



Francesco Salvatori

(INS Sezione CAI Sansepolcro – CENS)

Ancoraggi artificiali **resinati** e **autofilettanti**

Ricerca sperimentale e teorica

*Test a trazione quasi – statica con barre
filettate e tasselli autofilettanti, a estrazione
e taglio, su rocce e resine differenti*

32 figure 48 tabelle

© Copyright 2023 - CENS (PG)
ISBN 978-88-941344-4-

Prima edizione

Hanno collaborato alla sperimentazione:

Domenico Bocchio (INS Sez. CAI Bolzaneto)
Marco Menichetti (INS Sez. CAI Gubbio-CENS)
Michele Tommasi (INS Sez. CAI Bassano del G.)

Sergio Celesti (ELTON – CENS)
Luca Poderini (INS Sez. CAI Sansepolcro-CENS)
Pietro Izzo (IS Sez. CAI Sansepolcro-CENS)

SOMMARIO

Prefazione	5
Guida alla lettura	6
<i>Parte prima: ancoraggi artificiali resinati</i>	7
I.01. Strumentazione, modi d'uso e analisi dei risultati	8
I.01.a. Dinamometro	8
I.01.b. Blocchetto	8
I.01.c. Messa in opera della barra filettata con foro asciutto e pulito	8
I.01.d. Messa in opera della barra filettata con foro asciutto e sporco	9
I.01.e. Messa in opera della barra filettata con foro bagnato	9
I.01.f. La scatola di contenimento e ancoraggio al pistone di trazione del dinamometro	9
I.01.g. Rilevazione delle deformazioni e del carico di rottura (o cedimento o estrazione)	10
I.01.h. Elaborazione e valutazione numerica dei grafici forza/deformazione	11
II.01. Prima sperimentazione: test con fori asciutti e puliti su Marmo Bianco Carrara, con barre filettate di diverso diametro, immerse con profondità variabile in resine diverse; Superficie di taglio S, Sforzo di taglio o a estrazione σ_{τ}	12
II.01.a. Premessa	12
II.01.b. Condizioni sperimentali	12
II.01.c. Valutazione dei test e superficie di taglio S	12
II.01.d. Superficie di taglio S e forza d'estrazione F_{re}	14
II.01.e. Risultati complessivi: calcolo dello sforzo a estrazione σ_{τ} e valutazione della tenuta degli ancoraggi in funzione del tempo d'indurimento	15
II.01.f. Confronto fra barre filettate e barre zigrinate	16
III.01. Valutazione della tenuta all'estrazione di barre filettate infisse su roccia con resine differenti in condizioni diverse (foro asciutto pulito, foro asciutto sporco, foro bagnato); test effettuati con la collaborazione dell'Associazione Italiana Canyon.	17
III.01.a. Premessa	17
III.01.b. Standard di riferimento e condizioni sperimentali	17
III.01.c. Risultati sperimentali (tabelle)	17
III.01.d. Valutazione dei risultati e rilevazione dell'inattendibilità dei test con foro bagnato	18
IV.01. Esposizione completa dell'insieme dei risultati ottenuti nelle ricerche sinora svolte sugli ancoraggi resinati con fori asciutti e fori bagnati, anche su rocce diverse dal MBC, completate nel marzo 2023	21
IV.01.a. Premessa	21
IV.01.b. Legenda e messa in opera	21
IV.01.b.a. HILTI RE 500 MBC	22
IV.01.b.b. Wurth VIT PE 500 MBC	23
IV.01.b.c. MUNGO MIT 600 RE MBC	24
IV.01.b.d. WURTH VIT EA 150 MBC	25
IV.01.b.e. BERNER MULTI SYSTEM EPOXI MBC	26
IV.01.b.f. GEBOFIX EPO PLUS RE MBC	27

IV.01.b.g.	FISCHER T-BOND PROF 1 MBC	28
IV.01.b.h.	MUNGO MIT 700 RE 440 MBC	29
IV.01.b.i.	GEBOFIX EPO PLUS RE Peperino	30
IV.01.b.j.	FISCHER T-BOND PROF 1 Peperino	31
IV.01.b.k.	MUNGO MIT 700 RE 440 Peperino	32
V.01.	Sintesi dei risultati sperimentali e delle conclusioni raggiunte	33
V.01.a.	Premessa	33
V.01.b.	Fori asciutti su Marmo Bianco Carrara: legge sperimentale per valutare le forze di tenuta all'estrazione di un ancoraggio resinato con barra filettata MA , Superficie di taglio S , sforzo a estrazione σ_{τ} , forza d'estrazione F_{re}	33
V.01.c.	Valore dello Sforzo a estrazione	34
V.01.d.	Valutazione delle forze d'estrazione F_{re} rispetto alle necessità dettate dalla catena di sicurezza speleo-alpinistica	34
V.01.e.	Confronto fra ancoraggi (resinati/a espansione/autofilettanti)	34
V.01.f.	Carichi di rottura esorbitanti	35
V.01.g.	Filettature con passo diverso	35
V.01.h.	Differenze fra filettatura e zigrinatura	35
V.01.i.	Pressione localizzata nel foro	35
V.01.j.	Struttura dell'ancoraggio	36
V.01.k.	Ancoraggi autofilettanti	36
V.01.l.	Le forze di rottura a taglio si equivalgono	37
V.01.m.	Fori bagnati	37
V.01.n.	Peperino	37
	<i>Parte seconda: ancoraggi artificiali autofilettanti</i>	38
VI.01.	Strumenti, sperimentazione e analisi dei risultati	39
VI.01.a.	Inquadramento generale: Multimonti, il prototipo dei tasselli autofilettanti ("viti")	39
VI.01.b.	Condizioni sperimentali	40
VI.01.c.	Forze di rottura a taglio ed estrazione su diversi supporti rocciosi	41
VI.01.d.	Confronto fra ancoranti	43
VI.01.e.	Dispersione dei risultati	44
VII.01	Test su diversi tasselli per valutazione della messa in opera (avvitamento e coppia di serraggio) su rocce della Serie stratigrafica sedimentaria umbro-marchigiana	45
VII.01.a.	Valutazione messa in opera	45
VII.01.b.	Valutazione coppia di serraggio	47
VIII.01.	Tabelle con i risultati dei test a estrazione e taglio su ancoraggi con differenti tasselli su foro in Marmo Bianco Carrara (MBC) e Peperino; conclusioni e considerazioni finali	49
VIII.01.a.	Condizioni sperimentali	49
VIII.01.b.	Legenda e tabelle risultati sperimentali MBC	49
VIII.b.a.	WURTH TSM 8x70 BS-A4 Inox MBC	50
VIII.b.b.	WURTH TSM 6x60 BS-A4 Inox MBC	

VIII.b.c.	HILTI HUS-H 8x65 MBC	51
VIII.b.d.	HILTI HUS-H 10x65 MBC	52
VIII.b.e.	HILTI HUS S3-H 8x65 MBC	53
VIII.b.f.	HILTI HUS S3-H 6x60 MBC	54
VIII.b.g.	FISCHER ULTRACUT FBS II 8x55 MBC	55
VIII.b.h.	FISCHER ULTRACUT FBS II 6x55 MBC	56
VIII.b.i.	TECFI THX 10/10 (8x80) MBC	57
VIII.b.j.	TECFI THX 8/10 (6x60) MBC	58
VIII.b.k.	MULTIMONTI plus SS 10x70 (8x70) MBC	59
VIII.b.l.	MULTIMONTI plus SS 10x60 (6x60) MBC	60
VIII.b.m.	MULTIMONTI plus SS 7,5x80 (6x80) MBC	61
VIII.b.n.	MULTIMONTI plus SS 7,5x60 (6x60) MBC	62
VIII.b.o.	ANCHOR VIT 10x60 (8x60) MBC	63
VIII.b.p.	ANCHOR VIT 7,5x60x60 (6x60) MBC	64
VIII.b.q.	ANCHOR VIT 6x45 (6x50) MBC	65
VIII.01.c.	Tabelle risultati sperimentali Peperino	66
VIII.c.a.	WURTH TSM 8x70 BS-A4 Inox Peperino	67
VIII.c.b.	WURTH TSM 6x60 BS-A4 Inox Peperino	68
VIII.c.c.	HILTI HUS-H 8x65 Peperino	69
VIII.c.d.	HILTI HUS-H 10x65 Peperino	70
VIII.c.e.	HILTI HUS S3-H 8x65 Peperino	71
VIII.c.f.	HILTI HUS S3-H 6x60 Peperino	72
VIII.c.g.	FISCHER ULTRACUT FBS II 8x55 Peperino	73
VIII.c.h.	FISCHER ULTRACUT FBS II 6x55 Peperino	74
VIII.c.i.	TECFI THX 10/10 (8x80) Peperino	75
VIII.c.j.	TECFI THX 8/10 (6x60) Peperino	76
VIII.c.k.	MULTIMONTI plus SS 10x70 (8x70) Peperino	77
VIII.c.l.	MULTIMONTI plus SS 10x60 (6x60) Peperino	78
VIII.c.m.	MULTIMONTI plus SS 7,5x80 (6x80) Peperino	79
VIII.c.n.	MULTIMONTI plus SS 7,5x60 (6x60) Peperino	80
VIII.c.o.	ANCHOR VIT 10x60 (8x60) Peperino	81
VIII.01.d.	Valori di forza che portano al cedimento dell'ancoraggio filettato a estrazione su Marmo Bianco Carrara	82
VIII.01.e.	Valori di forza che portano al cedimento dell'ancoraggio filettato a taglio su Marmo Bianco Carrara	82
VIII.01.f.	Valori di forza che portano al cedimento dell'ancoraggio filettato a estrazione e taglio su Peperino	82
VIII.01.g.	Considerazione generale	82

Prefazione

Questo lavoro sugli ancoraggi resinati e autofilettanti si conferma al tempo stesso:

1. *una comunicazione scientifica,*
2. *uno strumento didattico e divulgativo,*
3. *una guida per un utilizzo in sicurezza,*

Quanto qui esposto è il risultato delle ricerche svolte, nell'arco di oltre vent'anni, prima dal **Gruppo di Lavoro** "Materiali e Tecniche" (GLMT), poi dal **Gruppo di Studio** "Materiali e Tecniche" (GSMT) - entrambi della Scuola Nazionale di Speleologia del Club Alpino Italiano - e infine del **Gruppo di Studio** Materiali e Tecniche del Gruppo Speleologico Valtiberino del CAI Sansepolcro.

Le conclusioni tratte sono soprattutto il frutto di programmi di **ricerca sperimentale** effettuati nel **laboratorio CRASC** di Costacciaro e Sigillo e di **test sperimentali realizzati da Aziende**.

Ogni elaborazione e conclusione ha come **base** di partenza le **sperimentazioni** effettuate in laboratorio; per contro ogni **ipotesi teorizzata** ha avuto la convalida (o meno) di un **supporto sperimentale** appositamente predisposto e realizzato.

Le comunicazioni scientifiche e le analisi su base sperimentale, con elaborazioni e conclusioni originali, sono il frutto di ricerche iniziate nei primi anni ottanta del secolo scorso e proseguite senza interruzioni fino al 2023, sempre nell'ambito della Scuola Nazionale di Speleologia del CAI e con il contributo operativo determinante di Istruttori Nazionali di Speleologia del CAI, come elencato nella prima pagina di questo testo.

Le conclusioni che è stato possibile trarre da queste indagini, che - come già detto - si basano soprattutto sulle risultanze e sulle osservazioni scaturite dai test sperimentali, magari ripetuti più volte per dare un valore statistico più elevato alle conclusioni.

Lo scopo di questa pubblicazione, come già detto, è anche didattico e divulgativo. Pertanto la sua strutturazione e i modi espositivi si adattano a queste finalità, evitando per quanto possibile la razionalizzazione e il rigore formale propri dell'esposizione di comunicazioni scientifiche.

Le immagini sono di grandi dimensioni, con colorazioni omogenee e ripetitive che possono creare una consuetudine interpretativa.

L'esposizione scritta è costruita in modo da separare fisicamente la successione delle argomentazioni, dando a ogni capitolo o capoverso un contenuto il più possibile monotematico.

Costacciaro-Sigillo 30 luglio 2023

Guida alla lettura

Lo scopo anche didattico e divulgativo di questa pubblicazione ha richiesto, a nostro parere, la suddivisione dell'esposizione in **Parti**, **Capitoli**, **Paragrafi** e **Commi** (e anche altri modi di suddivisioni non codificate).

Riportando considerazioni, immagini, espressioni matematiche e relazioni, si mostrano le indicazioni dove, in questo lavoro, sono state presentate e descritte compiutamente. I collegamenti sono sempre accompagnati dall'indicazione delle pagine, delle figure e delle relazioni.

Lo scopo è di rendere più spedita e meno faticosa la lettura per ricordare il significato dei simboli inseriti nelle figure e le basi scientifiche sperimentali e/o teoriche che le sostengono.

Rilevando errori di qualsiasi genere o volendo interloquire su argomenti specifici si prega di fare riferimento a:

francesco.salvatori@sns-cai.it

francesco.salvatori@cens.it

Parte I

Ancoraggi artificiali **resinati**

*Test a estrazione quasi-statici su ancoraggi con
barre filettate immerse in **resine diverse** su
foro in **Marmo Bianco Carrara (MBC)** e
Peperino*

Fori ***asciutti*** e fori ***bagnati***
Fori ***puliti*** e fori ***sporchi***

I.01) Strumentazione, modi d'uso e analisi dei risultati

I.01.a) Dinamometro – E' una macchina dove un sistema idraulico muove un pistone, creando una trazione (o compressione) a forza crescente (**Figura 1**). La velocità massima di trazione (o compressione) è di 0,006 m/s.



Figura 1 F. Salvatori

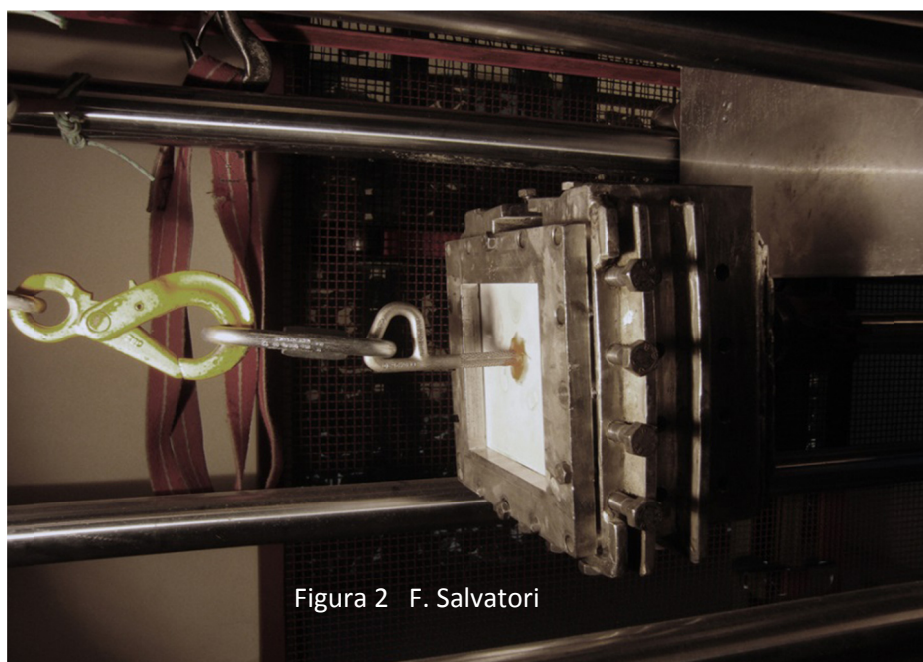


Figura 2 F. Salvatori

La forza massima raggiungibile è di **5000 kgp**, con un margine d'errore del **0,5 %**.

Il test su barre filettate (o zigrinate: danno lo stesso risultato!) avviene come indicato nella **Figura 2**, ancorando alla cella di carico del dinamometro (a sinistra nella **Figura 1**) l'anello di fissaggio solidale con la barra filettata e trazionando, a destra, la scatola di contenimento del blocchetto di roccia dove è fissata la barra filettata immersa nel foro resinato.

I.01.b) Blocchetto – Il blocco di roccia è un parallelepipedo delle dimensioni di 15 x 15 cm e dello spessore di 12 cm (Salvatori f., Celesti S., Continenza A., Guerriero G., Lambri F., Menichetti M., Nanetti P., Sconfienza S. – *Resistenza dei materiali speleo-alpinistici* - 1989), costituito da materiale isotropo tagliato appositamente a misura. Sono stati usati blocchi di Marmo Bianco Carrara, Scaglia Rossa, Travertino, Grigio Ammonitico, Peperino, Granito. Il Marmo Bianco Carrara (MBC) è stato usato come roccia di riferimento, data la sua elevata omogeneità e ripetitività delle caratteristiche litologiche.

I.01.c) Messa in opera della barra filettata con foro asciutto e pulito – Nel blocchetto di roccia, tagliato a misura con le dimensioni prima indicate, si pratica un foro in posizione centrale su una delle facce 15 x 15 cm del parallelepipedo: questo per rendere coassiale la trazione nel dinamometro come indicato nella **Figura 2**. La profondità del foro è variata, a seconda delle impostazioni del test, da 5 cm a 8 cm; mentre il diametro è sempre stato di 12 mm con barre di acciaio 12.9 MA8. Con barre di diametro superiore la

larghezza del foro è stata maggiore di almeno 4 mm. Maggiorazioni più elevate non comportano risultati a rottura diversi; per contro con maggiore spazio fra barra filettata e pareti del foro si ha una maggiore garanzia per una corretta distribuzione della resina sul foro e a contatto con la barra. I fori sono stati praticati, ortogonalmente rispetto alla faccia del blocchetto, con trapano a colonna con percussione su punte SDS a quattro taglienti. Il foro non è stato in alcun modo inumidito; la sua pulizia è stata eseguita con scovolino e inalandovi aria compressa con apposita pompetta.

La resina prescelta è stata distribuita nei fori, con gli specifici dispenser indicati e forniti dal produttore, iniziando a riempirli dall'interno e procedendo verso l'esterno.

La barra filettata è stata poi immersa nel foro resinato, ruotandola ininterrottamente per alcuni minuti, fino a raggiungere la profondità d'immersione voluta e misurata con il calibro con precisione millimetrica. Con la squadra a 90° la barra è stata immersa nel foro resinato in posizione ortogonale rispetto alla faccia del blocchetto, curando inoltre di posizionarla al centro del foro.

L'indurimento minimo per raggiungere la massima tenuta dell'ancoraggio è stato di 72 ore. In certi test la trazione è stata applicata dopo periodi più brevi per valutare il progredire dell'indurimento e della presa della resina nel foro. La temperatura ambiente media è stata di 15°C – 18°C.

1.01.d) Messa in opera della barra filettata con foro asciutto e sporco – Il processo di messa in opera è del tutto uguale a quello indicato nel precedente paragrafo, con l'unica differenza che la resina è stata messa nel foro senza prima pulirlo con scovolino e pompetta.

1.01.e) Messa in opera della barra filettata con foro bagnato – Anche in questo caso la messa in opera è del tutto uguale a quella indicata nel precedente paragrafo “foro asciutto e pulito”, con alcune differenze sostanziali: il foro è stato riempito d'acqua e lasciato in questa condizione per almeno 2 ore, evitando l'evaporazione dell'acqua. Al momento del riempimento con la resina il blocchetto è stato ruotato di 90°, mettendo quindi il foro in posizione orizzontale (che naturalmente si è svuotato dall'acqua). In tale posizione il foro è stato riempito rapidamente con la resina prescelta - sempre iniziando dall'interno - e poi, dopo aver ruotato di 90° il blocchetto in senso inverso, è stata inserita la barra filettata nella misura e nella posizione voluta e corretta. Anche in questo caso l'indurimento, salvo diverse indicazioni per prove sperimentali particolari, è durato almeno 72 ore.

