

# Alla radice del problema

Esemplare di cedro (*Cedrus atlantica*) in contesto urbano.

Arianna Ravagli

Testo di Paolo Ambrosi <sup>(1)</sup>, Valentin Lobis <sup>(2)</sup>, Giorgio Maresi <sup>(1)</sup>, Cristina Salvadori <sup>(1)</sup>, Nicola La Porta <sup>(1)</sup>, <sup>(1)</sup> Unità operativa foreste, DRNA, Centro sperimentale Istituto Agrario di S. Michele all'Adige, <sup>(2)</sup> biologo

Quanto incide sulla stabilità di una pianta l'integrità del suo apparato radicale? Una ricerca ha indagato le modalità di caduta di cinque alberi soggetti a trazione e a una graduale amputazione delle radici

**U**na pianta può cadere per vari motivi e il controllo della sua stabilità deve, pertanto, tenere conto di una molteplicità di parametri che solo una notevole esperienza diagnostica può elaborare in funzione dei diversi ambienti in cui essa vegeta.

In Italia, le tecniche maggiormente conosciute per valutare la stabilità degli alberi sono: il Vta (Visual tree assessment), il Sia (Statics integrated assessment) e il Sim (Statics integrated method). Mentre il Vta <sup>(6)</sup>, metodo di controllo visivo dell'albero, da anni rappresenta l'approccio di base per le valutazioni grazie al protocollo Sia/Isa <sup>(8)</sup>, Sia e Sim <sup>(13)</sup>, di più recente acquisizione, sono tecniche che valuta-

no la capacità di resistenza di un albero una volta determinati parametri quali la specie botanica, l'altezza, l'effetto vela della chioma, il diametro del tronco e l'esposizione del vento.

L'impiego di queste metodiche richiede, però, l'uso di sofisticate strumentazioni (per esempio, il Sim permette di conoscere la capacità di resistenza al vento di qualsiasi pianta) e una discreta esperienza dell'operatore, che deve essere in grado di individuare tutti i difetti della pianta, compresi quelli dell'apparato radicale. Proprio questi ultimi, nella maggior parte dei casi, rappresentano il punto debole di qualsiasi osservazione visiva. Piante che da un punto di vista fisiologico si trovano in buone ►

## Valutazione della stabilità degli alberi: metodi a confronto

|                                | Via - Visual tree assessment                                                                                                                                                                                                                                                                 | Sia - Static integrated assessment                                                                                                                                                                                                                              | Sim - Static integrated method                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>DEFINIZIONE</b>             | Metodo visivo (biologico e meccanico) per controllare la stabilità degli alberi                                                                                                                                                                                                              | Metodo meccanico costituente della valutazione visuale IBA* dell'albero (biologica e meccanica)                                                                                                                                                                 | Metodo strumentale per controllare la stabilità degli alberi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>CARATTERISTICHE</b>         | Controllo visuale dei difetti e della vitalità. Il metodo aiuta a riconoscere i difetti dell'albero per mezzo di segnali esterni; se vengono riscontrati sintomi di difetti, essi vengono esaminati con analisi strumentali: percussione con martello a impulsi, Resistograph e frattometro. | Valutazione statica integrata che prende in considerazione il carico del vento secondo la normativa tedesca DIN 1055 e 1056; metodo sviluppato per l'applicazione comune in campo che valuta le riserve di sicurezza di un albero contro le raffiche del vento. | All'albero esaminato viene applicato un carico controllato; mediante l'utilizzo di un elastomero vengono misurate le dilatazioni sulla superficie dell'albero, poi confrontate con il carico della rottura del legno esente da difetti; mediante l'utilizzo di un inclinometro viene misurata l'inclinazione della zolla radicale, in seguito confrontata con la curva generalizzata di ribaltamento. |
| <b>CRITERIO DI VALUTAZIONE</b> | t è costante<br>Lo spessore della parete residua deve misurare almeno il 30% del raggio ( $t/R > 0,3$ )                                                                                                                                                                                      | t varia in funzione di:<br>h/d, A e specie<br>$t = f(h/d, A, \text{specie})$                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |



Legenda: t=spessore della parete residua; R=raggio dell'albero; h=altezza dell'albero; d=diametro dell'albero; A=superficie della chioma (effetto vela con parametri anemometrici e topografici).

Nota: \* Iba (Integrierte baumanalyse): controllo visivo dell'albero (biologico e meccanico) sviluppato nel 1996 da Reinartz e Schlag all'Istituto per la diagnosi degli alberi, Colonia/Stoccarda (Germania).

