

La stabilità degli alberi

Fenomeni meccanici
e implicazioni legali
dei cedimenti degli alberi

di *Claus Mattheck*
e *Helge Breloer*

Versione italiana a cura di:
Coop. Demetra r.l. - Besana Brianza (Mi)

Traduzione: Patrizia Gatti

IL VERDE 
EDITORIALE

La stabilità degli alberi

Fenomeni meccanici e implicazioni legali dei cedimenti degli alberi

Versione originale tedesca:

© Claus Mattheck, Helge Breloer, 1994. *Handbuch der Schadenskunde von Bäumen. Der Baumbruch in Mechanik und Rechtsprechung*. Freiburg in Breisgau, Rombach, seconda edizione. Rombach Wissenschaft, Reihe Oekologie. Edito da Hansjuerg Steinlin, Volume 4. Tutti i diritti riservati.

Versione italiana:

Copyright © Il Verde Editoriale S.r.l.
Via Passione, 8 - 20122 Milano
Tel. (02) 783464 - Telefax (02) 783571

Direttore responsabile: Giovanni Sala.

ISBN 88-86569-06-8

Prima edizione italiana: settembre 1998.

Autori: Claus Mattheck, Helge Breloer.

Assistenza redazionale: Roberto Panzeri.

Copertina: Roberto Luppi (su un progetto di Claus Mattheck).

Composizione: Cencograf Rotografica S.r.l. - Milano.

Stampa: Arti Grafiche Stefano Pinelli - Milano.

Consulenza editoriale: Grandi & Associati - Milano.

È vietata la riproduzione, anche parziale, con qualsiasi mezzo effettuata, compresa la fotocopia, se non autorizzata per iscritto dall'editore.

Indice

Introduzione degli autori	13
Prefazione sull'etica degli alberi	15
Prefazione sulla meccanica degli alberi	17
Presentazione dell'edizione italiana	19
Introduzione del curatore della versione italiana	21

Prima parte: alberi, uomini e biomeccanica

1	Gli uomini minacciano gli alberi. Gli alberi minacciano gli uomini?	25
2	La responsabilità dell'uomo nei confronti degli alberi	29
3	La forma dell'albero come costruzione ideale	33
3.1	Carichi esterni e sollecitazioni interne dell'albero	33
3.2	Assioma della tensione costante	35
3.3	Auto-ottimizzazione dell'albero non danneggiato	35
3.4	Autoriparazione di un albero dopo una lesione meccanica	37
3.5	Regola del braccio minimo della leva e strategia di flessibilità	38
4	Perché gli alberi si rompono nonostante la loro forma ottimale?	43
5	Come si manifesta la rottura dell'albero	45
5.1	Rottura di alberi causata da sollecitazioni flessionali	45
5.1.1	L'inserzione dei rami come punto potenziale di rottura	45
	a) Rottura del tronco nel punto d'inserzione di un ramo vitale	45
	b) Rottura del tronco in corrispondenza dell'inserzione di un ramo disseccato	49
	c) Rottura del tronco a livello del punto di attacco del ramo morto	50

