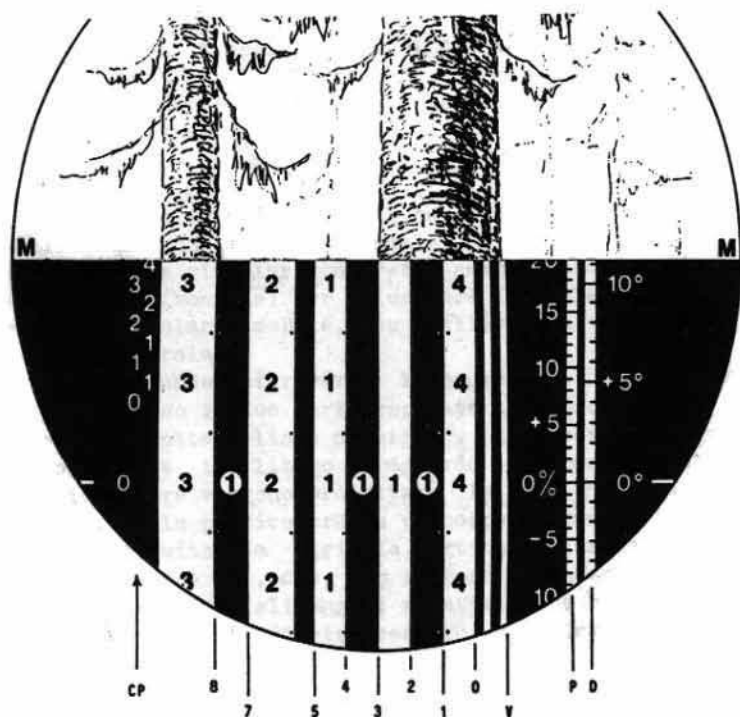


## "Scala metrica CP"



## IL RELASCOPIO A SPECCHIO

del Prof. W. Bitterlich

Descrizione e istruzioni per l'uso a cura del  
Prof. B. Hellriegel dell'Università di Padova

IL RELASCOPIO A SPECCHIO DEL PROF. W. BITTERLICH  
Modello "Scala metrica CP" - Descrizione ed istruzioni per  
l'uso a cura del Prof. B. Hellrigl dell'Università di Padova.

### DESCRIZIONE DELLO STRUMENTO

Il relascopio a specchio "modello CP" è uno strumento semplice, maneggevole e solido, del peso di circa 500 gr, facilmente impugnabile con una sola mano. Può essere anche avvitato su un treppiede munito di articolazione a snodo (fig. 2), oppure sull'apposito supporto a pettorale (fig. 3).

Nella figura 1 si possono osservare i seguenti particolari dello strumento:

- 1 = oculare;
- 2 = obiettivo;
- 3 = pulsante di sganciamento del pendolo cilindrico interno sul quale sono apposte le scale;
- 4 = finestrelle circolari con vetro smerigliato (due laterali ed una frontale) per illuminare le scale;
- 5 = schermo solare mobile, che facilita la lettura delle scale controlluce.

Traguardando attraverso l' oculare si vede un campo circolare diviso in due parti separate tra loro da una riga orizzontale, detta " linea di mira ". Attraverso la parte superiore si ha il libero traguardo nel bosco, mentre su quella inferiore vengono proiettate le varie "scale" dello strumento, ed in particolare le principali "bande di numerazione", costituite da strisce verticali bianche su fondo nero ( figure 4 e 5 ), che, con la loro larghezza alla linea di mira, determinano gli angoli relativi ai vari fattori di numerazione. La linea di mira costituisce l'indice di lettura per le scale numeriche.

Le bande e le scale numeriche, solidali tra loro, sono tracciate su un cilindro rotante intorno ad un asse orizzontale.

Proprietà interessante delle bande, che servono per la esecuzione della prova di numerazione angolare e per la misurazione a distanza dei diametri, è la loro caratteristica autoriducente: esse cioè, con l'aumentare dell' inclinazione (in tutti e due i sensi), diminuiscono i loro valori assoluti di larghezza di quanto necessario per riportare la lunghezza delle visuali inclinate a quella delle loro proiezioni orizzontali.

Partendo da sinistra verso destra le scale del relascopio "metrico CP" (fig. 5) hanno il seguente significato e valore.

All'estrema sinistra è posta la prima scala (numerica) detta delle "percentuali di correzione" o "scala CP" (CP = correction percentages), che serve a trasformare in distanze orizzontali le distanze lineari lette sulla stadia, nel caso di visuale inclinata per effetto della pendenza del terreno (vedi "misurazione della distanza orizzontale col prisma a cuneo"; pag.11, paragrafo 3 punto a).

A destra di questa scala numerica troviamo tredici bande, sette bianche e sei nere alternate. I numeri scritti all'interno delle singole bande corrispondono al valore dei fattori di numerazione angolare ( $k$ ) propri delle singole bande con la loro larghezza sulla linea di mira. La prima banda bianca a sinistra è la "banda del tre" ( $k = 3$ ), che mancava nei precedenti modelli. La banda nera successiva è una "banda dell'uno" ( $k = 1$ ) e la sua larghezza equivale ad una "unità relascopica" (1 RU). Vi è poi la banda bianca "del due" ( $k = 2$ ) che, unita alla successiva bandina nera, equivale a due unità relascopiche ( $k = 4$ ). Proseguendo verso destra troviamo quattro bande, due bianche e due nere alternate, ciascuna delle quali equivale ad una RU ( $k = 1$ ). Vi è infine la "banda del quattro" ( $k = 4$ ) formata dall'insieme della banda bianca entro cui è ripetuto il numero quattro (che da sola equivale ad una RU) e delle successive quattro bandine, due nere e due bianche alternate, ciascuna delle quali equivale ad un quarto di RU. Queste ultime "bandine da 1/4" servono per stimare frazioni di RU. I numeri scritti sotto la figura 5 (1-2-3-4-5-7-8 leggendo da destra verso sinistra) indicano la larghezza totale in RU (cioè il numero di RU) partendo dallo zero, situato al limite destro della prima metà della "banda del quattro". Lo zero indica il punto dal quale si devono contare verso sinistra le RU intere, e verso destra le frazioni di RU, utilizzando le bandine da 1/4, che - prese nella loro larghezza complessiva (da 0 a V) - corrispondono pure ad 1 RU.

Ogni RU rappresenta un'ampiezza pari al due per cento della distanza orizzontale dell'albero (o dell'oggetto) dall'osservatore.

All'estrema destra del campo visivo si trovano due scale numeriche: P e D. La prima indica la misura della pendenza (inclinazione della visuale) in percentuale; la seconda indica la stessa pendenza in gradi sessagesimali.

Lungo i margini destri delle bande dell'uno, del due e del tre, e lungo il margine sinistro della banda del quattro vi è una doppia fila di puntini (all'interno ed all'esterno della banda) che rappresentano un valido aiuto nel definire quali alberi debbano essere considerati "alberi limite" nella prova di numerazione angolare e perciò eventualmente controllati con misurazioni separate, dirette o indirette. Il

bordo del puntino vicino alla linea di separazione si trova ad una distanza dalla stessa di circa il  $\pm 5\%$  della larghezza della banda, il bordo lontano dalla linea circa il  $\pm 10\%$ , il centro del puntino circa il  $\pm 7,5\%$ .

Le bande non sono nè di larghezza costante nè parallele tra loro perchè, come già detto, sono del tipo autoriducente.

Il relascopio a specchio viene fabbricato anche con scala metrica normale (nel quale sono prefissate le distanze per misurare altezze e diametri ed in cui manca la "scala CP", mentre sono presenti tre "scale H"), con scala adatta ai sistemi di misura inglesi ed americani, oppure con "scala larga", adatto a misurazioni di alberi tropicali con notevole diametro.

Inoltre è in commercio pure il "telerelescopio", con un ingrandimento di immagine pari a  $8\times$  (fig. 16).

#### L' USO DEL RELASCOPIO

Con il relascopio a specchio si possono direttamente rilevare o calcolare:

- 1) l'area basimetrica unitaria dei soprassuoli boschivi;
- 2) il numero degli alberi per ettaro (totale o delle singole classi diametriche) e le dimensioni dell'albero medio;
- 3) le distanze orizzontali (con l'ausilio di una stadia);
- 4) le altezze reali di alberi in piedi;
- 5) le altezze, dal suolo, di qualsiasi punto visibile del fusto, e i diametri di fusti in piedi a qualsiasi altezza, purchè visibili dal punto di stazione prescelto;
- 6) i volumi dei fusti di alberi in piedi;
- 7) le altezze formali dei fusti degli alberi in piedi;
- 8) i coefficienti di riduzione dei fusti degli alberi in piedi;
- 9) l'inclinazione delle visuali ( ovvero anche la pendenza del terreno).