1.01.f) La scatola di contenimento e ancoraggio al pistone di trazione del dinamometro – Nella **Figura 3** è ben visibile la posizione e le funzioni di contenimento e ancoraggio della

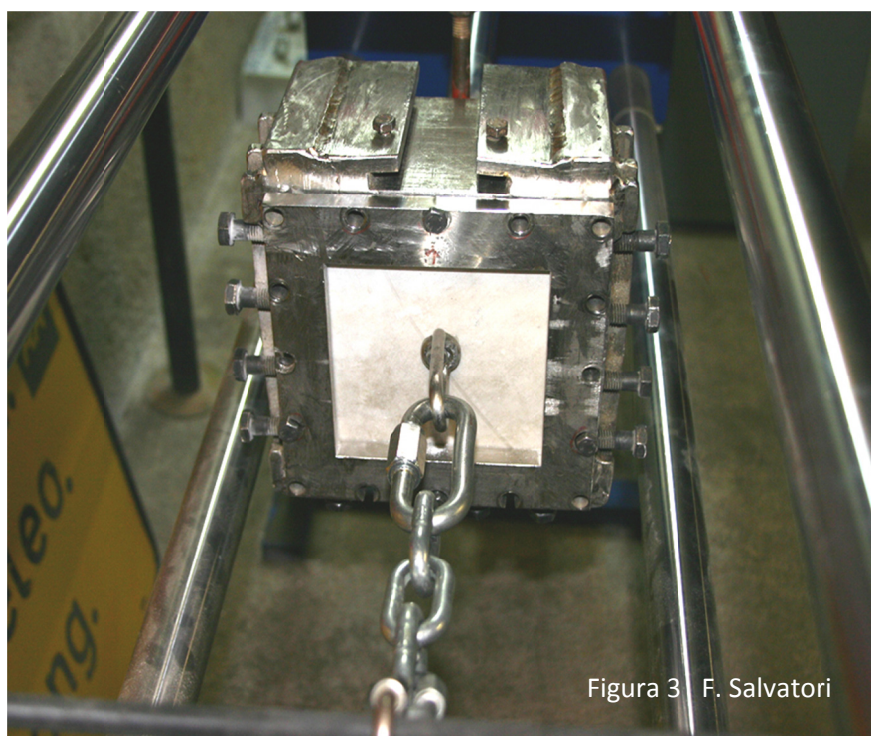


Figura 3 F. Salvatori

scatola: calato il blocchetto di roccia nella scatola solidale con il braccio di trazione del dinamometro, si esercita sulle pareti esterne del blocchetto, attraverso l'avvitamento dei bulloni con chiave dinamometrica, una pressione conseguente a 1,5 Kgm. Fra pareti metalliche (acciaio inox) e quelle di roccia sono interposti dei fogli rettangolari di Teflon dello spessore di 5 mm, con lo scopo di rendere più intimo e omogeneo il contatto fra le pareti della scatola e il blocchetto di roccia. Per evitare che il blocchetto esca dalla scatola durante la trazione viene posta una cornice di fermo sulla parete di roccia dove è posizionata la barra filettata resinata.

La sopra elencata procedura e metodologia di fissaggio è stata rilevata e verificata da una serie di test e mettendo a confronto i risultati ottenuti nel dinamometro e in parete di grotta con caratteristiche litologiche equivalenti (vedi *Salvatori f., Celesti S., Continenza A., Guerriero G., Lambri F., Menichetti M., Nanetti P., Sconfienza S. – Resistenza dei materiali speleo-alpinistici – 1989*).

1.01.g) Rilevazione delle deformazioni e del carico di rottura (o cedimento o estrazione)

– La forza con cui si produce l'estrazione della barra filettata dal foro resinato si applica, come già precisato, a trazione progressiva a velocità costante di 0,006 m/s (quasi-statica). Gli strumenti sono una cella di carico dinamica con precisione di 0,1 kgp e un misuratore laser di deformazione con definizione di 0,1 mm. Il tempo di campionamento può variare, con valore minimo di 1 millisecondo. La successione delle rilevazioni porta a comporre una tabella come rappresentato in **Figura 4**.

Nella prima colonna a sinistra sono riportate le deformazioni (allungamenti); nella seconda la forza

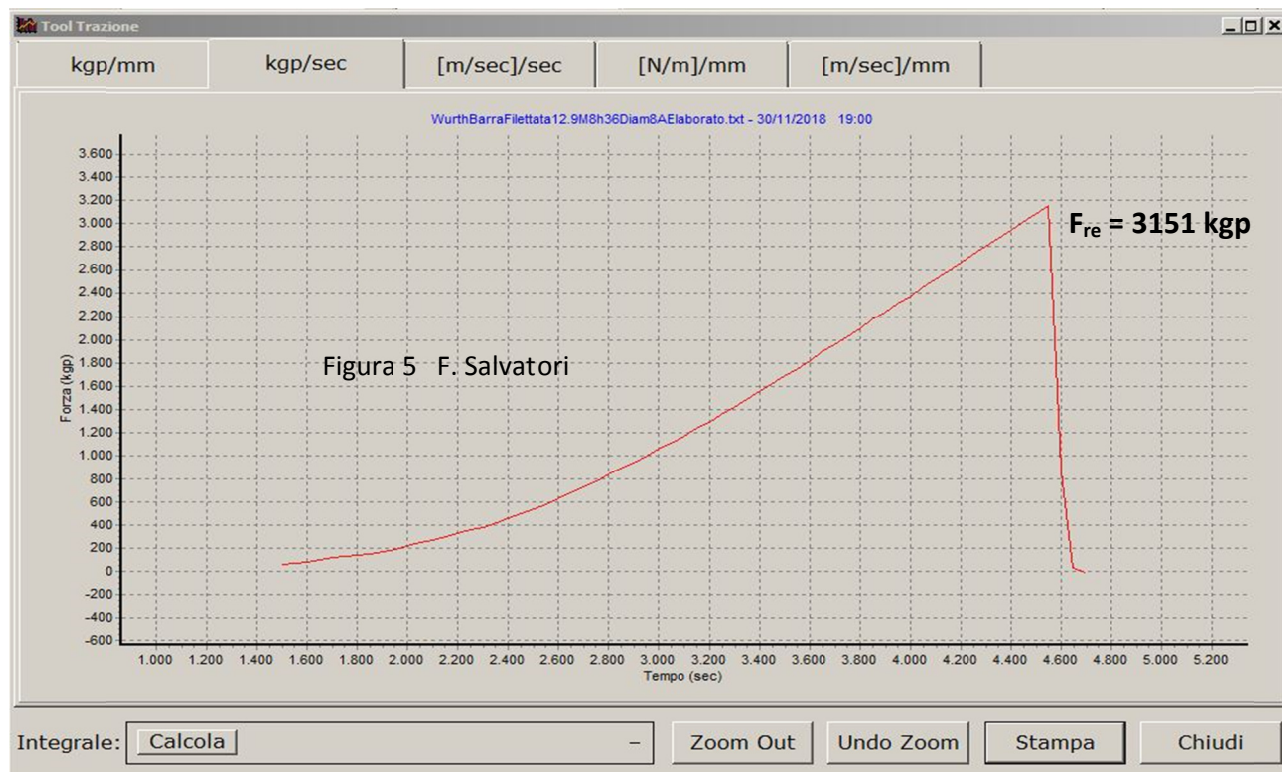
#	Spazio (mm)	Forza (kgp)	Tempo (msec)	21/06/2013 12:26
1	Data e Ora Creazione: 21/06/2013 12:26			
2	Versione Programma: ToolScopeWin Ver.: 1.45			
3	Anticipo misura laser: 27 msec			
4	Allungamento: 919,7 mm			
5	Step campionamenti: 1 msec			
6	#			
7	Spazio (mm)	Forza (kgp)	Tempo (msec)	21/06/2013 12:26
8	0	0	0	
9	7,7	1,3	1	
10	7,7	1,3	2	
11	10,3	1,3	3	
12	18	2,5	4	
13	20,6	2,5	5	
14	20,6	2,5	6	
15	28,3	3,8	7	
16	30,8	5,1	8	
17	30,8	6,3	9	
18	38,5	6,3	10	
19	38,5	7,6	11	
20	46,2	8,9	12	
21	46,2	8,9	13	
22	53,9	8,9	14	
23	59,1	11,4	15	
24	59,1	12,7	16	
25	61,7	12,7	17	
26	69,4	13,9	18	
27	71,9	15,2	19	
28	71,9	17,7	20	
29	77,1	17,7	21	
30	84,8	19	22	
31	84,8	22,8	23	
32	92,5	22,8	24	
33	92,5	26,6	25	
34	100,2	27,9	26	
35	102,8	27,9	27	

Figura 4 F. Salvatori

applicata; nella terza colonna la cronologia dei rilevamenti (nello specifico gli intervalli di tempo ΔT di campionamento sono pari a **1 ms**).

1.01.h) Elaborazione e valutazione numerica dei grafici forza/deformazione –

Elaborando con apposito programma i dati di cui alla **Figura 4** si ottengono dei diagrammi come riportato in **Figura 5** (relativo all'estrazione a rottura di una barra filettata immersa in un foro resinato). Vi si valuta l'entità e la modalità della deformazione e la forza massima F_{re} alla quale si verifica, a estrazione, il cedimento dell'ancoraggio.



Nella fattispecie si rileva una progressiva deformazione dell'apparato d'ancoraggio e la forza $F_{re} = 3151$ **kgp** (rilevata con lo strumento "Zoom") alla quale si manifesta il cedimento. L'evento si conclude in circa 4,5 secondi con una deformazione complessiva di 20 mm (per la quasi totalità dovuto alle deformazioni causatesi nella scatola di contenimento e nella catena che collega la cella di carico alla scatola di contenimento).

Si registra questa forza e si descrivono le modalità specifiche del cedimento del sistema roccia-resina-barra filettata (dati che vengono poi inseriti nelle tabelle apposite). Di norma, come si verificherà in modo strettamente ripetitivo nei Capitoli e Paragrafi che seguono, l'estrazione completa avviene con il cedimento della resina sulla punta dei filetti della barra, restando invece, la resina, solidale con la roccia delle pareti del foro; vedi **Pag. Fig.**. Il grafico di Figura 5 infatti mostra un andamento ascendente pressoché lineare della curva Forza/Tempo: il sistema Scatola di contenimento/Blocchetto di roccia/Barra filettata entra in tensione e si allunga sotto la trazione del dinamometro, deformandosi senza rotture, per poi cedere a una data forza F_{re} . Il sistema ha ceduto istantaneamente perché ha ceduto la resina, con il risultato che la barra, dopo l'estrazione, risulta come in **Fig. Pag.**.

Attenzione – Non sono state fatte prove a taglio perché la necessità dell'utilizzo di una barra filettata 12.9, data la sua alta tenuta contro la rottura, non corrisponderebbe alla realtà della progressione speleologica (bulloni con acciaio 8.8): si otterrebbero valori a taglio identici, corrispondenti al valore proprio di una barra filettata acciaio 12.9 del diametro di 8 mm MA (o qualsiasi altro diametro dello stesso acciaio). Si ricorda che l'uso di una barra filettata 12.9 è dettato dalla necessità che nel test su blocchetti di roccia ceda la resina nel foro e non la barra (cosa che accadrebbe quasi sempre con barre d'acciaio 8.8).

II.01) Prima sperimentazione: test con fori asciutti e puliti su Marmo Bianco Carrara, con barre filettate di diverso diametro, immerse con profondità variabile in resine diverse; Superficie di taglio **S** , Sforzo di taglio o a estrazione σ_{τ}

II.01.a) Premessa – La serie di test ha richiesto due anni di tempo (1996 – 1997).

II.01.b) Condizioni sperimentali – I test sono stati effettuati nel laboratorio prove materiali C.R.A.S.C. del CENS di Costacciaro. Sono state utilizzate le condizioni sperimentali come descritte nel precedente paragrafo “Messa in opera della barra filettata con foro asciutto e pulito” (I.01.c) (**Pag.**).

Sono stati eseguito 133 test su sei resine diverse, con barre filettate MA di acciaio 12.9 con diametri diversi, immerse nella resina con profondità variabili, all'interno di fori di diametro anch'esso variabile.

In tal modo sono stati ottenuti degli ancoraggi:

- 1) *di varia lunghezza e diametro ma con architettura standardizzata e riproducibile, con resistenza tanto elevata da determinare, a estrazione, la crisi e la rottura del collante senza far intervenire la rottura della barra.*

Le resine sottoposte a sperimentazione sono:

- Hilti HY 150
- Saratoga "Forte Presa"
- Spit Derringer
- Fischer C 700
- Fischer C 235
- Wurth Wit C 100.

II.01.c) Valutazione dei test e superficie di taglio **S**

E' una constatazione ricorrente, senza eccezioni, che il cedimento dell'ancoraggio, con tutte le diverse resine e con tutti i diversi diametri delle barre e dei fori, porta all'estrazione delle barre filettate dal cemento chimico, lasciando un foro:

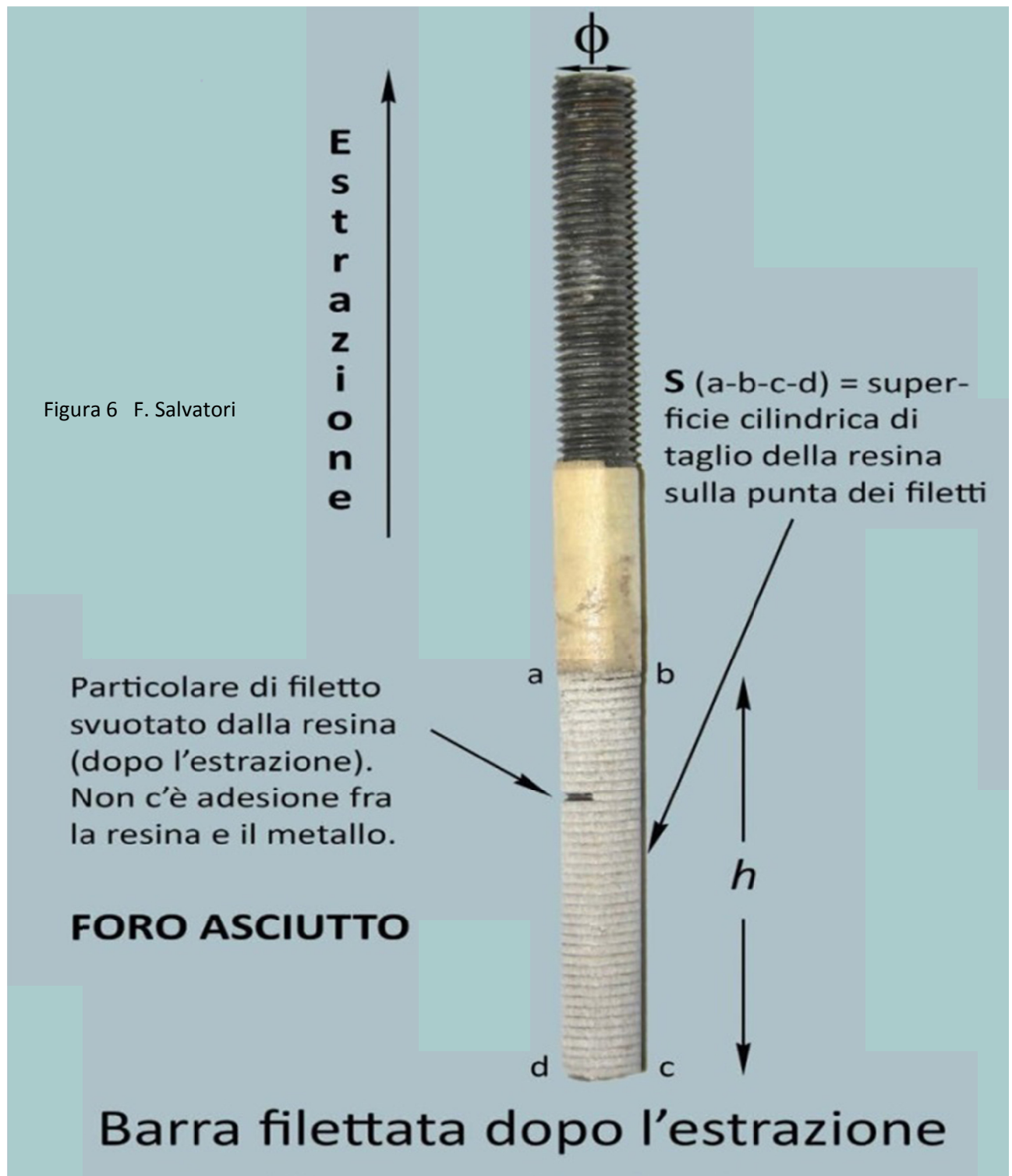
- 1) *profondo quanto la parte di barra filettata immersa nel collante,*
- 2) *con diametro pari a quello della barra stessa misurato sulla parte esterna dei filetti.*

La parte di barra estratta si presenta come un cilindro di superficie uniforme, con i filetti riempiti di collante (**Figura 6**).

Il cedimento è avvenuto nella resina, in quanto penetrata all'interno dei filetti della barra, lungo l'ideale superficie cilindrica che lo avvolge (sulla punta della filettatura). Superficie cilindrica di altezza **h** e diametro $\emptyset$.

Detta superficie è definita “di taglio” ed è quantificata dalla relazione:

Caratteristiche, carichi di rottura e limiti di sicurezza



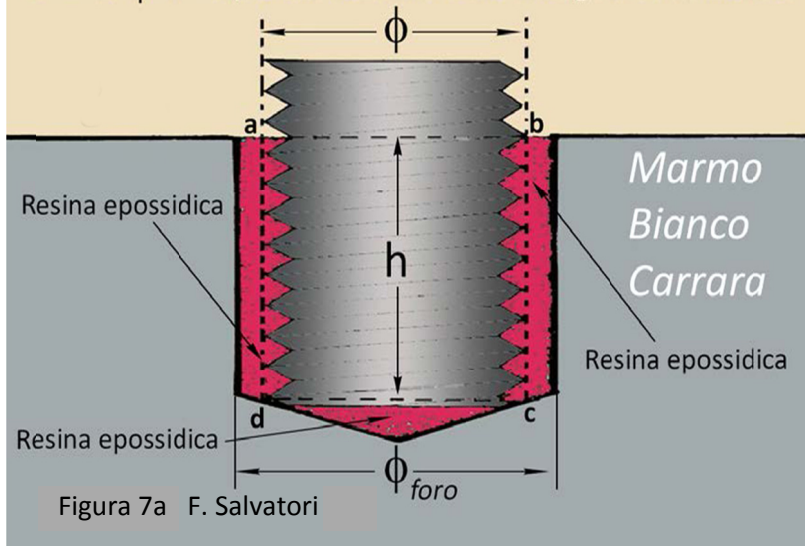
$$S = \pi \cdot \phi \cdot h \quad (1)$$

Per contro è evidente che non c'è alcuna adesione (legame chimico) fra collante e metallo. Infatti:

- 1) è molto facile togliere la resina indurita fra i filetti;
- 2) i test a estrazione con analoghe barre metalliche ma con superficie liscia (non filettate) hanno dato valori di forza pressoché nulli;
- 3) la barra filettata immersa nel collante indurito può essere svitata con attrito praticamente nullo.

ANCORAGGIO CON BARRA FILETTATA SU RESINA EPOSSIDICA

- ϕ diametro barra filettata
 h profondità immersione barra filettata nella resina
 $a-b-c-d$ sezione del cilindro che avvolge la barra filettata
 ϕ_{foro} diametro foro trapano
 $S = \pi \cdot \phi \cdot h$ superficie del cilindro che avvolge la barra filettata



Nelle **Figure 7a e 7b** è raffigurata la successione delle situazioni che si determinano prima e dopo l'estrazione della barra filettata.

Da tener presente che l'entità del diametro del foro ϕ_{foro} non influenza in alcun modo la forza necessaria all'estrazione F_{re} .

Rimane comunque evidente che fra il diametro del foro e della barra deve valere la relazione:

$$\phi_{\text{foro}} > \phi$$

con il primo maggiorato di almeno 2 mm rispetto il secondo (meglio se la maggiorazione è superiore, per evitare che si creino delle bolle nella resina che avvolge il tassello: immergendo la barra nella resina occorre "avvitare" ripetutamente la barra filettata, sia in senso orario sia antiorario).

Per ottenere la tenuta all'estrazione più elevata la barra filettata deve essere messa in opera perpendicolarmente alla superficie rocciosa.