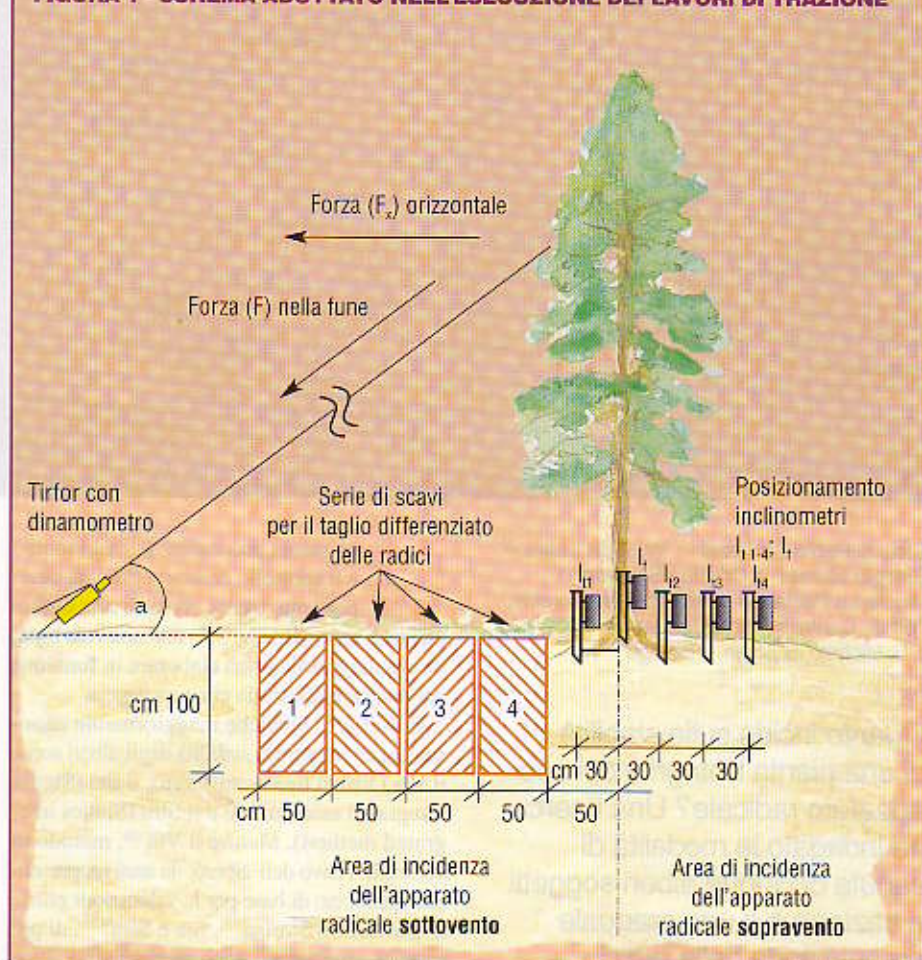
◀ condizioni di salute possono cadere all'improvviso per problemi legati alle radici. Sono caratteristiche importanti di queste ultime: l'integrità, le dimensioni naturali (lunghezza, diametro) e quelle dei raggi radiali parenchimatici, la conformazione generale (fittonanti, fascicolate, superficiali) e quella della matrice del suolo radicato che, man mano che ci si allontana dal tronco<sup>(2)</sup>, perde in compattezza.

### Scopo del lavoro

Il lavoro<sup>(a)</sup> era volto a indagare le modalità di caduta di cinque piante integre e in buona salute (tre cedri, due abeti) sottoposte a trazione. Si è cercato di simulare la caduta dei soggetti come se questi fossero stati sottoposti a una forte raffica di vento<sup>(1,12)</sup>. Ciò per aumentare le conoscenze: sulla stabilità delle piante in relazione al carico necessario all'abbattimento di soggetti integri o che hanno subito tagli ai loro apparati radicali; sul loro diagramma di ribaltamento e sulle dimensioni della zolla radicale (porzione di suolo sottostante alla pianta che contiene la maggior parte delle radici primarie atte ad assicurare la funzione meccanica).

Tutte queste informazioni contribuiscono a una più precisa valutazione del rischio di caduta di una pianta, concorrendo a definire le distanze da rispettare negli scavi in ambito urbano e a valutare la pericolosità di soggetti sottoposti a forti raffiche di vento, in seguito alla comparsa di alterazioni del terreno, più o meno superficiali, in corrispondenza della zolla radicale delle piante (concavità e/o convessità).

**FIGURA 1 - SCHEMA ADOTTATO NELL'ESECUZIONE DEI LAVORI DI TRAZIONE**



Disegno di Roberto Luppi da originale degli autori

Nel mondo scientifico diverse sono le definizioni del raggio della zolla radicale ( $R_w$ ) sufficiente a garantire un adeguato ancoraggio della pianta: secondo Claus Mattheck <sup>(6,7)</sup> un soggetto con raggio del tronco ( $R$ ) pari a 40 cm presenta un  $R_w$  pari a 300 cm ( $64 \times R^{0,62}$ ), mentre per Lothar Wessolly <sup>(12,13)</sup> questo risulta pari a 120 cm ( $1,5 \times 2R$ ).