#### 1) LA STIMA CAMPIONARIA DELL' AREA BASIMETRICA CON LA PROVA DI NUMERAZIONE ANGOLARE DI BITTERLICH

La prova di numerazione angolare si basa su un postulato di Bitterlich, secondo il quale "il numero degli alberi di un bosco il cui diametro a petto d'uomo in una osservazione circolare (eseguita ruotando per  $360^\circ$  attorno ad un punto fisso, detto "centro di numerazione") appare superio

re ad un dato valore angolare costante, è proporzionale all' area basimetrica per ettaro del bosco stesso".

In termini matematici questo postulato è espresso dalla formula

$$G_u = k Z$$

nella quale è :

$G_u$  = area basimetrica per ettaro, espressa in  $m^2/ha$ ;

$Z$  = numero degli alberi selezionati contando tutt' attorno uno per uno tutti i fusti il cui diametro apparente, osservato all' altezza di metri 1,30 dal suolo ( $d_{1,3}$ ) risulta più largo della banda impiegata, aumentato della metà del numero dei fusti il cui  $d_{1,3}$  appare coincidente con la banda impiegata (alberi limite); i fusti il cui diametro a petto d' uomo ( $d_{1,3}$ ) appare più esiguo della banda prescelta non vengono contati;

$k$  = fattore di numerazione angolare, in metri quadrati per ettaro, uguale al quadrato del numero  $r$  di unità relascopiche corrispondenti alla banda usata:  $k = r^2$ .

Nella figura 5 sono stati disegnati quattro alberi in corrispondenza delle bande dell' uno, del due, del tre e del quattro, per osservarne la posizione: sulla banda del tre, il fusto deborda dalla banda del 5 % (albero limite); sulla banda del due, l'albero è escluso dal conteggio; sulla banda dell' uno e sulla banda del quattro, gli alberi sono inclusi nel conteggio.

Da quanto esposto appare chiaro che la prova di numerazione angolare classifica gli alberi a seconda dell' angolo sotto il quale, da un punto fisso, appare il loro diametro a petto d' uomo, ed usa tale classificazione per determinare l' area basimetrica per ettaro.

Le bande del relascopio, con la loro larghezza sulla linea di mira, determinano gli angoli relativi ai vari fattori di numerazione angolare  $k$  che possono essere usati, e che, in questo modello di relascopio, sono moltissimi.

I valori standard di  $k$ , che sono anche i più consigliabili perchè di più semplice impiego, corrispondono, nell'ordine di apparizione nel campo visivo:

alla banda del tre :  $k = 3$

alla banda del due :  $k = 2$

alla banda dell' uno :  $k = 1$

alla banda del quattro (banda bianca più le quattro bandine accostate a destra):

$k = 4$

E' importante rammentare che durante le prove di nu-

merazione il pendolo deve essere sempre lasciato libero, onde rendere operante il processo di autoriduzione del quale si è detto.

Perchè il rilevamento relascopico dia risultati attendibili, è necessario predeterminare:

- 1) il numero  $n$  delle prove da effettuarsi per ogni ettaro di bosco (o sul totale della particella);
- 2) la disposizione dei centri di numerazione nel soprassuolo;
- 3) il fattore di numerazione.

Il numero  $n$  delle prove da effettuarsi in un soprassuolo dipende principalmente:

- a) dall'estensione del soprassuolo (a parità di altre condizioni il numero di prove per ettaro diminuisce all'aumentare dell'estensione);
- b) dal fattore di numerazione impiegato (aumentando  $k$  diminuisce la superficie abbracciata dalla singola prova, il che rende necessario un numero maggiore di prove);
- c) dal diametro medio del soprassuolo (a parità di  $k$ , diametri grossi consentono una leggera diminuzione di  $n$ );
- d) dall'omogeneità del soprassuolo ( $n$  può diminuire all'aumentare dell'omogeneità);
- e) dall'errore statistico massimo tollerabile.

Il Prodan e il Bitterlich suggeriscono, a titolo largamente indicativo, l'impiego delle rispettive formule per il calcolo di  $n$ , che sono:

$$n = 2 S + 2$$

$$n = 8\sqrt{S}$$

nelle quali  $S$  è la superficie del soprassuolo in ettari.

Queste due formule possono venire impiegate per rilevamenti occasionali in cui non ci si prefigga un determinato livello di errore statistico di stima, oppure quando ci si accontenti di calcolare a posteriori tale errore.

In caso di rilevamenti di notevole ampiezza e/o impegno è invece sempre opportuno dimensionare il campione in base alla formula

$$n = \left( t \cdot s_x : D_{\frac{\alpha}{2}} \right)^2$$

nella quale è:

$t$  = "t di Student" corrispondente al livello di confidenza statistica desiderato;

$s_x$  = deviazione standard del parametro guida (area basime-

trica per ettaro o massa per ettaro);  
 $\Delta_x$  = errore massimo di stima della media ( $\bar{X}$ ) tollerato al livello di confidenza statistica impiegato ( espresso in  $m^2/ha$  oppure in  $m^3/ha$ ).

Il valore di  $s_x$  può venire ricavato da un campionamento pilota oppure può essere stimato sulla base di specifiche esperienze passate.

La dislocazione dei centri di numerazione può essere fissata seguendo due criteri diversi:

- a) determinazione dei punti con criteri parageometrici. Ad esempio: percorrere il bosco su direttrici parallele individuate con la bussola (o lungo ideali curve di livello), distanti circa  $p$  passi tra loro, e su ogni direttrice eseguire una prova ogni  $p$  passi. La distanza  $p$  si può trovare, per particelle con conformazione non troppo atipica, con buona approssimazione, attraverso la formula proposta da Gude:  $p = \sqrt{S/n}$  (con  $S$  espresso in  $m^2$  ed il passo considerato lungo 1 metro);

- b) determinazione topografica dei punti mediante una rete di triangoli, quadrati o rettangoli.

Ovviamente il secondo sistema è il più ortodosso, ma il primo dà risultati così soddisfacenti da venire quasi generalmente adottato a causa della sua semplicità.

La scelta del fattore di numerazione  $k$  dipende da alcuni elementi soggettivi, quali:

- a) l'acutezza visiva ( $k$  può diminuire con l'aumentare della acutezza visiva);  
b) la fermezza del polso (ove non si usi il supporto a pettorale o un treppiede);  
c) la preferenza a maggiormente raggruppare o distribuire la superficie totale investita dall'operazione di campionamento;  
d) la preferenza personale per un certo fattore di numerazione;

come pure da certe caratteristiche del soprassuolo, quali:

- a) la densità ( $k$  può aumentare con essa);  
b) il diametro medio ( $k$  può aumentare con esso);  
c) l'omogeneità ( $k$  può aumentare con essa);  
d) l'accidentalità del terreno ( $k$  può diminuire con essa, a patto che non risulti ostacolata la visibilità).

Per eseguire una prova di numerazione, l'operatore si pone sul centro di numerazione individuato e, dopo aver liberato il pendolo, fa ruotare lentamente il relascopio intorno al proprio asse, osservando uno dopo l'altro tutti i fusti che appaiono nel campo visivo, stabilendo per ognuno di questi l'appartenenza ad uno dei tre gruppi seguenti:

- fusti apparenti con  $d_{1,3}$  minore della larghezza della banda prescelta: da non prendere in considerazione;
- fusti apparenti con  $d_{1,3}$  maggiore della larghezza della banda prescelta: da contare uno per uno;
- fusti apparenti con  $d_{1,3}$  uguale alla larghezza della banda prescelta: alberi limite, da contare alternativamente, uno sì ed uno no. I puntini che si trovano ai bordi delle bande (vedi pagina 2, ultimo paragrafo) possono venire utilizzati per valutare i margini di tolleranza. In caso di bassi rapporti di campionamento in rilevamenti relascopici che richiedano notevole precisione (inventari su ampie superfici), per gli alberi limite si dovrebbe sempre procedere al controllo diretto, che consiste nel verificare se la distanza orizzontale tra strumento ed asse del fusto risulta inferiore a  $50 D : \sqrt{k}$  ( $D =$  diametro a  $1,3$  m). Se ciò si verifica, l'albero è da contare per intero. Se invece la distanza risulta superiore a  $50 D : \sqrt{k}$ , l'albero è da escludere dal conteggio. Per la misurazione della distanza orizzontale si può impiegare una rollina metrica oppure il prisma a cuneo applicato ad un cannocchiale o ad un binocolo (vedere paragrafo 3 pag. 11).