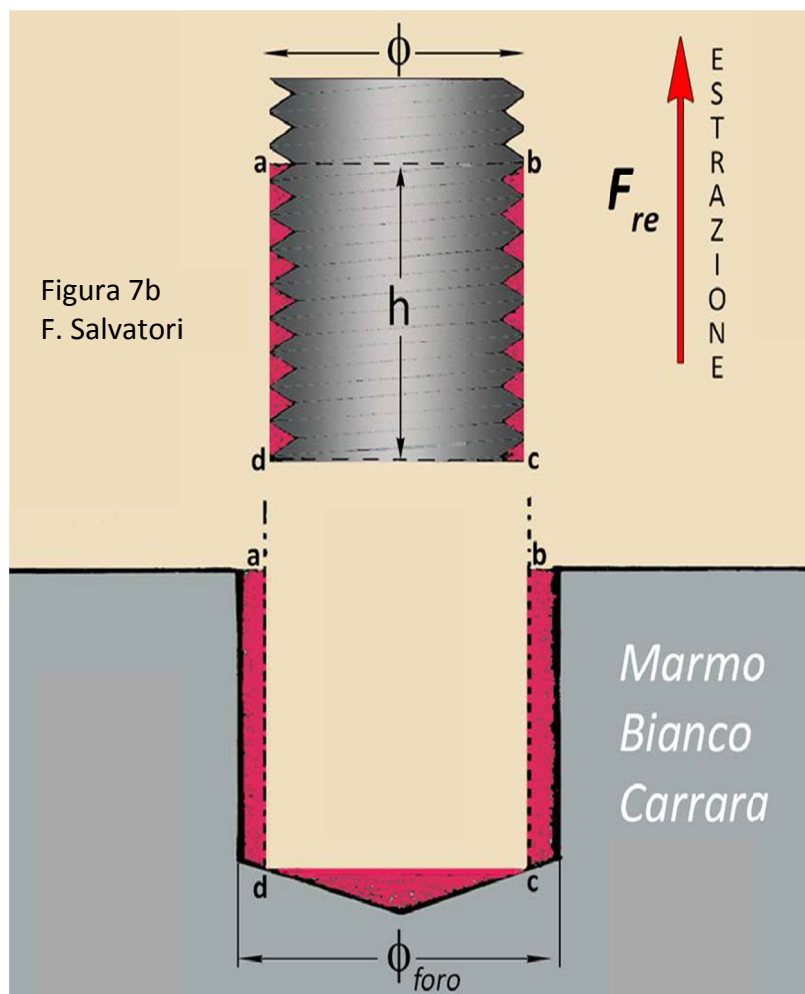
II.01.d) Superficie di taglio S e forza d'estrazione F_{re}

Dall'insieme dei test si evince - in modo chiaro, preciso e statisticamente validato - che esiste una legge sperimentale così definita:

la forza F_{re} necessaria per produrre l'estrazione dei tasselli resinati è direttamente proporzionale alla Superficie di taglio S .

Quindi, un ancoraggio chimico è tanto più resistente quanto maggiore è il diametro ϕ della barra filettata e quanto più questa è immersa nel collante (h). Questa legge sperimentale è espressa dalla relazione:

$$F_{re} = S \cdot \sigma_{\tau} \quad (2)$$



dove:

$$\sigma_{\tau} = F_{re}/S = \text{sforzo a estrazione (kgp/mm}^2\text{)} \quad (3)$$

Lo *sforzo a estrazione* (in realtà a taglio) σ_{τ} è una costante che caratterizza ogni diversa resina indurita al massimo livello, ricavabile sperimentalmente con la **Relazione 2**. Esso rappresenta il carico di rottura a taglio in *kgp* per ogni *mm*² di superficie della resina; è indipendente dalle dimensioni del foro nella roccia, dal diametro della barra e dall'altezza d'immersione. Per contro lo *sforzo d'estrazione* è dipendente dal tempo d'indurimento (**Figura 8**).

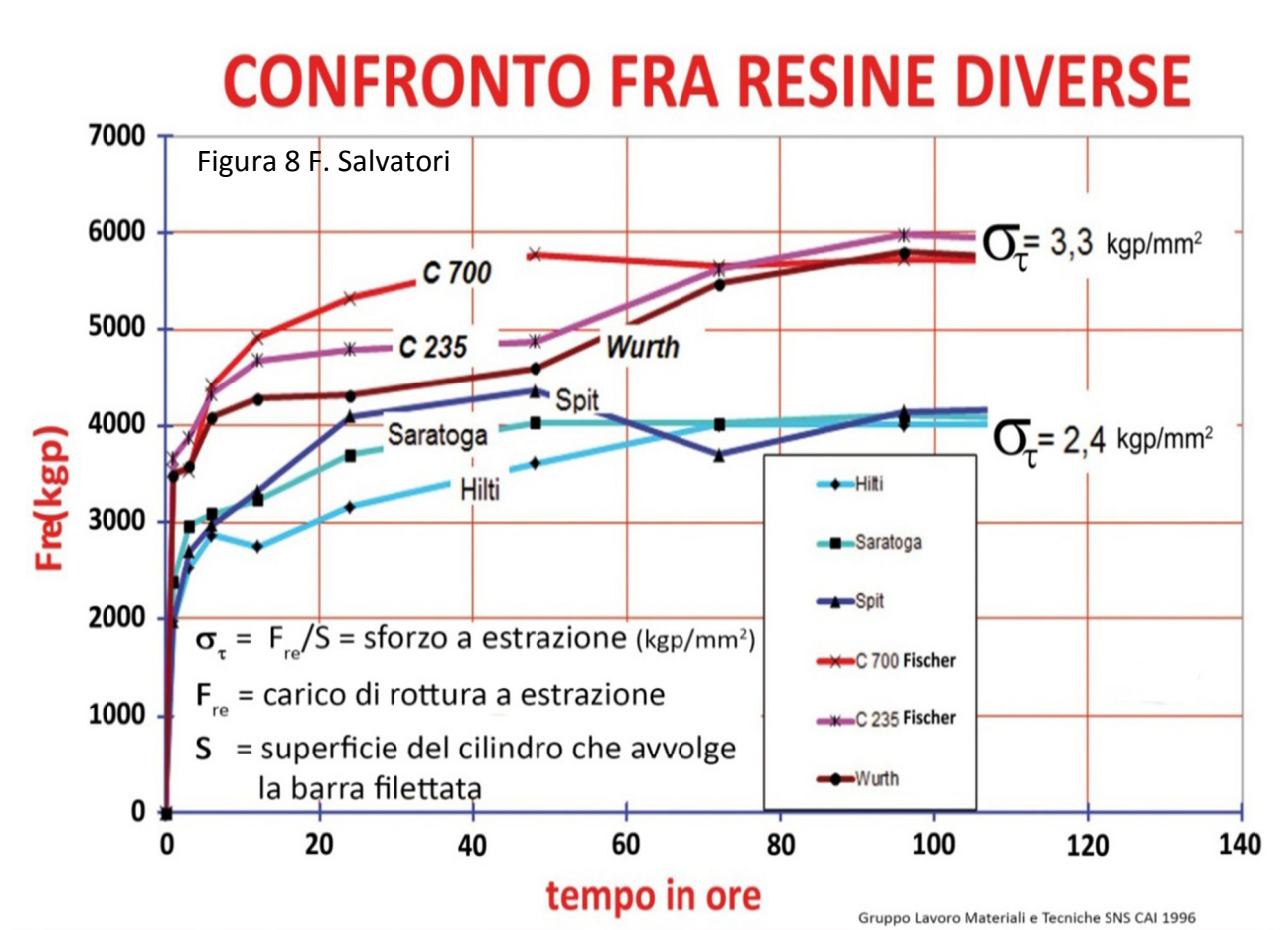
Importante: questa conclusione permette fra l'altro di prevedere la tenuta a estrazione di una barra filettata conoscendone il diametro θ , la profondità d'immersione nel foro h e lo sforzo a estrazione σ_{τ} caratteristico del collante utilizzato.

II.01.e) Risultati complessivi: calcolo dello sforzo a estrazione σ_{τ} e valutazione della tenuta degli ancoraggi in funzione del tempo d'indurimento

In funzione del tempo dalla messa in opera e del tipo di collante (le 6 resine prima elencate), è stata calcolata la forza necessaria a produrre la rottura a estrazione per ancoraggi con le seguenti caratteristiche:

- Marmo Bianco Carrara come supporto roccioso
- barra con filettatura tipo M del diametro di 8 mm e acciaio 12.9
- foro di 10 mm di diametro e 68,5 mm di profondità d'immersione
- temperatura ambiente 15°C.

I test sono stati svolti nel periodo di 96 ore, con cadenza 0,5 ore - 2 ore - 6 ore - 12 ore - 24 ore - 48 ore - 72



ore - 96 ore. I risultati sono contenuti nel grafico di **Figura 8** (ogni punto rappresenta il valore medio di almeno 3 test).

Da questi grafici a confronto si ricava che:

- dopo appena 30 minuti dalla messa in opera la tenuta all'estrazione di ogni resina è comunque superiore o pari ai 2000 kgp;
- segue un intervallo di tempo (12 ore – 72 ore) dove si manifesta una crescita dei valori con una certa dispersione dei dati;
- dopo 72 ore si raggiunge per tutte le resine il massimo indurimento;
- oltre questo intervallo la resistenza alla rottura non varia.

I collanti esaminati si dividono in due categorie:

- 1) Wurth Wit C 100, Fischer 235, Fischer 700 con $\sigma_t = 3,3 \text{ kgp/mm}^2$
- 2) Spit, Saratoga e Hilti con $\sigma_t = 2,4 \text{ kgp/mm}^2$

E' evidente che le resine del primo gruppo danno carichi di rottura con valori più elevati.

Con temperature inferiori ai 15° C il tempo d'indurimento si allunga: tanto più la temperatura dell'ambiente è bassa tanto più tempo occorre perché si verifichi il massimo indurimento e quindi la massima tenuta.

Per ottenere il massimo valore della forza d'estrazione occorre evitare che:

- il collante sia scaduto,
- la barra filettata non sia posta al centro del foro e perpendicolare alla superficie rocciosa,
- il foro e la barra abbiano lo stesso diametro (devono esserci almeno 2 mm di differenza).

Si ricorda che al momento dell'immissione della resina le pareti del foro erano asciutte.

Altrimenti, con foro bagnato o pieno d'acqua, si possono avere riduzioni di tenuta molto diverse, anche marcatamente (questo problema sarà, in parte, esaminato con i test descritti nei paragrafi successivi).

II.01.f) Confronto fra barre filettate e barre zigrinate

Al posto delle barre con filettatura M possono essere utilizzate delle barre con zigrinatura: la tenuta è pressoché identica. La **legge sperimentale (Relazione 2)** vale in entrambi i casi.

In commercio, solitamente, si trovano ancoraggi di acciaio inox con zigrinatura (vedi Raumer) con diametro di 10 mm. Sottoposti a test a trazione hanno dato valori di forza ben superiori ai 5000 kgp. Sono sicuramente sovradimensionati rispetto alle esigenze richieste, tanto per la progressione speleologica (e canyonig) che alpinistica.

Anche con sollecitazione a taglio (perpendicolare alla superficie della roccia) i tasselli in questione hanno dato valori di forza superiori ai 4000 kgp (molto vicini ai valori di forza che si possono ottenere nelle stesse condizioni di trazione con le barre filettate di diametro 8 mm e acciaio 12.9).

III.01) Valutazione della tenuta all'estrazione di barre filettate infisse su roccia con resine differenti in condizioni diverse (foro asciutto pulito, foro asciutto sporco, foro bagnato); test effettuati con la collaborazione dell'Associazione Italiana Canyon.

III.01.a) Premessa – I risultati di questa sperimentazione vengono riportati non per il loro valore di ricerca ma soprattutto per dimostrare come sia delicato e aleatorio operare la messa in atto dei campioni da testare, specie quando si vuole realizzare prove con fori bagnati.

Pertanto i risultati ottenuti devono essere presi in considerazione solo per la parte relativa ai test con fori asciutti/sporchi. Per i valori ricavati con fori bagnati una serie di errori commessi nella messa in opera delle barre filettate **rende questi risultati inattendibili**. I valori sulla resistenza degli ancoraggi resinati da prendere in considerazione sono quelli esposti nel capitolo precedente (fori asciutti) e nei capitoli che seguono (fori asciutti/bagnati)

III.01.b) Standard di riferimento e condizioni sperimentali

I test sono stati eseguiti seguendo le stesse procedure sperimentali utilizzate per le ricerche presentate nel precedente capitolo, fra cui: barre filettate diametro 8 mm, filettatura tipo M, acciaio 12.9.

I fori nei blocchetti di roccia MBC erano da 12 mm di diametro.

Le prove sono state eseguite con tre differenti resine epossidiche: **HILTI RE 500**, **WURTH VIT PE 500** e **MUNGO MIT 600 RE**.

Per ogni tipo di resina sono stati effettuati 12 test a estrazione, 6 con foro asciutto e 6 con foro bagnato.

L'altezza d'immersione **h** delle barre nella resina nel foro è variata dai 30 mm ai 50 mm.

La velocità di trazione nel dinamometro era di 0,006 m/s con intervallo di campionatura ΔT di 300 ms (millisecondi). Tutti test sono stati eseguiti dopo almeno 96 ore dalla messa in opera.

III.01.c) Risultati sperimentali (tabelle)

Resina: HILTI RE 500 Marmo Bianco Carrara						
Acciaio barra: 12.9		Diametro barra: 8 mm		Diametro foro: 12 mm		
Condizioni foro	Test n°	F_{re} (kgp)	h (mm)	σ_t (kgp/mm ²)	Anno	ΔT (ms)
Asciutto	1	4166	47	3,53	2013	300
Asciutto	2	4242	48	3,52	2013	300
Asciutto	3	4641	51	3,62	2013	300
Asciutto	4	4555	51	3,56	2013	300
Asciutto	5	2792	31	3,59	2013	300
Asciutto	6	3432	40	3,42	2013	300
			Media	3,54		
Bagnato	7	277	47	0,23	2013	300
Bagnato	8	150	43	0,14	2013	300
Bagnato	9	145	50	0,12	2013	300
Bagnato	10	383	45	0,34	2013	300
Bagnato	11	590	47	0,50	2013	300
Bagnato	12	252	44	0,23	2013	300
			Media	0,26	-92,67	% F_{re}

Resina: WURTH VIT PE 500 Marmo Bianco CarraraAcciaio barra: **12.9**Diametro barra: **8 mm**Diametro foro: **12 mm**

Condizioni foro	Test n°	F_{re} (kgp)	h (mm)	σ_t (kgp/mm ²)	Anno	ΔT (ms)
Asciutto	1	4446	47	3,77	2013	300
Asciutto	2	4327	48	3,59	2013	300
Asciutto	3	4546	48	3,77	2013	300
Asciutto	4	4844	50	3,86	2013	300
Asciutto	5	2469	30	3,28	2013	300
Asciutto	6	3209	39	3,28	2013	300
			<i>Media</i>	3,59		
Bagnato	7	285	45	0,25	2013	300
Bagnato	8	1522	44	1,38	2013	300
Bagnato	9	436	46	0,38	2013	300
Bagnato	10	2272	47	1,92	2013	300
Bagnato	11	212	49	0,17	2013	300
Bagnato	12	3160	47	2,68	2013	300
			<i>Media</i>	1,13	-68,52	% F_{re}

Resina: MUNGO MIT 600 RE Marmo Bianco CarraraAcciaio barra: **12.9**Diametro barra: **8 mm**Diametro foro: **12 mm**

Condizioni foro	Test n°	F_{re} (kgp)	h (mm)	σ_t (kgp/mm ²)	Anno	ΔT (ms)
Asciutto	1	4049	48	3,36	2013	300
Asciutto	2	3887	45	3,44	2013	300
Asciutto	3	3740	44	3,38	2013	300
Asciutto	4	4594	51	3,59	2013	300
Asciutto	5	2420	29	3,32	2013	300
Asciutto	6	3319	40	3,30	2013	300
			<i>Media</i>	3,40		
Bagnato	7	80	48	0,07	2013	300
Bagnato	8	204	45	0,18	2013	300
Bagnato	9	169	45	0,15	2013	300
Bagnato	10	275	47	0,23	2013	300
Bagnato	11	230	47	0,19	2013	300
Bagnato	12	223	48	0,18	2013	300
			<i>Media</i>	0,17	-95,05	% F_{re}

III.01.d) Valutazioni dei risultati e rilevazione dell'inattendibilità dei test con foro bagnato

I test avevano, soprattutto, lo scopo di valutare le eventuali differenze nella forza all'estrazione F_{re} : con foro asciutto; con foro bagnato

Fori asciutti

Con foro asciutto il risultato dopo l'estrazione è quello di **Figura 6 (Pag.)** e vale la **legge sperimentale (Relazione 2)** (la forza all'estrazione F_{re} è direttamente proporzionale alla superficie di taglio S).

Anche i valori dello sforzo a estrazione σ_t sono simili; anzi nel caso della resina HILTI RE 500 molto più elevati (3,54 kgp/mm² contro 2,4 kgp/mm²). E' evidente che in 15 anni questa resina è stata migliorata.

Nel complesso, tenuto conto di tutti i risultati riportati nelle tre tabelle soprastanti, si può dunque affermare che i test con fori asciutti hanno pienamente confermato i test del esposti nel precedente capitolo, sia nelle modalità di cedimento che nei valori di forza registrati alla rottura (anzi superandoli leggermente).

Fori bagnati

Ben diversi, in senso negativo, i risultati ottenuti con fori bagnati (prima dell'immissione della resina il foro è stato riempito d'acqua, rimastavi per almeno due ore, come descrive l'operatività dell'AIC, che ha realizzato la preparazione dei campioni).

Nel caso delle resine **HILTI RE 500** e **WURTH VIT PE 500** la forza d'estrazione si è ridotta a poche centinaia di kgp. L'ancoraggio è stato estratto con la resina che lo avvolge completamente: è evidente che non c'è stata alcuna adesione fra resina e roccia (**Figura 9**, tassello a destra). E' stato anche possibile svitare la barra dal "tappo" di collante indurito. Lo sforzo a estrazione σ_t è ridotto a $0,17 - 0,26 \text{ kgp/mm}^2$, assolutamente insufficiente per ogni tipo di progressione.

Con queste due resine, sulla base dei risultati dei test riportati nelle precedenti tabelle, risulta estremamente pericoloso utilizzarle gli ancoraggi, mostrando una diminuzione, rispetto all' "asciutto", di ben il 95,05 %. E' evidente che nessun legame chimico adeguato si è stabilito fra resina epossidica e calce (occorreranno altre ricerche per capirne il motivo intimo). Successivamente alcune osservazioni e considerazioni hanno messo in evidenza che, verosimilmente, sono stati commessi degli errori nella preparazione dei test "bagnati", errori che hanno inficiato ogni valore ottenuto dalla sperimentazione. Come già detto non si è creata alcuna adesione fra resina e parete rocciosa del foro, che come mostrato nel precedente capitolo è alla base della tenuta delle barre filettate resinare.



Nell'immagine di **Figura 9** si rende evidente la causa della mancata tenuta delle barre filettate con fori bagnati: nel primo caso l'adesione della resina alla roccia è stata solo parziale, mentre nel secondo caso addirittura è mancato ogni tipo di adesione. Il che è del tutto anomalo per gli ancoraggi resinati, per ogni tipo di resina, come si è visto categoricamente con le sperimentazioni del capitolo precedente (vedi **Figura 6**, Pag.).

E' evidente che è stato commesso un errore nella messa in opera dei campioni bagnati è i risultati sono da non prendere in considerazione (nei capitoli che seguono questi errori di messa in opera non sono stati eliminati, dando dei risultati assolutamente attendibili e utilizzabili).

Come si vede nella tabella relativa, la resina **MUNGO MIT 600 RE** con foro asciutto possiede fra i tre collanti esaminati il più elevato valore di sforzo a estrazione σ_t (anche $3,86 \text{ kgp/mm}^2$). Anche con foro bagnato questa resina si distingue dalle altre due: lo sforzo a estrazione medio σ_t sale a $1,13 \text{ kgp/mm}^2$ con un punta di $2,68 \text{ kgp/mm}^2$. La diminuzione rispetto al foro asciutto è del 68,52 %.

Ma la dispersione dei dati dello sforzo a estrazione con foro bagnato con la resina **MUNGO MIT 600 RE** (varia da $0,17 \text{ kgp/mm}^2$ a $2,68 \text{ kgp/mm}^2$ e se ne comprende la causa osservando il tassello di sinistra della **Figura 9**: solo una parte della resina ha aderito

alla roccia, con estensione imprevedibile) è talmente elevata da rendere comunque questo tipo d'ancoraggio pericoloso. Se questa aleatorietà si manifestasse anche con ulteriori ricerche, sarebbe necessario garantire che gli ancoraggi resinati vengano messi in opera solo con fori asciutti.

