

CLUB ALPINO ITALIANO
CORPO NAZIONALE SOCCORSO ALPINO
SEZIONE SPELEOLOGICA
COMMISSIONE TECNICHE E MATERIALI

PROVE DI USURA DELLE CORDE

CONFRONTO FRA CORDE STATICHE

Centro Nazionale di Speleologia « M. Cucco »

Phantaspeleo 86

31 Ottobre - 2 Novembre

Incontro sulle Tecniche e i Materiali

CLUB ALPINO ITALIANO
CORPO NAZIONALE SOCCORSO ALPINO
SEZIONE SPELEOLOGICA
COMMISSIONE TECNICHE E MATERIALI

P R O V E D I U S U R A D E L L E C O R D E

C O N F R O N T O F R A C O R D E S T A T I C H E

Centro Nazionale di Speleologia "M.Cucco"
Phantaspeleo 86
31 ottobre - 2 novembre
Incontro sulle Tecniche e i Materiali

S O M M A R I O

PRESENTAZIONE E RINGRAZIAMENTI	pag.	1
PROVE DI USURA DELLE CORDE	pag.	3
Tecnica di sperimentazione	pag.	3
Metodologia di analisi dei campioni	pag.	8
Risultati della ricerca	pag.	11
Lunghezza dei campioni di corda usata in grotta	pag.	11
Curve di allungamento e di scarico con trazione fino a 1600 Kgp	pag.	11
Misura dell'allungamento residuo	pag.	16
Misurazione del carico di rottura F_r , della forza massima F_m , del coefficiente dinamico di elasticità X_d e dei pa- rametri energetici, anche in relazione alle caratteristiche della corda nuova (campione 1)	pag.	16
Prove di sollecitazione per caduta choc, nelle stesse condizioni precedentemente indicate, su provini di corda già solle- citati in una analoga esperienza	pag.	18
Misurazione del carico di rottura F_r su tratti di corda utilizzati per con- fezionare corrimano e nodi di attacco	pag.	18
Prove di usura delle corde in casi parti- colari	pag.	19
Corda Edelrid ss $\varnothing$ 10 mm acquistata nel 1979	pag.	19
Corda Beal Antipodes s $\varnothing$ 10,2 mm	pag.	22
CONFRONTO FRA CORDE STATICHE	pag.	25
Metodo di analisi	pag.	25
Edelrid ss $\varnothing$ 10 mm (scheda)	pag.	27
Edelrid ss $\varnothing$ 8 mm (curva di allung. e scarico)	pag.	28
Edelrid ss $\varnothing$ 9 mm (scheda)	pag.	29
Edelrid ss $\varnothing$ 9 mm (curva di allungamento e scarico)	pag.	30

Edelrid ss Ø 8 mm (scheda)	pag. 31
Edelrid ss Ø 8 mm (curva di allung. e scarico)	pag. 32
Edelrid s Ø 8 mm (scheda)	pag. 33
Edelrid s Ø 8 mm (curva di allung. e scarico)	pag. 34
Joanny s Ø 10,5 mm (scheda)	pag. 35
Joanny s Ø 10,5 mm (curva di allung. e scarico)	pag. 36
Joanny s Ø 9 mm (scheda)	pag. 37
Joanny s Ø 9 mm (curva di allung. e scarico)	pag. 38
Beal Antipodes s Ø 10,2 mm (scheda)	pag. 39
Beal Antipodes s Ø 10,2 mm (curva di allungamento e scarico)	pag. 40
TSA s Ø 10,2 mm (scheda)	pag. 41
TSA s Ø 10,2 mm (curva di allung. e scarico)	pag. 42
Kevlar Ø 6 mm (scheda)	pag. 43
Kevlar Ø 6 mm (curva di allungamento e scarico)	pag. 44
Tabella riassuntiva	pag. 45

In occasione dell'Incontro sulle Tecniche e i Materiali (Phantaspileo 86, 31 ottobre - 2 novembre, Costacciaro, CNS) la Commissione Tecniche e Materiali della Sezione Speleologica del CNSA presenta la sintesi elaborata delle complesse indagini condotte nel periodo maggio 85 - settembre 86, che hanno avuto come fine l'approfondimento delle conoscenze sulle caratteristiche delle corde speleo (statiche).

Fondamentalmente si é cercato di chiarire il meccanismo dell'invecchiamento delle corde, nonché di mettere a confronto vari tipi di queste.

Nello stesso periodo sono state condotte anche delle indagini sulle interazioni fra corde e attrezzi di progressione. I risultati di quest'altra ricerca sono in via di pubblicazione sulla rivista "Speleologia".

I risultati ottenuti, a nostro avviso di grande interesse e ampiamente chiarificatori, sono il frutto di una complessa collaborazione fra speleo, associazioni, enti, costruttori, importatori. E di questi un elenco é più che doveroso riportare:

Centro Nazionale di Speleologia "M.Cucco"
Squadra Soccorso Speleo CNSA di Perugia
IX Gruppo Sezione Speleologica CNSA Lombardia
Catasto Speleologico dell'Umbria
Gruppo Speleologico CAI Cagliari
Gruppo Speleologico Faentino
Gruppo Speleologico CAI Firenze
Gruppo Speleologico Gualdo Tadino
Associazione Speleologica Iglesiente
Gruppo Speleologico Imperiese CAI
Gruppo Speleologico CAI Padova
Gruppo Speleologico CAI Perugia
Gruppo Speleologico Piemontese CAI-UGET

Regione dell'Umbria
Provincia di Perugia
Comune di Costacciaro

Club Alpino Italiano Commissione Centrale per la Speleologia
Società Speleologica Italiana

Petzl Francia
Rivory Joanny Francia
TSA Expé Francia
Rag.Mario Zanella Trento
Amorini Perugia
CAMP
Vaude Italia Bressanone
Elton Perugia
Ascanio Capocchia Perugia
C.A.M.I. Paviglianiti Trezzano S/N

Speleomarket Trieste
Galber Torino

Da sottolineare il contributo dato dalle Ditte Petzl, Rivory Joanny e Amorini, che hanno fornito una quantità di materiali veramente ragguardevole.

Uno speciale ringraziamento va al Gruppo Speleologico CAI SAT di Lavis (Trento) per aver condotto di sua iniziativa una interessante prova di usura corde.

Infine da ricordare chi ha condotto materialmente il lavoro di ricerca:

Cairolì Emilio	Perugia	
Celesti Sergio	Perugia	
De Vivo Antonio	Padova	
Gherbaz Mario	Trieste	
Guerriero Giovanni	Napoli	
Lambri Franco	Como	
Menichetti Raffaele	Sigillo (PG)	
Menichetti Marco	Gubbio (PG)	
Morotti Giovanni	Costacciaro (PG)	
Nanetti Paolo	Bologna	
Nava Luigi	Como	
Novelli Andrea	Ancona	
Salvatori Francesco	Perugia	Coordinatore
Salvatori Oliviero	Costacciaro (PG)	
Salvatori Roberto	Costacciaro (PG)	
Salvatori Tommaso	Costacciaro (PG)	
Sconfienza Stefano	Torino	
Valle Roberto	Scheggia (PG).	

Questa ampia collaborazione corale é tipica dell'ambiente speleologico, dove é ancora viva la volontà di coinvolgimento e di aggregazione. Ci sono dunque i presupposti per raggiungere in futuro altri nuovi importanti traguardi.

PROVE DI USURA DELLE CORDE

La Commissione Tecniche e Materiali della SS CNSA (CTM) ritiene di fondamentale importanza determinare le variazioni delle caratteristiche delle corde per effetto dell'uso e dell'invecchiamento.

Quanto è stato fatto in precedenza su questo tema è tale da non dare un quadro esauriente e univoco.

Era dunque quantomai necessario realizzare una ricerca organica sull' "invecchiamento" delle corde, magari quantizzando il fenomeno.

Si imponeva una ricerca in tal senso anche per far cadere i molti pregiudizi e le tante fantasticherie diffuse a tutti i livelli, anche nei più impensabili.

Ci si rende perfettamente conto che una simile indagine presenta notevolissime difficoltà di studio per i tanti fattori che intercorrono a determinare lo stato di una corda (nuova o usata), ma ci si rende ugualmente conto che la sicurezza nella progressione in grotta passa innanzi tutto per sperimentazioni di questo tipo, anche se all'inizio sono più i problemi che si aprono che quelli che si risolvono. Ma il futuro è già cominciato; molti punti oscuri si stanno illuminando; è già possibile trarre delle conclusioni attendibili e questo lavoro lo dimostra ampiamente.

TECNICA DI SPERIMENTAZIONE

Le Ditte Rivory Joanny e Amorini hanno gratuitamente fornito nel marzo 85 600 m di corda statica del diametro di 10,5 mm, la confezione della quale risaliva al febbraio 85. Di questa corda ne sono stati fatti 14 campioni della lunghezza esatta di 30 m, utilizzati nel seguente modo:

- un campione è stato sottoposto immediatamente alle prove di riferimento iniziale;
- un secondo campione è stato chiuso in un involucro impenetrabile alla luce e all'aria e quindi sistemato in un luogo fresco e scarsamente illuminato;
- un terzo campione è stato abbandonato, non ammatassato, sul tetto di una casa di Perugia;
- gli altri 11 campioni sono stati inviati ad altrettanti Gruppi Grotte italiani, i quali li hanno sistemati in tratti verticali di varie cavità, a volte con permanenza nello stesso luogo per tutto il periodo di osservazione, oppure utilizzandoli in grotte e palestre diverse; su ogni campione comunque è stata redatta una particolareggiata relazione di attività.

La prova ha avuto la durata di un anno, con inizio nel periodo

aprile-maggio 1985.

Nel maggio 1986 la CTM ha raccolto il campione conservato al buio, quello lasciato sul tetto e altri 9 campioni provenienti dai Gruppi Grotte che li avevano avuti un anno prima.

Gli spezzoni di corda sono stati catalogati con la seguente numerazione (si intende che la denominazione del Gruppo sta ad indicare l'associazione alla quale é stato affidato il campione in prova):

NUOVA (campione di riferimento)	n. 1
ISOLATA AL BUIO	n. 2
LASCIATA SUL TETTO	n. 3
G.S. GUALDO TADINO	n. 4
G.S. PIEMONTESE CAI UGET	n. 5
A.S. IGLESIENTE	n. 6
G.S. IMPERIESE CAI	n. 7
G.S. FAENTINO	n. 8
G.S. CAGLIARITANO CAI	n. 9
G.S. CAI FIRENZE	n.10
IX GRUPPO SS CNSA LOMBARDIA	n.11
G.S. PADOVANO CAI	n.12

Sono state quindi raccolte e sintetizzate le seguenti relazioni sullo "stato di servizio" degli spezzoni di corda:

Campione n. 1

Corda nuova, confezionata nel mese di febbraio 85. E' stato sottoposto a prove nel giugno 85 al fine di fornire il quadro di riferimento iniziale.

Campione n. 2

Corda nuova racchiusa il 10 aprile 1985 in un duplice involucro plastico che ha isolato il campione tanto dalla luce quanto dagli scambi gassosi.

Il tutto é stato sistemato in un locale pochissimo illuminato, con temperatura abbastanza costante (media intorno ai 15°C).

La corda é stata tolta dall'involucro il 19 giugno 1986 ed é stata immediatamente sottoposta alle prove programmate.

Campione n. 3

Corda nuova lasciata non ammatassata sul tetto di una casa di Perugia (q. 480 m slm) nel periodo 10 aprile 1985 - 18 giugno 1986.

Le condizioni climatiche generali sono state le seguenti (dai dati forniti dalla Stazione Meteorologica dell'Istituto di Ecologia Agraria di Perugia, distante circa 800 m dal punto di deposizione della corda in esame):

Esposizione EST

Temperatura media annua 12°C

Precipitazioni complessive 750 mm

Neve 40 cm

Ore di insolazione diretta 1100 circa

Ore di insolazione indiretta 1200 circa

Umidità relativa media 65%

Campione n. 4 Gruppo Speleologico Gualdo Tadino (PG)

Cavità utilizzata : Buco Bucone q. 1100 m slm

Periodo d'attività: 10 maggio 85 - 13 aprile 86

Descrizione pozzo: Pozzo PO (26 m), con corrimano iniziale,
doppio attacco sulla verticale, deviatore
a circa metà del salto.

Tipo di roccia: Calcare Majolica con frequenti intercalazioni
di selce.

Regime idrico: secco, salvo temporanei sporadici stillicidi.

Temperatura aria: 8°C

Tipo di sedimenti: sabbie silicee e poca argilla.

Numero speleo transitati: in discesa 80
in risalita 75

Attrezzi utilizzati: Discensore Stop Petzl
Discensore semplice Petzl
Maniglia Petzl
Croll Petzl

Campione n. 5 Gruppo Speleologico Piemontese CAI UGET

Cavità utilizzate: Fighiera, Corchia, F 5, Orso di Pamparato,
Piaggia Bella, Donna Selvaggia, Buca del
Tunnel

Periodo d'attività: maggio 85 - maggio 86

Descrizione pozzi: P.25, P.15, P.25, P.15, Nevaio ingresso
Piaggia Bella, P.15, P.12.

Tipo di roccia: calcari non meglio individuati

Regime idrico: con scarso stillicidio

Tipo di sedimenti: argille e sabbie silicee

Numero speleo transitati: in discesa 102
in risalita 102

Attrezzi utilizzati: Discensore semplice Petzl
Maniglia Petzl
Croll Petzl
Maniglia Jumar

Campione n. 6 Associazione Speleologica Iglesiente

Cavità utilizzate: varie dei rilievi dell'Iglesiente

Periodo d'attività: 29 settembre 85 - 3 maggio 86

Descrizione pozzi: di varie forme, quasi sempre ampi, con profondità variabile dai 15 ai 30 m

Tipo di roccia: calcari non meglio identificati

Regime idrico: secco o con leggero scorrimento d'acqua a rivoli

Tipo di sedimenti: terra polverosa, argilla, microcristalli di aragonite.