Il risultato numerico di questa numerazione circolare selettiva, moltiplicato per il fattore di numerazione  $k$ , rappresenta un valore campionario dell'area basimetrica per ettaro di quel bosco.

ESEMPIO: se usando la banda dell'uno si sono contati (ovvero "numerati") 10 fusti con diametro  $d_{1,3}$  apparente superiore alla larghezza della banda e due fusti con diametro  $d_{1,3}$  apparente di larghezza uguale alla banda, l'estimatore dell'area basimetrica unitaria per quel punto è uguale a  $11 \text{ m}^2$  per ettaro.

Si rammenta però che una singola prova di numerazione non ha alcun senso operativo, in quanto un rilevamento relascopico deve sempre essere costituito da un insieme di  $n$  prove relascopiche. Il valore di stima dell'area basimetrica



per ettaro del soprassuolo sarà perciò dato da

$$G_u = (k \sum Z) : n$$

con  $\sum Z$  uguale alla somma degli alberi contati per intero aumentata della semisomma degli alberi contati per metà nelle n prove relascopiche eseguite.

Questo procedimento di stima campionaria dell'area basimetrica per ettaro può ovviamente venire impiegato anche separatamente per le singole specie legnose.

Nell'esecuzione della prova di numerazione può avvenire che dal centro di numerazione alcuni fusti non siano visibili, o lo siano solo parzialmente: in tal caso si ricorre ad uno spostamento laterale (lasciando invariata la distanza centro di numerazione - pianta). Effettuata l'osservazione, si ritorna esattamente sul centro di numerazione.

## 2) LA DETERMINAZIONE DEL NUMERO DEGLI ALBERI E DEL DIAMETRO DELL'ALBERO MEDIO

Dai dati raccolti nel corso di un rilevamento relascopico in cui siano stati misurati (con un cavalletto dendrometrico) anche i diametri ad 1,30 dei singoli alberi contati (per intero o per metà), si possono, con semplici operazioni di calcolo, ricavare valori di stima riguardanti:

- a) il numero, per ettaro, degli alberi che superano la soglia di rilevamento adottata (alberi censiti);
- b) il diametro dell'albero di area basimetrica media;
- c) il numero per ettaro dei soggetti appartenenti alle varie classi diametriche.

I procedimenti che portano ai suddetti valori si basano sul fatto che ogni fusto rientrante nella prova di numerazione angolare rappresenta tanti metri quadrati di area basimetrica unitaria quante sono le unità  $k$  della banda impiegata; esso sarà perciò idealmente presente in un ettaro tante volte quante l'area della sua sezione trasversale a 1,30 m sarà contenuta in  $k \text{ m}^2$ .

Chiamando

$$S_a, S_b, \dots, S_1, \dots, S_z$$

la superficie della sezione a 1,30 m di ognuno degli  $Z$  alberi numerati, ed

$$n_a, n_b, \dots, n_1, \dots, n_z$$

il numero degli alberi rappresentato rispettivamente da

$$S_a, S_b, \dots, S_1, \dots, S_z,$$

ed esprimendo matematicamente quanto sopra detto, avremo che

$$g_1 \times n_1 = k$$

dalla quale si ottiene:

$$n_1 = k/g_1$$

che ci fornirà per ogni singolo albero numerato per intero il numero delle unità reali per ettaro da esso rappresentato (e per ogni albero numerato per metà il doppio delle unità reali ad esso numericamente corrispondenti).

Il numero degli alberi per ettaro sarà conseguentemente dato da

$$N = n_a + n_b + \dots + n_1 + \dots + n_z.$$

ESEMPIO: impiegando il fattore di numerazione 4, si siano trovati 5 alberi rientranti nella prova di numerazione (tutti per intero ad eccezione del terzo). Il cavallettamento dei 5 alberi ci ha dato, come rispettivi diametri a petto d' uomo, 22, 35, 48, 28 e 31 cm. Si avrà dunque:

| numero progressivo degli alberi numerati | area basimetrica da essi rappresentata | $d_{1,3}$            | $g_{1,3}$ | $1/g_{1,3}$ | num. alb./ha<br>$4(1/g_{1,3})=N_c$<br>oppure<br>$2(1/g_{1,3})=N_c$ |
|--|--|----------------------|-----------|-------------|--|
| 1 (1)                                    | 4 m <sup>2</sup> /ha                   | 22                   | 0,0380    | 26,3        | 105  |
| 2 (1)                                    | 4 m <sup>2</sup> /ha                   | 35                   | 0,0962    | 10,4        | 42   |
| 3 (1/2)                                  | 2 m <sup>2</sup> /ha                   | 48                   | 0,1809    | 5,5         | 11   |
| 4 (1)                                    | 4 m <sup>2</sup> /ha                   | 28                   | 0,0615    | 16,3        | 65   |
| 5 (1)                                    | 4 m <sup>2</sup> /ha                   | 31                   | 0,0754    | 13,3        | 53   |
| Totale 18 m <sup>2</sup> /ha             |  | Totale alberi/ha 276 |           |             |  |

Il valore di N così trovato, impiegato assieme al valore di G risultante dalla prova di numerazione, ci permette di calcolare, attraverso la formula:

$$g_m = G/N$$

l'area basimetrica media. Da questo valore si può risalire con semplicità e sufficiente esattezza al diametro dell' albero di area basimetrica media, spesso impiegato per le ulteriori trasformazioni ed elaborazioni dendrometriche.

Nell'esempio riportato avremo

$$g_m = 18 : 276 = 0,0652 \text{ m}^2$$

da cui

$d_m = 28,8$  cm (diametro dell'albero di area basimetri  
ca media).

In sede operativa siffatti calcoli a livello delle singole prove relascopiche (che forniscono i valori di partenza per vari procedimenti di calcolo della massa legnosa) vengono eseguiti solo se si intende calcolare, oltre alla massa dell'unità di rilevamento, anche il suo errore campionario.

Negli altri casi si lavora invece sull'insieme dei valori rilevati in tutte le prove relascopiche eseguite nell'ambito di una unità di rilevamento, costituita di regola da una particella forestale. In tale contesto operativo, per addivenire ai risultati voluti, si procede come segue:

- 1) si raggruppano gli alberi contati (per intero o per metà) in classi diametriche dell'ampiezza di 5 cm;
- 2) si calcola il numero dei soggetti per ettaro delle singole classi diametriche con una tecnica analoga a quella impiegata nell'esempio precedente.

Per chiarire questo procedimento si propone un nuovo esempio.

ESEMPIO: si supponga di avere eseguito in una particella 21 prove di numerazione con la banda del due, che abbiano dato complessivamente i risultati riportati nella seconda colonna della sottostante tabella. In tal caso si procederà come indicato nella tabella.

| classe<br>diam. | num.alb.<br>contati<br>(m) | $\bar{g}_{1,30}$ | $2/\bar{g}_{1,30}$ | num.alb./ha<br>$m(2/\bar{g}_{1,30}):21$ |
|-----------------|----------------------------|------------------|--------------------|---|
| 20              | 59,5                       | 0,0314           | 63,3               | 179,4                                   |
| 25              | 102,0                      | 0,0491           | 40,7               | 197,7                                   |
| 30              | 121,5                      | 0,0707           | 28,3               | 163,7                                   |
| 35              | 62,0                       | 0,0962           | 20,8               | 61,4                                    |
| 40              | 14,5                       | 0,1257           | 15,9               | 11,0                                    |
| 45              | 4,5                        | 0,1590           | 12,6               | 2,7                                     |

$$364,0 : 21 = 17,33 \text{ m}^2/\text{ha}$$

$$615,9 \text{ alb./ha}$$

I valori di stima del numero degli alberi nelle singole classi diametriche ricavati con questo procedimento possono venire impiegati per il calcolo della massa legnosa in maniera analoga ai dati ricavati dal cavallettamento totale o da un procedimento che si serva di aree di saggio concretamente materializzate sul terreno.

Le metodologie spiegate nel testo ed illustrate nei due esempi possono ovviamente venire impiegate anche separa-

tamente per le singole specie legnose.