Ma, anticipando quanto verrà riportato in seguito, le ulteriori ricerche, che hanno integrato e completato le passate sperimentazioni, i cui risultati sono espressi compiutamente nei successivi capitoli, mostrano nel complesso che, in modo univoco, tutte le resine provate hanno una resistenza all'estrazione **con foro bagnato** pari **al 20 % in meno**, circa, rispetto alla tenuta con foro asciutto. Comunque c'è una certa variabilità fra resina e resina: alcune raggiungono il 30 % in meno, altre si fermano a poco più del 10 %.

Fori sporchi

Dai test eseguiti sulle resine **HILTI RE 500**, **WURTH VIT PE 500** e **MUNGO MIT 600 RE**, sinora esposti, per valutare l'influenza sulla resistenza dell'ancoraggio della pulizia (o meno) del foro nella roccia, risulta che quest'operazione non produce cambiamenti degni di rilievo sulle forze d'estrazione; comunque sia avvenuta la messa in opera.

IV.01) Esposizione completa dell'insieme dei risultati ottenuti nelle ricerche sinora svolte sugli ancoraggi resinati con fori asciutti e fori bagnati, anche su rocce diverse dal MBC, completate nel marzo 2023

IV.01.a) Premessa – L'insieme dei risultati qui di seguito riportati rappresenta una serie di test con 8 tipi di resine e 2 rocce diverse: MBC e Peperino. Nel complesso 105 test.

Le resine prese in considerazione sono quelle delle marche più rappresentate e utilizzate. Le rocce - MBC sedimentaria marina, Peperino sedimentaria vulcanica - sono rappresentative delle due categorie litiche che maggiormente s'incontrano nella progressione speleologica: calcarea compatta e friabile come quelle marnose. La differenza delle forze che si oppongono all'estrazione mostra come i risultati della tenuta degli ancoraggi resinati possono cambiare a seconda della condizione litica del supporto roccioso su cui si opera: è evidente che una roccia friabile come il Peperino dà tenute decisamente inferiori a quelle proprie del MBC. Per di più con un'aleatorietà e dispersione dei risultati molto elevata.

Vengono rilevate anche le anomalie nelle modalità di cedimento dell'insieme roccia, foro, resina, barra filettata. Anomalie praticamente inesistenti nel MBC, mentre quasi sempre presenti nel Peperino.

IV.01.b) Legenda e messa in opera – Come nei precedenti capitoli le tabelle che seguono usano la consueta e già significata simbologia utilizzata nelle sperimentazioni descritte nel **Capitolo II (Pag.)**.

Anche le modalità di preparazione e messa in opera ed effettuazione sono identiche a quelle descritte nei precedenti **Capitoli I, II e III**.

Legenda

Test n°	<i>numero progressivo del test</i>
F_{re} (kgp)	<i>forza necessaria a produrre il cedimento ad estrazione dell'ancoraggio con eventuale cono d'estrazione finale</i>
h (mm)	<i>profondità d'immersione della barra filettata nella resina</i>
σ_r (kgp/mm ²)	<i>carico di rottura a taglio per mm²</i>
Anno	<i>anno di effettuazione del test</i>
ΔT (ms)	<i>Intervallo di campionamento dei dati di forza durante la trazione</i>

Messa in opera

condizione foro	<i>asciutto (immediatamente dopo foratura con trapano); bagnato (foro riempito d'acqua per due ore, tolta acqua per metà foro e poi riempito di resina iniziando dal fondo ed espellendo l'acqua residua).</i>
-----------------	--

Sono contenute anche le 3 tabelle già presentate nel **Capitolo III**.

Se il Carico di rottura a taglio a taglio σ_r (kgp/mm²) è riportato fra parentesi significa che nel cedimento dell'ancoraggio si è presentata qualche anomalia rispetto al comportamento normale.

Resina: HILTI RE 500 Marmo Bianco CarraraAcciaio barra: **12.9**Diametro barra: **8 mm**Diametro foro: **12 mm**

Condizioni foro	Test n°	F _{re} (kgp)	h (mm)	σ_t (kgp/mm ²)	Anno	ΔT (ms)
Asciutto	1	4166	47	3,53	2013	300
Asciutto	2	4242	48	3,52	2013	300
Asciutto	3	4641	51	3,62	2013	300
Asciutto	4	4555	51	3,56	2013	300
Asciutto	5	2972	31	3,59	2013	300
Asciutto	6	3432	40	3,42	2013	300
			<i>Media</i>	3,54		
Bagnato	7	277*	47	(0,23)	2013	300
Bagnato	8	150*	43	(0,14)	2013	300
Bagnato	9	145*	50	(0,12)	2013	300
Bagnato	10	383*	45	(0,34)	2013	300
Bagnato	11	590*	47	(0,50)	2013	300
Bagnato	12	252*	44	(0,23)	2013	300
			<i>Media</i>	0,26	-92,7	% F _{re}

* **Anomalia nella modalità di cedimento: no rottura lungo superficie di taglio della resina sulla punta dei filetti della barra**

Resina: WURTH VIT PE 500 Marmo Bianco CarraraAcciaio barra: **12.9**Diametro barra: **8 mm**Diametro foro: **12 mm**

Condizioni foro	Test n°	F _{re} (kgp)	h (mm)	σ_{τ} (kgp/mm ²)	Anno	ΔT (ms)
Asciutto	1	4446	47	3,77	2013	300
Asciutto	2	4327	48	3,59	2013	300
Asciutto	3	4546	48	3,77	2013	300
Asciutto	4	4844	50	3,86	2013	300
Asciutto	5	2469	30	3,28	2013	300
Asciutto	6	3209	39	3,28	2013	300
			<i>Media</i>	3,59		
Bagnato	7	285*	45	(0,25)	2013	300
Bagnato	8	1522*	44	(1,38)	2013	300
Bagnato	9	436	46	(0,38)	2013	300
Bagnato	10	2272*	47	(1,92)	2013	300
Bagnato	11	212*	49	(0,17)	2013	300
Bagnato	12	3160	47	2,68	2013	300
			<i>Media</i>	2,68	-24,7	% F _{re}

* **Anomalia nella modalità di cedimento: no rottura lungo superficie di taglio della resina sulla punta dei filetti della barra**

Resina: MUNGO MIT 600 RE Marmo Bianco Carrara

Acciaio barra: **12.9**

Diametro barra: **8 mm**

Diametro foro: **12 mm**

Condizioni foro	Test n°	F _{re} (kgp)	h (mm)	σ_t (kgp/mm ²)	Anno	ΔT (ms)
Asciutto	1	4049	48	3,36	2013	300
Asciutto	2	3887	45	3,44	2013	300
Asciutto	3	3740	44	3,38	2013	300
Asciutto	4	4594	51	3,59	2013	300
Asciutto	5	2420	29	3,32	2013	300
Asciutto	6	3319	40	3,30	2013	300
				3,40		
Bagnato	7	80*	48	(0,07)	2013	300
Bagnato	8	204*	45	(0,18)	2013	300
Bagnato	9	169*	45	(0,15)	2013	300
Bagnato	10	275*	47	(0,23)	2013	300
Bagnato	11	230*	47	(0,19)	2013	300
Bagnato	12	223*	48	(0,18)	2013	300
			Media	0,17	-95,0	% F _{re}

* Anomalia nella modalità di cedimento: no rottura lungo superficie di taglio della resina sulla punta dei filetti della barra

Resina: WURTH VIT EA 150 Marmo Bianco CarraraAcciaio barra: **12.9**Diametro barra: **8 mm**Diametro foro: **12 mm**

Condizioni foro	Test n°	F _{re} (kgp)	h (mm)	σ_{τ} (kgp/mm ²)	Anno	ΔT (ms)
Asciutto	1	4312	50	3,43	2013	300
Asciutto	2	3773	44	3,41	2013	300
Asciutto	3	3710	43	3,43	2013	300
Asciutto	4	3192	36	3,53	2013	300
Asciutto	5	3150	36	3,48	2013	300
Asciutto	6	4720	53	3,55	2013	300
				3,47		
Bagnato	7	2933	45	2,59	2013	300
Bagnato	8	3394	50	2,70	2013	300
Bagnato	9	2170	38	2,27	2013	300
Bagnato	10	2518	36	2,78	2013	300
Bagnato	11	1807*	40	(1,80)	2013	300
Bagnato	12	2100	37	2,26	2013	300
			Media	2,52	-27,4	% F _{re}

* **Anomalia nella modalità di cedimento: no rottura lungo superficie di taglio della resina sulla punta dei filetti della barra**

Resina: BERNER Multi System Epoxi Marmo Bianco CarraraAcciaio barra: **12.9**Diametro barra: **8 mm**Diametro foro: **12 mm**

Condizioni foro	Test n°	F _{re} (kgp)	h (mm)	σ_t (kgp/mm ²)	Anno	ΔT (ms)
Asciutto	1	3456	39	3,53	2018	10
Asciutto	2	3956	45	3,50	2018	50
Asciutto	3	4220	48	3,50	2018	10
Asciutto	4	4208	48	3,49	2022	10
Asciutto	5	3979	45	3,52	2022	10
Asciutto	6	3856	43	3,57	2022	10
			<i>Media</i>	3,52		
Bagnato	7	3148	49	2,56	2018	10
Bagnato	8	2110	42	2,00	2018	50
Bagnato	9	2638	50	2,10	2018	10
Bagnato	10	2542	46	2,22	2022	10
Bagnato	11	3200	49	2,80	2022	10
Bagnato	12	2306*	51	(1,80)	2022	10
			<i>Media</i>	2,25	-33,6	% F _{re}

* Anomalia nella modalità di cedimento: no rottura lungo superficie di taglio della resina sulla punta dei filetti della barra

Resina: GEBOFIX EPO PLUS RE Marmo Bianco CarraraAcciaio barra: **12.9**Diametro barra: **8 mm**Diametro foro: **12 mm**

Condizioni foro	Test n°	F _{re} (kgp)	h (mm)	σ_t (kgp/mm ²)	Anno	ΔT (ms)
Asciutto	1	4512	50	3,59	2018	10
Asciutto	2	4031	45	3,57	2018	10
Asciutto	3	3999	45	3,54	2018	10
Asciutto	4	3975	45	3,52	2022	10
Asciutto	5	3867	43	3,58	2022	10
Asciutto	6	4329	48	3,59	2022	10
			<i>Media</i>	3,56		
Bagnato	7	3583	50	2,85	2018	10
Bagnato	8	3234	45	2,86	2018	10
Bagnato	9	2876	40	2,86	2018	10
Bagnato	10	3770	51	2,94	2022	10
Bagnato	11	3749	52	2,87	2022	10
Bagnato	12	3409	46	2,95	2022	10
			<i>Media</i>	2,89	-18,8	% F _{re}

* **Anomalia nella modalità di cedimento: no rottura lungo superficie di taglio della resina sulla punta dei filetti della barra**

Resina: FISCHER T-BOND PROF 1 Marmo Bianco CarraraAcciaio barra: **12.9**Diametro barra: **8 mm**Diametro foro: **12 mm**

Condizioni foro	Test n°	F _{re} (kgp)	h (mm)	σ_{τ} (kgp/mm ²)	Anno	ΔT (ms)
Asciutto	1	4555	51	3,56	2018	10
Asciutto	2	4389	50	3,49	2018	10
Asciutto	3	4321	47	3,66	2018	10
Asciutto	4	3278	37	3,53	2022	10
Asciutto	5	3890	45	3,44	2022	10
Asciutto	6	4567	52	3,50	2022	10
Asciutto	7	3570	41	3,47	2023	10
			<i>Media</i>	3,52		
Bagnato	8	3641	51	2,84	2018	10
Bagnato	9	2980	45	2,76	2018	10
Bagnato	10	3562	51	2,78	2018	10
Bagnato	11	3605	50	2,97	2022	10
Bagnato	12	3270	47	2,77	2022	10
Bagnato	13	3018	45	2,67	2022	10
Bagnato	14	1976*	50	(1,57)	2023	10
			<i>Media</i>	2,80	-21,0	% F _{re}

* **Anomalia nella modalità di cedimento: no rottura lungo superficie di taglio della resina sulla punta dei filetti della barra**

Resina: MUNGO MIT 700 RE 440 Marmo Bianco CarraraAcciaio barra: **12.9**Diametro barra: **8 mm**Diametro foro: **12 mm**

Condizioni foro	Test n°	F _{re} (kgp)	h (mm)	σ_r (kgp/mm ²)	Anno	ΔT (ms)
Asciutto	1	3870	47	3,28	2018	10
Asciutto	2	3674	45	3,25	2018	10
Asciutto	3	3858	48	3,20	2018	10
Asciutto	4	4271	52	3,27	2022	10
Asciutto	5	4182	50	3,33	2022	10
Asciutto	6	4050	47	3,43	2022	10
Asciutto	7	3851	46	3,33	2023	10
			<i>Media</i>	3,30		
Bagnato	8	3925	51	3,06	2018	10
Bagnato	9	3554	47	3,01	2018	10
Bagnato	10	3380	45	2,99	2018	10
Bagnato	11	3256	45	2,88	2022	10
Bagnato	12	3657	52	2,80	2022	10
Bagnato	13	3328	47	2,76	2022	10
Bagnato	14	3808	45	2,94	2023	10
			<i>Media</i>	2,92	-11,5	% F _{re}

* **Anomalia nella modalità di cedimento: no rottura lungo superficie di taglio della resina sulla punta dei filetti della barra**

Resina: **GEBOX FIX PLUS RE****Peperino**Acciaio barra: **12.9**Diametro barra: **8 mm**Diametro foro: **12 mm**

Condizioni foro	Test n°	F _{re} (kgp)	h (mm)	σ_{τ} (kgp/mm ²)	Anno	ΔT (ms)
Asciutto	1	3166*	50	(2,52)	2023	10
Asciutto	2	3299*	50	(2,63)	2023	10
Asciutto	3	3276*	50	(2,61)	2023	10
			Media	(2,59)		

* Cedimento per rottura resina nei filetti della barra per circa 10 mm, poi cono d'estrazione (vedi foto)

Resina: FISCHER T-BOND PROF1**Peperino**Acciaio barra: **12.9**Diametro barra: **8 mm**Diametro foro: **12 mm**

Condizioni foro	Test n°	F _{re} (kgp)	h (mm)	σ_t (kgp/mm ²)	Anno	ΔT (ms)
Asciutto	1	1470*	50	(1,17)	2023	10
Asciutto	2	1233*	50	(0,98)	2023	10
Asciutto	3	983*	50	(0,78)	2023	10
			Media	(0,98)		

* Estrazione completa con quasi totale mancanza di adesione fra resina e parete del foro (vedi foto)

Resina: **MUNGO MIT 700 RE 440**

Peperino

Acciaio barra: **12.9**Diametro barra: **8 mm**Diametro foro: **12 mm**

Condizioni foro	Test n°	F _{re} (kgp)	h (mm)	σ_{τ} (kgp/mm ²)	Anno	ΔT (ms)
Asciutto	1	3660*	50	(2,91)	2023	10
Asciutto	2	3803*	50	(3,03)	2023	10
Asciutto	3	3976*	50	(3,17)	2023	10
			Media	3,04		

* Cedimento per rottura resina nei filetti della barra per circa 7 mm, poi cono d'estrazione (vedi foto)

V.01) Sintesi dei risultati sperimentali e delle conclusioni raggiunte

V.01.a) Premessa – Dall'insieme dei risultati delle sperimentazioni ed elaborazioni contenute nei precedenti capitoli emergono alcune conclusioni sul cedimento degli ancoraggi resinati con barre filettate che disegnano un quadro molto chiaro sui modi e i valori di forza che portano alla rottura a estrazione.

Ma occorre fare una distinzione netta fra fori asciutti e fori bagnati: con i fori asciutti la rottura e i valori di forza relativi seguono un legge, d'origine sperimentale, che rende certo il risultato, noto in anticipo conoscendo la geometria della messa in opera e il tipo di resina utilizzato. Il variare del tipo di resina non porta a variazioni plausibili d'attenzione.

Con i fori bagnati s'inserisce un fattore d'aleatorietà che non permette di conoscere in anticipo un valore certo di forza d'estrazione: si sa solamente che la tenuta diminuisce con percentuali che variano dal 10 % al 30 %, in funzione anche del tipo di resina utilizzata, con alcune resine che meglio di altre diminuiscono il valore di forza all'estrazione.

Analogamente l'aleatorietà si manifesta con blocchetti di roccia, marnosa/friabile come il Peperino, (qui non sono stati eseguiti test con fori bagnati) dove, fra l'altro, agiscono nell'adesione con la roccia le diverse resine. Alcune di queste risentono meno di altre dell'inconsistente compattezza della roccia.

V.01.b) Fori asciutti su Marmo Bianco Carrara: legge sperimentale per valutare le forze di tenuta all'estrazione di un ancoraggio resinato con barra filettata MA , Superficie di taglio S , sforzo a estrazione σ_τ , forza d'estrazione F_{re} – Quanto qui di seguito elaborato, che ripete in sintesi quanto già espresso nel **Capitolo II**, descrive e quantizza i meccanismi di rottura degli ancoraggi resinati con foro asciutto (pulito o sporco non fa differenza). Le relazioni che seguono sono state ricavate sulla base di quanto accaduto e misurato il oltre 27 anni di ricerche e basandoci su non meno di 350 test. Si fa riferimento a quanto espresso nel precedente **Capitolo II** e in particolare alle **Figure 6, 7a, 7b** e al Grafico di **Figura 8**.

I blocchetti di roccia sono di MBC, una roccia base che può rappresentare abbastanza bene il comportamento delle rocce calcaree che s'incontrano nella progressione speleologica.

E' confermato sperimentalmente che la forza d'estrazione F_{re} è direttamente proporzionale alla superficie S secondo la relazione:

$$F_{re} = S \cdot \sigma_\tau \quad (2)$$

dove la costante di proporzionalità, tipica di ogni diversa resina, è lo sforzo a estrazione :

$$\sigma_\tau = \text{sforzo a estrazione} = F_{re}/S \text{ (kgp/mm}^2\text{)} \quad (3)$$

Lo *sforzo a estrazione* (in realtà a taglio) σ_τ è una costante che caratterizza ogni diversa resina indurita al massimo livello, ricavabile sperimentalmente con la **Relazione 2**. Esso rappresenta il carico di rottura a taglio in *kgp* per ogni *mm*² della superficie S della resina; è indipendente dalle dimensioni del foro nella roccia, dal diametro della barra e dall'altezza d'immersione. Per contro lo *sforzo d'estrazione* è dipendente dal tempo d'indurimento (**Figura 8**).

V.01.c) Valore dello Sforzo a estrazione – Dai 48 test realizzati (foro asciutto, MBC) (guarda relative tabelle) si vede che il valore dello Sforzo a estrazione di tutte le resine utilizzate è circa $\sigma_t = 3,5 \text{ kgp/mm}^2$. E' di fatto una costante generalizzata, tanto che viene da ritenere che ogni marca usi la stessa resina epossidica. Su questo valore ci si basa per calcolare in progettazione la tenuta di un ancoraggio con barra filettata: basta moltiplicare il valore della Superficie di taglio $S = \pi \cdot \phi \cdot h$ per $\sigma_t = 3,5 \text{ kgp/mm}^2$ per avere la forza con cui l'ancoraggio cederà.

V.01.d) Valutazione delle forze d'estrazione F_{re} rispetto alle necessità dettate dalla catena di sicurezza speleo-alpinistica

I valori di F_{re} , con fori asciutti, con immersione della barra filettata nella resina intorno ai 40 mm, sono costantemente intorno ai 3500-4000 kgp: forze estremamente elevate per la progressione speleologica dove per la Catena di Sicurezza è previsto un limite inferiore di resistenza (LIR) di 1100 kgp.

Tali rilevanti forze, peraltro vengono ottenute con dimensioni del foro e della barra molto ridotte (minimo dispendio d'energia di perforazione).