5.1.2	La rottura per flessione del cilindro pieno	51
5.1.3	Appiattimento della sezione trasversale di tronchi cavi con pareti spesse.....	52
5.1.4	Imbozzamento flessionale di sezioni trasversali continue	55
5.1.5	Imbozzamento di sezioni trasversali aperte.....	57
5.1.6	“Orecchie del diavolo” e piegamento del tipo a tubo flessibile.....	57
5.1.7	Rottura dell’albero “a forma di arpa”	62
5.1.8	Rottura dovuta alla rimozione di un corpo estraneo precedente- mente a contatto con l’albero	64
5.2	Rotture provocate da tensione tangenziale.....	66
5.2.1	Rotture a livello della base dell’albero.....	66
5.2.2	Rottura a livello della scampanatura basale	67
5.2.3	Cedimento da spinta lungo le fenditure interne per carico da fles- sione	68
5.2.4	Rottura in corrispondenza di vecchie ferite o dei fori rimanenti dopo la caduta dei rami	69
5.3	Rotture provocate da torsione.....	71
5.3.1	Rottura da torsione contraria alla crescita distorta	71
5.3.2	Rottura da torsione contraria alla torsione del fusto in corrispon- denza di fessurazioni interne a spirale.....	73
5.3.3	Rottura di piegamento da torsione	73
5.4	Spaccature provocate da sollecitazioni trasversali	76
5.4.1	La “trave della sventura”	76
5.4.2	Delaminazione delle radici	81
5.4.3	Rotture dell’albero a doppio tronco	81
5.4.4	Rottura del ramo in corrispondenza del “baffo cinese”	89
6	Cedimenti provocati dal vento: ribaltamento senza rottura ?	91
6.1	La legge di Mohr-Coulomb e la meccanica delle radici.....	91
6.1.1	Gli alberi a radici superficiali si ribaltano come un armadio.....	97
6.1.2	L’albero con apparato radicale fascicolato e profondo (“a cuore”) sfrutta tutte le possibilità	98
6.1.3	L’albero con radici a fittone: il metodo dello steccato.....	99
6.2	Un modello semplice di cedimento provocato dal vento	102
6.3	Primi studi in campo sul cedimento provocato dal vento.....	107
6.4	Ricerche sulla sezione trasversale delle radici	109
7	Radici e condutture	113
7.1	Introduzione	113
7.2	Il coppia di tensione sotto una tubatura posta sopravvento	115
7.3	Il pistone di radici su una tubatura posta sottovento	115
7.4	Formazione di nodi tra le tubature	116
7.5	Alberi collocati verticalmente su tubature	117
7.6	Raggio d’azione delle radici e indicazioni in merito	118
7.7	Esempi di danni	121

8 Rilevamento precoce dei cedimenti prevedibili degli alberi	123
8.1 Premessa	123
8.2 Sintomi di difetti: segnali d'allarme nel linguaggio degli alberi	123
8.3 Valutazione dei sintomi - VTA (Visual Tree Assessment).....	125
8.3.1 Il rigonfiamento (convessità).....	125
8.3.2 La costolatura longitudinale	131
8.3.3 Valutazione dei sintomi.....	132
8.4 Diagnosi più raffinate.....	135
8.4.1 Percussione con martello.....	136
8.4.2 Percussione con martello ad impulsi	137
8.4.3 Resistograph	139
8.4.4 Frattometro.....	139
8.5 Procedura per la valutazione meccanica dell'albero con il metodo VTA ..	145
9 Cedimenti non prevedibili degli alberi	149
9.1 Deterioramento del materiale senza produzione di sintomi.....	149
9.2 Punti deboli e loro indizi non prodotti da extra-crescita (legno di reazione).....	151
10 Fattori di sicurezza negli animali e negli alberi	155
11 Altri procedimenti diagnostici.....	163
11.1 Premessa	163
11.2 Prove di trazione.....	163
a) La misurazione della rigidità non dà alcuna informazione sul carico di rottura	163
b) Soltanto l'albero stesso può misurare il carico del vento	164
c) I piccoli carichi di trazione non sono in grado di fornire indicazioni ...	164
d) La forma del difetto non è quindi definibile	166
e) Il metodo non dovrebbe essere contraddistinto come "innocuo"	166
f) Un carico di lunga durata è peggiore del vento	166
g) Difficoltà simili riguardano la valutazione del carico del vento	166
h) Vie d'uscita.....	167
11.3 Procedimenti che utilizzano l'elettricità	167
12 La conoscenza dei danni provocati dagli alberi ha delle conseguenze sull'obbligo di tutela della circolazione stradale e sulla giurisprudenza	169
12.1 Fondamenti dell'obbligo di tutela della sicurezza stradale	169
12.2 Criteri per l'adempimento dell'obbligo di tutela della sicurezza stradale ..	170
12.2.1 La normativa specialistica.....	170
12.2.2 Nessun vincolo dei tribunali e degli esperti rispetto a norme specifiche erronee.....	171
12.3 Sintonia tra giurisprudenza e stato attuale delle conoscenze della casistica dei danni provocati dagli alberi.....	172
12.4 Sentenze fondamentali della Corte Federale di Cassazione sull'obbligo di tutela della sicurezza stradale in materia di alberi.....	173

