sviluppo delle barre autoperforanti?

2. **Innovazione nell'approccio** alla soluzione di problemi complessi:

- Costruzione/allargamento sede stradale per conci progressivi = **Sirive® Progressive Road System (PRS)**

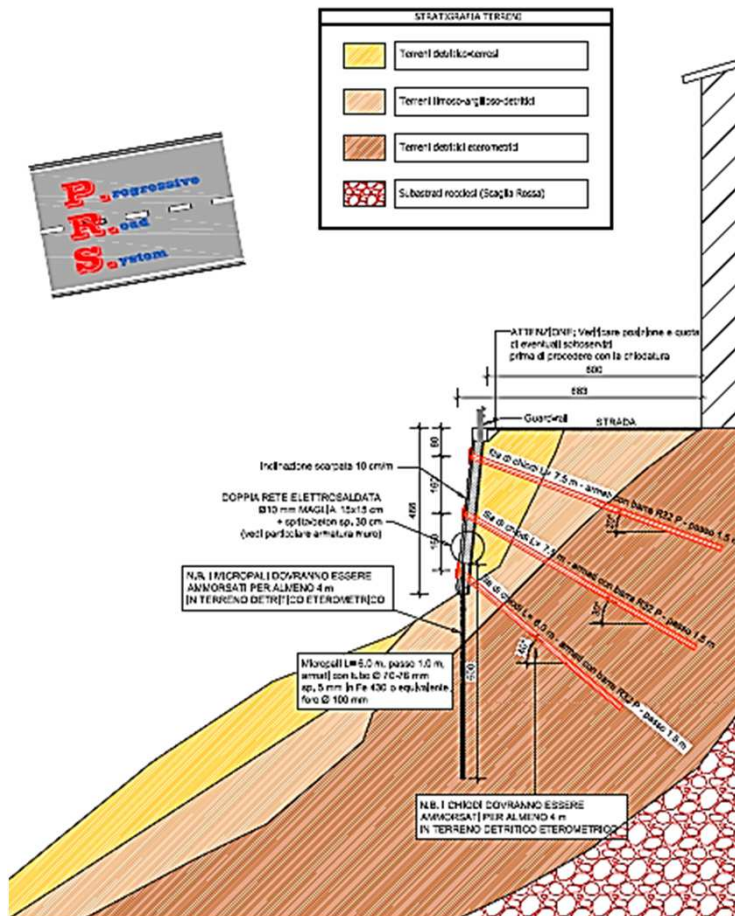


RICERCA E SVILUPPO SIRIVE®

SIRIVE® PROGRESSIVE ROAD SYSTEM (PRS)

Scheda:

Sirive®
Progressive
Road System
(PRS)



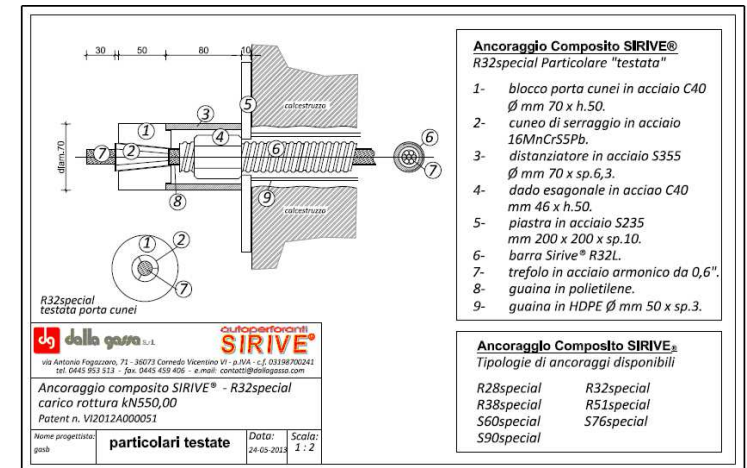
RICERCA E SVILUPPO SIRIVE®

QUALI STRATEGIE?

□ Quali strategie per l'ulteriore sviluppo delle barre autoperforanti?

2. **Innovazione nell'approccio** alla soluzione di problemi complessi:

- Soil Nailing con barre autoperforanti composite e trefolo attivo = **Soil Nailing Attivo Sirive®**