Numero speleo transitati: in discesa 94
in risalita 94

Attrezzi utilizzati: Discensore semplice Petzl

Maniglia Petzl

Croll Petzl

Campione n. 7 Gruppo Speleologico Imperiese CAI

Cavità utilizzata: Grotta Labassa q. 1884 m slm

Periodo d'attività: maggio 85 - maggio 86

Descrizione pozzo: parete esterna (accesso) con esposizione nord

Tipo di roccia: calcare non meglio identificato

Regime idrico: pioggia, neve, ghiaccio, grandine, insolazione diretta (scarsa), insolazione indiretta

Temperatura aria: da -10°C a $+10^{\circ}\text{C}$

Numero speleo transitati: in risalita 86
in discesa 86

Attrezzi utilizzati: Discensore semplice Petzl

Maniglia Petzl

Croll Petzl

Maniglia Jumar

Campione n. 8 Gruppo Speleologico Faentino

Cavità utilizzata: Abisso G.B. Morning

Periodo d'attività: 1 maggio 85 - 3 maggio 86

Descrizione pozzo: ampio, profondo 25 m, corrimano iniziale, doppio attacco sulla verticale, nessun frazionamento anche se la corda, non sottoposta a trazione, si adagiava sulla parete

Tipo di roccia: gessi del messiniano

Regime idrico: secco in estate, cascatella nel mese di febbraio e marzo, stillicidio nei mesi restanti

Temperatura aria: max 12°C
min 8°C

Temperatura acqua: 10°C

Tipo di sedimenti: argilla mista a frammenti di cristalli di gesso

Numero speleo transitati: in discesa 40
in risalita 0

Attrezzi utilizzati: Discensore semplice Petzl
Discensore Stop Petzl
Altri discensori

Campione n. 9 Gruppo Speleologico Cagliariitano CAI

Cavità utilizzate: grotte diverse (8) e palestra esterna (10)

Periodo d'attività: 30 giugno 85 - 26 aprile 86

Descrizione pozzi: salti di varia forma e profondità e pareti a picco sul mare

Tipo di roccia: calcari non meglio identificati

Regime idrico: secco o stillicidio appena accennato

Tipo di sedimenti: ridottissime quantità di argilla e terra polverosa

Numero speleo transitati: in discesa 81
in risalita 52

Attrezzi utilizzati: Discensore Stop Petzl (69)
Discensore semplice Petzl (5)
Discensore Diablo (4)
Discensore Rakle Petzl (1)
Nodo "mezzo barcaiole" (2)
Maniglia Petzl
Croll Petzl

Campione n. 10 Gruppo Speleologico CAI Firenze

Cavità utilizzata: Antro del Corchia (Ramo dei Fiorentini)

Periodo d'attività: 23 luglio 85 - 10 luglio 86

Descrizione pozzo: Primo Tiro del Pozzo della Fangaia (50 m), ambiente ampio con cascata di notevole portata

Tipo di roccia: calcari metamorfici (marmo)

Regime idrico: forte stillicidio, ma tutto l'ambiente é condizio-

nato dalla presenza della grande cascata che
rende ancora più "umido" l'ambiente sotterraneo

Temperatura aria: 7°C

Temperatura acqua: 4°C

Tipo di sedimenti: argille (in grande quantità), sabbia silicea,
sabbia di degradazione del marmo, ghiaia

Numero speleo transitati: in risalita 40
in discesa 40

Attrezzi utilizzati: Maniglia Petzl
Croll Petzl

Discensore semplice Petzl

Campione n. 11 IX Gruppo Sez. Speleologica CNSA Lombardia

Relazione non pervenuta

Campione n. 12 Gruppo Speleologico CAI Padova

Cavità utilizzata: Buso del Dinosaurio q. 960 m slm

Periodo d'attività: 19 aprile 85 - 19 aprile 86

Descrizione pozzo: 3° Pozzo profondo 23 m

Tipo di roccia: calcare non meglio identificato

Regime idrico: stillicidio

Temperatura aria: 9°C

Tipo di sedimenti: piccole quantità di argilla

Numero speleo transitati: in discesa 88
in risalita 88

Attrezzi utilizzati: Discensore semplice Petzl
Discensore Stop Petzl

Maniglia Petzl
Croll Petzl

METODOLOGIA DI ANALISI DEI CAMPIONI

Su ognuno dei suddetti 12 campioni sono state effettuate le
seguenti prove:

- a) due test di sollecitazione per caduta choc nelle condizio-
ni sottoindicate:

$l = 300 \text{ cm}$ $l_g = 6 \text{ cm}$ guida semplice

$P = 90 \text{ Kgp}$ $F_c = 1$

dove: l lunghezza fuori tutto del provino
 l_g lunghezza delle gasse di ancoraggio
 P peso della massa cadente
 F_c Fattore di caduta

Si registra la variazione della forza durante l'impulso con cella dicarico (sensibilità 2 ‰), amplificatore, memoria RAM, registratore a carta.

Il computer che registra la variazione del segnale permette di ampliare tanto l'asse delle ascisse (tempi t) quanto quello delle ordinate (forze F).

Dal grafico si ottengono i seguenti parametri:

F_m forza massima d'arresto in Kgp
 t_f durata dell'impulso in secondi
 S_d superficie ^{SOTTESA} alla curva $F=f(t)$ espressa in
 unità di quantità di moto (mKg/sec)

b) due prove a trazione lenta (250 mm/minuto) per determinare il carico di rottura F_r in assenza di nodi.

A tal fine viene utilizzato un dinamometro da banco con cella di carico (sensibilità 2 ‰) e lettura digitale su computer con registrazione di picco, eliminazione automatica della tara, programma di arresto. La trazione é oleodinamica.

L'ancoraggio delle corde al sistema traente avviene mediante tamburi in acciaio inox, del diametro variabile fra 9 e 12 cm (a seconda del diametro della corda in esame) e con gole a spirale.

c) costruzione della curva di allungamento e scarico $F=f(A_u)$ con valore massimo di forza pari a 1600 Kgp.

Allo scopo si utilizza sempre il suddetto dinamometro da banco, sottoponendo a trazioni via via crescenti e quindi decrescenti un tratto di corda di 50 cm.

Per la rilevazione degli allungamenti in funzione della forza il dinamometro é stato dotato di un sistema di misura che non richiede l'arresto della trazione.

Da questo diagramma si ricava:

A_{um} allungamento unitario in corrispondenza della
 F_m ricavata per via dinamica (prova a)
 S_s superficie sottesa alla curva di allungamento,
 avente ordinata massima pari a F_m , espressa in
 unità di lavoro (Jaule).

Dai test a) e c) si ricava inoltre:

ΔE_T energia totale in gioco per effetto della caduta della massa di peso P (in Jaule)

$$E_T = P (h + A_{um}) \quad (1)$$

con h altezza (in metri) della caduta libera;

X_d coefficiente dinamico di elasticità (in $\text{sec}^2/\text{m Kg}$) del campione di corda

$$X_d = \frac{2P}{F_m(F_m - 2P)} F_c \quad (2)$$

ΔE_{pa} quantità di energia (in Jaule) dissipata nella caduta choc dalle deformazioni plastiche e dagli attriti interni del campione di corda

$$\Delta E_{pa} = v_0 q - \frac{q^2}{2m} \quad (3)$$

$$q = S_d - P t_f$$

$$v_0 = \sqrt{2hg}$$

$\Delta E_{ep} = S_s$ quantità di energia (in Jaule) dissipata per elasticità e deformazioni plastiche del campione di corda in una trazione lenta (in assenza di attriti interni) fino ad un valore di forza pari a F_m .

Da questi dati si ricavano i parametri energetici caratterizzanti ogni singola caduta choc e cioè:

ΔE_e quantità di energia (in Jaule) dissipata dal campione per elasticità (reversibile)

ΔE_p quantità di energia (in Jaule) dissipata dal campione per plasticità (irreversibile)

ΔE_a quantità di energia (in Jaule) dissipata dal campione per attriti interni (irreversibile).

Questi dati energetici vengono riportati sotto forma percentuale rispetto all'energia totale ΔE_T in gioco nella singola caduta choc.

A complemento delle prove prima indicate sono state fatte anche le seguenti analisi:

- d) trazione lenta con le stesse modalità di cui al punto b) per determinare il carico di rottura F_r di alcuni tratti di corda dei campioni in esame utilizzati nei vari armi per confezionare nodi di attacco e **corrimano**.
- e) prove di caduta choc nelle stesse condizioni di cui al punto a) su provini già sollecitati in una precedente caduta.

Tutta la sopraindicata sperimentazione ed elaborazione é stata effettuata nel periodo 20 giugno - 27 settembre 1986.

RISULTATI DELLA RICERCA

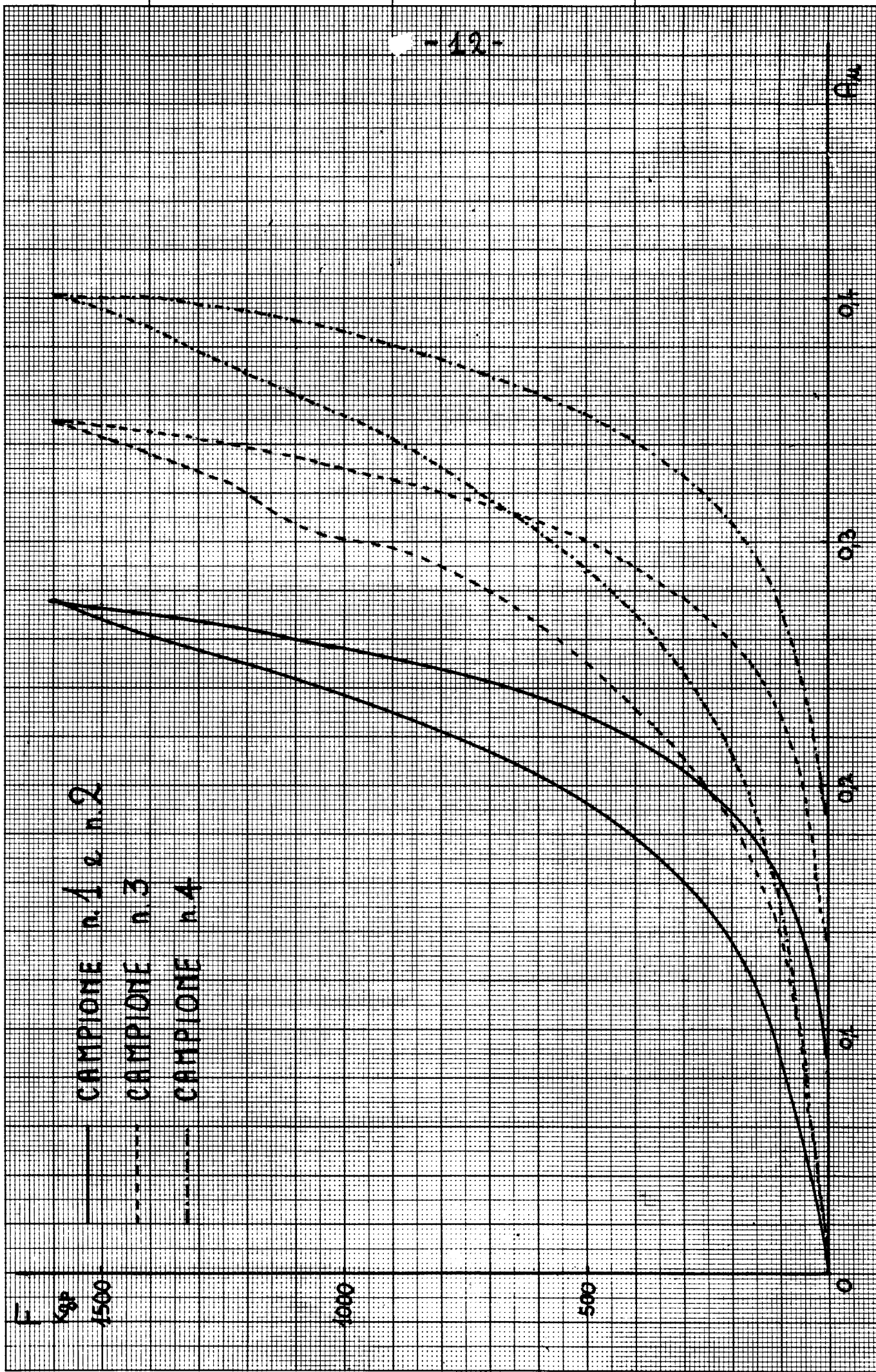
Lunghezza dei campioni di corda usata in grotta

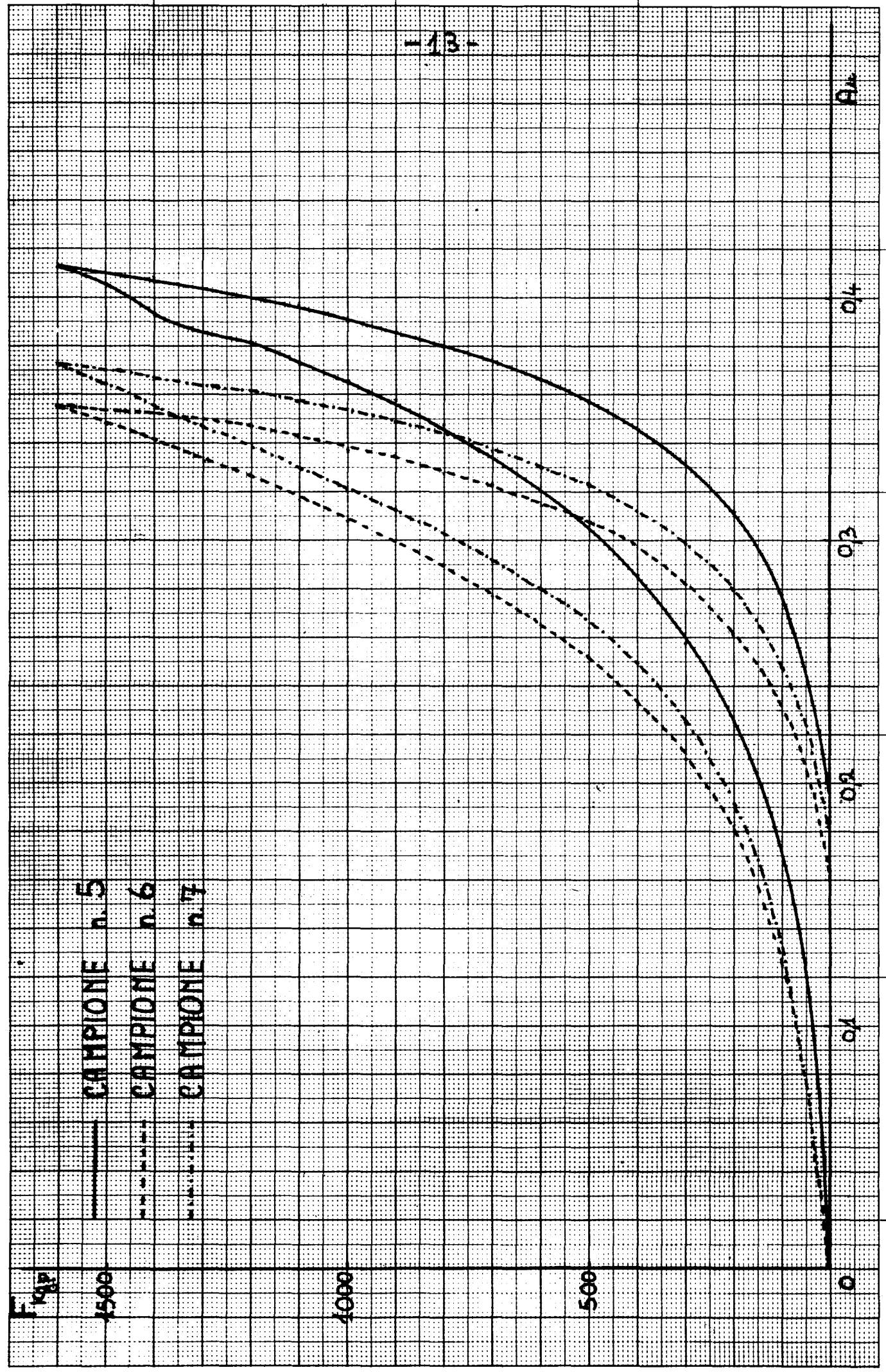
4	26,80 m
5	25,50 m
6	25,60 m
7	non rilevata per presenza nodi
8	26,70 m
9	24,90 m
10	26,80 m
11	26,10 m
12	non rilevata per presenza nodi