12.4.1	Livello della tecnologia e delle esperienze come criterio	173
12.4.2	Testo dei principi della Corte Federale di Cassazione sull'obbligo di tutelare la sicurezza stradale in materia di alberi.....	173
12.5	Divergenze della precedente giurisprudenza della Corte d'Appello di Colonia rispetto alle sentenze della Corte di Cassazione.....	174
12.5.1	Sentenza della Corte d'Appello di Colonia, in data 16.2.1987. "L'obbligo di tutela della sicurezza stradale nelle zone boscate sia prima sia dopo il passaggio di una strada".....	175
12.5.2	Sentenza della Corte d'Appello di Colonia, in data 8.2.1988. "Ricusazione delle valutazioni sui costi/profitti".....	176
12.5.3	Sentenza della Corte Federale di Cassazione, in data 5.7.1990. "Occorre tenere conto della capacità di prestazione di chi ha l'obbligo al risarcimento del danno".....	177
12.5.4	Sentenza della Corte d'Appello di Colonia, in data 5.12.1991. "L'uomo è più importante dell'albero stradale".....	178
12.6	Mutamento di tendenza nella giurisprudenza riguardante l'obbligo di tutela della sicurezza stradale in materia di alberi	181
12.6.1	Sentenza del tribunale di Bonn, in data 8.8.1991. "Pretesa di un nesso causale tra mancato controllo degli alberi e danno".....	181
12.6.2	Sentenza della Corte d'Appello di Hamm, in data 7.4.1992. "I controlli degli alberi devono essere attuabili".....	182
12.6.3	Sentenza della Corte d'Appello di Colonia, in data 11.6.1992. "Nessun controllo minuzioso, per la sola vecchiaia dell'albero.....	182
12.6.4	Sentenza della Corte d'Appello di Hamm, in data 26.1.1993. "Ispezioni delle radici e foto a raggi infrarossi soltanto in casi speciali".....	183
12.6.5	Sentenza della Corte d'Appello di Colonia, in data 28.1.1993. "I controlli dello stato di salute degli alberi devono essere fattibili" ..	183
12.6.6	Sentenza della Corte d'Appello dello Schleswig, in data 7.4.1993. "Obbligo della tutela della sicurezza stradale e interesse alla salvaguardia degli alberi, mantenendo libero lo spazio di passaggio".....	184
12.6.7	Sentenza della Corte d'Appello di Stoccarda, in data 23.6.1993. "A difesa di chi ha l'obbligo di tutelare la sicurezza stradale".....	185
12.7	Limiti della tutela e manutenzione degli alberi.....	186
12.7.1	Sentenza del Tribunale Amministrativo d'Appello di Münster, in data 8.10.1993. "La potatura della chioma fino alla mutilazione dell'albero è inesigibile".....	186
12.7.2	Rispettare i processi naturali.....	187
12.8	Il VTA (Visual Tree Assessment) nella giurisprudenza	188
12.8.1	Sentenza della Corte d'Appello di Karlsruhe, in data 23.12.1993. "Criteri per valutare l'obbligo di tutela della sicurezza stradale"...	188
12.8.2	Dimostrazione del nesso causale tra controlli arborei inadeguati e prodursi del danno.....	189
12.9	Considerazione conclusiva sulle tipologie dei controlli arborei e sul VTA	189
12.9.1	Il controllo visuale con il metodo VTA	189
12.9.2	L'esame specifico approfondito e il VTA	193