Prove di questo tipo sono risultate di non semplice attuazione in relazione: alla necessità di impiegare personale specializzato e strumentazioni sofisticate; all'allestimento, in un'area pubblica, di un complesso cantiere di lavoro; alla disponibilità all'abbattimento dei soggetti arborei testati. Per tutti questi motivi le piante sottoposte a trazione sono state cinque, scelte in due diversi contesti ambientali.

### Materiali e metodi

Le prove sono state condotte su tre cedri collocati in aiuole circondate da vialetti e marciapiedi nel tessuto urbano di Trento (190 m slm) e due abeti rossi cresciuti nel parco pubblico di Levico, in provincia di Trento (460 m slm). Durante le sperimentazioni le condizioni meteorologiche non hanno presentato anomalie (forti raffiche di vento, variazioni notevoli di temperatura) e i terreni scavati sono risultati con un contenuto d'acqua inferiore alla capacità di campo <sup>(8)</sup>. Per avere informazioni più dettagliate sul substrato in cui vegetavano le piante, sono stati prelevati campioni di terreno ed eseguite le principali analisi chimico-fisiche.

In tabella 1 sono riportate le caratteristiche dendrometriche delle piante. La superficie della chioma è stata calcolata tramite fotografia digitale, conoscendo l'altezza dell'albero e attraverso un programma grafico computerizzato (interfacciato con il software Sim).

Le trazioni (figura 1) sono state effettuate con un paranco manuale collegato a una fune fissata a una determinata altezza sul fusto, agganciata a sua volta a un dinamometro che ne registrava il valore di carico. La fune era ancorata, a seconda dell'architettura della chioma, a metà dell'altezza, ritenendo che a tale quota vi possa essere il baricentro delle forze agenti durante la spinta del vento. Le altezze (metri) considerate sono risultate, per le piante dalla n. 1 alla n. 5, le seguenti: 9,2, 8,5, 7,2, 16,5, 16,3.

Le trazioni sono state condotte fino a raggiungere un'inclinazione dei tronchi, misurata al colletto, pari a  $0,25^\circ$  per non causare danni statici alle piante; solo nell'ultima serie di trazioni l'intensità del carico ha determinato il ribaltamento delle piante con l'intera zolla radicale. L'inclinazione dei tronchi è stata misurata con l'inclinometro, strumento usato nel metodo Sim per la valutazione della stabilità degli alberi <sup>(9)</sup>, collocato sul colletto del fusto (L) dalla parte opposta alla trazione.

Le sollecitazioni effettuate su ogni pianta sono state sei: la prima con apparato radicale integro ( $R$ ), la seconda con apparato radicale tagliato a 2 m di distanza dal tronco ( $R_2$ ), la terza a 1,5 m ( $R_{1,5}$ ), la quarta a 1 m ( $R_1$ ), la

## Le fasi principali della sperimentazione

Cinque piante (tre cedri e due abeti) sono state sottoposte a prove di trazione per valutarne la stabilità ipogea in relazione all'integrità delle radici. La metodologia è simile per cedri e abeti tranne che per i movimenti del terreno: per i primi sono stati impiegati quattro inclinometri su picchetti di legno, per i secondi due inclinometri sul tronco.



**1** Per la trazione della pianta, che simula l'azione del vento, viene impiegato un paranco manuale.



**2** Il taglio delle radici a diverse distanze viene effettuato con l'ausilio di un escavatore.



**3** Per lo studio dell'inclinazione del tronco, si posizionano gli inclinometri sui picchetti.



**4** La pianta soggetta a trazione, con le radici tagliate a mezzo metro dal tronco, si schianta.

**TABELLA 1 - CARATTERISTICHE DENDROMETRICHE DELLE PIANTE**

|                                     | PIANTA N. 1           | PIANTA N. 2             | PIANTA N. 3           | PIANTA N. 4        | PIANTA N. 5        |
|-------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| Specie botanica                     | <i>Cedrus deodara</i> | <i>Cedrus atlantica</i> | <i>Cedrus deodara</i> | <i>Picea abies</i> | <i>Picea abies</i> |
| Diametro a 1 metro (cm)             | 38,5                  | 43,3                    | 27,1                  | 61,5               | 72,5               |
| Altezza (m)                         | 17,5                  | 17,5                    | 18                    | 28,5               | 30                 |
| Superficie chioma (m <sup>2</sup> ) | 35                    | 59                      | 25                    | 89                 | 144                |
| Tipo terreno                        | Riporto               | Riporto                 | Riporto               | Naturale           | Naturale           |
| Età (anni)                          | 29                    | 27                      | 27                    | 60                 | 61                 |
| Stato fitosanitario                 | Vitale                | Vitale                  | Vitale                | Vitale             | Vitale             |

◀ quinta a 0,5 m ( $R_{0,5}$ ) e l'ultima con apparato radicale tagliato a 0,5 m dal tronco, ma con intensità tale da determinare la caduta della pianta. Ciò per indagare anche il comportamento di piante che presentano apparati radicali monchi in seguito a scavi eseguiti nelle immediate vicinanze dei loro tronchi.