### 3) LA MISURAZIONE DELLA DISTANZA ORIZZONTALE

Questa misurazione non è più limitata, come nel relascopio a scala metrica normale, a distanze fisse ( 15 - 20 - 25 e 30 m ), ma è possibile misurare qualsiasi distanza, adottando uno dei quattro procedimenti che seguono:

- a) Procedimento con il "prisma a cuneo" e relativa stadia verticale (figure 6 e 7). Il preciso accessorio telemetrico costituito dal prisma a cuneo era stato progettato in origine per il telerelascopio. Può però essere usato con qualsiasi cannocchiale monoculare o con un traguardo di uno binoculare. Il prisma a cuneo si applica davanti all'obiettivo per mezzo di molle o di fermi magnetici, che ne consentano la rotazione. Nel caso di figura 8 esso è applicato ad una lente obiettivo di un binocolo. La stadia appositamente studiata viene appesa verticalmente di fianco al fusto dell'albero. Muovendo il prisma verso l'alto e verso il basso si produce un'immagine combinata della stadia vista direttamente e di quella che appare spostata dal prisma, congegnata in modo tale che la punta del triangolo bianco che si vede sull'immagine spostata possa essere usata per leggere la graduazione della stadia sull'immagine diretta. Il valore letto corrisponde alla distanza lineare, in metri, tra la stadia e l'osservatore ( fig. 9 ).
- Se la visuale è inclinata per effetto della pendenza del terreno, si procede alla correzione della distanza letta mirando con il relascopio al punto della stadia che indica la metà della distanza lineare apprezzata e leggendo, sulla prima scala a sinistra del relascopio ("scala numerica CP") la percentuale di correzione corrispondente. Tale percentuale - divisa per 100 e moltiplicata per la distanza letta sulla stadia - deve venire sottratta alla lettura originaria; il risultato di questa operazione fornisce con notevole precisione la distanza orizzontale. In caso di visuale orizzontale o quasi ( fino a pendenze del 7 % circa ) non occorre alcuna correzione. La stadia verticale può essere divisa in tre sezioni, e serve per misurazioni fino a 43 metri di distanza.
- b) Procedimento con una stadia orizzontale di lunghezza costante. Sapendo che la larghezza di una RU sulla linea di mira corrisponde al 2 % della distanza, si pone, vicino al fusto (orizzontalmente e ad angolo retto con la visuale) una stadia di lunghezza nota, e si apprezza il numero (r)

di RU coperte dalla stadia (per calcolare le frazioni si usano le bandine da 1/4 di RU, affiancate a destra alla banda del 4). Si divide la misura della lunghezza della stadia (espressa in centimetri) per il doppio del valore di  $r$ , e si ottiene la distanza in metri tra l'albero e l'osservatore. Questo procedimento è meno preciso del precedente (ed è indicato solo per distanze brevi). È sempre consigliabile l'impiego di un appoggio per lo strumento.

Nella figura 10 la stadia è lunga 120 cm e copre 4 RU intere (quattro bande dell'uno più la prima metà della banda del quattro) più 60/100 di RU (2 bandine più 1/10 di banda). La distanza risulta pertanto:

$$120 : (4,6 \times 2) = 13,04 \text{ metri.}$$

- c) Procedimento con una stadia orizzontale di "lunghezza variabile". La figura 11 mostra come misurare la distanza usando una stadia graduata in centimetri, tenuta orizzontalmente ad angolo retto con la visuale, e limitata, con la mano destra, dall'assistente, che, seguendo le indicazioni dell'operatore, farà in modo che la "lunghezza libera" della stadia copra esattamente 5 RU (corrispondente ad un rapporto oggetto/distanza pari a 1 : 10). La "lunghezza libera" della stadia (espressa in metri), moltiplicata per 10, dà la distanza orizzontale in metri. Nella figura, corrispondendo 5 RU a 1,12 metri, la distanza sarà pari a 11,2 metri. Anche per questo procedimento, leggermente più sicuro del precedente, è sempre consigliabile un appoggio per lo strumento.

- d) Procedimento con una stadia di lunghezza nota appoggiata verticalmente al fusto. Si legge, in centesimi, sulla scala P del relascopio, l'angolo compreso fra la visuale al piede e quella alla cima della stadia (stimando i decimi di percento). La distanza, in metri, del fusto dall'operatore si trova con il seguente calcolo: lunghezza della stadia in centimetri divisa per angolo sotteso, espresso in percento. Per questo tipo di misurazione è necessario che la stadia fissa sia sufficientemente lunga e che lo strumento venga appoggiato sul treppiede. Nell'esempio della figura 12 troviamo: lunghezza stadia = 2 metri; dislivello angolare percentuale sotteso uguale a

$$+ 6,8 - (-3,6) = 10,4 \%;$$

$$\text{distanza } 2 \times 100 : 10,4 = 19,23 \text{ metri.}$$

Con questo procedimento ci si può porre anche ad una distanza prestabilita dal fusto, spostandosi sul terreno finché la differenza fra la lettura alle due estremità della stadia eseguita sulla scala della pendenza P corri-

sponde alla percentuale voluta. Ad esempio, se la distanza prestabilita è di 20 metri e la stadia è lunga due metri, la percentuale corrispondente è pari a 10 % (percentuale = lunghezza stadia x 100 : distanza prefissata). Con una stadia lunga tre metri la percentuale salirebbe al 15 %.

#### 4) LA MISURAZIONE DELL' ALTEZZA DEGLI ALBERI IN PIEDI

Tutte le misurazioni di altezza di alberi in piedi (altezza totale, altezza del fusto a determinate quote dal terreno, altezza del fusto in corrispondenza di determinati valori di diametro, ecc.) si possono eseguire usando la scala delle pendenze P, cioè esprimendo dapprima l' altezza come percentuale della distanza orizzontale dall' albero.

Una volta stabilita la distanza con uno dei procedimenti dianzi descritti (oppure anche con una cordella metrica), si fanno, a pendolo libero, due letture sulla scala delle pendenze P: la prima con visuale indirizzata alla cima (o al punto superiore), la seconda con puntamento alla base del fusto. La seconda lettura viene sottratta algebricamente alla prima (cioè vengono sommati i valori assoluti delle due letture se risultano di segno contrario; se invece il segno delle due letture è uguale, si procede alla sottrazione della seconda dalla prima). Il numero così ottenuto, moltiplicato per la distanza in metri e diviso per cento, dà l'altezza cercata. Ove possibile, conviene eseguire tali letture ipso-metriche da distanze che, grosso modo, eguagliano l' altezza dell'albero (o della parte di fusto da misurare), e da punti di stazione situati più in alto della base dell'albero.

Nella figura 13, che illustra il procedimento, essendo  $p_o$  = lettura alla cima;  $p_u$  = lettura alla base;  $a$  = distanza orizzontale, si ha:  $h = a ( p_o + p_u ) / 100$ . Algebricamente e concettualmente il valore  $+p_u$  della formula deriva da  $- ( -p_u )$ .

Se si debbono misurare altezze in soprassuoli densi, è bene abituarsi ad usare l' occhio che non si applica al relascopio per un orientamento generale. Con un po' di pratica quest' abitudine può essere di grande aiuto.

#### 5) LA MISURAZIONE DEL DIAMETRO DEI FUSTI ALLE DIVERSE ALTEZZE

##### ZE

Come con il telerelascopio (che è comunque da preferire in questo genere di operazione), la larghezza dei diametri alle diverse altezze viene letta direttamente sotto forma di percentuale della distanza orizzontale.



Con il telerelascope, che ingrandisce l'immagine, tali misurazioni risultano molto precise; con il relascopio "modello CP" saranno ovviamente meno accurate, tuttavia sufficientemente attendibili, specie se per eseguirle si monta lo strumento su un treppiede.

Il procedimento è relativamente semplice e può essere descritto sulla scorta dell'esempio seguente, in cui si voglia determinare il diametro di un fusto a cinque metri di altezza dalla base. Per conseguire il risultato voluto si procede attraverso le seguenti fasi:

- 1) si misura la distanza con uno dei metodi descritti al paragrafo 3 pag. 11 o con una rotella metrica; si trova, nell'esempio, 12 metri;
- 2) si determina la quota sul fusto che corrisponde all'altezza di 5 metri dalla base, calcolando dapprima la pendenza percentuale corrispondente a 5 metri di altezza dalla distanza trovata (nell'esempio  $5 \times 100 : 12 = 41,7 \%$ ), e si aggiunge a tale valore la pendenza percentuale che si legge indirizzando la visuale alla base del fusto (nell'esempio - 21,9 %). Stando ai numeri dell'esempio ipotizzato, si ottiene  $41,7 + (-21,9) = 19,8 \%$ . Ciò significa che il punto del fusto che si trova ad un'altezza di 5 metri dalla base è intersecato da una visuale con pendenza pari a 19,8 %;
- 3) si alza, a pendolo libero, la visuale del relascopio finché - nel caso ipotizzato nell'esempio - la linea di mira viene a sfiorare la marca + 20 della scala P e si muove orizzontalmente lo strumento facendogli assumere la posizione per cui il bordo sinistro del fusto coincida con il lato sinistro di una "tacca di RU" (vedi numeri scritti in basso nella figura 5) e che il bordo destro cada invece nell'interno dell'ultima RU (che va da U a V e che è divisa in quattro parti per rendere possibile una stima delle letture fino a circa 5/100 di RU). In questa posizione si legge il numero complessivo di RU corrispondente al diametro osservato e lo si moltiplica per il doppio della distanza, ottenendo la misura del diametro in centimetri.