12.10 Criteri per la prassi e la giurisprudenza	194
---	-----

Seconda parte: guida pratica

13 Introduzione alla meccanica	199
13.1 Il minimo indispensabile di concetti meccanici	199
13.1.1 Carichi di origine esterna	199
13.1.2 La reazione delle parti di una struttura ai carichi esterni: le tensioni interne	200
13.2 Il legno: come si mantiene unita la porzione interna dell'albero	203
13.3 La fisionomia della corteccia: un segnale d'allarme importante degli alberi	215
13.3.1 Introduzione	215
13.3.2 La corteccia: la vernice dell'albero?	215
13.3.3 Esempi di applicazione	216
a) La rottura per progressiva piegatura degli alberi inclinati	216
b) Inclinazione in corrispondenza di zone marcescenti	217
c) Inclinazione delle branche primarie in punti lontani dal tronco	217
d) Fenditure del "baffo cinese"	217
e) Rottura da compressione in corrispondenza della fenditura	219
f) Corteccia sul lato di compressione e corteccia sul lato di tensione	220
14 Guida pratica per l'ispezione degli alberi	223
14.1 Introduzione al controllo degli alberi tramite il VTA (Valutazione visuale dell'albero)	223
14.1.1 L'albero quale catena di componenti con cariche uniformemente adattate	224
14.1.2 Resistenza alla rottura	226
14.1.3 Sicurezza della stabilità	232
14.1.4 Attrezzature per la verifica e la misurazione dei difetti	235
14.1.5 Alberi inclinati	239
14.2 La velocità di propagazione dell'onda d'urto negli alberi	243
14.3 Indicazioni pratiche per l'uso del Frattometro	244
14.3.1 Introduzione	244
14.3.2 Il Frattometro e le sue potenzialità	245
14.3.3 Tabella frattometrica aggiornata	245
14.3.4 Valutazione della estensione delle carie con il Frattometro	252
14.3.5 Esito delle indagini col Frattometro e provvedimenti conseguenti	253
14.3.6 Osservazioni finali	254
14.4 Nuovi strumenti	257

Bibliografia	259
Bibliografia sulle cause legali in Germania	262
Indice analitico	265
Appendice alla legislazione italiana. "La responsabilità da caduta degli alberi: dalla responsabilità da custodia, alla responsabilità da gestione del bosco" del Prof. Pier Giuseppe Monateri.....	267
Inquadramento	267
Il dovere di custodia	269
Chi è il custode	270
Dalla custodia dell'albero alla gestione del bosco	271
Responsabilità e limiti: il modello diagnostico	274
Conclusioni	276

La forma dell'albero come costruzione ideale

3.1 Carichi esterni e sollecitazioni interne dell'albero

Nell'appendice sulla meccanica i carichi esterni ci vengono presentati sotto forma di momento di forza, momento di torsione e momento di flessione. Inoltre abbiamo studiato come viene ripartita la forza interna relativa ai carichi esterni, ovvero alle tensioni. In alcuni testi (Mattheck C., 1991a-b; 1992a) viene trattata l'importanza dei singoli carichi esterni per le tensioni nell'albero. La Figura 3.1 illustra questo aspetto in modo schematico. Il carico certamente meno preoccupante è la compressione (tensione di spinta), che viene provocata nel tronco dal peso stesso dell'albero (B). Rispetto a questa tensione sono da distinguere le tensioni di piegamento, che si manifestano sempre in seguito al peso dell'albero e che assumono una grande rilevanza, come viene dimostrato dalle rotture di rami provocate da un aumento del peso, anche modesto, dovuto a un carico di neve o ghiaccio. Però il carico maggiore e più pericoloso si verifica in seguito al vento che, provocando una torsione accompagnata di per sé da tensioni di trazione con andamento a spirale, può facilitare la formazione di sollecitazioni sia di piegamento (A) sia di spinta.