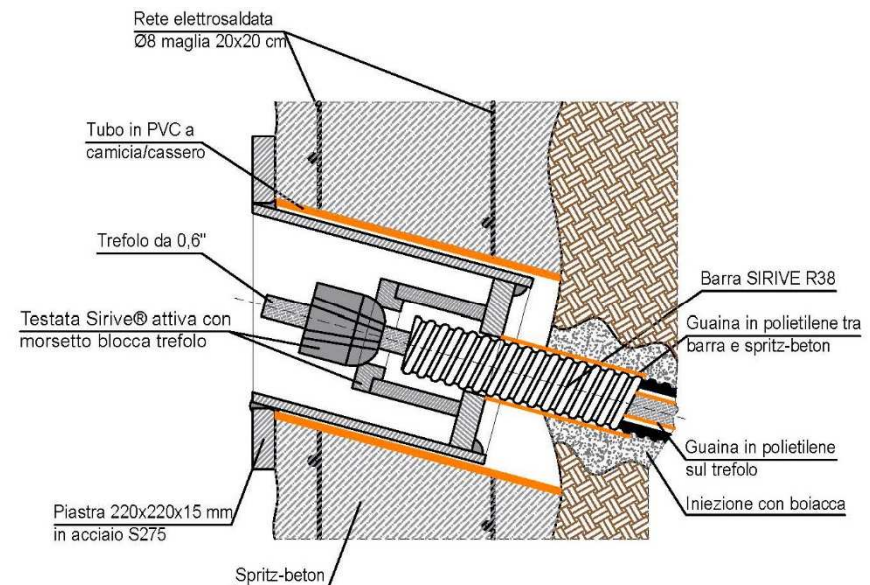
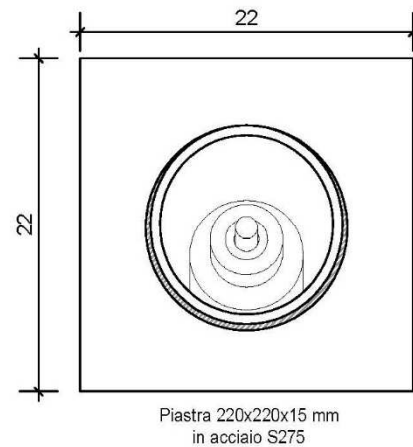
RICERCA E SVILUPPO SIRIVE®

SOIL NAILING ATTIVO SIRIVE®

Scheda:

Soil Nailing Attivo Sirive®

- Trefolo inserito all'interno della barra auto perforante, cementato in zona passiva (resistente) = **Ancoraggio Composito Sirive®**
- La forza di pretesatura del trefolo è applicata al rivestimento esterno e le **deformazioni laterali della parete sono ridotte o azzerate**



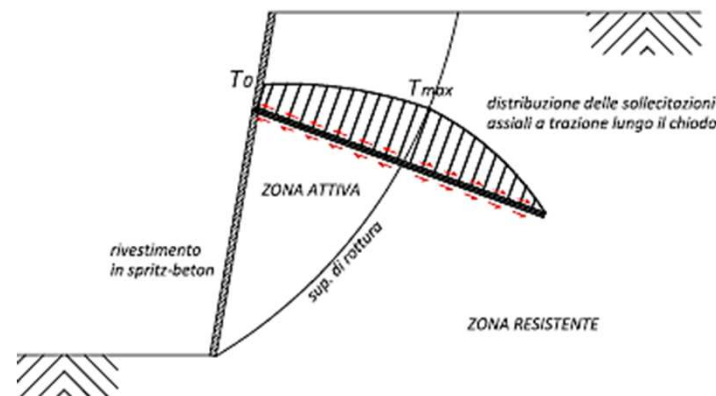
RICERCA E SVILUPPO SIRIVE®

SOIL NAILING ATTIVO SIRIVE®

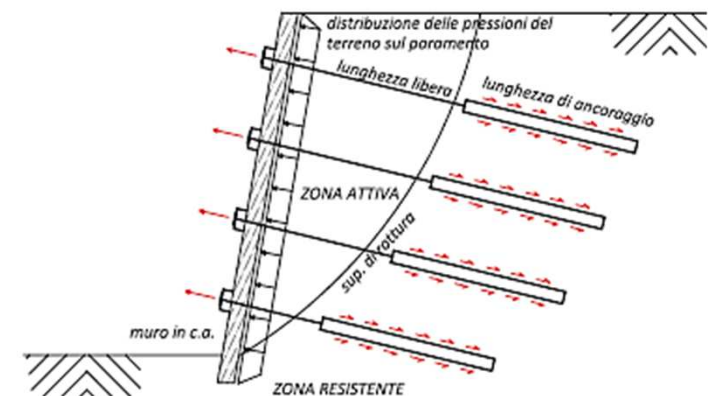
Scheda:

Soil Nailing Attivo Sirive®

- ❑ Variante al sistema classico del Soil Nailing pensata per avere un **maggiore controllo degli spostamenti** sulle pareti chiodate.
- ❑ Nel caso specifico del Soil Nailing Attivo, il rivestimento deve essere **rigido** in quanto dovrà non solo limitare le deformazioni ma anche offrire un idoneo **effetto piastra di contrasto** sul terreno retrostante il paramento (situazione paragonabile al muro tirantato).



a



b

RICERCA E SVILUPPO SIRIVE®

SOIL NAILING ATTIVO SIRIVE®

Scheda:

Soil Nailing Attivo Sirive®

- ❑ Installata la barra autoperforante, si passa all'inserimento del/i trefolo/i nella cavità interna della barra.
- ❑ **Ciascun trefolo è inguainato nella parte libera e cementato alla barra nel tratto di fondazione.**
- ❑ Generalmente è sufficiente un solo trefolo nella realizzazione dell'ancoraggio attivo, in quanto i chiodi di una tradizionale parete in Soil Nailing sono **molto meno sollecitati rispetto ad una qualsivoglia struttura tirantata.**
- ❑ La chiodatura, essendo molto diffusa, determina delle sollecitazioni contenute sul singolo chiodo variabili dai 50 ai 150 kN.