La figura 14 mostra un diametro corrispondente a 3 RU intere più 95/100 di RU (in totale cioè 3,95 RU) ad un'altezza percentuale " pari a 19,8 %. Sempre supponendo di aver rilevato una distanza orizzontale dall'asse del fusto uguale a 12 metri, la larghezza di una RU corrisponde ad un diametro pari al 2 % di 12 metri, cioè a 24 centimetri; così 3,95 RU corrispondono ad un diametro di

$$(12 \times 2 \times 3,95) : 100 = 0,948 \text{ metri} = 94,8 \text{ cm.}$$

La formula generale è data da

$$d \text{ (in cm)} = a \text{ (in m)} \times 2 r$$

nella quale è:

a = distanza

r = numero di RU.

## 6) IL CALCOLO DEL VOLUME DI SINGOLI ALBERI

Con la misurazione combinata delle altezze e dei diametri precedentemente illustrata è possibile calcolare il volume di singoli alberi in piedi, suddividendo il fusto in porzioni di uguale lunghezza, e calcolando per ognuna di esse il volume, dopo aver rilevato la misura del diametro nei punti centrali delle singole sezioni (metodo di Heyer).

Un esempio, in cui si divide idealmente il fusto in porzioni di quattro metri di lunghezza ciascuna, chiarirà meglio questo procedimento.

Misurata la distanza orizzontale dall'albero, che nell'esempio risulti di 25 metri, e l'inclinazione percentuale della visuale indirizzata alla sua base (- 10 %), si calcola anzitutto la pendenza percentuale corrispondente ad un dislivello di due metri:  $(2 \times 100) : 25 = 8 \%$ , e di quattro metri (16 %). Con l'ausilio dei valori rilevati e calcolati si determina poi la pendenza corrispondente ad una altezza di due metri dalla base del fusto ( $8 - 10 = - 2 \%$ ) e si inclina il relascopio fino a quando sulla scala delle percentuali si leggerà tale valore. In questa posizione del fusto si determinerà il diametro, seguendo la tecnica illustrata al punto 5, pag.13. Indi si inclinerà il relascopio fino a leggere, sempre sulla scala P, i valori  $+ 14 \% = (-2 + 16)$ ;  $+ 30 \% = (+14 + 16)$ ;  $+ 46 \% = (30 + 16)$  ...., e per ognuno di questi punti si determinerà il diametro.

Si continua questo tipo di operazione finquando sopra al punto dell'ultima lettura eseguita non rimanga visibile una porzione di fusto non più corta di 2 metri nè più lunga di 6. A questo punto, stando ai numeri ipotizzati per l'esempio, si innalza la visuale di un altro 8 % di pendenza (cioè, fino a  $46 + 8 = 54 \%$ ) e si esegue l'ultima misurazione diametrica.

Indi, come ultima operazione, si innalza la visuale fino alla cima dell'albero e si legge il valore della sua inclinazione sulla scala P (+ 95 nell'esempio ipotizzato). La differenza tra tale valore ed il valore di P letto in corrispondenza dell'ultimo diametro rilevato, moltiplicata per la distanza dell'albero e divisa per 100, fornisce la lunghezza del cimale (data, nell'esempio, da

$$25 (95 - 54) : 100 = 10,25 \text{ metri}).$$



In questo modo, nel caso preso ad esempio si avranno quattro "toppi ideali" della lunghezza di 4 metri ciascuno ( ognuno corredato del suo diametro mediano ) ed un cimale della lunghezza di 10,25 metri, corredato del diametro alla base.

Con questi dati risulta oltremodo semplice calcolare il volume del fusto, impiegando, per i topi, la formula di Huber ( o della "sezione mediana" ) e per il cimale la formula

$$V = ( I : 3 ) ( \pi : 4 ) D^2 l_c$$

In caso di impedimenti parziali di visibilità si può adottare un procedimento meno standardizzato, nel quale la lunghezza dei singoli "toppi ideali" viene scelta in relazione ai punti sul fusto ben visibili dal punto di stazione prescelto. Nel contesto di tale procedimento può essere vantaggioso cubare i singoli topi ideali con la formula di Smalian ( o della "sezione media" )

Qualora si desideri una maggiore esattezza in questa delicata cubatura ottica per sezioni, è necessario servirsi del telereleascopio di Bitterlich.

#### 7) LA DETERMINAZIONE DELL' ALTEZZA FORMALE DI SINGOLI ALBERI

L'altezza formale ( fh ) di un albero è il coefficiente che moltiplicato per l'area basimetrica dell'albero ne dà il volume.

Il Bitterlich, partendo dalla formula dell'altezza direttrice di Pressler, propone le seguenti tre tecniche speciali per la determinazione dell'altezza formale relativa ( fh/d ), che sono illustrate nella figura 15.

I) Si usa la banda del quattro (banda con ripetuto il numero quattro più le quattro bandine da 1/4 a questa accostate a destra), a pendolo libero. L'operatore si pone ad una distanza dall'albero tale che il diametro a petto d'uomo occupi tutta la larghezza della banda del quattro. Eleva poi la visuale di osservazione del relascopio lungo il fusto fino a quando il diametro del fusto (che diminuisce poco a poco) viene a coprire esattamente il campo della banda dell'uno. In questa posizione legge la "quota strumentale" sulla scala della pendenza P. Indi abbassa la visuale fino alla base dell'albero e legge, sempre sulla scala P, questa seconda quota strumentale. La differenza algebrica fra la prima e la seconda "quota strumentale" (che, a causa dei segni - generalmente positivo il primo e negativo il secondo - si trasforma in somma dei valori assoluti delle due letture) moltiplicata per 1/6 ( oppure per 0,16 ) fornisce il valore di fh/d = "altezza formale

relativa". Per ottenere  $f_h$  si moltiplica l'altezza formale relativa per  $d$  (= diametro del fusto a petto  $d'$  uomo, rilevato con il cavalletto dendrometrico).

Questa tecnica, che dal punto di vista ottico è preferibile alle altre, porta però - nel caso di alberi molto alti - a visuali spesso troppo inclinate.

- 2) Stessa procedura, però con: larghezza di banda a petto  $d'$  uomo = banda del quattro meno due bandine e larghezza di banda per il diametro superiore = tre bandine. La differenza algebrica fra le due letture sulla scala  $P$ , in questo caso, va moltiplicata per  $2/9$  ( oppure per  $0,2\bar{2}$  ).
- 3) Stessa procedura, però con: larghezza di banda inferiore = banda dell'uno e larghezza di banda superiore = due bandine. La differenza algebrica fra le due misure lette sulla scala  $P$ , in questo caso, va moltiplicata per  $1/3$  ( oppure per  $0,3\bar{3}$  ).

Per calcolare la massa per ettaro di un soprassuolo impiegando valori di  $f_h$  direttamente rilevati, il procedimento più razionale (ma anche più oneroso) è quello di calcolare, su appositi "alberi modello dell'altezza formale", il valore di  $f_h$  corrispondente alle singole classi diametriche e di moltiplicarlo per la rispettiva area basimetrica unitaria di classe, ottenendo la massa unitaria di classe. La somma delle masse unitarie di classe costituisce la massa per ettaro del soprassuolo.

Anche per questa tecnica particolare, quando non sia solo finalizzata a stime sommarie, si ritiene necessario l'impiego del telerelascopio di Bitterlich. Inoltre si rammenta che l'esattezza del risultato dipende anche dalla misura nella quale i fusti prescelti rispondano ai presupposti geometrici su cui si basa la formula di Pressler.

#### 8) LA DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI RIDUZIONE DI SINGOLI ALBERI

Per ottenere il coefficiente di riduzione ordinario di un singolo albero è sufficiente combinare le operazioni di cui al punto 6 ( oppure 7 ) con il rilevamento dell'altezza dendrometrica, descritto al punto 4 ( pag. 13 ).

Nel primo procedimento la massa del fusto (ottenuto con la cubatura ottica per sezioni) è da dividere per il volume cilindrometrico, dato da  $(\pi : 4) (D_{1,30})^2 H$ .

Nel secondo procedimento l'altezza formale (calcolata tramite la formula di Pressler) viene semplicemente divisa per l'altezza dendrometrica.

Mentre con il secondo procedimento si può trovare solo il coefficiente di riduzione ordinario del fusto non svettato, con il primo - previo calcolo della sola massa cormometrica del fusto - si può anche ricavare il coefficiente di riduzione ordinario cormometrico del fusto.