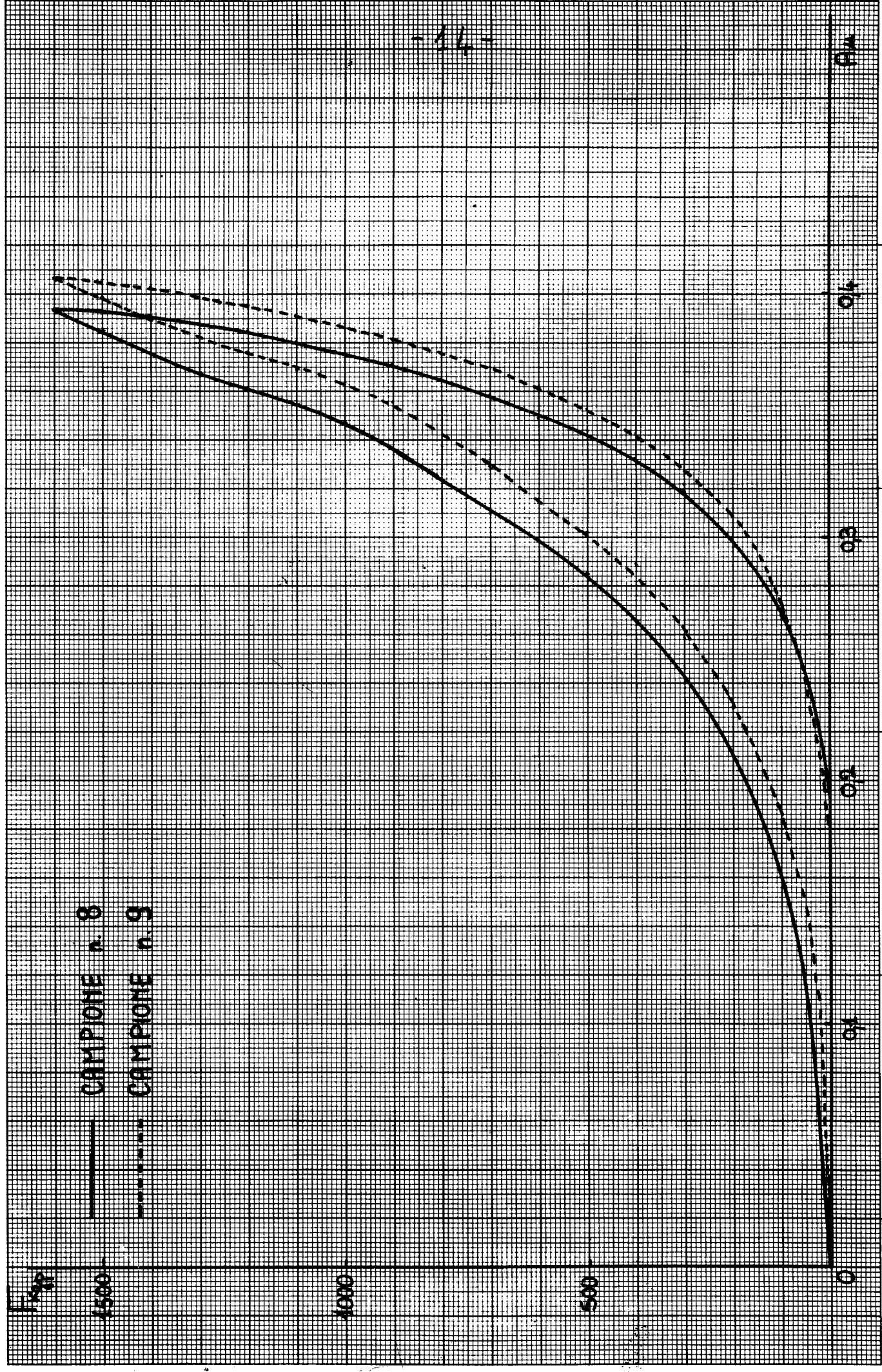
Si ha dunque una riduzione di lunghezza media di 3,9 m (13%) rispetto alla lunghezza del campione originario (30 m).

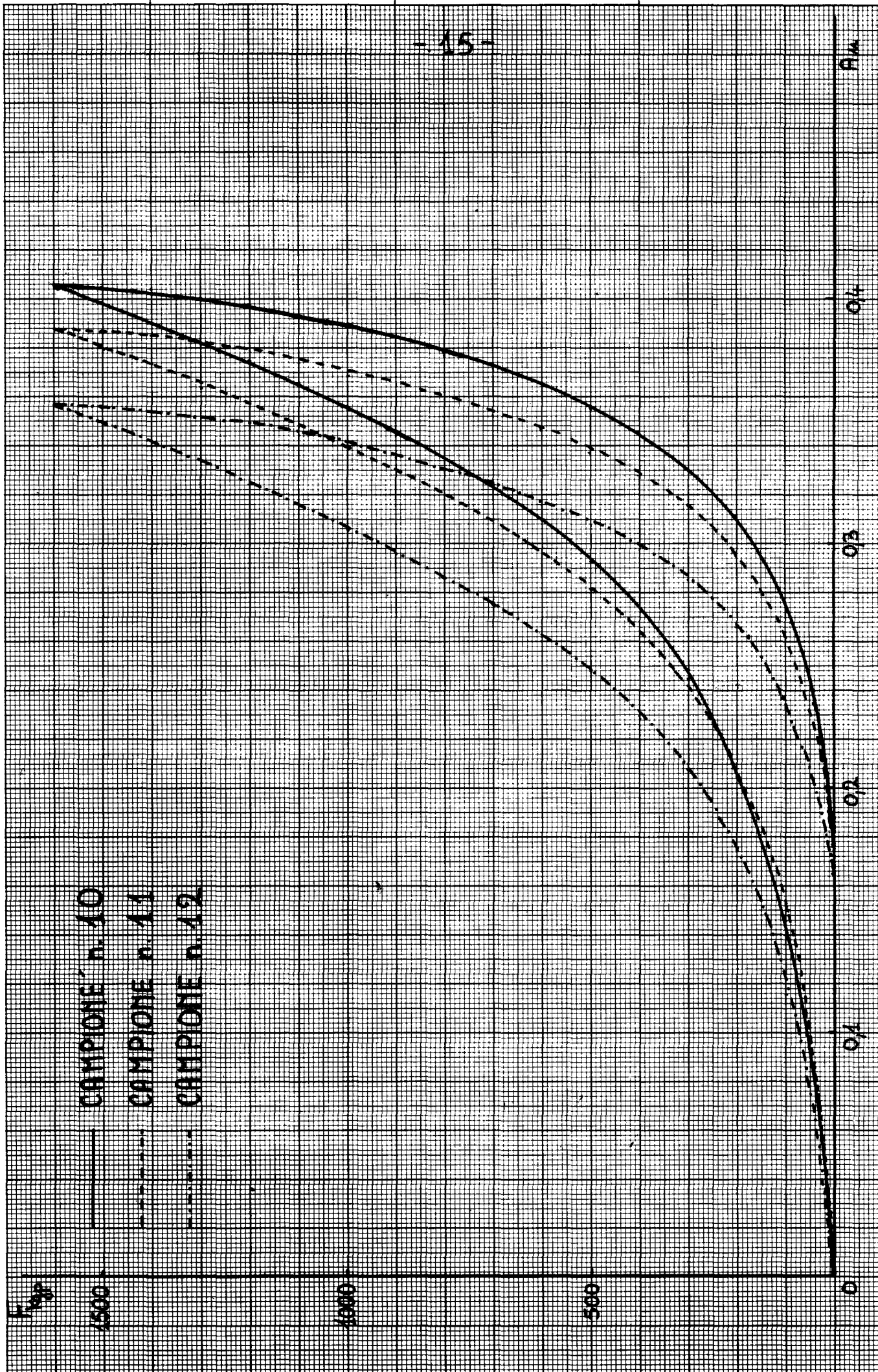
Curve di allungamento e di scarico con trazione fino a 1600 Kgp

Queste curve, riportate nei grafici che seguono, permettono di ricavare i parametri prima indicati e la loro ubicazione rispetto agli assi coordinati indica la relativa elasticità, plasticità. Particolarmente chiarificatore é il grafico contenente le curve relative ai campioni 1-2-3-4.









Misura dell'allungamento residuo

Dai grafici delle pagine precedenti si ricava che i campioni di corda sottoposti ad una trazione massima con forza $F=1600$ Kgp, una volta annullata ogni sollecitazione, presentano una lunghezza superiore a quella del campione originario.

La differenza fra la lunghezza del campione sottoposto a trazione e quella del campione all'origine si definisce :

A_f allungamento residuo

Se il tutto viene espresso in termini unitari (riportando le misurazioni su campioni originari della lunghezza di 1 m):

A_{uf} allungamento residuo unitario.

Nel caso dei campioni in oggetto si ha:

1	0,089 m
2	0,089 m
3	0,137 m
4	0,188 m
5	0,195 m
6	0,163 m
7	0,182 m
8	0,195 m
9	0,182 m
10	0,176 m
11	0,176 m
12	0,165 m

Si ha pertanto che il campione 3 (tetto) ha aumentato A_{uf} di 0,048 m rispetto alla corda nuova (campione 1), cioè del 54%. Per gli altri campioni di corda usata in grotta si ha un aumento medio di 0,090 m rispetto al campione 1, cioè un incremento del 101%.

Misurazione del carico di rottura F_r , della forza massima F_m , del coefficiente dinamico di elasticità X_d e dei parametri energetici, anche in relazione alle caratteristiche della corda nuova (campione 1)

Nella tabella che segue sono riportati tutti i dati ricavati. Si tenga presente che $\%F_r$, $\%F_m$ e $\%X_d$ stanno ad indicare le variazioni rispetto agli analoghi dati relativi alla corda nuova. La penultima riga "valori medi" è in relazione ai soli campioni usati in grotta (dal 4 al 12).

La colonna contrassegnata con n° si riferisce al numero che contraddistingue i vari campioni di corda.

n°	F _r	F _{r_m}	% F _r	F _m	F _{m_m}	% F _m	X _d	% X _d	% ΔE _r	% ΔE _p	% ΔE _a
1	3071 3085	3078	—	1240 1240	1240	—	1,4·10 ⁻⁵	—	59	11	30
2	3077 3067	3072	-0,2	1240 1240	1240	0	1,4·10 ⁻⁵	0	61	9	30
3	2984 2885	2934	-4,6	1170 1210	1190	-4,0	1,5·10 ⁻⁵	+7,1	57	18	25
4	2390 2236	2313	-24,8	1080 1170	1125	-9,3	1,7·10 ⁻⁵	+21,4	61	21	17
5	2475 2257	2366	-23,1	1090 1120	1105	-10,9	1,8·10 ⁻⁵	+28,6	59	15	26
6	2532 2653	2592	-15,8	1120 1110	1115	-10,1	1,8·10 ⁻⁵	+28,6	52	26	22
7	2338 2606	2472	-19,7	1120 1080	1100	-11,3	1,8·10 ⁻⁵	+28,6	58	14	28
8	2607 2313	2460	-20,1	1110 1130	1120	-9,7	1,7·10 ⁻⁵	+21,4	59	17	24
9	2430 2168	2299	-25,3	1050 1070	1060	-14,5	2,0·10 ⁻⁵	+42,9	56	15	29
10	2412 2193	2302	-25,2	1020 990	1010	-18,5	2,2·10 ⁻⁵	+57,1	49	23	28
11	2541 2739	2640	-14,2	1140 1140	1140	-8,1	1,7·10 ⁻⁵	+21,4	57	19	24
12	2314 2335	2324	-24,5	1080 1050	1065	-14,1	1,9·10 ⁻⁵	+35,7	52	21	27
VALORI MEDI		2419	-21,4		1093	-10,8	1,8 ·10 ⁻⁵	+31,4	56	19	25

VARIATIONE PARAMETRI
TRA ENERGETICI
RISPETTO CORDA
NUOVA

-5% +73% -17%

Prove di sollecitazione per caduta choc, nelle stesse condizioni precedentemente indicate, su provini di corda già sollecitati in una analoga esperienza

Nella tabella che segue sono riportati i risultati. Si tenga presente che $\%F_m$ e $\%X_d$ sono ancora le variazioni di questi parametri rispetto a quelli riscontrati nella corda nuova. L'ultima riga "valori medi" si riferisce ai soli campioni usati in grotta (7 e 8).

n°	F_m	$\%F_m$	X_d	$\%X_d$
2	1420	+14,5	$1,0 \cdot 10^{-5}$	-28,6
7	1360	+9,7	$1,1 \cdot 10^{-5}$	-21,4
8	1360	+9,7	$1,1 \cdot 10^{-5}$	-21,4
VALORI MEDI	1360	+9,7	$1,1 \cdot 10^{-5}$	-21,4

Misurazione del carico di rottura F_r su tratti di corda utilizzati per confezionare corrimano e nodi di attacco

Si tenga presente che la riduzione del carico di rottura, rispetto alla corda nuova, nei tratti utilizzati per la progressione con discensore e bloccanti (tab. pag. 17) è del 21,4%.