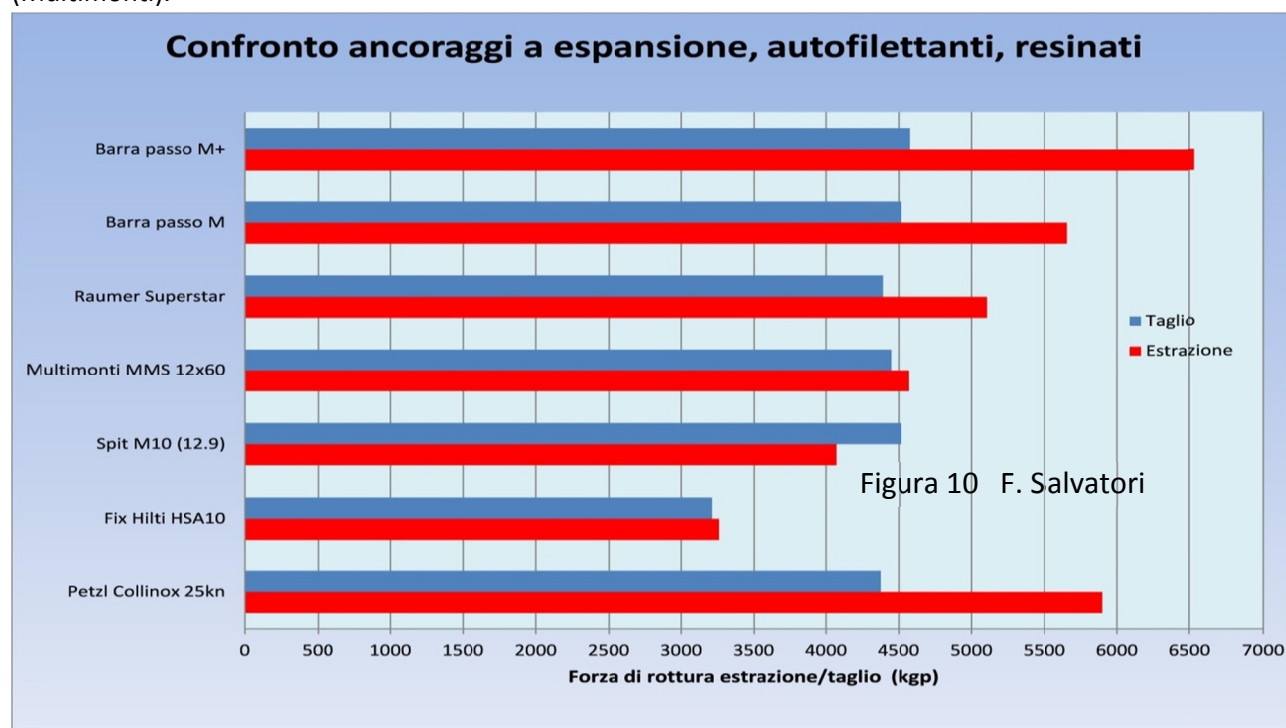
V.01.e) Confronto fra ancoraggi (resinati/a espansione/autofilettanti)

Per mostrare la rilevante tenuta alla rottura dei tasselli resinati usati nelle prove 1996 – 2018 (resine epossidiche con barre filettate 12.9) - rispetto ad altri tipi di ancoraggio di dimensioni analoghe – sono stati fatti dei test i cui risultati sono riportati nella sottostante **Figura 10**.

La trazione è sempre lenta (quasi-statica) con velocità 0,006 m/s. Per i resinati il collante era **WURTH EA 150**, l'indurimento superiore alle 96 ore e i fori nella roccia (Marmo Bianco Carrara) con diametro maggiorato di 4 mm rispetto al diametro del tassello.

Negli ancoraggi realizzati con barre filettate passo M e M+ l'acciaio era 12.9, come per i bulloni utilizzati nello Spit MF10.

Le barre filettate e i bulloni, elementi deputati a opporsi alla rottura, avevano lo stesso diametro di 10 mm: si è voluto, infatti, mettere a confronto gli ancoraggi non per le dimensioni ma piuttosto per le modalità di aderire alla roccia all'interno del foro attraverso la pressione (Spit e Fix) o adesione (resinati) o filettatura (Multimonti).



La profondità d'immersione nella resina del foro delle due barre, del Raumer Superstar e del Petzl Collinox 25kN era di 50 mm. Anche lo Spit MF10 e il Fix Hilti HSA10 sono penetrati nella roccia nella stessa misura. Le prove a taglio sono state fatte con trazione perpendicolare rispetto alla superficie del blocchetto di roccia.

V.01.f) Carichi di rottura esorbitanti – Le due barre filettate **M** e **M+** (12.9) immerse nella resina hanno la maggior tenuta a estrazione; pari a quella del Petzl Collinox 25 kN (in tutti i casi, il foro nella roccia aveva un diametro 14 mm) (**Figura 11**).



Figura 11 F. Salvatori

Quest'ultimo è un attrezzo di acciaio inox, molto costoso (18 €), consigliato dal costruttore solo per carichi estremamente pesanti ed esposto a condizioni ambientali molto corrosive. Sono dati che mostrano una resistenza all'estrazione abnorme rispetto alle richieste di sicurezza della progressione speleo - alpinistica - canyoning.

V.01.g) Filettature con passo diverso - La filettatura della barra in acciaio 12.9 con passo M+ si differenzia da quella con passo M (normale) in quanto la prima ha un numero di filetti dimezzato per unità di lunghezza. Questo fa sì che la superficie d'estrazione **S** sia maggiore a parità di altezza **h** d'immersione nel collante: meno filetti significa più resina a contatto con la roccia e quindi più resistenza all'estrazione del tassello. Questo vale anche per il Collinox Petzl (**Figura 11**): se al posto delle scannellature ci fosse una filettatura la resistenza all'estrazione potrebbe essere anche raddoppiata.

Infatti, come indicato nel primo capitolo definendo la superficie d'estrazione **S**, il metallo non ha in pratica alcuna possibilità di aderire sulla resina epossidica: sono stati effettuati dei test su tutte le resine fin qui utilizzate - immergendovi anche per 100 mm dei tondini d'acciaio di diametro compreso fra 8 e 12 mm con superficie liscia - che hanno dato a estrazione forze comprese fra i 50 kgp e i 250 kgp! Quindi nessuna adesione rilevante fra resina e metallo!



Figura 12 F. Salvatori

V.01.h) Differenze fra filettatura e zigrinatura – L'ancoraggio resinato con tassello Raumer Superstar con zigrinatura (**Figura 12**) da risultati pari alla barra filettata passo **A**. Ma la profondità d'immersione **h** nel collante è di 80 mm, quando di solito per le barre e il Collinox è di 50 mm. Ne segue che la zigrinatura crea una superficie d'estrazione **S**, a parità d'altezza d'immersione, inferiore a quella prodotta dalla filettatura.

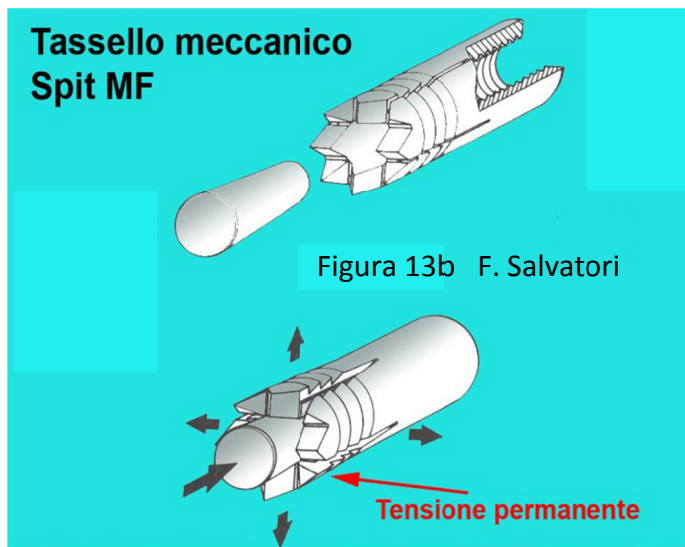
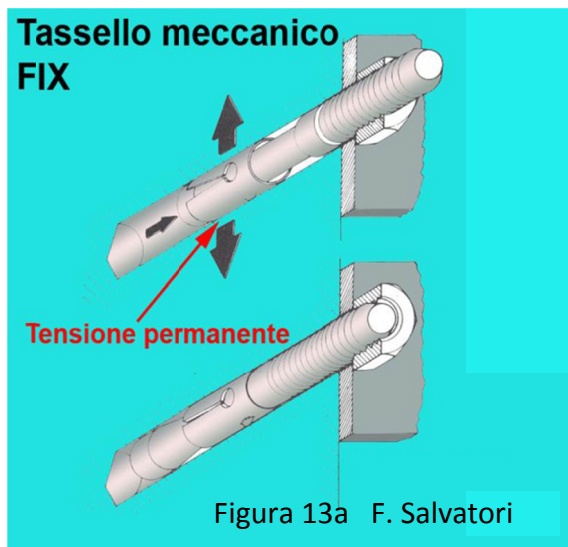
V.01.i) Pressione localizzata nel foro – Lo Spit MF10 fa registrare una forza d'estrazione inferiore a quella delle barre filettate, del Raumer Superstar e del Collinox (-23 %).

Evidentemente la pressione esercitata solo nella parte finale del foro ha meno (**Fix**) efficacia dell'adesione della resina lungo tutta la sua lunghezza (**Figura 13a**).

Questo vale anche per lo Spit (**Figura 13b**). La parte resistente alla rottura

nello Spit è il bullone che vi si avvita: l'acciaio che lo costituisce può essere scelto (nel nostro caso acciaio 12.9; di solito 8.8).

Da non dimenticare che si utilizzano soprattutto Spit MF8, dove il diametro del tassello si riduce, con conseguente diminuzione della forza d'estrazione relativa (2530 kgp contro 4100 kgp).



V.01.J) Struttura dell'ancoraggio – Fra gli ancoraggi messi a confronto (**Figura 10**) il Fix Hilti HSA10 è il tassello che, costituzionalmente, ha minor resistenza all'estrazione (circa 3200 kgp). Se fosse un Fix Hilti HSA8, il più utilizzato, la tenuta a estrazione si ridurrebbe a 2050 kgp.

Questa peculiarità negativa è conseguenza del fatto che il metallo con il quale è costruito non è paragonabile all'acciaio 12.9 delle barre filettate e dei bulloni (si può salire a circa 4000 kgp con Fix di acciaio inox, tipo Upat).

Inoltre, e questo è l'aspetto più grave, il corpo del tassello ha una marcata strozzatura (**Figura 14**) - dove sempre si produce il cedimento a estrazione - la cui sezione trasversale ridotta è causa di una diminuzione netta di F_{re} .

V.01.k) Ancoraggi autofilettanti – Il Multimonti (**Figura 15**)

Heco MMS 12x60 (diametro del corpo 10 mm) ha una tenuta a estrazioni di circa 4500 kgp, non di molto inferiore agli equivalenti ancoraggi resinati (**Figura 10**).



Questo valore di F_{re} è sempre esorbitante rispetto ai criteri minimi di resistenza degli elementi della catena di sicurezza. Ciò è dovuto al fatto che la filettatura del Multimonti agisce lungo tutto il foro, come i resinati.

Anche utilizzando un Multimonti MMS 10x60 (diametro del corpo 8 mm) si ha una forza d'estrazione superiore ai 4100 kgp! Dunque, tenuto conto della facilità e delle affidabilità della messa in opera dei Multimonti, si ritiene che questi siano la scelta migliore.

Su questi ancoraggi autofilettanti sono state sviluppate delle specifiche dettagliate ricerche sperimentali, le quali, tuttavia, necessitano d'un'integrazione dovuta al fatto che sono stati messi

in commercio altri tipi di tasselli autofilettanti, oltre i Multimonti Heco (vedi **Parte II**).

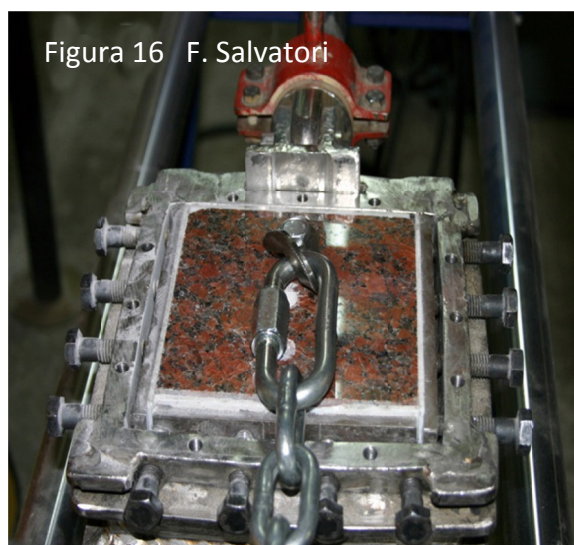


Figura 16 F. Salvatori

V.01.l) Le forze di rottura a taglio si equivalgono – Risalta con evidenza nel grafico di **Figura 10** che con sollecitazione a taglio (**Figura 16**), (asse di trazione perpendicolare rispetto alla superficie della roccia) il carico di rottura è di circa 4500 kgp.

Questo dato è la conseguenza del fatto che le barre filettate, zigrinate o scannellate hanno un diametro di 10 mm e sono costituite da acciaio di ottima qualità (12.9 e inox). A taglio l'adesione fra tassello e roccia nel foro ha poca influenza; quello che conta è la capacità di resistere alla flessione delle barre.

Il Fix HSA10 si differenzia: il metallo che lo costituisce è di qualità inferiore e deve essere accettato senza garanzie sulla sua tenuta alla rottura (come invece accade con

bulloni e barre filettate: 8.8 e 12.9). Per avere una sicurezza garantita occorre scegliere Spit in acciaio inox (ad esempio A4 della UPAT).

V.01.m) Fori bagnati – Per descrivere il comportamento dei tasselli resinati con foro bagnato occorre far riferimento a quanto già riportato per le prove fatte con Associazione Italiana Canyoning (**III.01.d**), sintetizzato nella **Figura 9**. Tutte le prove descritte nel precedente **Paragrafo IV**, essendosi svolte con correttezza le operazioni di bagnatura del foro ed essendo tutte le resine garantite dal produttore anche per fori bagnati, hanno dato risultati del primo tipo, con adesione parziale della resina alla roccia e σ_t compreso fra 2,0 – 2,68 kgp/mm^2 (una riduzione di carico di tenuta compresa fra l'11% e il 33%).

La dispersione dei dati è evidente, ma non tale da rendere pericolosa la progressione che utilizza ancoraggi che in partenza avevano le pareti del foro bagnate.

Il che fa sì che, anche con fori bagnati e con qualsiasi resina garantita per tali condizioni, gli ancoraggi con barre filettate da 8 mm di diametro immerse nella resina per circa 50 mm garantiscono resistenze abbondantemente superiori a quanto richiede una progressione con ancoraggi sufficientemente sicuri.

V.01.n) Peperino – I test con questa roccia vulcanica sedimentaria non hanno compreso fori bagnati e sono stati effettuati solo su tre tipi di resina:

GEBOX FIX PLUS RE
FISCHER T-BOND PRO1
MUNGO MIT 700 RE 440.

Il risultato è chiaro:

la resina FISCHER produce il risultato peggiore con riduzione della tenuta rispetto al foro asciutto su MBC dell'80% circa, scendendo la forza d'estrazione a valori inferiori al LIR;
 le altre due resine invece garantiscono carichi d'estrazione fra il 70% e 80% rispetto a quelli che si ottengono con fori asciutti nel MBC.

Questo significa che gli ancoraggi resinati con barre filettate da 8 mm di diametro immerse nella resina per circa 50 mm, se il collante non è il **FISCHER T-BOND PRO1**, danno dei risultati di tenuta sufficientemente sicuri.

Non crediamo che la mancanza di dati su fori bagnati sia di grande rilievo a tale da invalidare tutta la ricerca.

Parte II

Ancoraggi artificiali autofilettanti

Test su differenti tasselli per valutazione della messa in opera (avvitamento e coppia di serraggio) su rocce della Serie stratigrafica sedimentaria umbro-marchigiana

*Test a estrazione e taglio su ancoraggi con differenti tasselli su foro in **Marmo Bianco Carrara (MBC)** e in **Peperino***

VI.01) Strumenti, sperimentazione e analisi dei risultati

VI.01.a) Inquadramento generale: Multimonti, il prototipo dei tasselli autofilettanti ("viti"); messa in opera

A partire dal dicembre 2003 sono state effettuate una serie di prove in condizioni quasi-statiche sugli ancoraggi "MultiMonti" modello MMS-S (*Figura 17*), con ingrandimento della parte iniziale, valutandone la tenuta a taglio e a estrazione su sei diversi tipi di roccia (vedi tabella di *Figura 23*). Nella *Figura 18* la serie di tasselli MultiMonti sottoposti a test.

Sono state tratte anche delle conclusioni sulla rapidità, facilità e affidabilità della messa in opera;



Figura 17



Figura 18

e, infine, sono stati fatti dei confronti con tasselli tipo Spit, Fix e Chimici con equivalenti dimensioni del foro e della barra filettata di tenuta.

La maggiore novità, una vera e propria rivoluzione nelle tecniche d'armo speleo-alpinistiche, sta nel fatto che il MultiMonti richiede solo un foro nella roccia, dove si inserisce il tassello come una vite autofilettante (anche nei supporti più duri come il granito). È subito pronto!

Se lo si vuole recuperare, basta svitare. Una normale chiave inglese è sufficiente per avvitare e svitare.



Figura 19

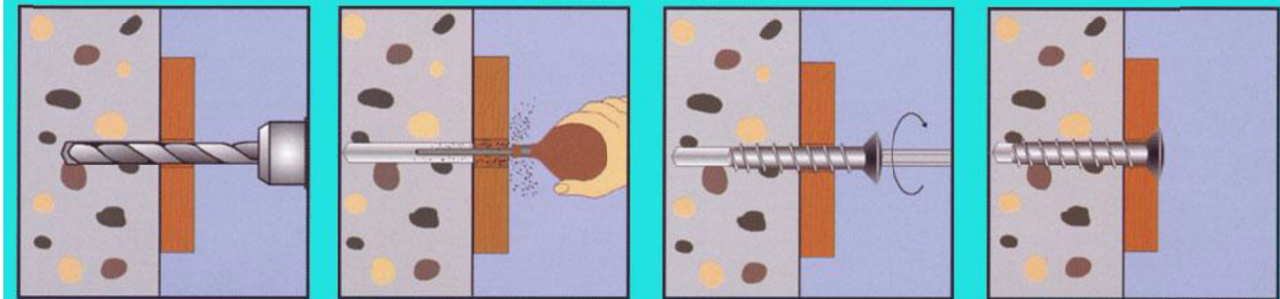
Di sostanziale rilievo è l'aspetto legato ai trattamenti (*Figura 19*) che l'ancorante subisce per poter penetrare anche nelle rocce più dure mantenendo le caratteristiche di resistenza alle sollecitazioni, specie nel filetto che è responsabile di tutta la tenuta del sistema.

La messa in opera avviene con tre semplici operazioni: foratura, pulizia, avvitamento (*Figura 20*). Non è necessaria una pulizia particolare, ma solo l'eliminazione del grosso dei residui nel foro. Su qualsiasi supporto roccioso, anche il più duro dei graniti. A taglio e a estrazione si ha una tenuta superiore ad ogni altro tipo di ancorante, con le stesse dimensioni del foro.

Messa in opera dell'ancorante Multi Monti

Tre semplicissime fasi

Figura 20

Foratura**Pulizia****Avvitamento****OK**

Infine si è analizzata la dispersione dei carichi di rottura e cioè la capacità dei MultiMonti di mantenere le stesse caratteristiche di tenuta, esemplare per esemplare, nonostante sia un prodotto industriale dove è impossibile testare le reazioni alle sollecitazioni singolarmente ma solo a campionatura (cosa che invece non avviene nella produzione alpinistica dove ogni esemplare messo in commercio, per esempio i moschettoni, è sottoposto a test di tenuta; o almeno così dovrebbe accadere).

L'Heco Italia di Bassano del Grappa (distributrice in Italia dei prodotti dell'Heco Schrauben tedesca) ha fornito gli ancoranti necessari per le prove, le informazioni tecniche sulle caratteristiche dei materiali e sul loro utilizzo. Alcune delle immagini qui riportate sono state tratte dal Manuale Tecnico dell'Heco Schrauben).

VI.01.b) Condizioni sperimentali

Per supporti rocciosi, come al solito, sono stati utilizzati dei blocchetti di roccia delle dimensioni di 15x15x12 cm, contenuti in un'apposita "scatola" (Figura 21 - 22) con pressione sulle pareti di 1,5 kgm.