#### 9) LA MISURA DELLE PENDENZE

Lo strumento fornisce direttamente la pendenza, sia in percentuale (scala P) sia in gradi sessagesimali (scala D).

#### 10) ANNOTAZIONE FINALE

Le poche notizie qui fornite sull'impiego del relascopio servono soprattutto per acquisire dimestichezza con lo strumento e per rendersi conto di quanto con esso si possa fare. L'impiego più corretto e più economico del relascopio nel contesto delle diverse tecniche e metodologie richiede invece la consultazione della letteratura specializzata.



**Fig.1 - Il relascopio a specchio:**

- 1 = oculare;
- 2 = obiettivo;
- 3 = pulsante di sganciamento del pendolo;
- 4 = finestrelle circolari;
- 5 = schermo solare mobile.

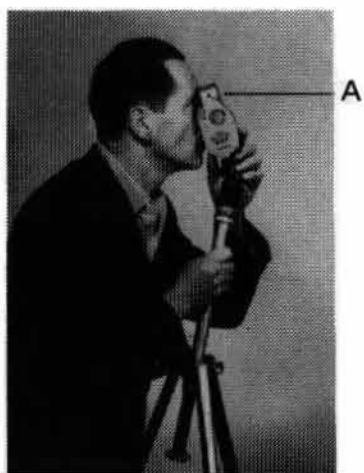


Fig.2 - Il relascopio montato sul treppiede.

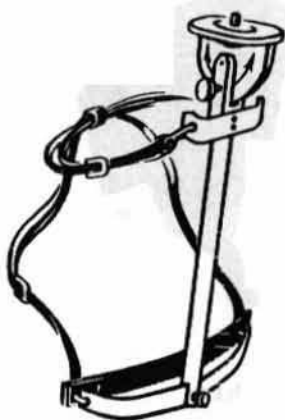


Figura 3 - Il supporto a pettorale.

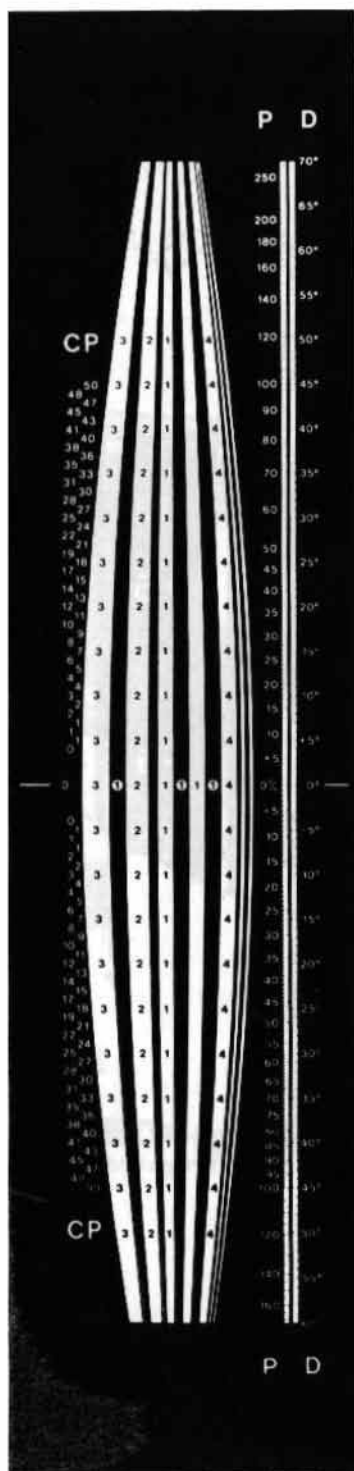


Figura 4 - Visione completa delle scale e delle bande del relascope "metrico C P".

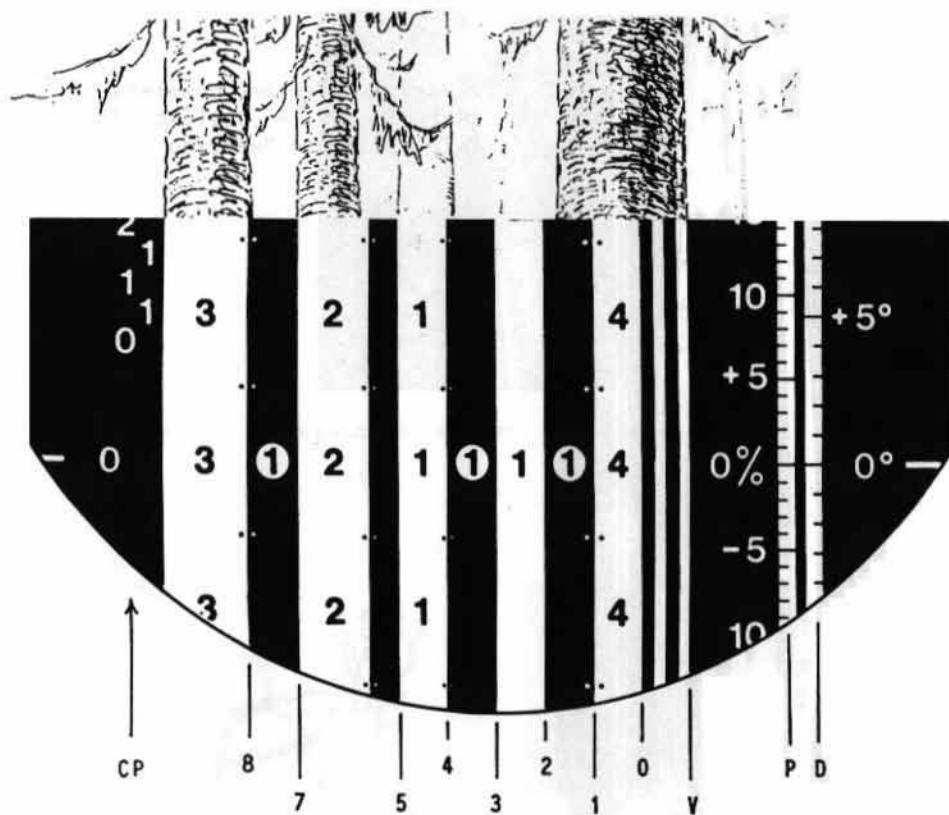


Figura 5 - Le scale e le bande del relascopio " metrico C P ". Particolare visibile al traguardo (pagina 4).