Per il taglio delle radici alle quattro differenti distanze dal tronco ci si è serviti di un piccolo escavatore che ha effettuato quattro serie successive di scavi larghi 50 cm e profondi circa 1 m. Le radici che man mano affioravano da ciascuno scavo venivano tagliate con una sega a mano per impedire la loro spaccatura e le inevitabili conseguenti modificazioni della compattezza del terreno. Ogni intervento di scavo era seguito dalla prova di trazione, secondo la metodologia Sim. Durante le sperimentazioni sono stati registrati anche i movimenti del terreno sulla zolla radicale (dimensioni) per ottenere importanti informazioni per valutare nel migliore dei modi la stabilità di una pianta.

Lo schema adottato nell'esecuzione dei lavori è simile per le specie testate tranne che per le indagini sui movimenti del terreno <sup>(6)</sup>. Per le piante n. 1, 2 e 3 sono stati utilizzati quattro inclinometri ( $It_1, It_2, It_3, It_4$ ), tra loro equidistanti 30 cm e posizionati su picchetti di legno infissi saldamente al terreno. Per i soggetti n. 4, 5 i rilievi sono stati eseguiti direttamente sul terreno, misurando la distanza dal tronco alla crepa principale che, con l'incremento del carico di trazione, aumentava palesemente in dimensioni, segnando sul terreno il punto di rottura delle radici portanti. Questa seconda metodologia, che ha impiegato due inclinometri sul tronco, ha permesso di semplificare notevolmente le prove che, per motivi organizzativi, si dovevano condurre in un'unica giornata di lavoro.

## Risultati e discussione

Le analisi del terreno hanno fornito le seguenti indicazioni: nelle piante n. 1, 2 e 3, i terreni erano di medio impasto tendenti al sabbioso, leggermente alcalini, mediamente calcarei con tracce di calcare attivo, generalmente buono il contenuto in fosforo e in sostanza organica; nelle piante n. 4 e 5, le analisi sono risultate analoghe evidenziando però carenza di potassio ed elevato valore in magnesio assimilabile.

### Carichi di trazione

Prima dell'intervento di taglio all'apparato radicale, è stata effettuata un'indagine strumentale Sim per valutare la stabilità ipogea di ogni albero. Da questa prova di trazione risulta anche il carico massimo necessario da applicare alla pianta per ribaltarla. Lo scopo era capire di quanto la stabilità dell'albero testato si riduca man mano che vengono tagliate le radici. La tabella 2 evidenzia i massimi valori di trazione necessari a dare inizio alla fase di ribaltamento e quelli della componente orizzontale ( $F_x = F \cos \alpha$ ), entrambi misurati con radici tagliate a 0,5 m dal tronco, nonché quelli ipotetici calcolati con il modello matematico del software Sim

TABELLA 2 - VALORI DI TRAZIONE APPLICATI O RICOSTRUITI

| PARAMETRI                                                           | PIANTA N. 1 | PIANTA N. 2 | PIANTA N. 3 | PIANTA N. 4 | PIANTA N. 5 |
|---------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Carico massimo di ribaltamento $R_{0,5}$ (kN)                       | 4,7         | 12,5        | 7           | 15,1        | 18,1        |
| Carico massimo orizzontale ( $F_x$ ) di ribaltamento $R_{0,5}$ (kN) | 4,44        | 10,92       | 5,86        | 13,99       | 16,63       |
| Carico massimo di ribaltamento R (kN) ricostruito Sim               | 7,75        | 13,5        | 9,75        | 17,75       | 21          |
| Carico orizzontale per inclinare il tronco di 0,25°                 |             |             |             |             |             |
| $F_x R$ (kN)                                                        | 3,21        | 5,47        | 2,35        | 5,3         | 7,8         |
| $F_x R_{0,5}$ (kN)                                                  | 2,93        | 5,54        | - *         | 5,2         | 7,7         |
| $F_x R_{1,5}$ (kN)                                                  | 2,64        | 4,85        | 2,01        | 5,3         | 7,7         |
| $F_x R_1$ (kN)                                                      | 2,55        | 5,04        | 2,26        | 4,9         | 7,6         |
| $F_x R_{0,5}$ (kN)                                                  | 1,98        | 4,57        | 1,68        | 4,7         | 7,1         |
| Riduzione di carico $R-R_{0,5}$ (%)                                 | 38,32       | 16,45       | 28,51       | 11,32       | 8,97        |

\* non si è fatto lo scavo a 2 m in considerazione delle ridotte dimensioni diametriche della pianta.