Nella tabella che segue sono sintetizzati i risultati relativi ad alcuni tratti di corda che nell'armo hanno svolto unicamente una funzione di ancoraggio (corrimano e nodi di attacco); la simbologia è quella consueta.

L'ultima riga "valori medi" si riferisce a tutti i provini analizzati.

n°	F_r	F_{rm}	% F_r
4	2755 2882	2818	-8,4
7	2946	2946	-4,3
8	2491	2491	-19,1
12	2563	2563	-16,7
VALORI MEDI		2704	-12,1

Da notare che tutti i provini sottoposti a trazione si sono rotti nel punto dove la corda usciva dalle spire del nodo. In questo c'è una corrispondenza strettissima.

PROVE DI USURA DELLE CORDE IN CASI PARTICOLARI

Oltre la complessa sperimentazione e ricerca con la corda Joanny, la CTM ha effettuato delle prove particolari con corde di diversa natura. Ecco qui di seguito i risultati.

Corda Edelrid ss Ø 10 mm acquistata nel 1979

Questa corda è in dotazione del Gruppo Speleologico CAI Perugia dall'agosto del 1979. E' stata sottoposta ad una normale attività fino alla primavera del 1984. Da allora è stata utilizzata nella Grotta di Monte Cucco (P.27 del Baratro), dove è rimasta ininterrottamente fino all'autunno del 1985.

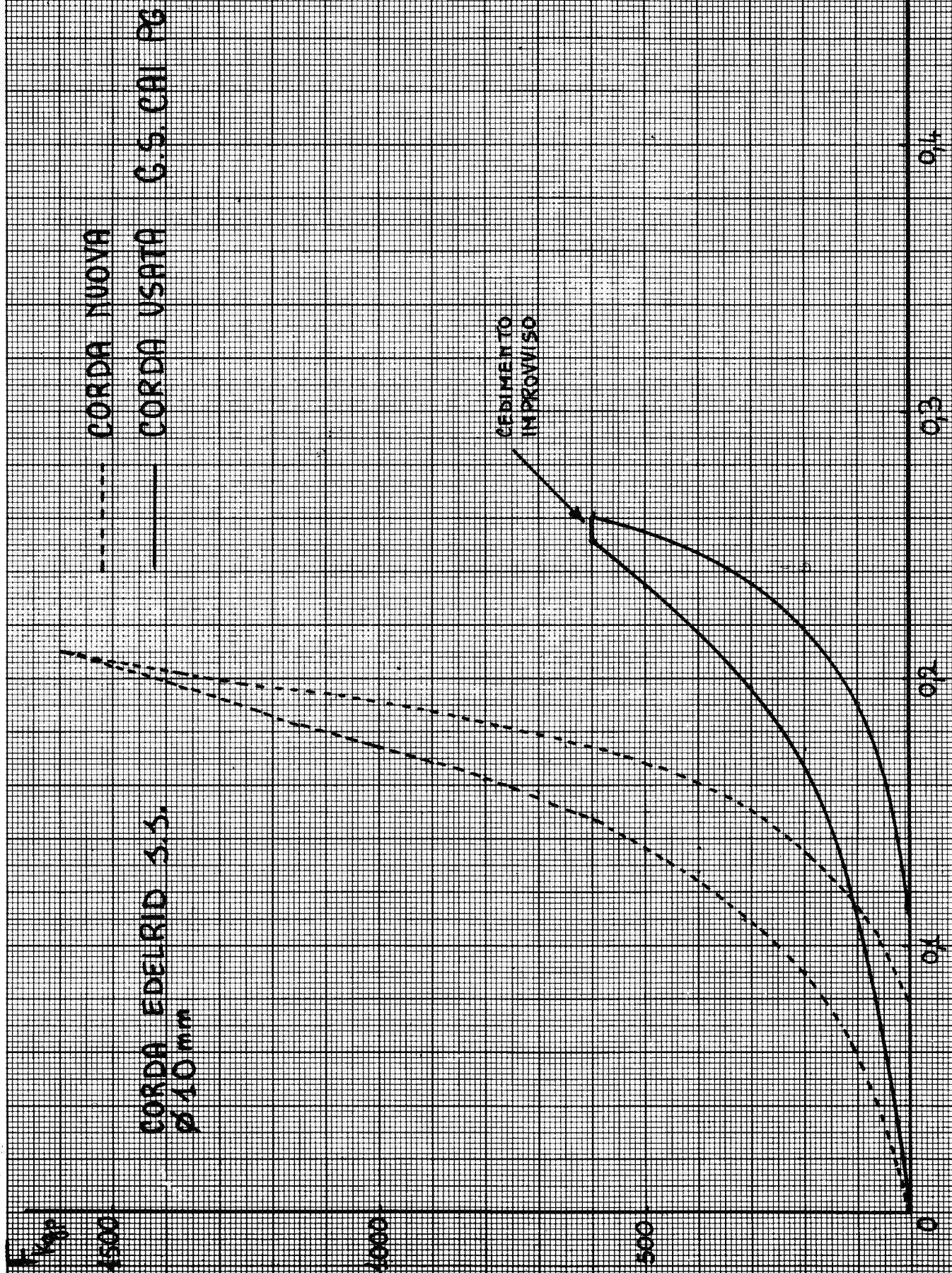
Si può ben comprendere che questa corda ha sopportato centinaia di discese e risalite solo negli ultimi 18 mesi (la Grotta di M. Cucco è una delle più frequentate d'Italia).

Per avere una indicazione anche in questo caso limite si è sottoposto due provini della corda in questione alle prove a), b) e c) precedentemente indicate. Le caratteristiche della equivalente corda nuova sono da tempo note.

I risultati della ricerca sono qui di seguito riportati, tanto nella tabella quanto nel grafico. Per la loro comprensione si tenga presente che non é stato possibile calcolare tutti i consueti parametri in quanto i campioni, sottoposti alla sollecitazione per caduta choc, si sono sempre rotti in corrispondenza dei nodi di ancoraggio (guida) ad una forza F_r^* e la curva di allungamento non ha potuto superare i 600 Kgp di trazione per l'incipiente cedimento della corda (evidentemente si era già raggiunta la fase di snervamento che precede la rottura).

Vi é da notare inoltre che nella prova di trazione lenta la corda ha mostrato un allungamento discontinuo, intervallato da sussulti e piccole esplosioni polverose.

TIPO DI CAMPIONE	F_r	$\%F_r$	F_r^*
CORDA NUOVA	2715	—	1387 (F_m)
CORDA USATA 1° PROVINO	845	-68,9	1020
CORDA USATA 2° PROVINO	1305	-51,9	990
VALORI MEDI CORDA USATA	1075	-60,4	1005



Corda Beal Antipodes s Ø 10,2 mm

La Ditta Zanella di Trento ha fornito gratuitamente nel giugno 85 alcune decine di metri di corda Beal Antipodes s Ø 10,2 mm. Si presuppone che la corda fosse di recente fabbricazione e sicuramente nuova.

Da questa corda sono stati prelevati due campioni. Il primo é stato sottoposto alle prove a), b) e c), di cui ai paragrafi precedenti, nel periodo giugno-luglio 1985. Il secondo é stato utilizzato dal Gruppo Speleologico CAI SAT di Lavis per una prova di usura in grotta secondo le seguenti condizioni:

Cavità utilizzata: Grotta C.Battisti (M.Paganella)

Periodo d'attività: 27 giugno 85 - 29 giugno 86

Descrizione pozzo: P.Carmen

Tipo di roccia: calcare dolomitico

Regime idrico: stillicidio, anche intenso

Tipo di sedimenti: argilla

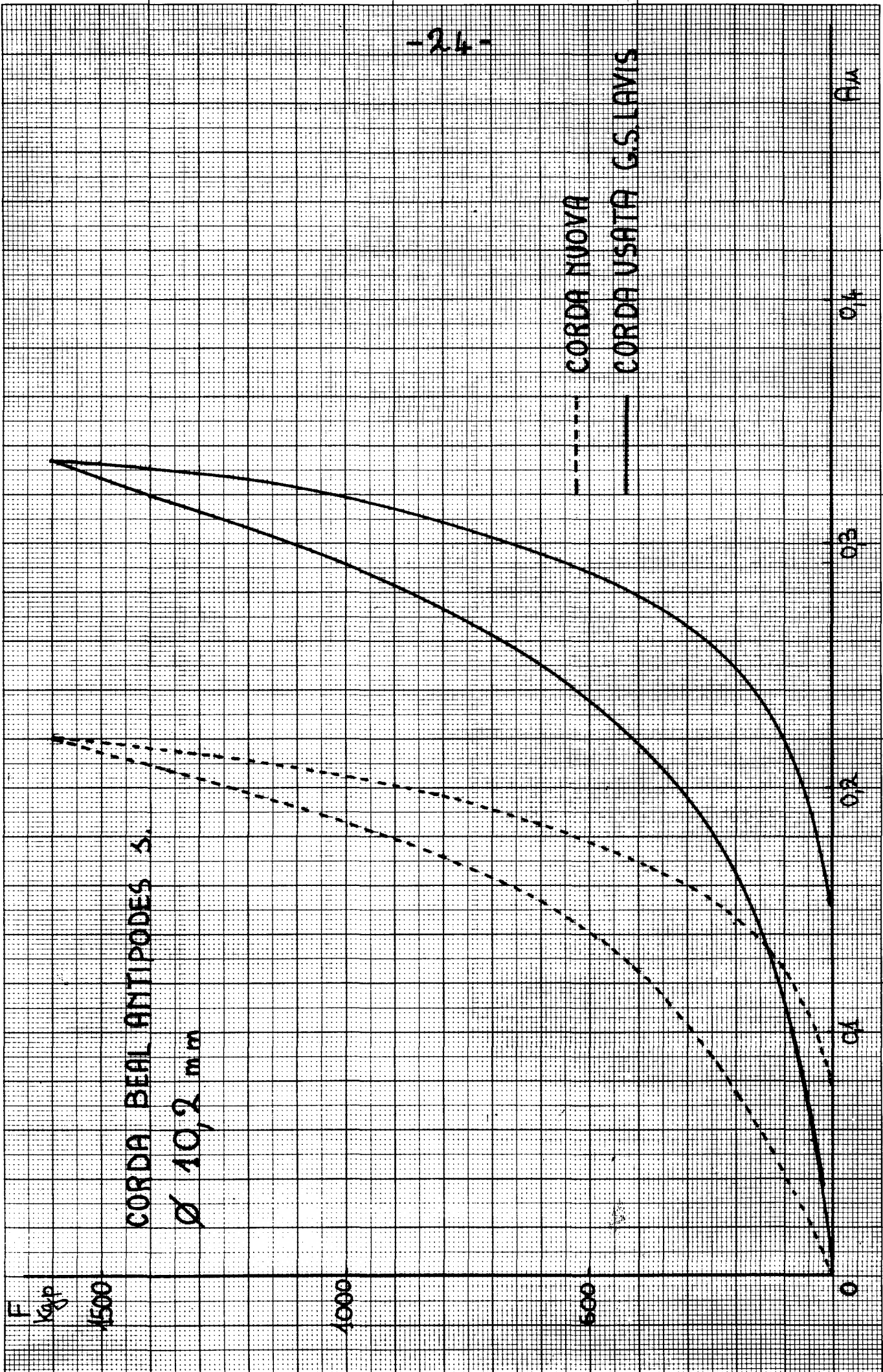
Numero speleo transitati: in discesa 22
 in risalita 36

Attrezzi utilizzati:	Discensore Stop Petzl	10
	Discensore doppio Petzl	3
	Discensore semplice Petzl	7
	Discensore Kong	1
	Discensore Diablo	1
	Maniglia Petzl	32
	Croll Petzl	30
	Maniglia Jumar	6
	Bloccante Petzl	2
	Maniglia Kong	2

Il secondo campione, quello utilizzato in grotta, é stato inviato alla CTM nel luglio 86. Immediatamente dopo é stato sottoposto alla consueta prassi sperimentale (prove a, b e c).

I risultati sono riportati nella tabella e nel grafico che seguono, dove la simbologia é del tutto analoga ai casi precedenti.

TIPO DI CORDA	CORDA NUOVA	CORDA USATA	
F_n	2636 2674	2540 2425	
F_{n_m}	2655	2482	
$\%F_n$	—	-6,5	
F_m	1175 1160	1030 1000	
F_{m_m}	1170	1015	
$\%F_m$	—	-14	
X_d	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-5}$	
$\%X_d$	—	+37	VARIAZIONE PARAMETRI ENERGETICI RISPETTO LA CORDA NUOVA
$\%\Delta E_e$	49	46	-6%
$\%\Delta E_p$	18	19	+6%
$\%\Delta E_a$	33	35	+7%



CONFRONTO FRA CORDE STATICHE

Sono state prese in esame le seguenti corde speleo nuove:

Edelrid ss	Ø 10 mm	
Edelrid ss	Ø 9 mm	
Edelrid ss	Ø 8 mm	
Edelrid s	Ø 8 mm	
Joanny s	Ø 10,5 mm	ss superstatica
Joanny s	Ø 9 mm	s statica
Beal s	Ø 10,2 mm	
TSA s	Ø 10,2 mm	
Kevlar	Ø 6 mm	

Ciascuna di queste é stata sottoposta alle prove a), b) e c) come indicato nei paragrafi precedenti.

Inoltre tutti i campioni sono stati esaminati dal punto di vista strutturale e hanno subito un test con sollecitazione per caduta choc in tutto simile a quanto specificato in precedenza, ma con la massa cadente ancorata alla corda campione tramite un bloccante (Maniglia Jumar o Maniglia Petzl). In tal modo si é potuta valutare la forza necessaria per lacerare la calza per una sollecitazione impulsiva trasmessa tramite un autobloccante. Da questa prova sono state ricavate ben altre indicazioni e misure, non riportate in questo testo perché non compatibili.

Nel complesso dunque di ogni tipo di corda sono state rilevate le seguenti caratteristiche:

P_m	peso al metro (in grammi)
D	duttilità e morbidezza
C_a	tipo di calza esterna
N_t	numero di trefoli nell'anima
T	tipo di trefoli nell'anima
F_r	carico di rottura (in Kgp) in assenza di nodi
F_{rc}	forza minima ^(in Kgp) necessaria per produrre la lacerazione della calza esterna con un autobloccante (maniglia Jumar o Petzl) sollecitato dalla caduta di un peso come nella prova a) consueta
F_m	forza massima (in Kgp) come nella prova a)
X_d	coefficiente dinamico di elasticità (in $\text{sec}^2/\text{m Kg}$)

$\% \Delta E_e$	percentuale di energia assorbita per elasticità nelle condizioni di cui alla prova a)
$\% \Delta E_p$	percentuale di energia assorbita per plasticità nelle condizioni di cui alla prova a)
$\% \Delta E_a$	percentuale di energia assorbita per attriti interni nelle condizioni di cui alla prova a).