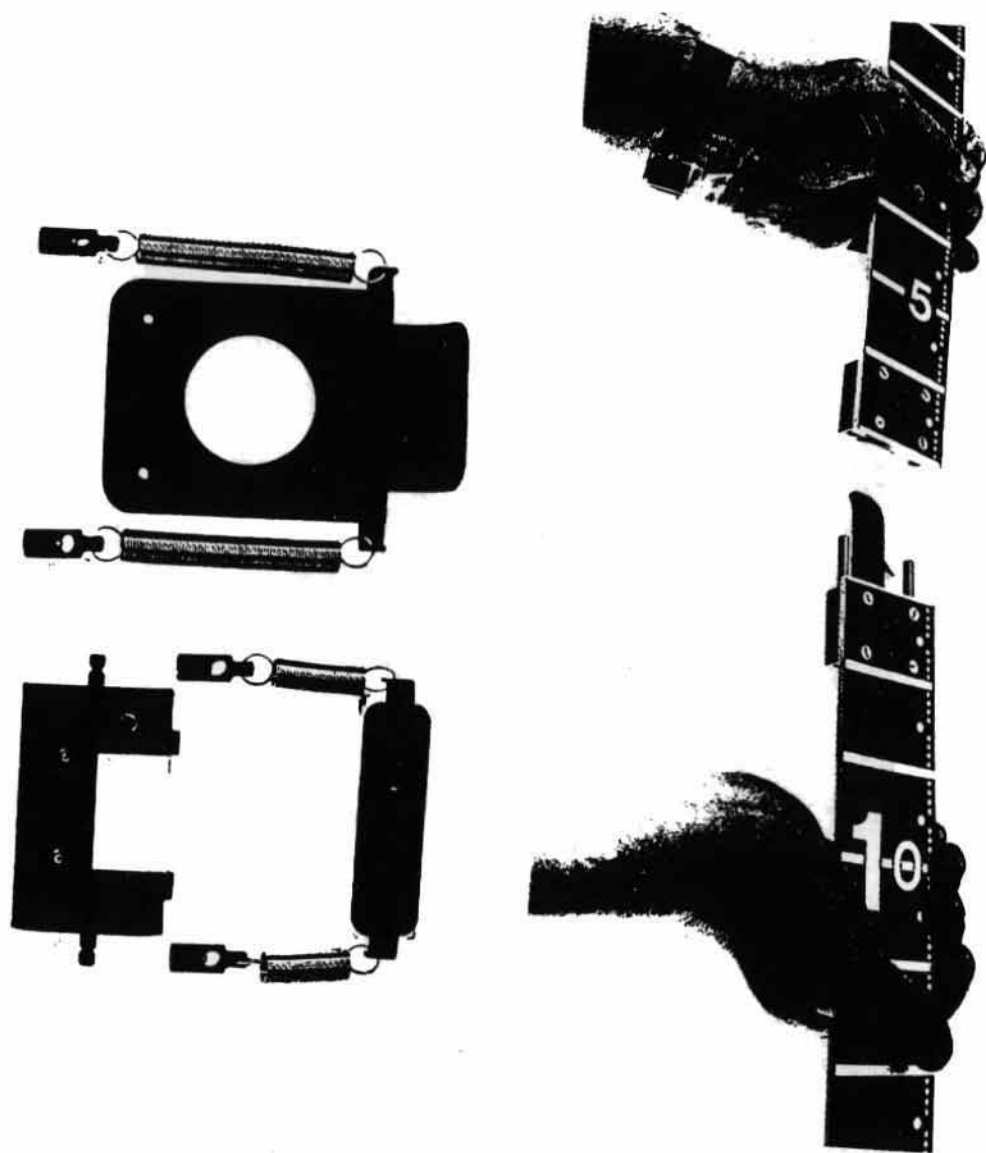


Figura 6 - Il prisma a cuneo e la stadia verticale.



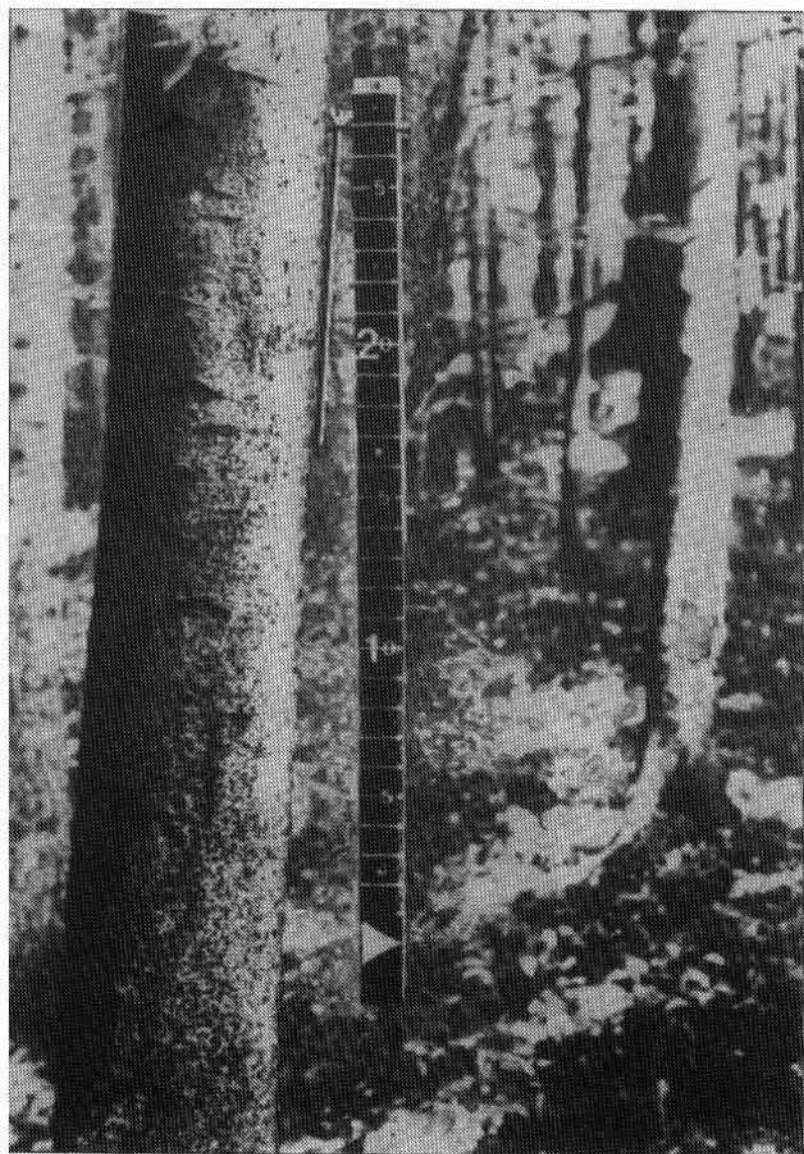


Figura 7 - La stadia verticale, appesa  
a fianco di un albero.



Figura 8 - Il prisma a cuneo montato su un binocolo.

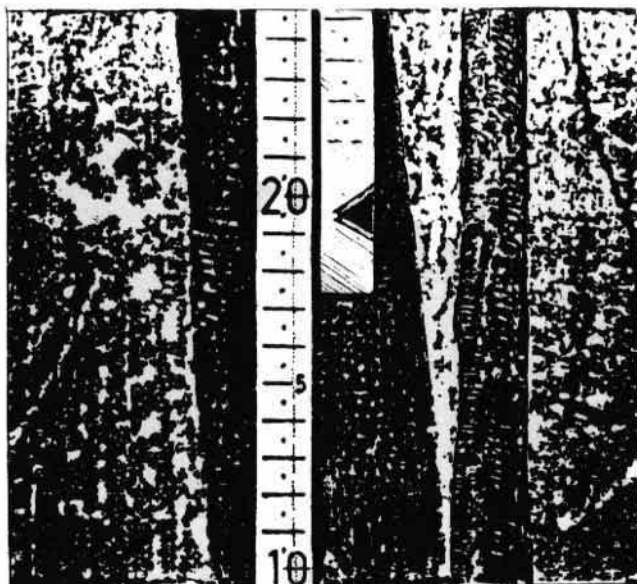


Figura 9 - Lettura della distanza lineare sulla stadia verticale attraverso il prisma a cuneo apposto su un cannocchiale. La punta della freccia dell'immagine della stadia spostata dal prisma indica una distanza lineare di metri 19,5 (pagina 11).

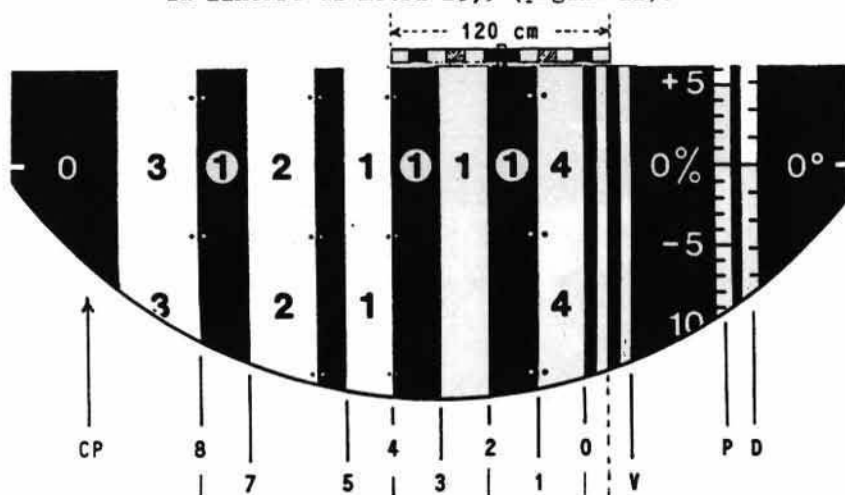


Figura 10 - Misurazione della distanza con una stadia a lunghezza costante (pagina 11).