GRAFICO 1 - DIAGRAMMA DI RIBALTAMENTO DELLE PIANTE

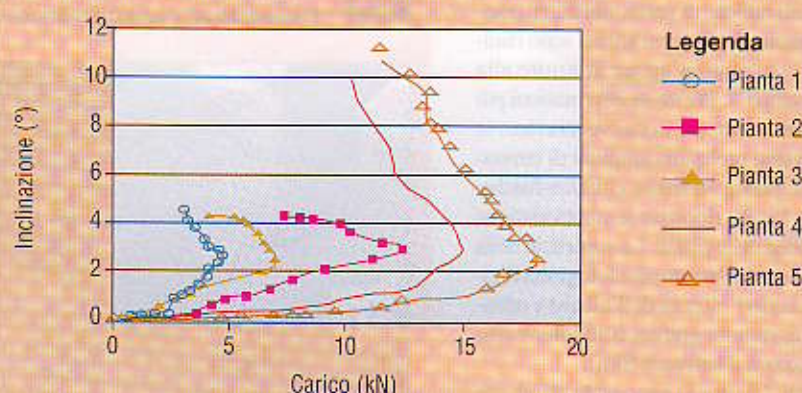
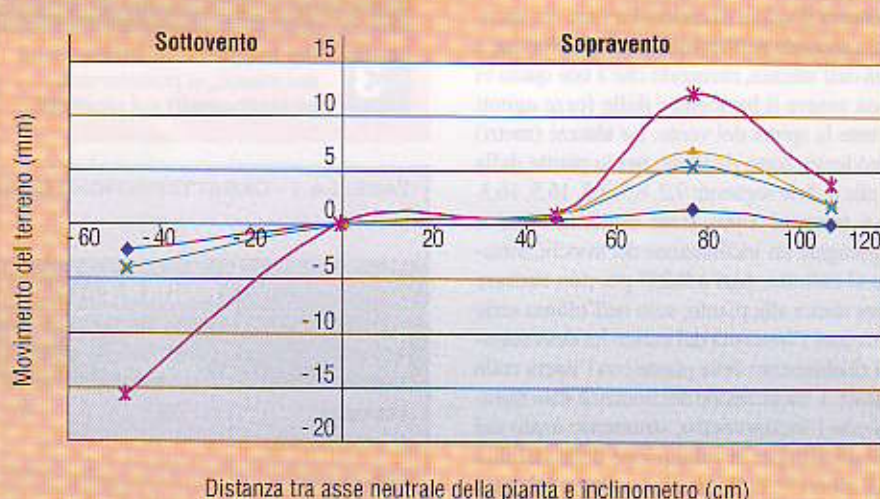


GRAFICO 2 - MOVIMENTI DI TERRENO MISURATI PER LA PIANTA N. 3



Legenda: □ Senza scavo ▲ Scavo a 1,5 m × Scavo a 1 m \* Scavo a 0,5 m

Nota: inclinazione della pianta=0,25°; diametro del tronco=27,1 cm

**TABELLA 3 - VALORI MASSIMI DELLE FESSURE DEL TERRENO**

|                                                       | POSIZIONE                                   | PIANTA N. 1 | PIANTA N. 2 | PIANTA N. 3 |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Area di incidenza degli apparati radicali sottovento  | Distanza asse centrale del tronco (cm)      | -52,5       | -58,25      | 47          |
|                                                       | Abbassamento del terreno (mm)               | -12,83      | -1,02       | -15,6       |
| Area di incidenza degli apparati radicali sopravvento | Distanza dell'asse centrale del tronco (cm) | 82,5        | 88,25       | 77          |
|                                                       | Innalzamento del terreno (mm)               | 4,3         | 13,55       | 12,1        |