Curva di allungamento e scarico fino a trazione di 1600 Kgp (salvo diversa necessità).

Quindi a partire dalla pagina seguente di ogni corda precedentemente elencata viene riportata la scheda sintetica delle sue caratteristiche, compreso il grafico della variazione della forza in funzione del tempo registrato nella relativa caduta choc su autobloccante.

In questo diagramma sono messi in evidenza i principali eventi verificatisi, con le forze corrispondenti. Una scala dei tempi permette di quantificare la durata delle varie fasi. Si tenga presente che i grafici relativi alle cadute choc debbono essere interpretati da destra verso sinistra.

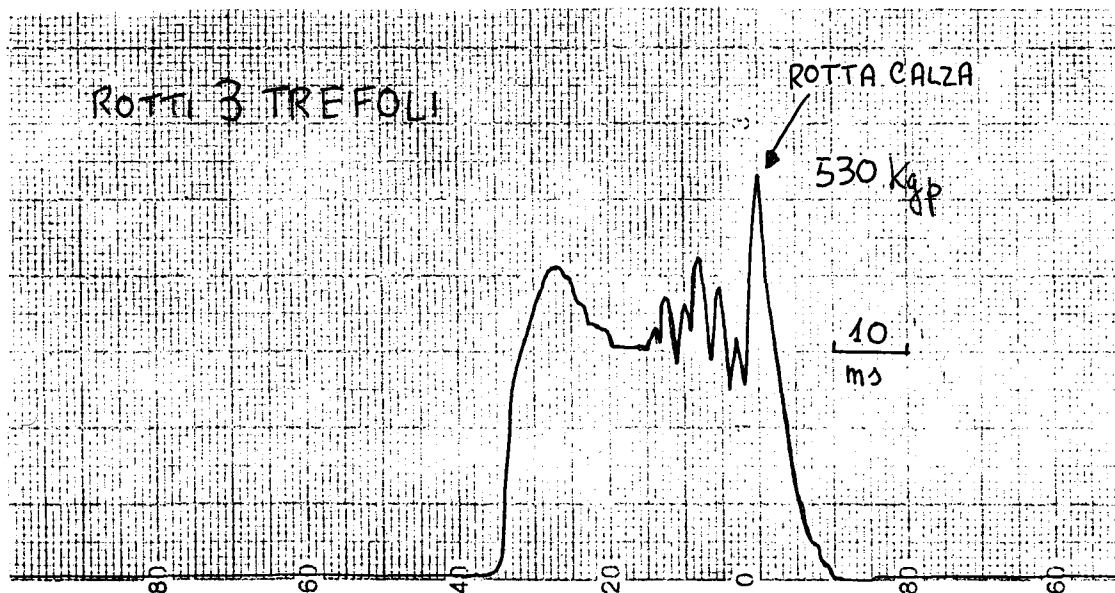
E' bene in ogni caso tenere presente che le prove di caduta su bloccante hanno, entro certi limiti, degli andamenti non sempre prevedibili e riproducibili. Ciò può dipendere da molteplici fattori, tutti comunque tali da non produrre variazioni superiori al 5%.

Sintesi finale di questo confronto fra corde "statiche" é una tabella che riassume le loro caratteristiche principali. In questo quadro di riepilogo l'ordine é del tutto casuale e non costituisce in alcun modo una graduatoria. Gli speleo e gli alpinisti non avranno certo grosse difficoltà ad interpretare autonomamente i dati riportati, e a farsi una loro chiara idea.

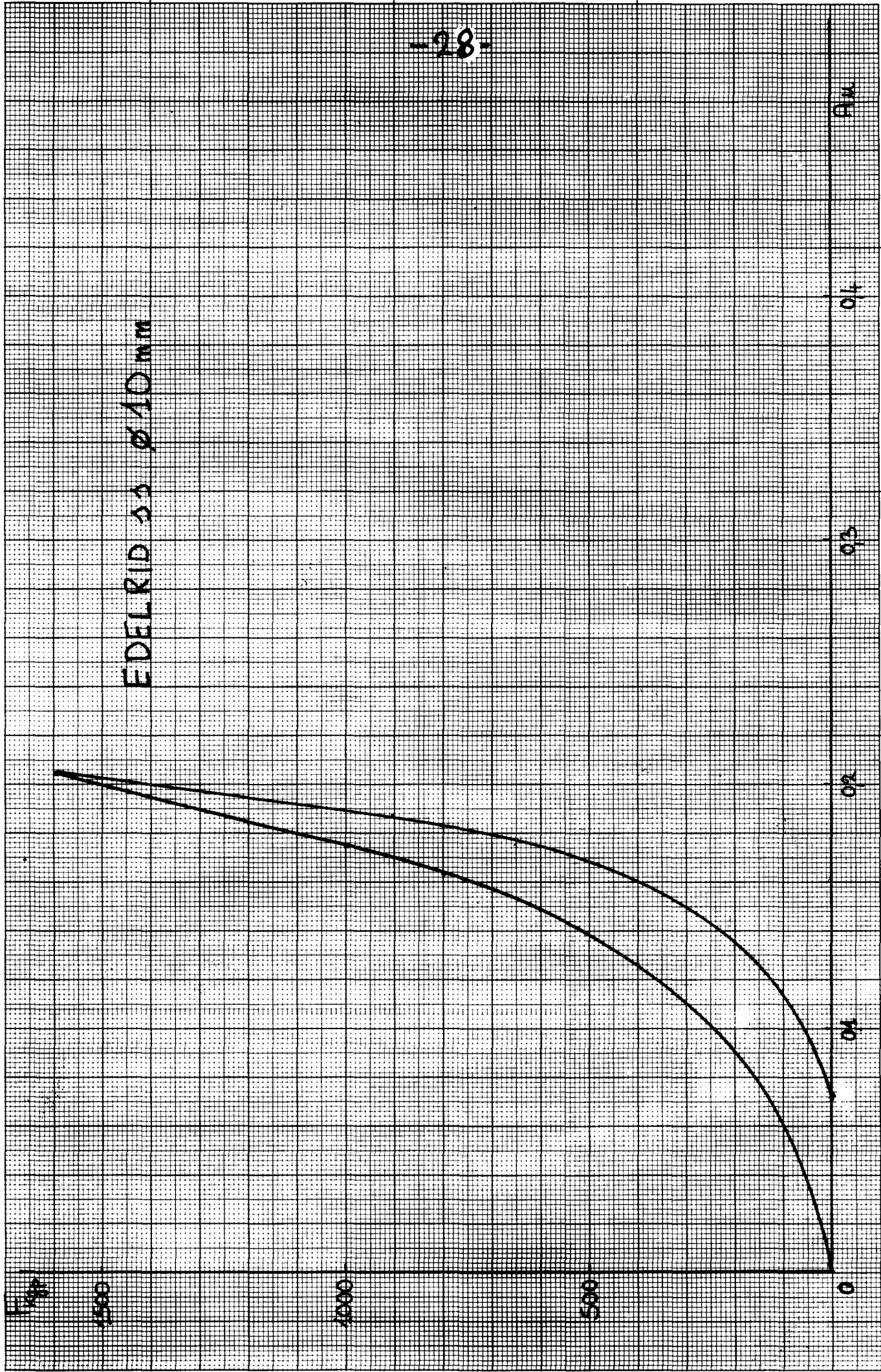
Edelrid ss Ø 10 mm

P_m	66
D	scarsa
C_a	maglia con fasci di fili elementari non ritorti
N_t	13
T	ritorti a 3 fasci di fili elementari
F_r	2715
F_{rc}	530
F_m	1380
X_d	$1,1 \cdot 10^{-5}$
$\% \Delta E_e$	59
$\% \Delta E_p$	7
$\% \Delta E_a$	34

La corda ha una sufficiente tenuta su bloccanti sotto caduta choc.

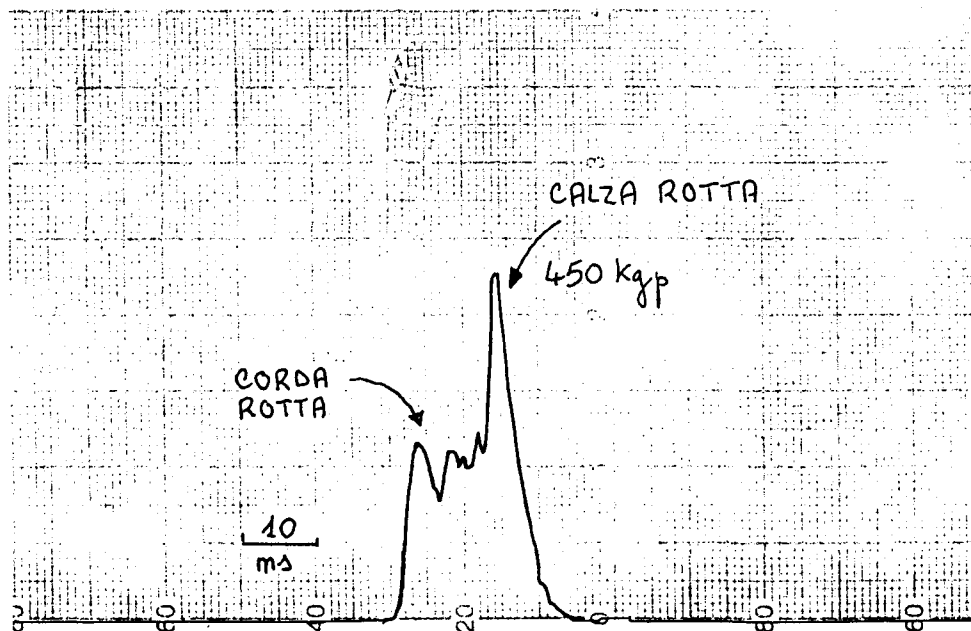


EDELRID 33 Ø10 mm



Edelrid ss Ø 9 mm

P_m	56
D	scarsa
C_a	maglia con fasci di fili elementari paralleli
N_t	10
T	ritorti a 3 fasci di fili elementari
F_r	2400
F_{rc}	450
F_m	1256
X_d	$1,3 \cdot 10^{-5}$
$\% \Delta E_e$	63
$\% \Delta E_p$	18
$\% \Delta E_a$	19



-30-

EDELRID 41 Ø 8 mm

F_{kgf}

1500

1000

500

0

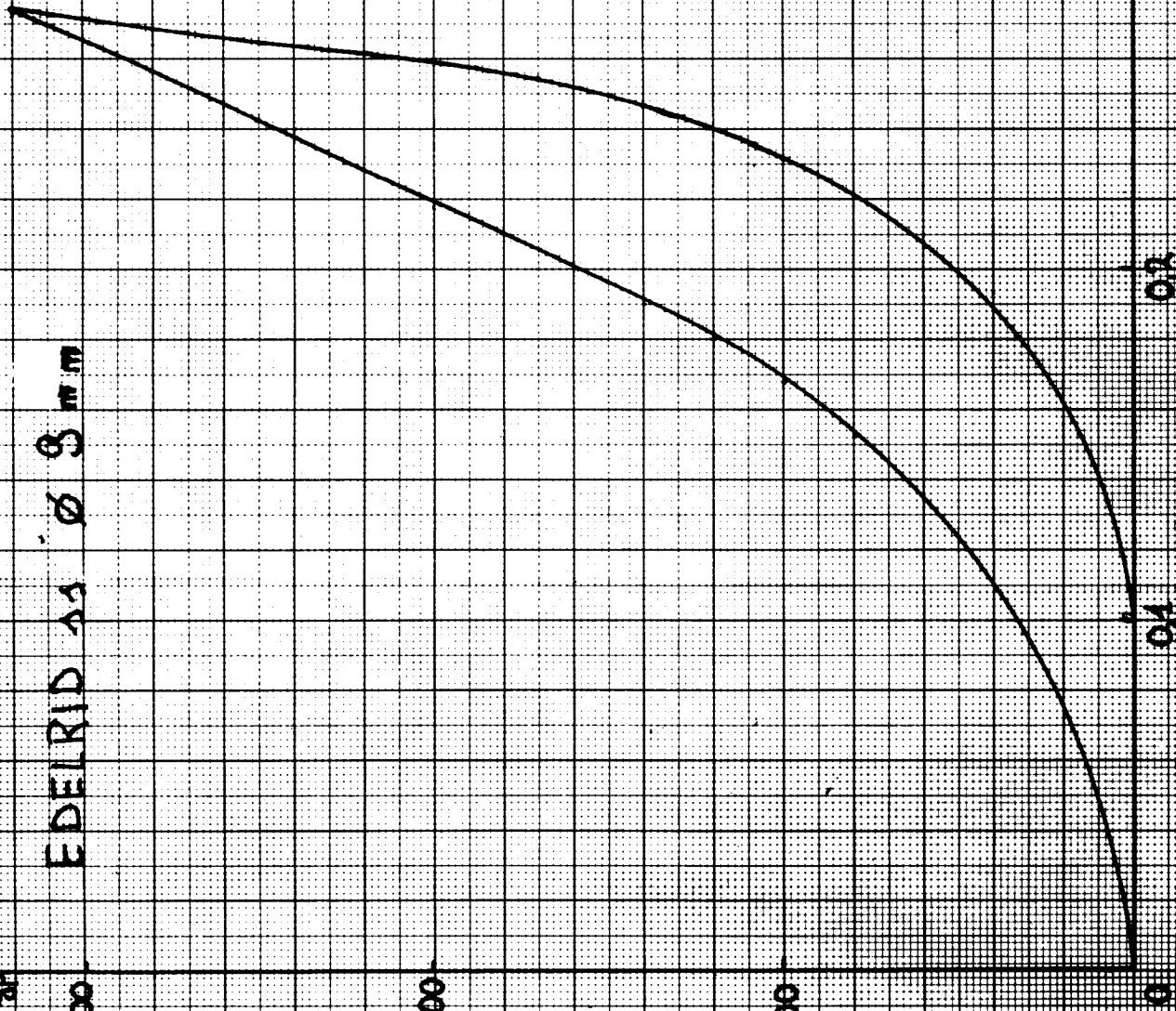
0.1

0.2

0.3

0.4

0.5

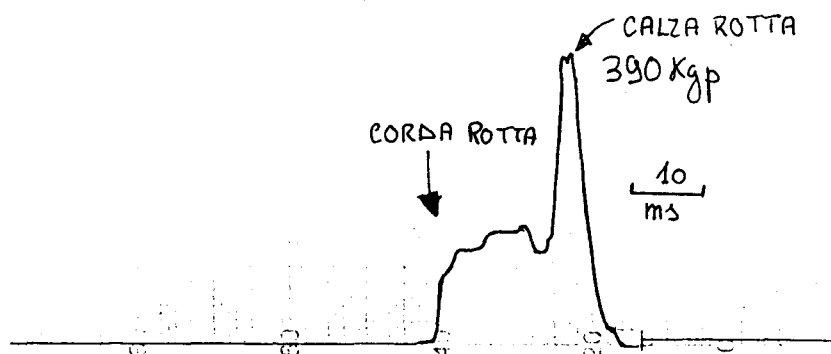


Edelrid ss $\varnothing$ 8 mm

P_m	47
D	scarsa
Ca	maglia con fasci di fili elementari paralleli
Nt	7
T	ritorti a 3 fasci di fili elementari
F_r	1673
F_{rc}	390
F_m	950*
X_d	$2,1 \cdot 10^{-5}$ *
$\% \Delta E_e$	49*
$\% \Delta E_p$	29*
$\% \Delta E_a$	22*

* Valori ricavati nelle condizioni precedentemente indicate ma con $P=76,8$ Kgp.