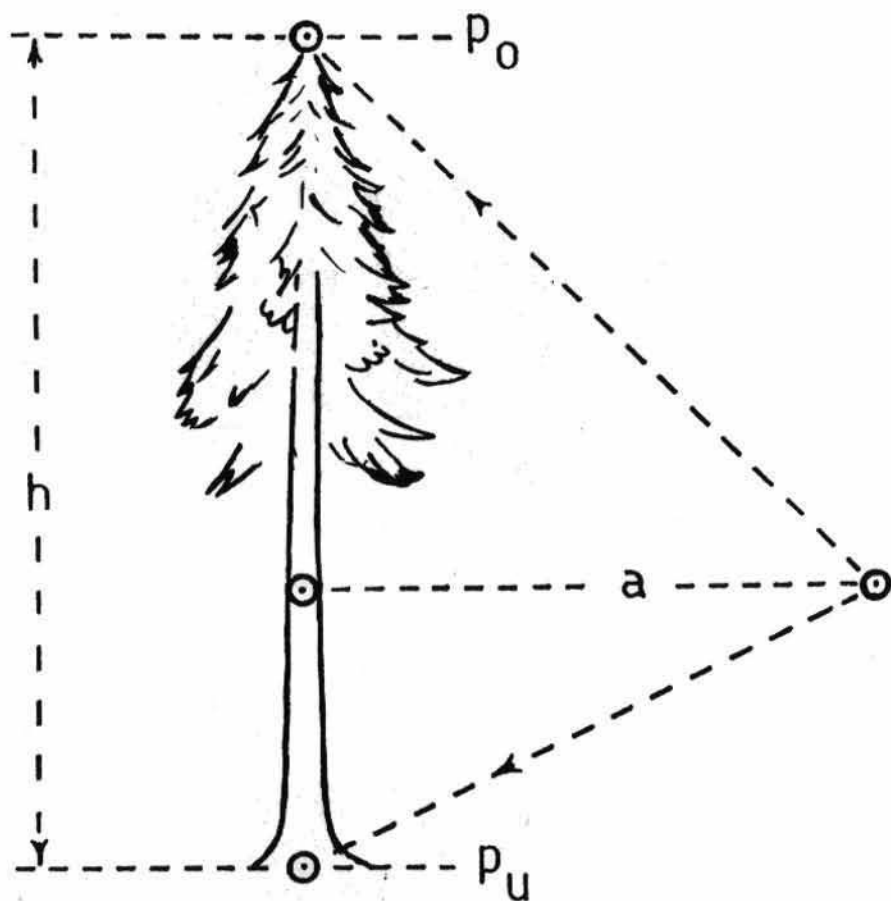


Figura 13 - Misurazione dell'altezza di un  
albero (pagina 13).

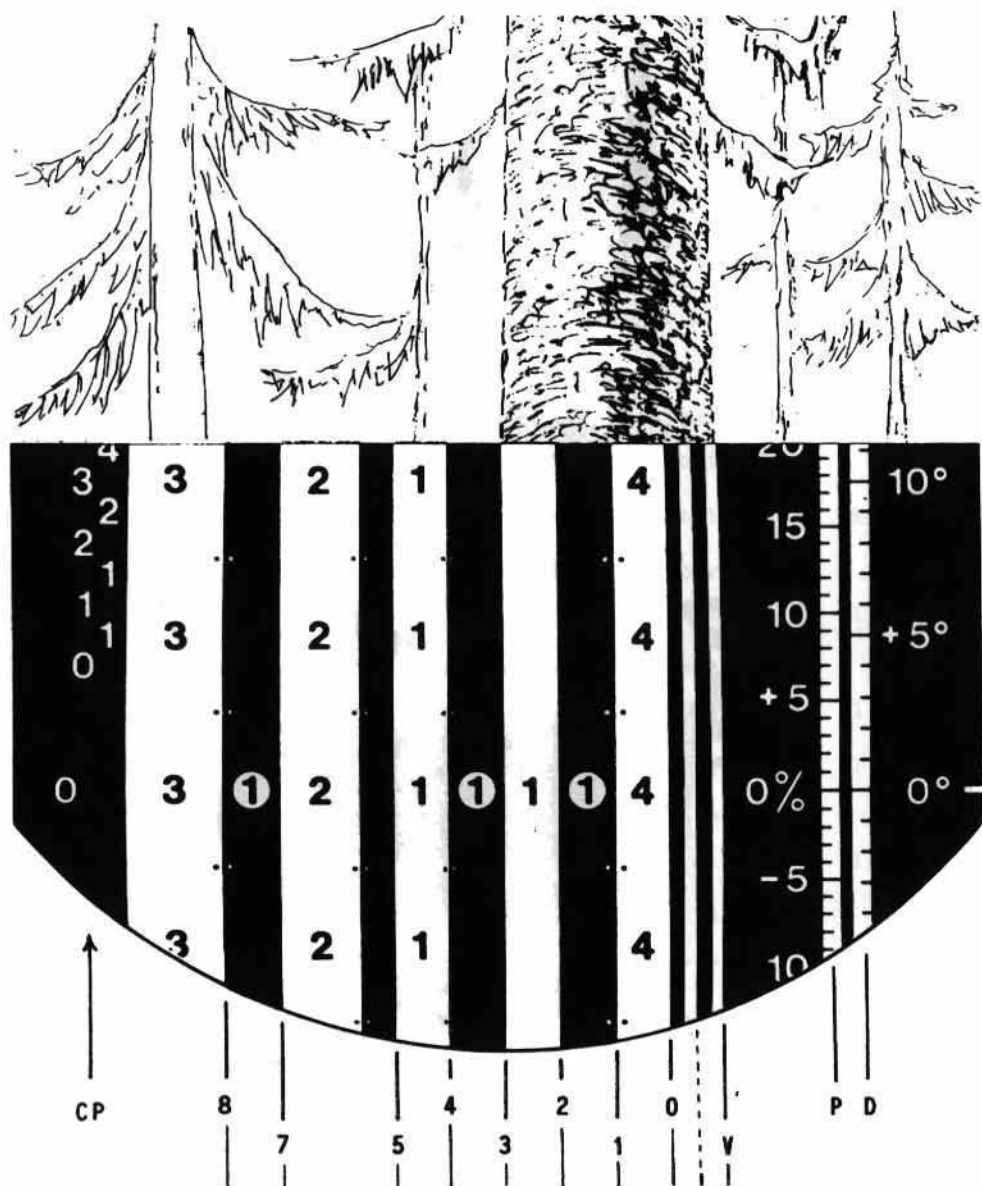


Figura 14 - Misurazione del diametro di un fusto (pagina 14).

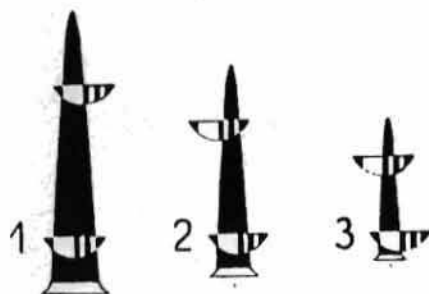


Figura 15 - Illustrazione dei tre metodi per la ricerca dell' altezza formale relativa  $fh/d$  (pagina 16).

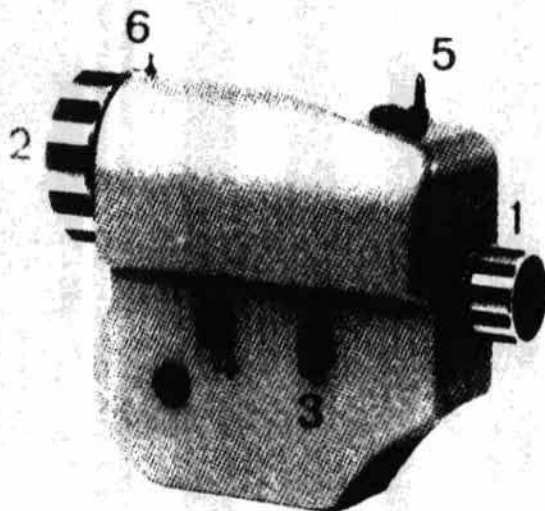


Figura 16 - IL TELERELASCOPIO del Prof. Bitterlich:  
1 - oculare regolabile;  
2 - obiettivo regolabile;  
3 - leva per liberare, bloccare o frenare la scala a pendolo;  
4 - leva per regolare l'illuminazione della scala;  
5-6 - mirino.

I N D I C E

|   |        |
|---|--------|
| Descrizione dello strumento. . . . .  | pag. 1 |
| L'uso del relascopio . . . . .  | " 3    |
| 1) La stima campionaria dell'area basimetrica<br>con la prova di numerazione an-<br>golare di Bitterlich. . . . . | " 3    |
| 2) La determinazione del numero degli alberi<br>e del diametro dell'albero medio. . .                             | " 8    |
| 3) La misurazione della distanza orizzontale. . .   | " 11   |
| 4) La misurazione dell' altezza degli alberi<br>in piedi. . . . .   | " 13   |
| 5) La misurazione del diametro dei fusti alle<br>diverse altezze . . . . .  | " 13   |
| 6) Il calcolo del volume di singoli alberi. . .   | " 15   |
| 7) La determinazione dell' altezza formale di<br>singoli alberi. . . . .  | " 16   |
| 8) La determinazione del coefficiente di ri-<br>duzione di singoli alberi . . . . .                               | " 17   |
| 9) La misura delle pendenze. . . . .  | " 18   |
| 10) Annotazione finale . . . . .  | " 18   |
| Illustrazioni. . . . .  | " 19   |