Le prove sono state effettuate con velocità di trazione pari a 0,006 m/s. I valori riportati per il cemento (C 20/25) sono stati ricavati dal Manuale Tecnico dell'Heco Italia (Bassano del Grappa). Sei diverse rocce sono state sottoposte a prove: Marmo Bianco Carrara (supporto di riferimento), Marne del Sentino (calcare marnoso ad alta resistenza), Scaglia Rossa (calcare marnoso a bassa resistenza), Travertino (calcare ad altissima porosità), Granito (Rosso del Sud Africa, fra i più duri), Tufo Peperino (roccia vulcanica compatta a bassa resistenza) (Figura 24).

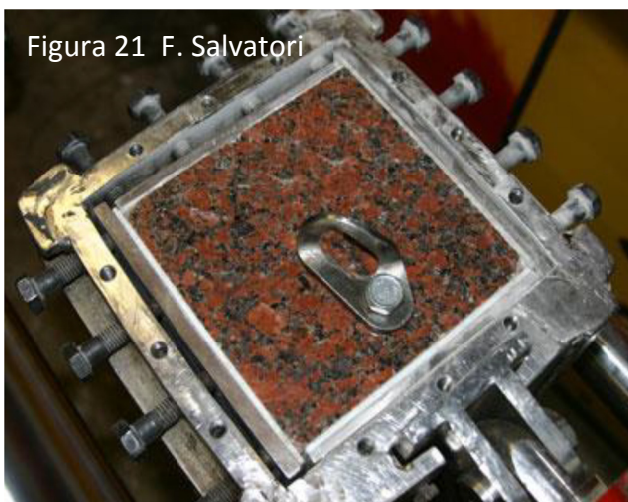


Figura 21 F. Salvatori



Figura 22 F. Salvatori



Figura 23 F. Salvatori

Placchette piegate acciaio per sollecitazioni a taglio e anelli simmetrici d'acciaio a estrazione, fissati con copia di 2 kgm (Figura 23).

Per la messa in opera sono stati praticati dei fori perpendicolarmente alla superficie della roccia: con diametro di 6 mm, 8 mm, 10 mm e con profondità di almeno 5 mm superiore alla lunghezza della parte filettata dell'ancoraggio.

I fori sui blocchetti sono stati eseguiti con trapano a batteria Hilti e ripuliti dalla polvere.

Le caratteristiche meccaniche delle rocce utilizzate sono state quelle indicate nella sottostante Tabella di Figura 24:

Tipo di roccia	Caratteristiche	Fr flessione	Fr trazione	Fr compressione	Modulo elasticità	Peso specifico
Marmo Bianco (Carrara)	Calcare metamorfico microcristallino puro	140 kgp/cm ²	80 kgp/cm ²	1800 kgp/cm ²	7.10 ⁵ kgp/cm	2,7 t/m ³
Marna (Sentino - Valdorbia)	Calcare marnoso a grana fine compatto	120 kgp/cm ²	70 kgp/cm ²	1100 kgp/cm ²	5.10 ⁵ kgp/cm	2,7 t/m ³
Scaglia Rossa (Monte Subasio)	Calcare molto marnoso a grana fine fragile	40 kgp/cm ²	20 kgp/cm ²	300 kgp/cm ²	4.10 ⁵ kgp/cm	2,5 t/m ³
Travertino (Gole del Forello)	Calcare a grana fine molto puro e poroso	60 kgp/cm ²	30 kgp/cm ²	500 kgp/cm ²	2.10 ⁵ kgp/cm	2,4 t/m ³
Granito (Rosso del Sud Africa)	Con abbondante matrice quarzosa	200 kgp/cm ²	90 kgp/cm ²	2000 kgp/cm ²	5.10 ⁵ kgp/cm	2,8 t/m ³
Tufo Peperino (Pitigliano)	Roccia omogenea ma molto incoerente	50 kgp/cm ²	30 kgp/cm ²	400 kgp/cm ²	3.10 ⁵ kgp/cm	1,9 t/m ³
Cemento C 20/25	Secondo norme EC 2			200 kgp/cm ²	Figura 24 F.	Salvatori

VI.1.c) Forze di rottura a taglio ed estrazione su diversi supporti rocciosi

Nella tabella che segue (Figura 25) sono riportati i risultati completi delle prove effettuate (ogni valore è ricavato dalla media di almeno tre prove ed espresso in kgp):

Modello	Marmo BC		Marna Sentino		Scaglia Rossa		Travertino		Granito		Tufo Peperino		Cemento	
Figura 9	Taglio	Estraz.	Taglio	Estraz.	Taglio	Estraz.	Taglio	Estraz.	Taglio	Estraz.	Taglio	Estraz.	Taglio	Estraz.
7,5 x 40 6	1536 ¹	2080 ²	1512 ¹	2057 ²	1541 ⁶	876 ²	1092 ⁶	1513 ²	1732 ¹	2322 ²	1300 ⁶	1230 ²	1893 ¹	1252
7,5 x 45 6	1413 ¹	2220 ¹	1342 ¹	2426 ¹	1614 ⁵	1063 ²	1897 ¹	1263 ²	1983 ¹	2464 ¹	1513 ⁶	1549 ²	1893 ¹	1608
7,5 x 50 6	1440 ¹	2480 ¹	1583 ¹	2396 ¹	1863 ¹	1447 ²	1237 ⁵	2598 ¹	2001 ¹	2516 ¹	1829 ⁵	1857 ⁴	1893 ¹	1608
7,5 x 60 6	1484 ¹	2565 ¹	1481 ¹	2683 ¹	1907 ¹	1899 ²	1669 ⁵	2649 ¹	2030 ¹	2619 ²	1824 ⁵	2050 ²	1893 ¹	1608
7,5 x 80 6	1725 ¹	2587 ¹	1881 ¹	2580 ¹	1999 ¹	2770 ¹	2287 ⁵	2583 ¹	1931 ¹	2609 ¹	2420 ⁵	2403 ⁴	1893 ¹	1608
10 x 60 8	3255 ¹	4147 ²	3272 ¹	3923 ²	2727 ⁵	1971 ²	3475 ¹	2944 ²	3418 ¹	3427 ³	3246 ⁵	1726 ²	2718 ¹	2199
10 x 70 8	3131 ¹	>5000	3408 ¹	4980 ²	2660 ⁵	2858 ²	3727 ¹	4441 ²	3333 ¹	4873 ⁴	3692 ¹	3590 ²	2718 ¹	2586
10 x 80 8	3313 ¹	>5000	3398 ¹	>5000	3061 ¹	3763 ²	3423 ¹	4403 ¹	3459 ¹	>5000	3302 ¹	4274 ¹	2718 ¹	2586
10 x 100 8	3273 ¹	>5000	3872 ¹	>5000	3191 ¹	4369 ¹	3683 ¹	>5000	3691 ¹	>5000	3498 ¹	4383 ¹	2718 ¹	2586
12 x 60 10	4251 ¹	4292 ¹	4449 ¹	4573 ²	3973 ¹	2725 ²	4179 ¹	2723 ²	4064 ¹	3846 ²	3584 ¹	2241 ²	3665	2260
12 x 80 10	3964 ¹	>5000	4207 ¹	>5000	4467 ¹	3459 ²	4923 ¹	>5000	4671 ¹	>5000	4436 ¹	4328 ²	3665	3085
12 x 90 10	4013 ¹	>5000	3919 ¹	4999 ²	3989 ¹	4671 ²	3899 ¹	>5000	4565 ¹	>5000	4420 ¹	3619 ²	3665	3085

Nella colonna "Modello" i tre numeri indicano, rispettivamente, il diametro minimo del foro della placchetta o dell'anello da fissare, la lunghezza del gambo dell'ancorante (quindi esclusa la testa esagonale) e il diametro del foro da praticare nella roccia.

Il numero in apice ai valori di carico si riferiscono al tipo di rottura prodotto dalla sollecitazione così come qui di seguito riportato:

1. *rottura dell'ancoraggio alcuni millimetri sotto la testa esagonale;*
2. *estrazione completa e senza rottura alcuna dell'ancoraggio con cono d'estrazione più o meno profondo e largo (Figura 26);*
3. *rottura completa della filettatura dell'ancoraggio;*
4. *rottura completa della filettatura nella roccia;*
5. *con sollecitazione a taglio, cedimento della roccia, flessione dell'ancoraggio e rottura dello stesso sotto la testa esagonale;*
6. *con sollecitazione a taglio, cedimento della roccia, flessione dell'ancoraggio ed estrazione completa dello stesso.*



Figura 26 F. Salvatori

Nelle celle marcate da un grigio più scuro i valori del carico di rottura sono minori del Limite Inferiore di Resistenza (LIR). Questi si riferiscono alla Scaglia Rossa e al Travertino: la prima con bassissima capacità di tenuta a trazione e a compressione e grande fragilità; il secondo noto per la sua alta e imprevedibile porosità.

Risaltano positivamente alcune caratteristiche del Multi Monti:

- a. rispetto ai tasselli meccanici e chimici si inserisce una barra di tenuta di maggiori dimensioni (la filettatura tradizionale riduce in modo significativo la sezione trasversale di bulloni, Fix e barre filettate), il che porta, a parità di diametro del foro, a maggiori carichi di rottura;
- b. la presa, tanto a taglio come ad estrazione, si distribuisce lungo tutto l'asse longitudinale del foro (come nei tasselli con collante chimico) ma nel caso del Multi Monti la tenuta della roccia è superiore a quella del collante indurito;
- c. non ci sono tensioni permanenti (come nella parte terminale di Spit e Fix) che possono sollecitare la roccia;
- d. tenuta sopra la norma anche con rocce poco resistenti alla trazione e alla compressione, come la Scaglia Rossa e il Tufo Peperino, specie se si utilizzano modelli con lunghezza adeguata;
- e. resistenza sempre sufficiente anche con rocce fratturate o tendenti a fratturarsi con facilità;
- f. l'ancorante può essere "svitato" con la stessa facilità con cui è stato "avvitato", quindi recuperato e riutilizzato (non nel granito), permettendo fra l'altro di ridurre l'"inquinamento" delle grotte e delle montagne, molte delle quali letteralmente crivellate da Spit, Fix e "chimici";
- g. la messa in opera è estremamente affidabile, tale da rendere molto improbabile l'errore umano.

Gli aspetti negativi, se così si può dire, sono:

- con granito, particolarmente duro, e sezioni piccole del tassello l'avvitamento può essere completato solo con l'uso di un secondo esemplare, in quanto la filettatura del primo si "esaurisce" prima dell'avvitamento completo;
- con rocce tipo il Tufo Peperino occorre pulire più volte il foro altrimenti si crea un fortissimo, insuperabile attrito sia nella foratura che nell'avvitamento;
- le placchette sinora utilizzate in speleologia hanno fori adatti ai modelli MMS-S 7,5 e MMS-S 10 (sempre per il primo modello, non sempre per il secondo); qualora si volesse utilizzare il modello MMS-S 12 occorre provvedere all'allargamento dei fori delle placchette.
- per gli anelli il discorso si complica in quanto solo il modello MMS-S 7,5 entra facilmente nel foro; per gli altri modelli occorre provvedere opportunamente, oppure utilizzare il modello MMS-ST (prevede la messa in opera di un ancorante che termina con una filettatura dove è possibile fissare l'anello con un dado).

VI.01.d) Confronto fra ancoranti

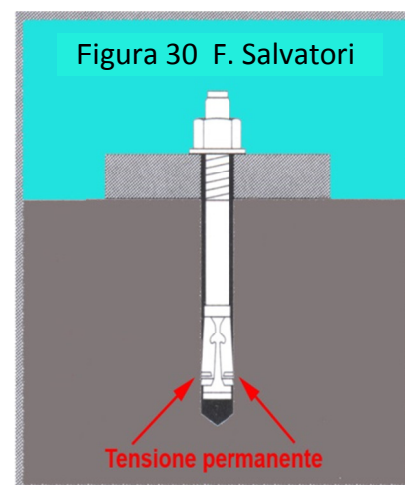
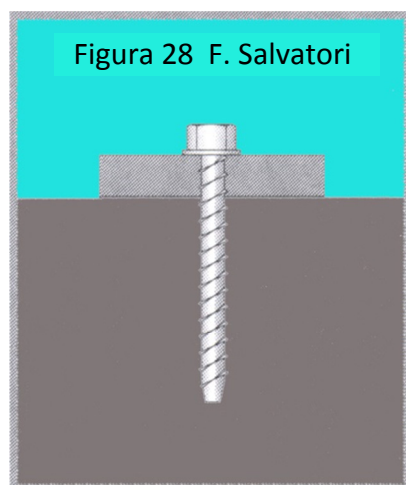
Per mettere in risalto le straordinarie capacità di tenuta del nuovo tassello è particolarmente significativo il confronto, su Marmo Bianco Carrara, fra MultiMonti e i tasselli tradizionali (Tabella sottostante, *Figura 27*):

Sollecitazione	MMS-S 10 x 80 Ø 8 mm L = 80 mm	Spit MF8 Bullone 8.8	Fix acciaio normale Ø 8 mm L = 85 mm	Fix acciaio inox Ø 8 mm L = 85 mm	Chimico barra 8.8 Ø 8 mm L = 85 mm	MMS-S 7,5 x 50 Ø 6 mm L = 50 mm
Taglio	3313	2256	1584	2354	2256	1440
Estrazione	> 5000	2530	2298	2434	3101	2480

Nelle cinque colonne, da sinistra, sono riportati i carichi di rottura del MultiMonti MMS-S 10 x 80, nonché di quattro fra i più usati tasselli (meccanici o chimici) con equivalenti dimensioni nel diametro e nella profondità del foro nella roccia. Risulta nettamente la superiore resistenza degli ancoranti Multi Monti!

Per avere una tenuta pari ai tasselli tradizionali è sufficiente un MMS-S 7,5 x 50 (valori dell'ultima colonna a destra) immerso in un foro della roccia della profondità di 55 mm e del diametro di 6 mm!!!!!!

Il primo fattore che rende "speciale" il MultiMonti sta nel fatto che la sua tenuta è distribuita lungo tutta la parte immersa nella roccia (*Figura 28*), proprio come un tassello a collante chimico (*Figura 29*), e non come avviene negli Spit e nei Fix dove l'ancoraggio è la conseguenza di una pressione esercitata solo nella parte inferiore del foro (*Figura 30*).



Ma a differenza dei tasselli "chimici" il filetto del MultiMonti:

- a. interagisce direttamente sulla roccia e non sul collante chimico: la roccia ha una resistenza decisamente superiore alla resina indurita;
- b. il MultiMonti, a parità di lunghezza della parte immersa, ha un numero inferiore di filetti rispetto ad una equivalente barra filettata MA e questo determina una superficie minore di non contatto fra filetti e supporto (roccia e resina indurita).

Altro elemento che determina la superiore tenuta dei MultiMonti sta nel fatto che, a parità di condizioni di diametro del foro, questi si oppone alle sollecitazioni con un gambo non filettato. Cosa che invece non accade nei Fix e negli Spit dove l'ancoraggio si realizza su barre o bulloni con filettatura, che riduce di fatto in modo significativo la sezione trasversale dei tasselli o dei bulloni.

Per intenderci, a titolo di esempio, il classico bullone del diametro di 8 mm per Spit Roc MF8 e la barra filettata del Fix 8, sempre del diametro di 8 mm, in realtà hanno sezioni trasversali del diametro di circa 6,7 mm e quindi una superficie della sezione trasversale di 35,2 mm². Per contro nell'equivalente (per dimensioni del foro praticato) Multi Monti MMS-S 10 (con diametro effettivo del gambo di 8 mm) la superficie della sezione trasversale è di 50,2 mm².



Nei Fix il problema è particolarmente presente anche per la struttura stessa del gambo immerso nel foro, dove, a livello delle parti mobili che espandendosi creano la pressione, c'è una sezione trasversale particolarmente ridotta che è spesso causa del cedimento del tassello (Figura 31).

Nel complesso si può anche affermare che a parità di energia di perforazione della roccia (fori dello stesso diametro e profondità) si ha con il Multi Monti una maggiore e significativa resistenza al cedimento.

Di non poco conto è la constatazione che il Multi Monti non genera tensioni permanenti come negli Spit e nei Fix. Si crea una reazione nella roccia, ad opera esclusiva del filetto che corre lungo tutto l'asse dell'ancorante, solo quando questi viene trazionato. Nella roccia dunque, specie se marnosa, non si innesca facilmente un processo di sgretolamento in

corrispondenza della superficie sottoposta a pressione permanente, con tutte le conseguenze negative del caso.

Il Multi Monti è molto pratico, essendo un ancorante "passante" come il Fix. Questo permette di porre nella posizione voluta ciò che deve essere ancorato, realizzare i fori nella roccia utilizzando come maschera (dima) lo stesso attrezzo da fissare e infine mettere in opera il tutto "avvitando" i Multi Monti. Semplice e affidabile!

Rivoluzionaria è infine la possibilità di togliere l'ancorante Multi Monti dopo l'uso, potendolo anche riutilizzare (non nel granito). E' dunque a portata di mano un'inversione di tendenza rispetto al progressivo "inquinamento" da Spit, Fix e "chinici" delle pareti delle grotte e delle montagne.

VI.01.e) Dispersione dei risultati

Molto importante, quando si tratta di attrezzature metalliche realizzate con lavorazione rapida e in grandi quantità (prodotti industriali), è la valutazione della capacità di questo materiale di reagire alle sollecitazioni fino alla rottura in modo il più possibile omogeneo, campione per campione (problema identico per Fix e maglie rapide).

Per far questo si calcola lo Sforzo σ in quante più prove possibile:

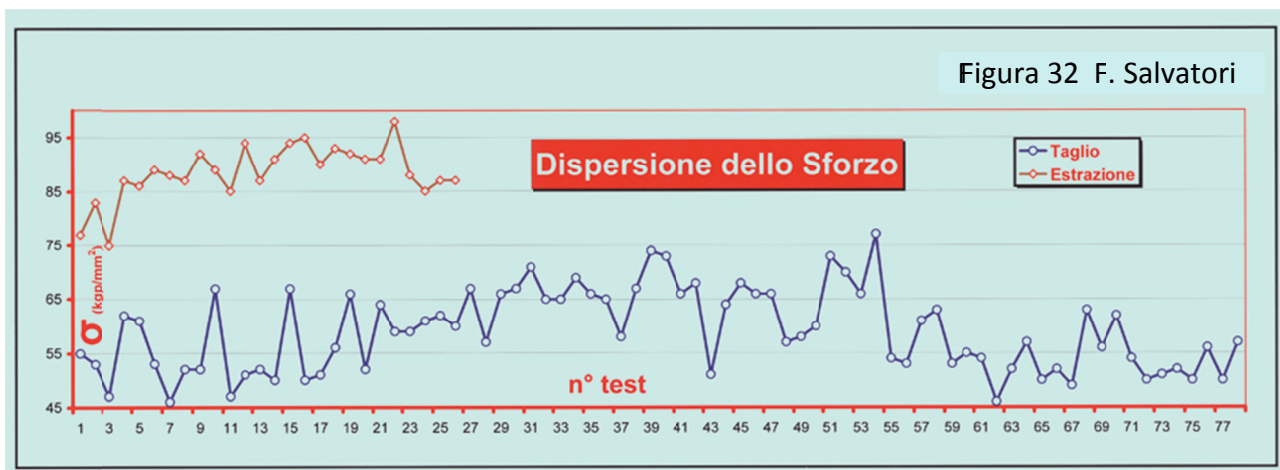
$$\sigma = F_r / S$$

con:

F_r = Forza in kgp che produce la rottura del tassello (a taglio o a estrazione)

S = Superficie espressa in mm^2 della sezione trasversale del corpo del tassello

Il risultato di questa analisi sulla base di 105 test utilizzabili (rottura del tassello a estrazione o a taglio) è riportato nel grafico sottostante (Figura 32):



La dispersione che ne risulta è buona e il valore più basso ottenuto (45 kgp/mm^2) fa sì che anche con il tassello da 6 mm di diametro si abbia una tenuta di oltre 1200 kgp alla rottura. Un dato superiore al LIR che garantisce sicurezza e affidabilità.

VII.01) Test su diversi tasselli per valutazione della messa in opera (avvitamento e coppia di serraggio) su rocce della Serie stratigrafica sedimentaria umbro-marchigiana

VII.01.a) Valutazione messa in opera

I test sono stati effettuati sulle varie rocce con diversi strumenti a mano non dinamici. I giudizi riportati sono una sintesi di quanto riscontrato nel complesso delle prove.