Con $P=90$ Kgp non é stato possibile rilevare la F_m e i conseguenti valori di X_d , $\% \Delta E_e$, $\% \Delta E_p$, $\% \Delta E_a$ in quanto si é prodotta sempre la rottura della corda (ancoraggio con nodo guida semplice) con $F=966$ Kgp.



EDERID 13 Ø 8 mm

F_{max}

1500

1000

500

0

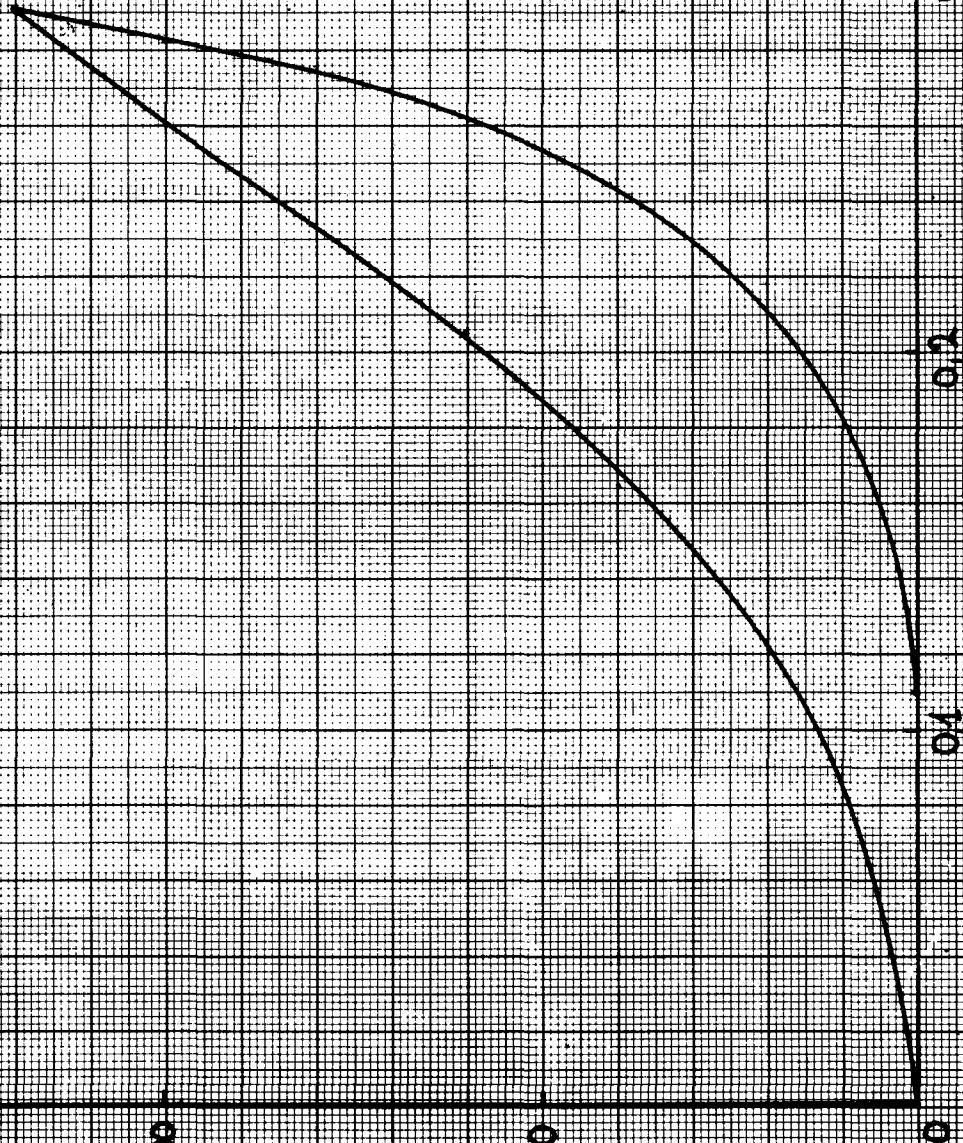
0,1

0,2

0,3

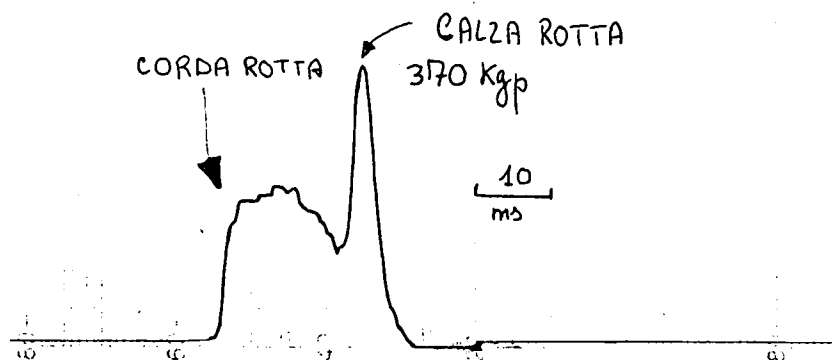
0,4

0,5



Edelrid s Ø 8 mm

P_m	45
D	buona
Ca	maglia con fasci di fili elementari paralleli
Nt	6
T	ritorti a 2 fasci di fili elementari
F_r	1400
F_{rc}	370
F_m	820
X_d	$3,5 \cdot 10^{-5}$
$\% \Delta E_e$	70
$\% \Delta E_p$	22
$\% \Delta E_a$	8



EDLRID 3 Ø 8 mm

F_{kgf}

1500

1000

500

0

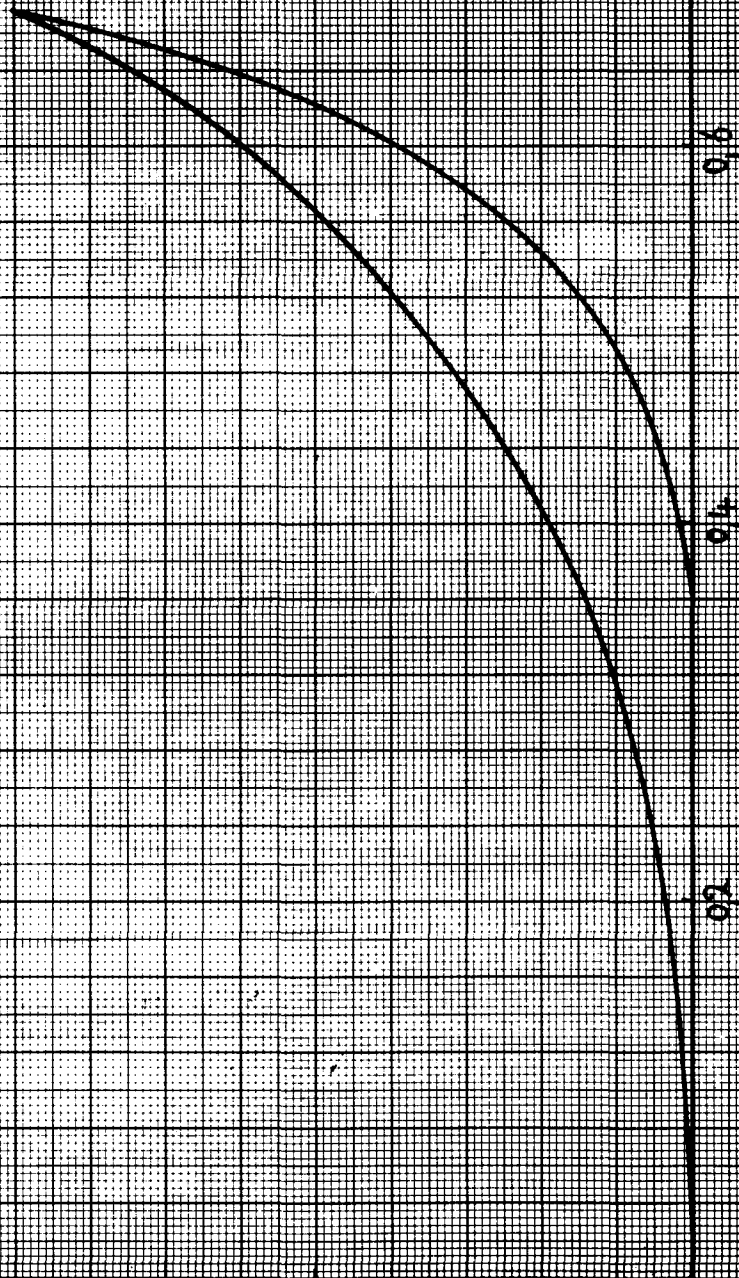
0,2

0,4

0,6

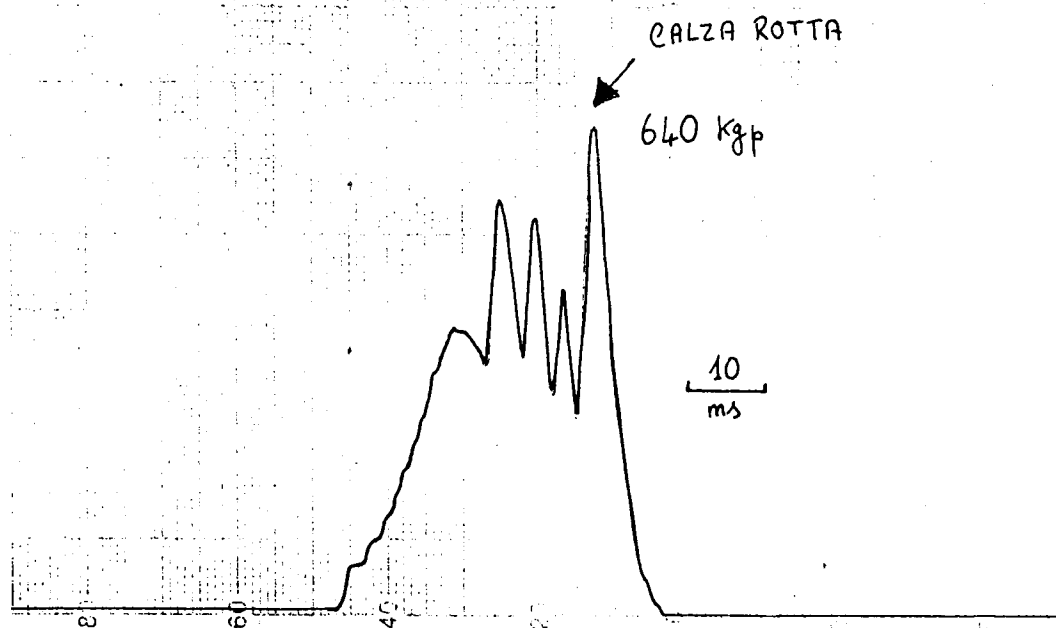
0,8

1,0

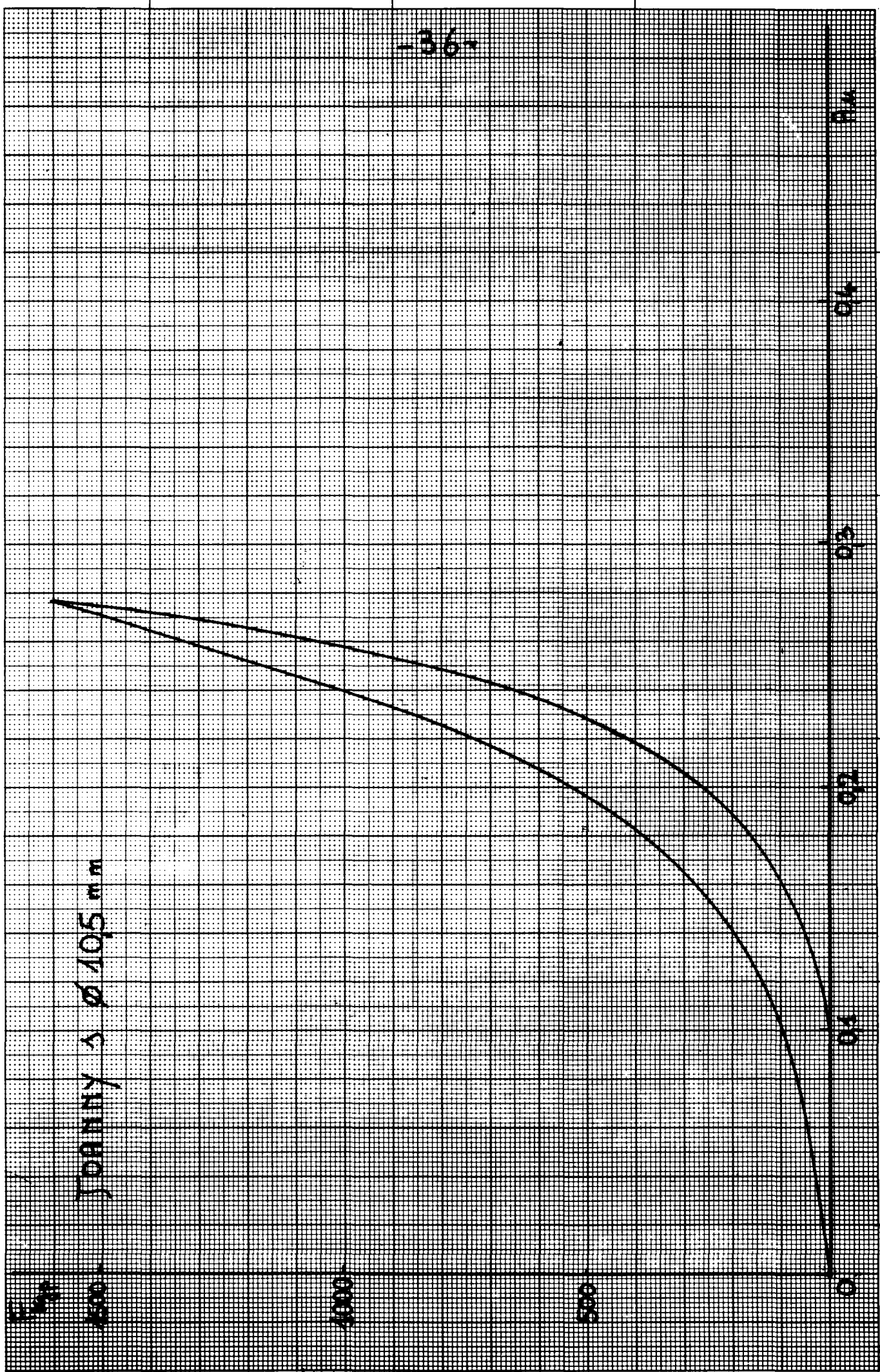


Joanny s $\emptyset$ 10,5 mm

P_m	76
D	molto scarsa
Ca	maglia con fasci di fili elementari parelleli
Nt	13
T	intrecciati a 3 fasci di fili elementari
F_r	3078
F_{rc}	640
F_m	1240
X_d	$1,4 \cdot 10^{-5}$
$\% \Delta E_e$	59
$\% \Delta E_p$	11
$\% \Delta E_a$	30