**TABELLA 4 - ZOLLE RADICALI A CONFRONTO**

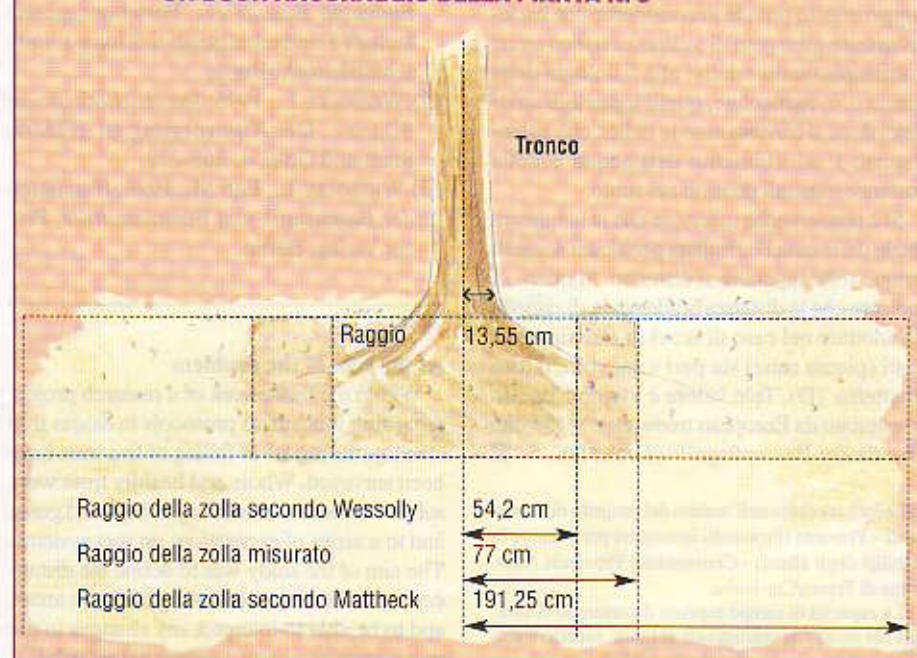
| PARAMETRI                    | PIANTA N. 1 | PIANTA N. 2 | PIANTA N. 3 | PIANTA N. 4 | PIANTA N. 5 |
|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Raggio (cm)                  | 19,25       | 21,65       | 13,55       | 30,75       | 36,25       |
| Diametro (cm)                | 38,5        | 43,3        | 27,1        | 61,5        | 72,5        |
| R <sub>w</sub> Mattheck (cm) | 221,64      | 232,85      | 191,25      | 269,82      | 289,13      |
| R <sub>w</sub> Wessolly (cm) | 77          | 86,6        | 54,2        | 123         | 142         |
| R <sub>w</sub> misurato (cm) | 82,5        | 88,25       | 77          | 135,75      | 146,25      |

**TABELLA 5 - VARIAZIONE DELLA SICUREZZA STATICA IN RELAZIONE AL GRADO DI INTEGRITÀ DELLE RADICI**

| PARAMETRI                                    | PIANTA N. 1 | PIANTA N. 2 | PIANTA N. 3 | PIANTA N. 4 | PIANTA N. 5 |
|----------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Ss con radici integre (%)                    | 162         | 134         | 128         | 147         | 162         |
| Ss con radici ridotte - R <sub>0,5</sub> (%) | 112         | 118         | 93          | 104         | 123         |
| Differenza (%)                               | 50          | 16          | 35          | 43          | 39          |
| Riduzione (%)                                | 30,9        | 11,9        | 27,3        | 29,2        | 24,1        |

Legenda: Ss=sicurezza statica

**FIGURA 2 - RAGGIO DELLA ZOLLA RADICALE TALE DA GARANTIRE UN BUON ANCORAGGIO DELLA PIANTA N. 3**



ad apparati radicali integri. Vengono anche riportati i valori dei carichi orizzontali necessari a inclinare i tronchi fino a 0,25° con apparati radicali integri (R) e scavi delle radici a 2 m (R<sub>2</sub>), a 1,5 m (R<sub>1,5</sub>), a 1 m (R<sub>1</sub>) e a 0,5 m (R<sub>0,5</sub>). Infine, sono indicate le riduzioni percentuali di carico tra la tesi R e quella R<sub>0,5</sub>.

La pianta con il carico più alto è la più resistente allo sradicamento, quindi la più stabile e, da quel punto di vista, la più sicura. Risulta interessante la relazione tra carico con R<sub>0,5</sub> e R, che indica di quanto si è ridotta la stabilità dell'albero a causa del capitozzo radicale.

Il grafico 1 riporta il diagramma di ribaltamento delle piante con il carico applicato (F) in ascissa e i rispettivi valori di inclinazione del fusto in ordinata. I dati sono relativi a radici tagliate a 0,5 m. Il carico massimo si raggiunge già a 2,5° di inclinazione, misurati alla base del tronco; in seguito la pianta inizia a ribaltarsi ma per completare l'operazione sono necessarie forze di intensità progressivamente inferiori.

#### Movimenti del terreno

Il grafico 2 riporta, per la pianta n. 3, i valori in altezza dei movimenti del terreno registrati con gli inclinometri in seguito alle trazioni, che hanno inclinato i tronchi di 0,25° e che hanno considerato i soggetti nelle diverse tesi (radici integre e mutilate a 2, 1,5, 1, 0,5 m dal tronco). Tramite una funzione (polinomiale di 3° grado) le pendenze registrate dagli inclinometri (%) sono state trasformate in variazioni di livello del terreno f' (mm). Come si può osservare tali modificazioni hanno valori negativi nella direzione in cui si è esercitata la trazione (area di incidenza dell'apparato radicale sottovento), positivi in senso opposto, secondo quanto riportato anche da Coutts (2).