RICERCA E SVILUPPO SIRIVE®

BREVETTI INDUSTRIALI

In tempo di **crisi economica** l'impresa ha sempre puntato su **innovazione** e **ricerca**, depositando **8 brevetti industriali**:

- *Brevetto Italia n. VI93A000177 del 04/11/1993*
ELEMENTO D'ARMATURA PER IL CONSOLIDAMENTO DEI TERRENI
- *Brevetto Italia n. VI 97A000232 del 31/12/1997*
ARMATURA PER IL CONSOLIDAMENTO DI SCARPATE NEI LAVORI DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI
- *Brevetto Italia n. VI2009A000265 del 30/10/2009*
SUPERGABIONS
- *Brevetto Italia n. VI2010A000020 del 04/02/2010*
ANCORAGGIO FLOTTANTE
- *Brevetto Italia n. VI2012A000051 del 02/03/2012*
ANCORAGGIO COMPOSITO
- *Brevetto Italia n. VI2012A000052 del 07/03/2012*
PIASTRA CONICA

RICERCA E SVILUPPO SIRIVE®

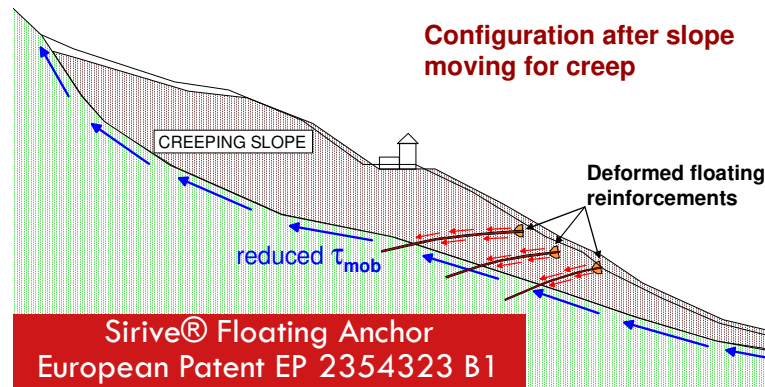
BREVETTI EUROPEI

□ SIRIVE® FLOATING ANCHOR

European Patent

EP 2354323 B1

Grant: 1 April 2015

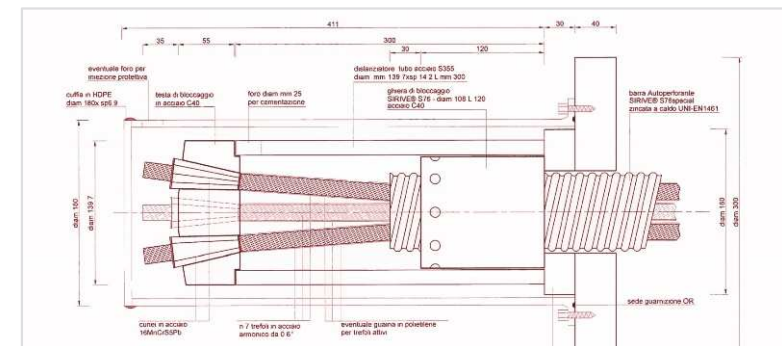


□ SIRIVE® COMPOSITE ANCHOR

European Patent

EP 2634313 B1

Grant: 18 November 2015



RICERCA E SVILUPPO SIRIVE®

RICONOSCIMENTI E PREMI



- **L'ANCORAGGIO FLOTTANTE SIRIVE®**
Galileo Innovators' Festival 2013 – Salone europeo dell'innovazione e del trasferimento tecnologico – Padova (Italy)
Menzione speciale alla Maratona della Microinnovazione (2013)



- **ANCORAGGI FLOTTANTI PER LA STABILIZZAZIONE DI MOVIMENTI FRANOSI LENTI**
CNG 2014: La geotecnica nella difesa del territorio e delle infrastrutture dalle calamità naturali, XXV Convegno Nazionale di Geotecnica, Baveno (Italy)
Premio Associazione Geotecnica Italiana per la migliore memoria per contenuti tecnico-scientifici (2014)



- **L'ANCORAGGIO FLOTTANTE SIRIVE® PER LA STABILIZZAZIONE DI MOVIMENTI FRANOSI LENTI**
Samoter 2017 – Verona (Italy)
Primo premio concorso FOIV per la prevenzione e recupero ambientale (2017)

GRAZIE



autoperforanti
SIRIVE®

GEOSOLUZIONI ENGINEERING S.R.L.
PILATI ING. CORRADO CELBAN ING. ALBERTO

www.sirive.it
www.geosoluzioni.it

GEOSOLUZIONI ENGINEERING S.R.L.
PILATI ING. CORRADO CELBAN ING. ALBERTO

SIRIVE®
self-drilling anchor