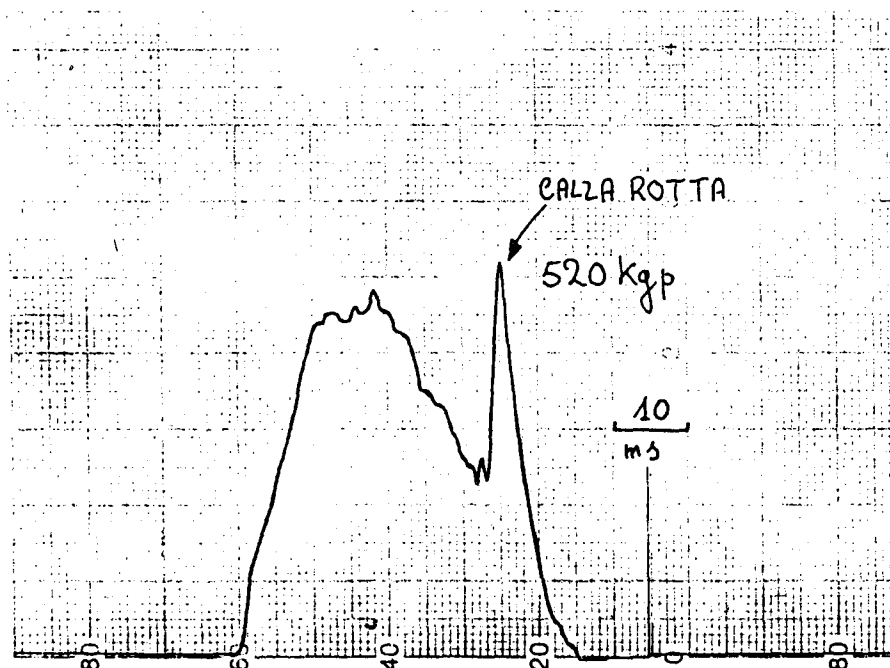


JOHNNY'S Ø 105 mm



Joanny s Ø 9 mm

P_m	58
D	scarsa
Ca	maglia con fasci di fili elementari paralleli
Nt	10
T	intrecciati a 3 fasci di fili elementari
F_r	2260
F_{rc}	520
F_m	1090
X_d	$1,9 \cdot 10^{-5}$
$\% \Delta E_e$	52
$\% \Delta E_p$	21
$\% \Delta E_a$	27



JOHNNY 3 Ø 9 mm

F₄₂

1500

1000

500

0

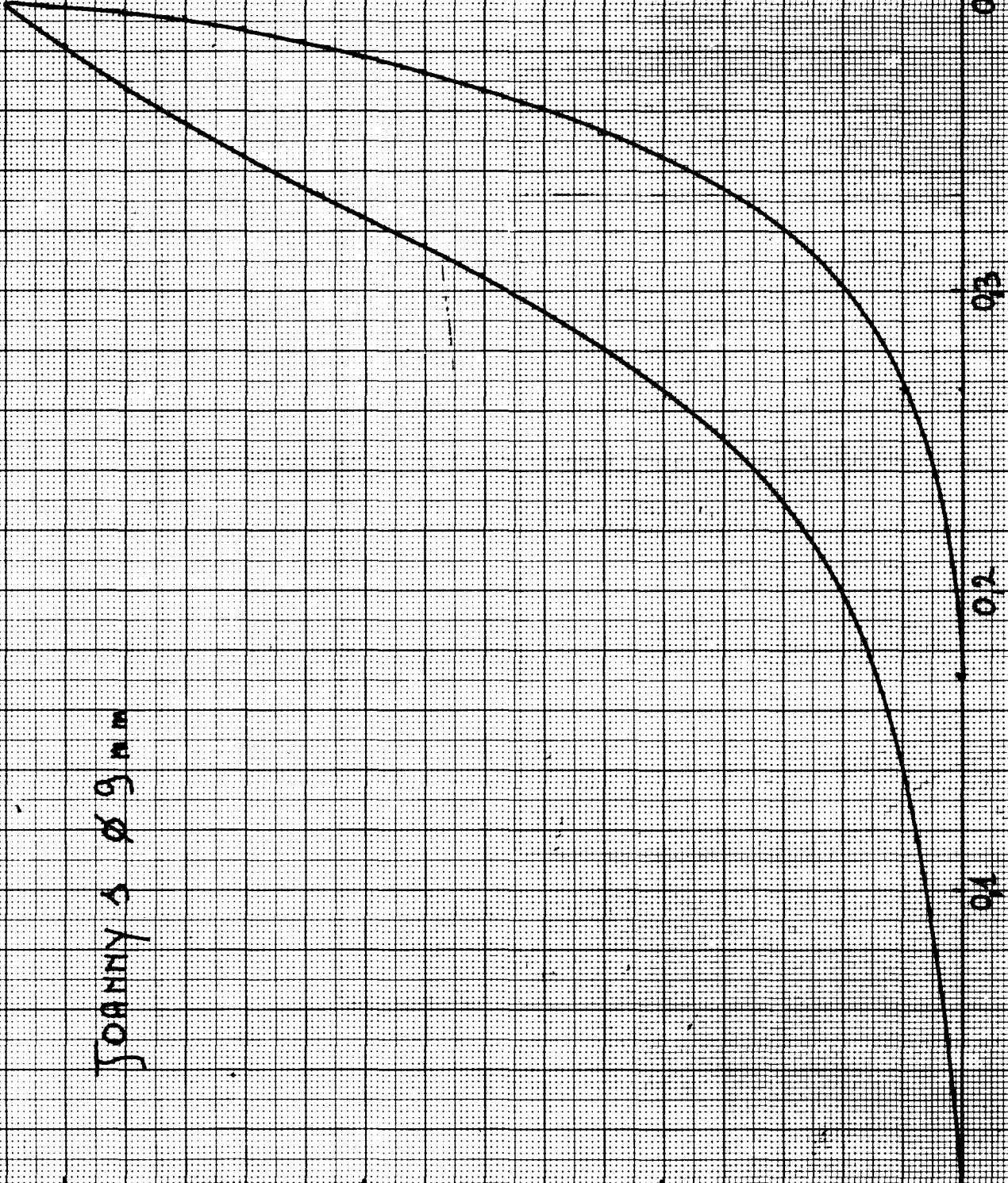
0.1

0.2

0.3

0.4

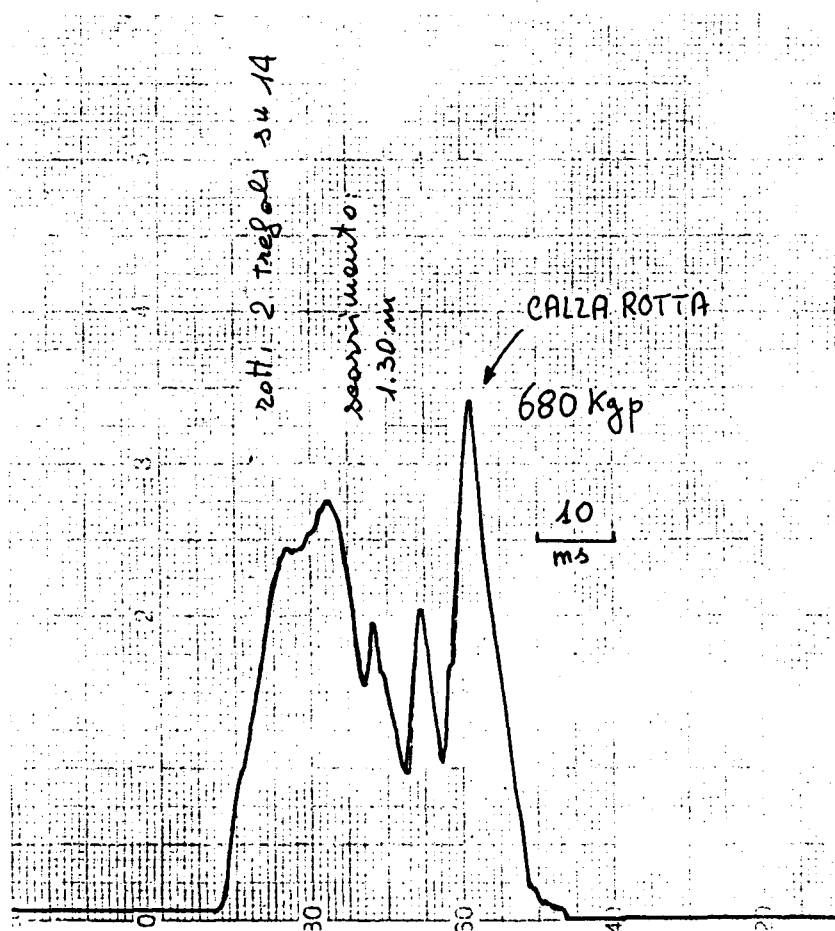
0.5



Beal Antipodes s Ø 10,2 mm

P _m	74
D	buona
Ca	maglia con fasci di trefoli (due) ritorti
Nt	14
T	intrecciati a 3 fasci di fili elementari
F _r	2655
F _{rc}	680
F _m	1170
X _d	$1,6 \cdot 10^{-5}$
%ΔE _e	49
%ΔE _p	18
%ΔE _a	33

La corda ha un ottimo comportamento in cadute choc con bloccanti (Jumar e Maniglia Petzl).