In tabella 3 sono riportati i valori massimi per le piante n. 1, 2 e 3 delle variazioni (fessure) del terreno e le distanze dall'asse centrale del tronco nella situazione più a rischio per la stabilità (taglio delle radici a 0,5 m dal tronco). Anche in queste prove le piante sono state tirate fino a raggiungere l'inclinazione del tronco alla base pari a 0,25° (limite per la valutazione Sim).

#### Dimensioni della zolla radicale

La tabella 4 riporta, oltre alle dimensioni dei raggi e dei diametri delle cinque piante, anche quelle relative a R<sub>w</sub> secondo Mattheck (considerate dal centro del tronco), a R<sub>w</sub> secondo Wessolly (considerate nello stesso modo) e a R<sub>w</sub> misurato dagli autori subito dopo l'esecuzione delle trazioni (nella figura 2 è riportata la visualizzazione per la pianta n. 3). Per le piante n. 1, 2, 3 i valori sono stati ricavati dalle indicazioni fornite dagli inclinometri posizionati sui picchetti di legno, per le rimanenti dalla comparsa delle evidenti fessurazioni sul terreno. Si ritiene che le differenze di valori in termini di zolla radicale si possano spiegare nel fatto che Wessolly e Mattheck facciano riferimento a condizioni ambientali diverse: il primo si basa su misurazioni Sim fatte prevalentemente ►

◀ in ambito urbano, il secondo su rilievi eseguiti principalmente in bosco.

Le prove hanno evidenziato (tabella 5, pagina precedente) come nelle applicazioni del Sim la sicurezza statica ( $S_s$ ), nel caso di trazioni condotte con un carico tale da raggiungere l'inclinazione di  $0,25^\circ$  alla base del tronco, venga molto ridotta in soggetti che hanno subito una mutilazione degli apparati radicali ( $R_{0,5}$ ). Per esempio, il dato 162% (pianta 1) indica che la sicurezza statica è superiore al necessario (100%) del 62%, mentre 112% significa che la stabilità dell'albero si è ridotta del 50%.

## Conclusioni

Le prove di abbattimento svolte per simulare una spinta del vento pari a quella di tempesta violenta, con velocità massima di 32,6 m/s (grado 11 della scala anemometrica Beaufort), hanno permesso di indagare sulle modalità di caduta di tre cedri e due abeti rossi radicati in due diversi contesti di verde pubblico (urbano/parco). La metodologia adottata, che ha fatto riferimento al Sim impiegandone anche la strumentazione ha approfondito le conoscenze su alcuni aspetti della stabilità dei soggetti in relazione allo stato della componente ipogea, che rappresenta il punto debole di qualsiasi osservazione visiva.

Le conifere hanno opposto notevole resistenza all'abbattimento con valori di carico (carico massimo ricostruito Sim) compresi tra 7,75 e 21 kN (tesi ad apparato radicale integro, R), 4,70 e 18,1 kN (tesi con radici tagliate,  $R_{0,5}$ ). Tali valori sono risultati proporzionali alle dimensioni dei soggetti e, in particolare, ai loro diametri, a eccezione della pianta n. 3, straordinariamente alta in relazione al diametro del tronco e alla sua piccola chioma. Per abbattere gli alberi, pur nelle condizioni a radice tagliata, ci sono volute raffiche di vento simulate pari a intensità 11 (scala Beaufort) per le n. 1 e 2, a intensità 10 per la n. 3 e a intensità 9 per le n. 4 e 5. Come prevedibile, i cedri sono risultati maggiormente resistenti rispetto agli abeti, dotati di apparati radicali estremamente superficiali.

I diagrammi di ribaltamento evidenziano che i soggetti sono caduti con le stesse modalità descritte da Wessolly ed Erb<sup>(13)</sup>: il carico massimo è stato raggiunto quando i loro tronchi, misurati alla base, si sono inclinati poco più di  $2,5^\circ$ . Le piante si sono rovesciate lentamente richiedendo, però, valori di carico via via inferiori. Questo comportamento conferma quanto precisato dal Sim che ci permette di determinare, per ogni albero, il carico massimo di vento necessario per il ribaltamento. Infatti, conoscendo il carico necessario per portare l'albero a una inclinazione di  $0,25^\circ$ , si può calcolare con un semplice programma computerizzato il carico massimo per sradicare l'albero e, di conseguenza, valutare la sicurezza statica della pianta senza danneggiarla<sup>(13)</sup>.

Nelle varie tesi di trazione ( $R$ ,  $R_2$ ,  $R_{1,2}$ ,  $R_1$ ,  $R_{0,5}$ ) si è potuto osservare (tabella 2) un analogo comportamento di tutti i soggetti: man mano



Il cedro (*Cedrus deodara*) numero 1, tra le cinque piante utilizzate per l'indagine.

che venivano loro ridotte le radici serviva meno forza per portarli alla massima inclinazione prevista. La minor trazione per la tesi che aveva sperimentato la maggior amputazione dell'apparato radicale ( $R_{0,5}$ ) nei confronti di quella con apparati radicali integri ( $R$ ), ha fatto registrare per le cinque piante una diminuzione media superiore al 20%. Questa indicazione è molto importante specialmente quando bisogna valutare il rischio di caduta di una pianta che ha subito scavi relativamente profondi (es. messa in opera di tubazioni) in prossimità del tronco.