Tassello	foro (mm)	lungh. (mm)	inizio	avvitamento	note	giudizio
WURTH TSM 8x70	8	70	Molto difficile con chiave inglese o a cricchetto. Facile con avvitatore a impulsi.	Difficile completarlo: molto elevato l'attrito ed eccessivo consumo della parte iniziale filettante, anche su calcestruzzo	Utilizzabile, ma solo con avvitatore a impulsi e non su calcare compatto	molto negativo
WURTH TSM 6x60	6	60	Laborioso con chiave inglese; più facile con chiave a cricchetto.	Elevato l'attrito e consumo rilevante della parte iniziale filettante, anche su calcestruzzo	Utilizzabile, preferibilmente con chiave a cricchetto	negativo

HILTI HUS-H 8x65	8	65	Laborioso con chiave inglese; più facile con chiave a cricchetto.	Attrito di un certo rilievo specie su Marmo Bianco Carrara, Calcare massiccio e Calcare Maiolica	Utilizzabile, preferibilmente con chiave a cricchetto	sufficiente
HILTI HUS-H 6x65	6	65	Laborioso con chiave inglese; più facile con chiave a cricchetto.	Attrito di un certo rilievo specie su Marmo Bianco Carrara, Calcare massiccio e Calcare Maiolica	Utilizzabile, preferibilmente con chiave a cricchetto	sufficiente
HILTI HUS-H 10x65	10	65	Laborioso con chiave inglese; più facile con chiave a cricchetto.	Attrito moderato e facile avvvitamento nonostante le dimensioni e il diametro	Utilizzabile, preferibilmente con chiave a cricchetto	buono
HILTI HUS S3-H 8x65	8	65	Facile con chiave a cricchetto; possibile anche con chiave inglese.	Attrito moderato e facile avvvitamento nonostante le dimensioni e il diametro	Messa in opera anche con sola chiave inglese	buono
HILTI HUS S3-H 6x60	6	60	Facile anche con chiave inglese; testa esagonale troppo piccola	Facile avvvitamento fino al fondo	Messa in opera anche con sola chiave inglese	buono
FISCHER ULTRACUT FBS II 8x55	8	55	Facile anche con chiave inglese; con chiave a cricchetto ancora di più	Avvvitamento fino al fondo senza problemi (con lo stesso tassello si può filettare un secondo foro)	Messa in opera anche con sola chiave inglese	molto buono
TECFI THX 10/10(8x100)	8	100	Difficoltoso anche con chiave a cricchetto. Meglio con avvitatore a impulsi	Per avvvitare fino in fondo occorre utilizzare almeno due tasselli; la parte iniziale filettante non possiede denti.	Messa in opera con sola chiave a cricchetto o a impulsi	negativo
TECFI THX 8/10 (6x100)	6	100	Difficoltoso anche con chiave a cricchetto. Meglio con avvitatore a impulsi	Per avvvitare fino in fondo occorre utilizzare almeno due tasselli; la parte iniziale filettante non possiede denti.	Messa in opera con sola chiave a cricchetto da 10 o a impulsi	negativo
MULTIMONTI MMS 10x60	8	60	Molto facile con chiave inglese	Avvvitamento fino al fondo senza problemi (con lo stesso tassello si può filettare un secondo foro)	Messa in opera anche con sola chiave inglese	ottimo
MULTIMONTI MMS 7,5x60	6	60	Molto facile con chiave inglese	Avvvitamento fino al fondo senza problemi (con lo stesso tassello si può filettare un secondo foro)	Messa in opera anche con sola chiave inglese	ottimo
MULTIMONTI plus SS 10x70	8	70	Molto facile con chiave inglese	Avvvitamento fino al fondo senza problemi (con lo stesso tassello si può filettare un secondo foro)	Messa in opera anche con sola chiave inglese	ottimo
MULTIMONTI plus SS 10x60	8	60	Molto facile con chiave inglese	Avvvitamento fino al fondo senza problemi (con lo stesso tassello si può filettare un secondo foro)	Messa in opera anche con sola chiave inglese	ottimo

MULTIMONTI plus SS 7,5x80	8	80	Molto facile con chiave inglese	Avvitamento fino al fondo senza problemi (con lo stesso tassello si può filettare un secondo foro)	Messa in opera anche con sola chiave inglese	ottimo
MULTIMONTI plus SS 7,5x60	6	60	Molto facile con chiave inglese	Avvitamento fino al fondo senza problemi (con lo stesso tassello si può filettare un secondo foro)	Messa in opera anche con sola chiave inglese	ottimo
ANCHORVIT 10x60 (8x60)	8	60	Anche con sola chiave inglese	Avvitamento fino al fondo senza problemi , con pochissimo attrito (filetti consumati)	Messa in opera facile con chiave inglese a cricchetto	sufficiente
ANCHORVIT 7,5x60 (6x60)	6	60	Molto facile con chiave inglese	Avvitamento fino al fondo senza problemi , con pochissimo attrito (filetti consumati)	Messa in opera anche con sola chiave inglese	sufficiente
ANCHORVIT 7,5x45 (6x60)	6	45	Molto facile con chiave inglese	Avvitamento fino al fondo senza problemi , con pochissimo attrito (filetti consumati)	Messa in opera anche con sola chiave inglese	sufficiente

E' evidente che solo alcuni autofilettanti sono facili da mettere in opera; mentre altri sono di fatto impraticabili se non avendo un avvitatore motorizzato a impuls.

I migliori sono i Multimonti e il Fischer Ultracut FBS II 8x55. Gli altri , specialmente i Wurth in acciaio inox, sono di fatto inutilizzabili nella progressione in grotta: generano un attrito così elevato che quasi sempre si rompe il tassello durante l'avvitamento.

La roccia incide molto sull'operazione di messa in opera. Calcarci come la maiolica o la Scaglia bianca generano più attrito che altre rocce.

VII.01.b) Valutazione coppia di serraggio

Sui test riportati nella tabella superiore sono state calcolate con la chiave dinamometrica anche le coppie di serraggio massime necessariamente per portare a completamento l'avvitamento del tassello. Qui di seguito la sintesi dei risultati.

	COPPIA DI SERRAGGIO (Nm)							
TASSELLO	Diametro foro (mm)	Marmo Carrara	Massiccio	Corniola	Calcare Maiolica	Scaglia Bianca	Scaglia Rossa	Cemento
WURTH TSM 8x70	8	24-30	22-24	20-24	21-24	21-23	23-25	15-6
WURTH TSM 6x60	6	8-10	6-8	5-7	6-8	5-7	8-10	8-9
HILTI HUS-H 8x65	8	20-25	18-23	15-20	16-23	14-15	15-16	8-10
HILTI HUS-H 10x65	10	18-20	14-18	11-13	13-16	13-15	15-18	9-10

HILTI HUS S3-H 8x65	8	14-16	12-15	10-12	11-13	10-13	9-13	5-6
HILTI HUS S3-H 6x60	6	6-8	5-8	4-7	6-8	5-9	7-9	4-5
FISCHER ULTRACUT FBS II 8x55	8	10-14	9-12	7-9	8-10	8-10	8-9	4-5
TECFI THX 10/10 (8x100)	8	27-30	25-28	23-27	26-30	25-27	29-31	8-10
TECFI THX 8/10 (6x100)	6	22-28	20-25	18-21	22-24	21-25	23-28	6-5
MULTIMON TI MMS 10x60 (8x60)	8	10-12	7-9	6-8	8-10	8-11	10-12	4-5
MULTIMON TI MMS 7,5x60 (8x60)	6	8-10	6-5	5-7	7-9	7-10	9-11	3-4
MULTIMON TI plus SS 10x70 (8x70)	8	10-12	7-9	6-8	8-10	8-11	10-12	4-5
MULTIMON TI plus SS 10x60 (8x60)	8	10-12	7-9	6-8	8-10	8-11	10-12	4-5
MULTIMON TI plus SS 7,5x80 (6x80)	6	3-5	2-5	2-5	3-5	3-6	5-8	2-3
MULTIMON TI plus SS 7,5x60 (8x70)	6	11-13	6-9	5-8	7-9	8-10	9-11	3
ANCHORVIT 10x60 (8x60)	8	16-19	15-19	13-18	15-20	14-18	15-18	6-8
ANCHORVIT 7,5x60 (6x60)	6	6-8	4-5	3-4	4-7	4-6	4-6	2-3
ANCHORVIT 7,5x45 (6x60)	6	6-8	4-5	3-4	4-7	4-6	4-6	2-3

Anche in questo esame risalta che alcuni tasselli sono facilmente avvitali, con coppie di serraggio che spesso non superano i 10 kgm, come i Multimonti e il Fischer Ultracut.

Altre viti autofilettanti producono così tanto attrito da portare alla rottura il gambo del tassello prima di giungere al completo avvitalimento; per esempio i Wurth in acciaio Inox.

Anche in questo caso la qualità della roccia determina la facilità o meno dell'avvitalimento: il granito è sicuramente la roccia che più si oppone all'infissione delle viti. In certi casi la coppia è così elevata che porta alla rottura del tassello prima del compimento dell'avvitalimento completo.

VIII.01) Tabelle con i risultati dei test a estrazione e taglio su ancoraggi con differenti tasselli su foro in Marmo Bianco Carrara (MBC) e Peperino

VIII.01.a) Condizioni sperimentali

Il metodo sperimentale è quello utilizzato con i Multimonti (Paragrafo VI.01.b, Figure 20-21-22-23) descritto in precedenza.

VIII.01.b) Legenda e tabelle risultati sperimentali

condizione foro	<i>asciutto (immediatamente dopo foratura con trapano);</i>
Test n°	<i>numero progressivo del test</i>
F_r (kgp)	<i>forza necessaria a produrre il cedimento ad estrazione o taglio dell'ancoraggio con eventuale</i>
S (mm ²)	<i>Superficie della sezione trasversale del gambo del tassello</i>
σ_r (kgp/mm ²)	<i>carico di rottura a estrazione o a taglio per mm²</i>
Anno	<i>anno d'effettuazione del test</i>
ΔT (ms)	<i>Intervallo di campionamento dei dati di forza durante la trazione</i>

Tassello: WURTH TSM 8x70 BS-A4 Inox Marmo Bianco Carrara
Diametro foro: 8 mm Profondità foro: 80 mm

Condizioni foro	Test n°	F_r (kgp)	S (mm ²)	σ_r (kgp/mm ²)	Anno	ΔT (ms)
Estrazione	1	Rottura gambo durante avvitamento			2022	10
Estrazione	2	Rottura gambo durante avvitamento			2022	10
Estrazione	3	Rottura gambo durante avvitamento			2022	10
		<i>Media</i>				
Taglio	1	Rottura gambo durante avvitamento			2022	10
Taglio	2	Rottura gambo durante avvitamento			2022	10
Taglio	3	Rottura gambo durante avvitamento			2022	10
		<i>Media</i>				

Tassello: WURTH TSM 6x60 BS-A4 Inox Marmo Bianco Carrara
Diametro foro: 6 mm Profondità foro: 70 mm

Condizioni foro	Test n°	F_r (kgp)	S (mm ²)	σ_r (kgp/mm ²)	Anno	ΔT (ms)
Estrazione	1	Rottura gambo durante avvitamento			2022	10
Estrazione	2	Rottura gambo durante avvitamento			2022	10
Estrazione	3	Rottura gambo durante avvitamento			2022	10
		<i>Media</i>				
Taglio	1	Rottura gambo durante avvitamento			2022	10
Taglio	2	Rottura gambo durante avvitamento			2022	10
Taglio	3	Rottura gambo durante avvitamento			2022	10
		<i>Media</i>				

Tassello: HILTI HUS-H 8x65 Marmo Bianco Carrara
Diametro foro: 8 mm
Profondità foro: 75 mm

Condizioni foro	Test n°	F_r (kgp)	S (mm ²)	σ_τ (kgp/mm ²)	Anno	ΔT (ms)
Estrazione	1	4027**	50,2	80,2	2022	10
Estrazione	2	3970***	50,2	(79,1)	2022	10
Estrazione	3	4320*	50,2	86,1	2022	10
		<i>Media</i>		83,2		
Taglio	1	3289*	50,2	65,5	2022	10
Taglio	2	3435*	50,2	68,4	2022	10
Taglio	3	3333*	50,2	66,4	2022	10
		<i>Media</i>		66,8		

* **Rottura tassello c/o testa**

** **Rottura tassello c/o testa ma anche bi-cono d'estrazione h=25 mm**

*** **Rottura filetti roccia più cono d'estrazione**

Tassello: HILTI HUS-H 10x65 Marmo Bianco Carrara**Diametro foro: 10 mm Profondità foro: 75 mm**

Condizioni foro	Test n°	F _r (kgp)	S (mm ²)	σ _τ (kgp/mm ²)	Anno	ΔT(ms)
Estrazione	1	3108*	78,5	(39,6)	2022	10
Estrazione	2	3925*	78,5	(50,0)	2022	10
Estrazione	3	4870*	78,5	(62,0)	2022	10
		<i>Media</i>		<i>no</i>		
Taglio	1	3724**	78,5	(47,4)	2022	10
Taglio	2	4041***	78,5	(51,5)	2022	10
Taglio	3	3983**	78,5	(50,7)	2022	10
		<i>Media</i>		<i>no</i>		

* **Rottura filetti roccia, poi cono d'estrazione**** **Estrazione tassello con piegatura e frantumazione roccia***** **Piegatura tassello con frantumazione roccia poi rottura tassello c/o testa**

Tassello: HILTI HUS S3-H 8x65 Marmo Bianco Carrara**Diametro foro: 8 mm****Profondità foro: 75 mm**

Condizioni foro	Test n°	F_r (kgp)	S (mm ²)	σ_r (kgp/mm ²)	Anno	ΔT (ms)
Estrazione	1	4583*	50,2	91,3	2022	10
Estrazione	2	4606*	50,2	91,8	2022	10
Estrazione	3	4571*	50,2	91,1	2022	10
		<i>Media</i>		91,4		
Taglio	1	3031**	50,2	60,4	2022	10
Taglio	2	3125**	50,2	61,9	2022	10
Taglio	3	2998**	50,2	59,7	2022	10
		<i>Media</i>		60,7		

* *Estrazione tassello con cedimento filettatura roccia*** *Rottura gambo tassello c/o testa*

Tassello: HILTI HUS S3-H 6x60 Marmo Bianco Carrara**Diametro foro: 6 mm Profondità foro: 70 mm**

Condizioni foro	Test n°	F_r (kgp)	S (mm ²)	σ_r (kgp/mm ²)	Anno	ΔT (ms)
Estrazione	1	2714*	28,3	95,9	2022	10
Estrazione	2	2801*	28,3	99,0	2022	10
Estrazione	3	2753*	28,3	97,3	2022	10
		<i>Media</i>		94,4		
Taglio	1	1865*	28,3	65,9	2022	10
Taglio	2	1944*	28,3	68,7	2022	10
Taglio	3	1786*	28,3	63,1	2022	10
		<i>Media</i>		65,9		

* **Rottura gambo tassello vicino alla testa**

Tassello: FISCHER ULTRACUT FBS II 8x55 Marmo Bianco Carrara
Diametro foro: 8 mm Profondità foro: 65 mm

Condizioni foro	Test n°	F _r (kgp)	S (mm ²)	σ _τ (kgp/mm ²)	Anno	ΔT(ms)
Estrazione	1	4258*	50,2	84,8	2022	10
Estrazione	2	4388*	50,2	87,4	2022	10
Estrazione	3	4556*	50,2	90,8	2022	10
		<i>Media</i>		87,7		
Taglio	1	3049*	50,2	60,7	2022	10
Taglio	2	3181 *	50,2	63,4	2022	10
Taglio	3	3261*	50,2	65,0	2022	10
		<i>Media</i>		63,0		

* **Rottura gambo tassello vicino alla testa**

Tassello: FISCHER ULTRACUT FBS II 6x55 Marmo Bianco Carrara
Diametro foro: 6 mm Profondità foro: 65 mm

Condizioni foro	Test n°	F _r (kgp)	S (mm ²)	σ _t (kgp/mm ²)	Anno	ΔT(ms)
Estrazione	1	2350*	28,3	83,0	2022	10
Estrazione	2	2555*	28,3	90,3	2022	10
Estrazione	3	2431*	28,3	85,9	2022	10
		<i>Media</i>		86,4		
Taglio	1	2195*	28,3	77,6	2022	10
Taglio	2	2038*	28,3	72,0	2022	10
Taglio	3	2257*	28,3	79,8	2022	10
		<i>Media</i>		76,5		

* **Rottura tassello c/o testa**

Tassello: TECFI THX 10/10 (8x80) Marmo Bianco Carrara

Diametro foro: 8 mm Profondità foro: 90 mm *****

Condizioni foro	Test n°	F _r (kgp)	S (mm ²)	σ _τ (kgp/mm ²)	Anno	ΔT(ms)
Estrazione	1	4430*	50,2	88,2	2022	10
Estrazione	2	4353*	50,2	86,7	2022	10
Estrazione	3	4301*	50,2	85,7	2022	10
		<i>Media</i>		86,9		
Taglio	1	3019*	50,2	60,1	2022	10
Taglio	2	3015*	50,2	60,1	2022	10
Taglio	3	3099*	50,2	61,7	2022	10
		<i>Media</i>		60,6		

* **Rottura gambo tassello vicino alla testa**

Tassello: TECFI THX 8/10 (6x60) Marmo Bianco Carrara**Diametro foro: 6 mm Profondità foro: 70 mm *******

Condizioni foro	Test n°	F _r (kgp)	S (mm ²)	σ _r (kgp/mm ²)	Anno	ΔT(ms)
Estrazione	1	2615*	28,3	92,4	2022	10
Estrazione	2	2636*	28,3	93,1	2022	10
Estrazione	3	2557*	28,3	90,4	2022	10
		<i>Media</i>		92,0		
Taglio	1	1505*	28,3	53,2	2022	10
Taglio	2	1216*	28,3	43,0	2022	10
Taglio	3	1381*	28,3	48,8	2022	10
		<i>Media</i>		48,3		

* **Rottura gambo tassello vicino alla testa**

Tassello: MULTIMONTI plus SS 10x70 (8x70) Marmo Bianco Carrara
Diametro foro: 8 mm Profondità foro: 80 mm

Condizioni foro	Test n°	F _r (kgp)	S (mm ²)	σ _τ (kgp/mm ²)	Anno	ΔT(ms)
Estrazione	1	4400*	50,2	87,6	2022	10
Estrazione	2	4174**	50,2	(83,1)	2022	10
Estrazione	3	4438*	50,2	88,4	2022	10
		<i>Media</i>		88,0		
Taglio	1	3168*	50,2	63,1	2022	10
Taglio	2	3028*	50,2	60,3	2022	10
Taglio	3	3255*	50,2	64,8	2022	10
		<i>Media</i>		62,7		

* **Rottura gambo tassello c/o testa**

** **Rottura filetto roccia con cono piccolo d'estrazione**

Tassello: MULTIMONTI plus SS 10x60 (6x60) Marmo Bianco Carrara
Diametro foro: 8 mm Profondità foro: 70 mm

Condizioni foro	Test n°	F _r (kgp)	S (mm ²)	σ _r (kgp/mm ²)	Anno	ΔT(ms)
Estrazione	1	3890**	50,2	(77,5)	2022	10
Estrazione	2	4423*	50,2	88,1	2022	10
Estrazione	3	4603*	50,2	91,7	2022	10
		<i>Media</i>		89,9		
Taglio	1	3031*	50,2	60,4	2022	10
Taglio	2	2495*	50,2	49,7	2022	10
Taglio	3	2907*	50,2	57,9	2022	10
Taglio	4	2795*	50,2	55,7	2022	10
		<i>Media</i>		55,9		

* **Rottura gambo tassello c/o testa**

** **Rottura filetti roccia con cono d'estrazione 10 mm**

Tassello: MULTIMONTI plus SS 7,5x80 (6x80) Marmo Bianco Carrara
Diametro foro: 6 mm Profondità foro: 90 mm

Condizioni foro	Test n°	F _r (kgp)	S (mm ²)	σ _τ (kgp/mm ²)	Anno	ΔT(ms)
Estrazione	1	2426**	28,3	(85,7)	2022	10
Estrazione	2	2741*	28,3	96,9	2022	10
Estrazione	3	2765*	28,3	97,7	2022	10
		<i>Media</i>		97,3		
Taglio	1	1802*	28,3	63,7	2022	10
Taglio	2	1767*	28,3	62,4	2022	10
Taglio	3	1803	28,3	63,7	2022	10
		<i>Media</i>		63,3		