F_{max}

1500

1000

500

0

0.1

0.2

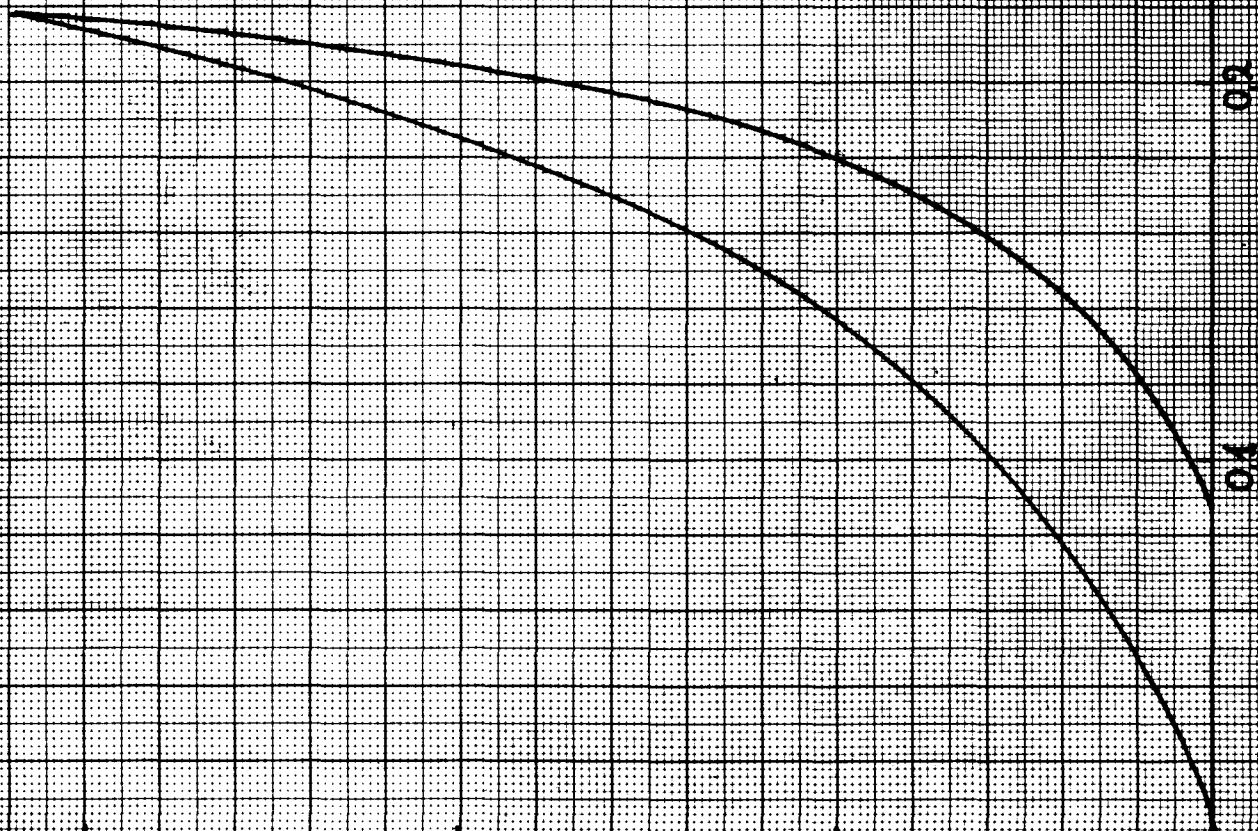
0.3

0.4

0.5

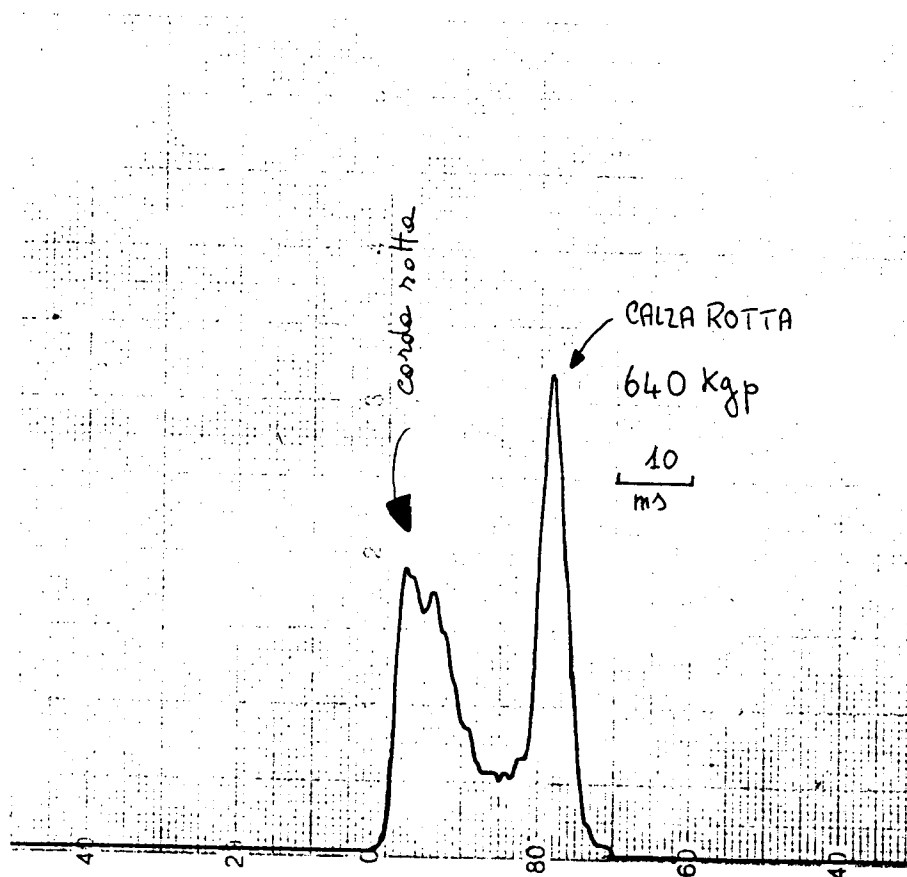
BEAL & ANTIPODES $\phi 10.2$ mm

-07-

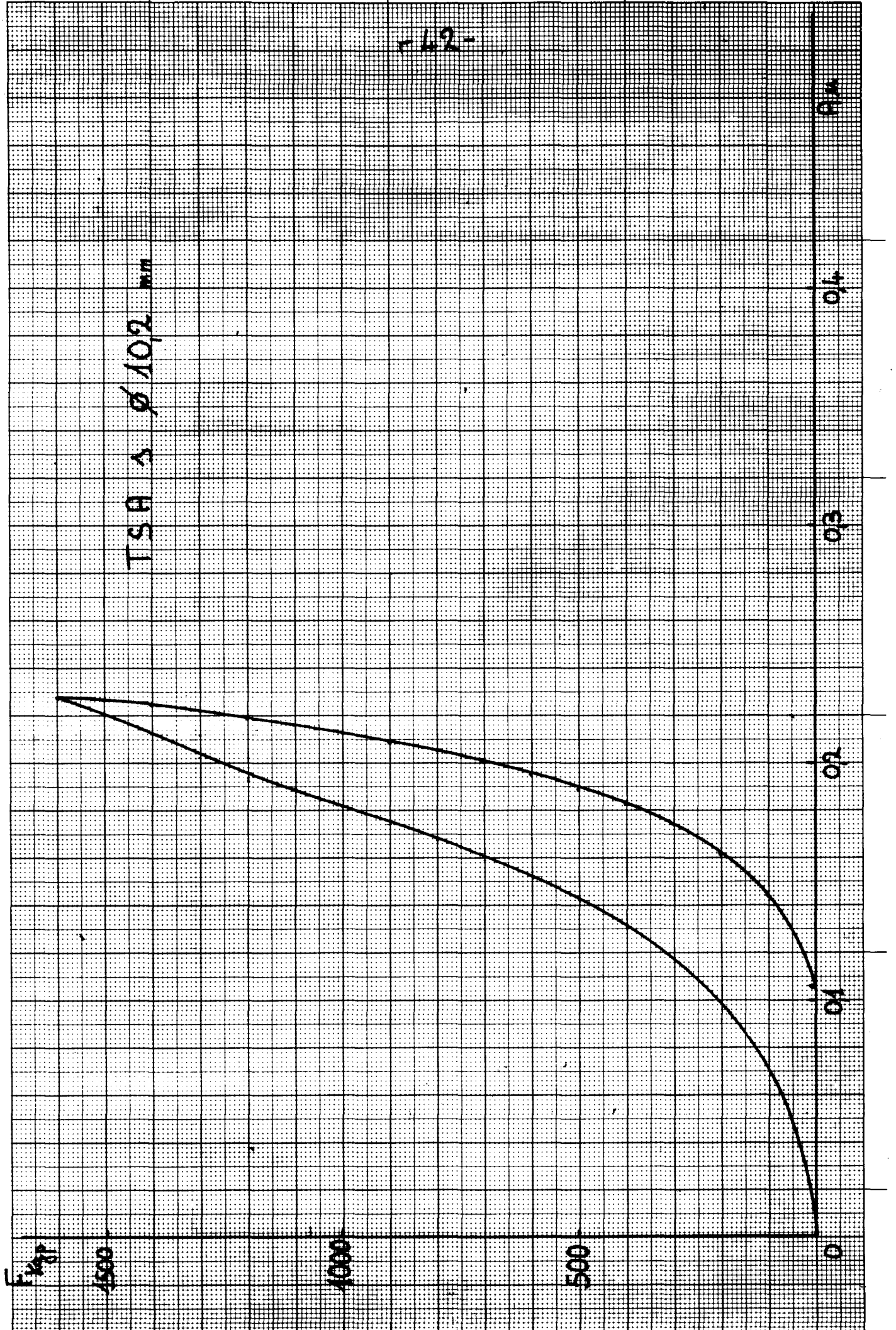


TSA s $\varnothing$ 10,2 mm

P_m	71
D	buona
Ca	maglia con fasci di trefoli (tre) ritorti
Nt	16, di cui 2 più piccoli
T	fasci di fili elementari non ritorti
F_r	2250
F_{rc}	640
F_m	1390
X_d	$1,1 \cdot 10^{-5}$
$\% \Delta E_e$	53
$\% \Delta E_p$	25
$\% \Delta E_a$	22



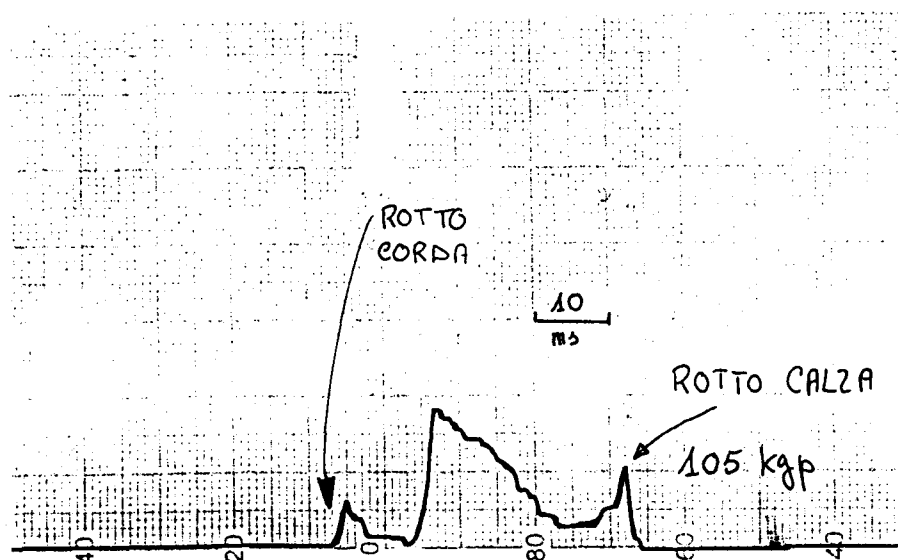
TSA Δ ϕ 10.2 mm

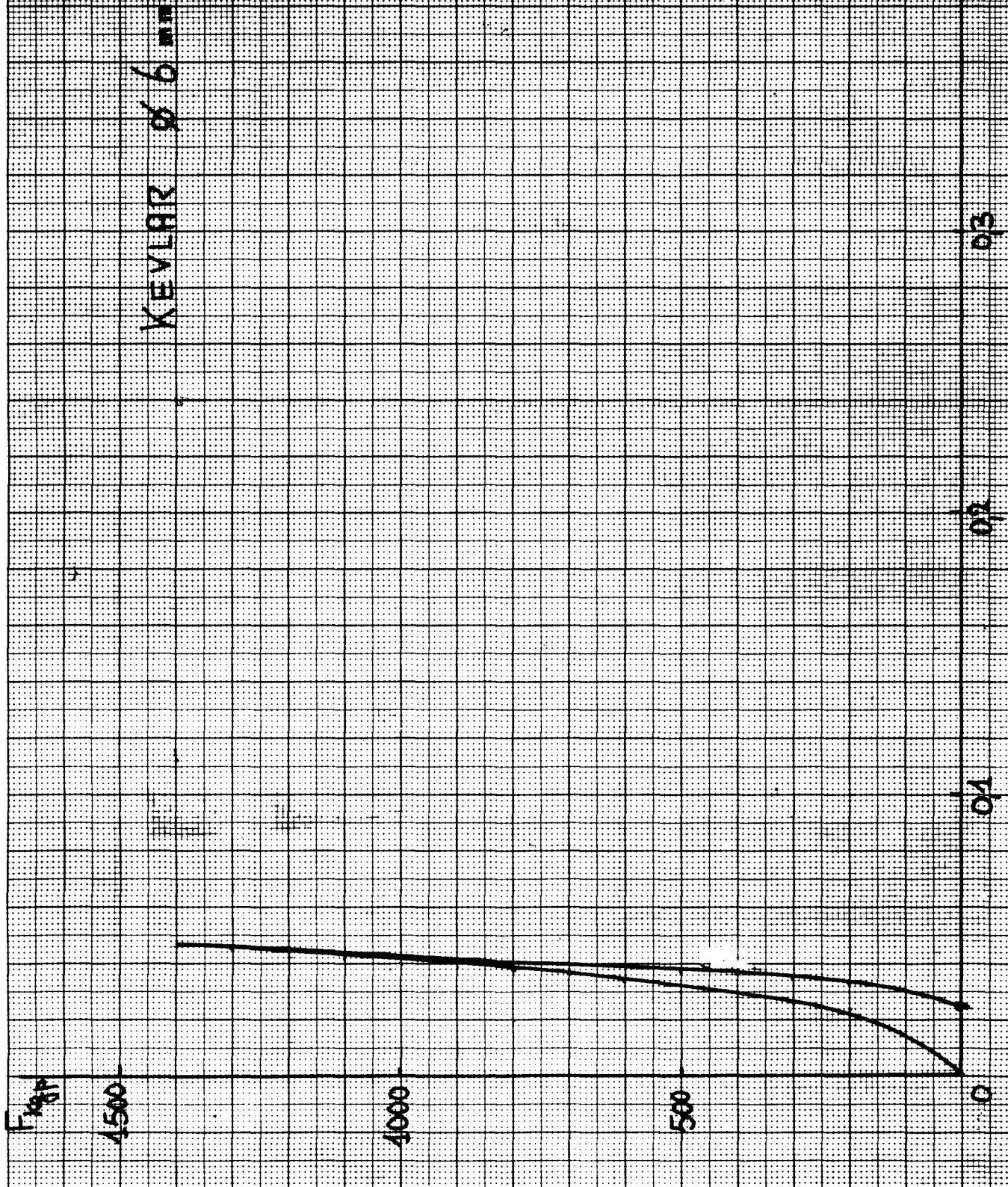


Kevlar Ø mm

P_m	23
D	buona
Ca	maglia in nylon con fasci di fili elementari non intrecciati
Nt	8 che formano una treccia
T	fasci di fili elementari
F_r	1724
F_{rc}	105
F_m	non rilevabile nelle condizioni poste in quanto la corda si è sempre rotta al primo choc con $F=740$ Kgp (ancoraggi con nodo a nove)
X_d	non rilevabile (in condizioni statiche il coefficiente di elasticità X varia da $0,3 \cdot 10^{-5}$ a $1 \cdot 10^{-5} \text{ sec}^2/\text{m Kg}$)
$\% \Delta E_e$	non rilevabile nelle condizioni poste
$\% \Delta E_p$	non rilevabile nelle condizioni poste
$\% \Delta E_a$	non rilevabile nelle condizioni poste

La corda è senza alcuna capacità di tenuta sotto choc, tanto più se l'ancoraggio è realizzato con autobloccanti.





TIPO CORDA	DIAMETRO mm	PESO g/m	F _π kgp	F _{πc} kgp	F _m kgp	X _d m ² /m kg	%ΔE _ε	%ΔE _p	%ΔE _a	ANNOTAZIONI
EDELRID 33	10	66	2715	530	1380	11·10 ⁻⁵	59	7	34	NON TROPPO DUTTILE.
EDELRID 33	9	56	2400	450	1256	13·10 ⁻⁵	63	18	19	NON TROPPO DUTTILE.
EDELRID 33	8	47	1673	390	(950)	(21·10 ⁻⁵)	(49)	(29)	(22)	ROTTURA SOTTO CHOC CON F=966 kgp (GUIDA). NON TROPPO DUTTILE.
EDELRID 3	8	45	1400	370	820	35·10 ⁻⁵	70	22	8	DUTTILE
JOAHNY 3	10,5	76	3078	640	1240	14·10 ⁻⁵	59	11	30	RIGIDA
JOAHNY 3	9	58	2260	520	1090	19·10 ⁻⁵	52	21	27	RIGIDA
BEAL 3 ANT.	10,2	74	2655	680	1170	16·10 ⁻⁵	49	18	33	DUTTILE
TSA 3	10,2	71	2250	640	1390	11·10 ⁻⁵	53	25	22	DUTTILE
KEVLAR	6	23	1724	105	—	—	—	—	—	ROTTURA SOTTO CHOC CON F=740 kgp (A MOVE). ELASTICITA' QUASI NULLA.