Si è visto, inoltre, come il taglio degli apparati radicali abbia diminuito anche la Sicurezza statica ( $S_s$ ) dei soggetti Sim, fino a valori medi del 25% nella tesi  $R_{0,5}$ . È emerso (tabella 5) che le dimensioni dell'intera zolla radicale sono risultate leggermente superiori a quelle indicate da Wessolly ( $1,5 \times 2R$ ), ritenendo che un valore pari a  $4 \times R$  potrebbe essere un'ulteriore indicazione prudenziale. È chiaro che tale suggerimento prende in considerazione esclusivamente gli aspetti di sicurezza statica e non contempla quelli relativi alla fisiologia della pianta e, in particolare, quelli legati agli spazi fisici dove si trovano tutte le radici, che garantiscono l'assorbimento dell'acqua e delle sostanze minerali presenti nel suolo.

Si è potuto anche osservare che la lunghezza totale delle radici è risultata per alcuni soggetti cinque volte superiore al diametro. Si ritiene di indicare che la distanza prudenziale di rispetto da adottare nel caso di scavi in prossimità di fusti (piante sane) sia pari a sei volte il loro diametro ( $D$ ). Tale valore è vicino a quello consigliato da European treeworker<sup>(4)</sup> (5 volte  $D$ ) e da Ztv-Baumpflege<sup>(11)</sup> (4 volte  $D$ ). ■

a) Lavoro condotto nell'ambito del progetto di ricerca Sile2 - Provasta (Protocolli innovativi per valutare la stabilità degli alberi) - Convenzione Provincia Autonoma di Trento/Chr-Ivalsa.

b) La capacità di campo esprime il contenuto di umidità nel suolo che corrisponde al limite superiore dell'acqua disponibile (massima quantità di acqua che un

suolo trattiene una volta persa quella gravitazionale). c) Visto l'impegno richiesto, nel caso degli abeti è stata adottata una metodologia semplificata, che consiste nel misurare al suolo la distanza tra crepa e tronco.

Si ringraziano per la collaborazione: l'Ufficio Giardini del Comune di Trento e il Servizio Ripristino della Provincia Autonoma di Trento.

## Bibliografia

- 1) BIOCCHIA M., 2001. *Alberi in trazione*. Acer, 1: 65-67.
- 2) COUTTS M.P., 1983. *Root architecture and tree stability*. Plant and Soil, 71: 171-188.
- 3) COUTTS M.P., 1986. *Components of tree stability in Sitka Spruce on peaty gley soil*. Forestry Commission, Northern Research Station, Roslin, Midlothian, UK; Forestry, 59, n. 2.
- 4) EUROPEAN ARBORICULTURAL COUNCIL, 2002. *European treeworker handbook*. Patzer Verlag, Berlin-Hannover.
- 5) LOBIS V., BRUDI E., MARESI G., AMBROSI P., 2002. *Valutazione della stabilità degli alberi. Il Sia e il metodo Sim*. Sherwood, 78: 41-46.
- 6) MATTHECK C., BRELOER H., 1998. *La stabilità degli alberi*. Il Verde editoriale, Milano.
- 7) MATTHECK C., BETHGE K., 2001. *Wie man mechanische Belastungen im Baum ganz einfach berechnen kann*. Baum-Zeitung, 2: 63-67.
- 8) PESTALOZZA A., 2002. *Indagini preliminari*. Acer, 2: 53-56.
- 9) RIEDL H., 1937. *Bau und Leistungen des Wurzelholzes*. Jahrbücher für Wissenschaftliche Botanik. Verlag Bornträger, Leipzig.
- 10) STOKES A., MATTHECK C., 1996. *Variation of wood strength in tree roots*. Journal of Experimental Botany, 47: 693-699.
- 11) ZTV-BAUMPFLEGE, 2001. *Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Baumpflege*. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau eV, Bonn.
- 12) WESSOLLY L., 1996. *Standsicherheit von Bäumen. Der Kippvorgang ist geklärt*. Stadt und Grün, 4: 268-272.
- 13) WESSOLLY L., ERB M., 1998. *Handbuch der Baumstatik und Baumkontrolle*. Patzer Verlag, Berlin.

## Abstract

### At the root of the problem

Within the framework of a research project regarding innovative protocols to assess tree stability, the modes of falling of five trees have been surveyed. Whole and healthy trees were subject to traction, simulating strong wind gusts, and to a series of excavations on root systems. The aim of the study was to define the distances to retain when excavating in urban areas, and to be able to interpret any changes in the root system as an actual danger to tree stability.