* **Rottura gambo tassello c/o testa**

** **Rottura filetti roccia con cono d'estrazione (piccolo 3-4 mm)**

Tassello: MULTIMONTI plus SS 7,5x60 (6x60) Marmo Bianco Carrara
Diametro foro: 6 mm Profondità foro: 70 mm

Condizioni foro	Test n°	F _r (kgp)	S (mm ²)	σ _r (kgp/mm ²)	Anno	ΔT(ms)
Estrazione	1	2511*	28,3	88,7	2022	10
Estrazione	2	2565*	28,3	90,6	2022	10
Estrazione	3	2604*	28,3	92,0	2022	10
		<i>Media</i>		94,4		
Taglio	1	1600*	28,3	56,5	2022	10
Taglio	2	1714*	28,3	60,6	2022	10
Taglio	3	1584*	28,3	56,0	2022	10
		<i>Media</i>		57,7		

* **Rottura gambo tassello vicino alla testa**

Tassello: ANCHOR VIT 10x60 (8x60) Marmo Bianco Carrara
Diametro foro: 8 mm Profondità foro: 70 mm

Condizioni foro	Test n°	F _r (kgp)	S (mm ²)	σ _τ (kgp/mm ²)	Anno	ΔT(ms)
Estrazione	1	3877*	50,2	77,2	2022	10
Estrazione	2	3701*	50,2	73,7	2022	10
Estrazione	3	3699	50,2	73,7	2022	10
		<i>Media</i>		74,9		
Taglio	1	3189*	50,2	63,5	2022	10
Taglio	2	3345*	50,2	66,6	2022	10
Taglio	3	3078*	50,2	61,3	2022	10
		<i>Media</i>		63,8		

* **Rottura gambo tassello c/o testa**

Tassello: ANCHOR VIT 7,5x60 (6x60) Marmo Bianco Carrara
Diametro foro: 6 mm Profondità foro: 70 mm

Condizioni foro	Test n°	F _r (kgp)	S (mm ²)	σ _r (kgp/mm ²)	Anno	ΔT(ms)
Estrazione	1	1581**	28,3	(55,9)	2022	10
Estrazione	2	1907*	28,3	67,4	2022	10
Estrazione	3	2003*	28,3	70,8	2022	10
		<i>Media</i>		69,1		
Taglio	1	1809*	28,3	63,9	2022	10
Taglio	2	1498*	28,3	52,9	2022	10
Taglio	3	1634*	28,3	57,7	2022	10
Taglio	4	1504*	28,3	53,2	2022	10
		<i>Media</i>		56,9		

* **Rottura gambo tassello c/o testa**

** **Rottura dei filetti di roccia con piccolo cono d'estrazione**

Tassello: ANCHOR VIT 6X45 (6x50) Marmo Bianco Carrara

Diametro foro: 6 mm Profondità foro: 55 mm

Condizioni foro	Test n°	F _r (kgp)	S (mm ²)	σ _τ (kgp/mm ²)	Anno	ΔT(ms)
Estrazione	1	2423*	28,3	85,6	2022	10
Estrazione	2	2501*	28,3	88,4	2022	10
Estrazione	3	2398*	28,3	84,7	2022	10
		<i>Media</i>		86,2		
Taglio	1	1778*	28,3	62,8	2022	10
Taglio	2	1703*	28,3	60,2	2022	10
Taglio	3	1804*	28,3	63,8	2022	10
		<i>Media</i>		62,3		

* **Rottura gambo tassello c/o testa**

Tassello: **WURTH TSM 8x70 BS-A4 Inox**

Peperino

Diametro foro: **8 mm**Profondità foro: **80 mm**

Condizioni foro	Test n°	$F_{re}/F_{rt}(kgp)$	$S (mm^2)$	$\sigma_t (kgp/mm^2)$	Anno	$\Delta T(ms)$
Estrazione	1	2089**	50,2	(41,6)	2022	10
Estrazione	2	2143**	50,2	(42,7)	2022	10
Estrazione	3	2222**	50,2	(44,3)	2022	10
		<i>Media</i>		<i>no</i>		
Taglio	1	3627*	50,2	72,3	2022	10
Taglio	2	2900***	50,2	(57,8)	2022	10
Taglio	3	3524*	50,2	70,2	2022	10
		<i>Media</i>		71,3		

* **Rotto tassello c/o testa**** **Estrazione tassello con cedimento filettatura della roccia***** **Piegato tassello e sgretolamento della roccia friabile**

Tassello: **WURTH TSM 6x60 BS-A4 Inox****Peperino**Diametro foro: **6 mm**Profondità foro: **70 mm**

Condizioni foro	Test n°	F _r (kgp)	S (mm ²)	σ _τ (kgp/mm ²)	Anno	ΔT(ms)
Estrazione	1	1426**	28,3	(50,4)	2022	10
Estrazione	2	1533**	28,3	(54,2)	2022	10
Estrazione	3	1396**	28,3	(49,3)	2022	10
		<i>Media</i>		<i>no</i>		
Taglio	1	1562***	28,3	(55,2)	2022	10
Taglio	2	1235***	28,3	(43,6)	2022	10
Taglio	3	1833*	28,3	64,8	2022	10
		<i>Media</i>		64,8		

* **Rottura tassello c/o testa*** * **Estrazione tassello con cedimento filettatura della roccia*** * * **Estrazione con piegato tassello e sgretolamento della roccia friabile**

Tassello: **HILTI HUS-H 8x65**

Peperino

Diametro foro: **8 mm**Profondità foro: **70 mm**

Condizioni foro	Test n°	F _r (kgp)	S (mm ²)	σ _t (kgp/mm ²)	Anno	ΔT(ms)
Estrazione	1	2955**	50,2	(58,9)	2022	10
Estrazione	2	3005**	50,2	(59,9)	2022	10
Estrazione	3	2871**	50,2	(57,2)	2022	10
		<i>Media</i>		<i>no</i>		
Taglio	1	3222*	50,2	64,2	2022	10
Taglio	2	2888*	50,2	57,5	2022	10
Taglio	3	3007*	50,2	59,9	2022	10
		<i>Media</i>		60,5		

* **Rotto tassello c/o testa**** **Cedimento filettatura della roccia madre (con piccolo cono estrazione)**

Tassello: **HILTI HUS-H 10x65****Peperino**Diametro foro: **10 mm**Profondità foro: **70 mm**

Condizioni foro	Test n°	F _r (kgp)	S (mm ²)	σ _τ (kgp/mm ²)	Anno	ΔT(ms)
Estrazione	1	2672*	78,5	(34,0)	2022	10
Estrazione	2	3013*	78,5	(38,4)	2022	10
Estrazione	3	2984*	78,5	(38,0)	2022	10
		<i>Media</i>		<i>no</i>		
Taglio	1	3110**	78,5	(39,6)	2022	10
Taglio	2	3188**	78,5	(40,6)	2022	10
Taglio	3	3207**	78,5	(40,9)	2022	10
		<i>Media</i>		<i>no</i>		

* *Estrazione con cedimento filettatura della roccia*** *Estrazione con piegatura del tassello e frantumazione della roccia*

Tassello: HILTI HUS3-H 8x65**Peperino**Diametro foro: **8 mm**Profondità foro: **70 mm**

Condizioni foro	Test n°	F _r (kgp)	S (mm ²)	σ _t (kgp/mm ²)	Anno	ΔT(ms)
Estrazione	1	2523*	50,2	(50,3)	2022	10
Estrazione	2	2681*	50,2	(53,4)	2022	10
Estrazione	3	2874*	50,2	(57,3)	2022	10
		<i>Media</i>		<i>no</i>		
Taglio	1	3360**	50,2	(66,9)	2022	10
Taglio	2	3140**	50,2	(62,5)	2022	10
Taglio	3	3471**	50,2	(69,1)	2022	10
		<i>Media</i>		<i>no</i>		

* ***Estrazione con cedimento filettatura della roccia***** ***Estrazione con piegatura del tassello e frantumazione della roccia***

Tassello: HILTI HUS3-H 6x60**Peperino**Diametro foro: **6 mm**Profondità foro: **70 mm**

Condizioni foro	Test n°	F_r (kgp)	S (mm ²)	σ_r (kgp/mm ²)	Anno	ΔT (ms)
Estrazione	1	1461**	28,3	(51,6)	2022	10
Estrazione	2	2288*	28,3	80,9	2022	10
Estrazione	3	2156*	28,3	76,2	2022	10
		<i>Media</i>		78,6		
Taglio	1	1867*	28,3	65,9	2022	10
Taglio	2	2172*	28,3	76,8	2022	10
Taglio	3	1872*	28,3	66,2	2022	10
		<i>Media</i>		69,6		

* ***Cedimento con rottura tassello c/o testa***** ***Estrazione con cedimento filettatura della roccia***

Tassello: FISCHER ULTRACUT FBS II 8x55**Peperino****Diametro foro: 8 mm****Profondità foro: 60 mm**

Condizioni foro	Test n°	F _r (kgp)	S (mm ²)	σ _t (kgp/mm ²)	Anno	ΔT(ms)
Estrazione	1	1846**	50,2	(36,8)	2022	10
Estrazione	2	2741***	50,2	(54,6)	2022	10
Estrazione	3	2013***	50,2	(60,0)	2022	10
		<i>Media</i>		<i>no</i>		
Taglio	1	2752*	50,2	54,8	2022	10
Taglio	2	2576*	50,2	51,3	2022	10
Taglio	3	2852*	50,2	56,8	2022	10
		<i>Media</i>		54,3		

* ***Cedimento con rottura tassello c/o testa***** ***Cono d'estrazione con tassello intatto****** ***Estrazione per rottura filetti roccia (con piccolo cono d'estrazione)***

Tassello: FISCHER ULTRACUT FBS II 6x55**Peperino**

Diametro foro: 6 mm

Profondità foro: 65 mm

Condizioni foro	Test n°	F_r (kgp)	S (mm ²)	σ_r (kgp/mm ²)	Anno	ΔT (ms)
Estrazione	1	2293*	28,3	81,0	2022	10
Estrazione	2	2120**	28,3	(74,9)	2022	10
Estrazione	3	2307*	28,3	81,5	2022	10
		<i>Media</i>		81,2		
Taglio	1	1798*	28,3	63,5	2022	10
Taglio	2	1823*	28,3	64,4	2022	10
Taglio	3	1699*	28,3	60,0	2022	10
		<i>Media</i>		62,6		

* ***Cedimento con rottura tassello c/o testa***** ***Cedimento con solo cono d'estrazione perfetto***

Tassello: TECFI THX 10/10 (8x80)**Peperino****Diametro foro: 8 mm****Profondità foro: 90 mm**

Condizioni foro	Test n°	F _r (kgp)	S (mm ²)	σ _t (kgp/mm ²)	Anno	ΔT(ms)
Estrazione	1	4372*	50,2	87,1	2022	10
Estrazione	2	4288*	50,2	85,4	2022	10
Estrazione	3	4301*	50,2	85,7	2022	10
		<i>Media</i>		86,1		
Taglio	1	2985*	50,2	59,5	2022	10
Taglio	2	3168*	50,2	63,1	2022	10
Taglio	3	2788**	50,2	(55,5)	2022	10
		<i>Media</i>		61,3		

* ***Cedimento con rottura tassello c/o testa***** ***Cedimento con rottura tassello c/o testa, ma con piegatura leggera***

Tassello: TECFI THX 8/10 (6x60)**Peperino**Diametro foro: **6 mm**Profondità foro: **70 mm**

Condizioni foro	Test n°	F_r (kgp)	S (mm ²)	σ_r (kgp/mm ²)	Anno	ΔT (ms)
Estrazione	1	1992**	28,3	(70,4)	2022	10
Estrazione	2	2288*	28,3	80,9	2022	10
Estrazione	3	2197*	28,3	77,6	2022	10
		<i>Media</i>		79,3		
Taglio	1	1887*	28,3	66,7	2022	10
Taglio	2	1768*	28,3	62,5	2022	10
Taglio	3	1853*	28,3	65,5	2022	10
		<i>Media</i>		64,9		

* ***Cedimento con rottura tassello c/o testa***** ***Estrazione con rottura filetti roccia, tassello quasi intatto***

Tassello: MULTIMONTI PLUS SS 10x70 (8x70)**Peperino**Diametro foro: **8 mm**Profondità foro: **80 mm**

Condizioni foro	Test n°	F _r (kgp)	S (mm ²)	σ _t (kgp/mm ²)	Anno	ΔT(ms)
Estrazione	1	3186**	50,2	(63,5)	2022	10
Estrazione	2	3098**	50,2	(61,7)	2022	10
Estrazione	3	3124**	50,2	(62,2)	2022	10
		<i>Media</i>		<i>no</i>		
Taglio	1	2962*	50,2	59,0	2022	10
Taglio	2	3109*	50,2	61,9	2022	10
Taglio	3	3071*	50,2	61,2	2022	10
		<i>Media</i>		60,7		

* **Cedimento con rottura tassello c/o testa**** **Cedimento per rottura filetti roccia, con tassello quasi intatto**

Tassello: MULTIMONTI PLUS SS 10x60 (8x60)**Peperino**Diametro foro: **8 mm**Profondità foro: **70 mm**

Condizioni foro	Test n°	F _r (kgp)	S (mm ²)	σ _τ (kgp/mm ²)	Anno	ΔT(ms)
Estrazione	1	2183**	50,2	(43,5)	2022	10
Estrazione	2	2371***	50,2	(47,2)	2022	10
Estrazione	3	2444***	50,2	(48,7)	2022	10
		<i>Media</i>		<i>no</i>		
Taglio	1	2570*	50,2	(51,2)	2022	10
Taglio	2	3180*	50,2	(63,4)	2022	10
Taglio	3	3074*	50,2	(61,2)	2022	10
		<i>Media</i>		<i>no</i>		

* **Rottura tassello c/o testa, con piegatura e frantumazione roccia**

** **Cono estrazione quasi completo e tassello quasi intatto**

*** **Estrazione con rottura filetti roccia e tassello quasi integro**

Tassello: MULTIMONTI PLUS SS 7,5x80 (6x80)**Peperino**

Diametro foro: 6 mm Profondità foro: 90 mm

Condizioni foro	Test n°	F _r (kgp)	S (mm ²)	σ _t (kgp/mm ²)	Anno	ΔT(ms)
Estrazione	1	1821**	28,3	(64,4)	2022	10
Estrazione	2	1971***	28,3	(69,7)	2022	10
Estrazione	3	2133***	28,3	(75,4)	2022	10
		<i>Media</i>		<i>no</i>		
Taglio	1	1903*	28,3	67,2	2022	10
Taglio	2	1829*	28,3	64,6	2022	10
Taglio	3	1995*	28,3	70,5	2022	10
		<i>Media</i>		67,4		

* **Rottura tassello c/o testa**** **Estrazione per cedimento filetti roccia più cono estrazione***** **Estrazione per cedimento filetti roccia**

Tassello: MULTIMONTI PLUS SS 7,5x60 (6x60)**Peperino**

Diametro foro: 6 mm

Profondità foro: 70 mm

Condizioni foro	Test n°	F_r (kgp)	S (mm ²)	σ_r (kgp/mm ²)	Anno	ΔT (ms)
Estrazione	1	1788**	28,3	(68,9)	2022	10
Estrazione	2	2301*	28,3	81,3	2022	10
Estrazione	3	2343*	28,3	82,8	2022	10
		<i>Media</i>		82,1		
Taglio	1	1949*	28,3	68,9	2022	10
Taglio	2	2068*	28,3	73,1	2022	10
Taglio	3	1995*	28,3	70,5	2022	10
		<i>Media</i>		70,8		

* **Rottura tassello c/o testa**** **Cedimento filetti roccia con tassello quasi intatto**

Tassello: ANCHOR VIT 10x60 (8x60)**Peperino**Diametro foro: **8 mm** Profondità foro: **70 mm**

Condizioni foro	Test n°	F _r (kgp)	S (mm ²)	σ _t (kgp/mm ²)	Anno	ΔT(ms)
Estrazione	1	4044*	50,2	80,6	2022	10
Estrazione	2	3551**	50,2	(70,7)	2022	10
Estrazione	3	3257**	50,2	(64,9)	2022	10
		<i>Media</i>		80,6		
Taglio	1	2798***	50,2	(55,7)	2022	10
Taglio	2	2648***	50,2	(52,8)	2022	10
Taglio	3	3123*	50,2	62,2	2022	10
		<i>Media</i>		62,2		

* ***Cedimento per rottura tassello c/o testa***** ***Estrazione con rottura dei filetti di roccia (con piccolo cono d'estrazione)****** ***Rottura tassello c/o testa con piegatura e frantumazione roccia***

VIII.01.d) Valori di forza che portano al cedimento dell'ancoraggio filettato a estrazione su Marmo Bianco Carrara

Considerando solo i valori delle forze di cedimento tutti i tasselli autofilettanti nel MBC hanno una resistenza molto elevata all'estrazione: le forze si aggirano sempre intorno ai 3000 – 4000 kgp per i tasselli che richiedono il foro da 8 mm; intorno ai 2000-3000 kgp per i tasselli che richiedono un foro da 6 mm di diametro. Sempre dunque abbondantemente oltre il LIR (1100 kgp).

VIII.01.e) Valori di forza che portano al cedimento dell'ancoraggio filettato a taglio su Marmo Bianco Carrara

Il fattore determinante la forza di rottura a taglio è strettamente legato al materiale con il quale è costruito il tassello e l'interazione filettatura – roccia gioca un ruolo secondario.

Comunque anche in questa situazione di trazione i valori di forza in gioco sono compresi fra 3000 kgp e i 1500 kgp. Siamo sempre sopra il LIR.

VIII.01.f) Valori di forza che portano al cedimento dell'ancoraggio filettato a estrazione e taglio su Peperino

Sembra che i blocchi di peperino non siano isotropi, con zone a diversa friabilità. Questo vale per tutti i blocchetti: il Peperino non è isotropo come il MBC.

Il Peperino ha una resistenza alla trazione e alla compressione bassa.

Analogamente le rocce con matrice marnosa hanno una tenuta inferiore al MBC, in misura variabile, non definibile a priori. Questo porta a risultati dei test molto variabile, in funzione delle disomogeneità che di volta in volta s'incontrano.

Estrazione

Anche con una roccia friabile come il Peperino le forze si aggirano sempre intorno ai 2000 – 3000 kgp per i tasselli che richiedono il foro da 8 mm; intorno ai 2000-1500 kgp per i tasselli che richiedono un foro da 6 mm di diametro. Sempre, anche con questa roccia, abbondantemente oltre il LIR (1100 kgp).

Taglio

Con questo tipo di roccia il fattore determinante il cedimento è sia il materiale con cui è costruito il tassello che la friabilità (variabile) della roccia: il risultato di valore di forza di rottura è molto variabile.

Comunque anche in questa situazione di trazione i valori di forza in gioco sono compresi fra 3100 kgp e i 1800 kgp. Siamo sempre sopra il LIR.

VIII.01.g) Considerazione generale

Gli ancoraggi autofilettanti hanno tutti (sia diametro 6 mm che diametro 8 mm, meglio ancora 10 mm) resistenze al cedimento abbondantemente sufficiente a garantire ancoraggi sicuri nella progressione speleologica. Questo vale tanto per il Marmo Bianco Carrara che per il Peperino (e quindi anche per altre rocce friabili/marnose), come per la trazione a estrazione che a taglio.

Quello che fa da discriminare è la messa in opera che si differenzia molto da tassello a tassello, come abbiamo visto nelle tabelle precedenti dove sono indicati ben chiaramente i tasselli autofilettanti che offrono maggiore affidabilità sia nella fase iniziale, quando comincia l'auto filettatura (fase determinante), sia nel proseguo della auto filettatura fino a completamento dell'infissione (quando gioca l'attrito che si crea fra roccia e metallo).

Costacciaro 30 luglio 2023 Francesco Salvatori

CAI Sansepolcro

Gruppo Speleologico Valtiberino – CENS Costacciaro

Gruppo di Studio Materiali e Tecniche

Centro Ricerche Attrezzature Speleo Canyoning C.R.A.S.C.

Loc. Calcinaro 7/A Costacciaro

www.cens.it corrispondenza@cens.it