Un ruolo non indifferente viene svolto anche dalle sollecitazioni di crescita (C), che vengono discusse in modo esauriente e comprensibile in Kübler H. (1987). Queste sollecitazioni tipiche hanno un effetto particolarmente devastante, fra l'altro, nel taglio di alberi, in cui provocano le cosiddette fenditure corticali che fanno perdere al tronco molto del suo valore commerciale. Le tensioni di crescita sono tipiche dell'albero giovane e tendono a decrescere velocemente dopo il taglio. Esse si manifestano sulla superficie dell'albero come tensioni in direzione della lunghezza e come compressioni all'interno. Nei carichi provocati dal vento, sul lato sottovento si raccolgono delle compressioni che agiscono in quel punto (D). Ciò rappresenta un vantaggio per l'albero, perché il legno è molto più sensibile alle compressioni che ai carichi di tensione. In effetti le fibre si piegano molto di più in seguito a una compressione in direzione della fibra stessa di quanto non lo facciano

se sottoposte a una tensione, sempre nella stessa direzione. Quindi le tensioni di crescita diminuiscono le compressioni in caso di piegamento da vento e rendono l'albero più sicuro.

Per comprendere la formazione delle costolature da gelo dobbiamo tener presente che le tensioni di crescita sulla superficie dell'albero si trasformano in compressioni in direzione della circonferenza. Anche questo vale solamente per l'albero giovane. Si può facilmente osservare questo fenomeno se si sega radialmente un disco di legno verde. Dopo aver estratto la sega il taglio si chiude subito in corrispondenza della superficie, mentre si divarica molto dopo che si è lasciato seccare il disco tagliato o dopo un brusco raffreddamento della superficie.

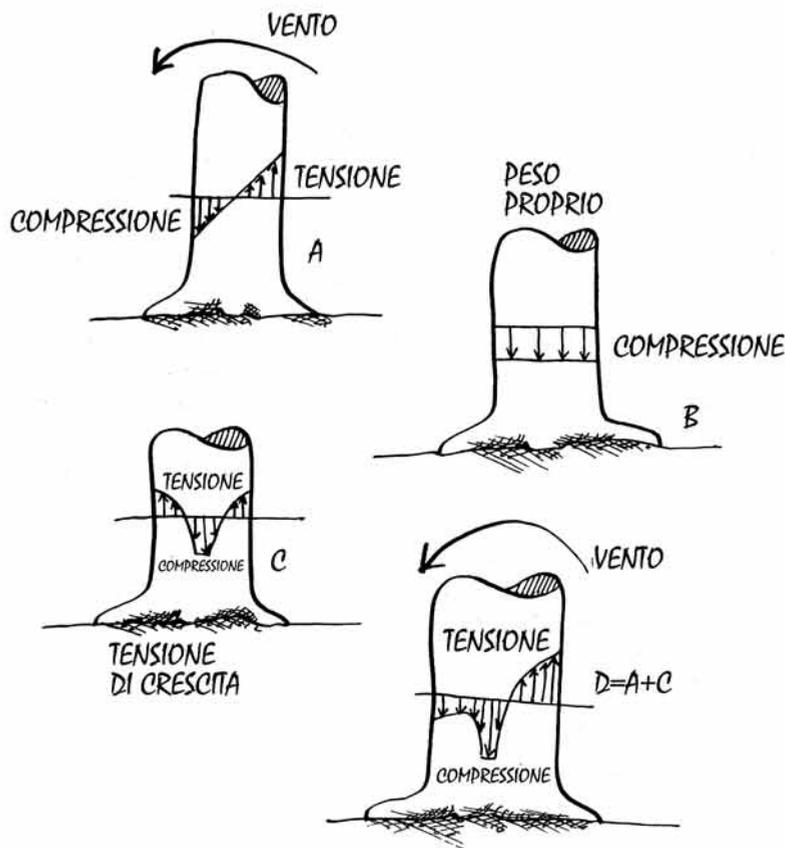


Figura 3.1: Tensioni interne nell'albero in seguito a carichi esterni.

La vita interna è molto attiva dal punto di vista biomeccanico e si manifesta sotto forma di tensioni meccaniche che reagiscono l'una contro l'altra nel ventre dell'albero, nel suo tronco e nei suoi rami. Come si risolve tutto ciò, senza che l'albero vada a pezzi? E perché si rompe, quando è giunto il momento in cui il suo triste destino si compie? La risposta ci viene da una legge della biomeccanica, una norma

ferrea di costruzione per componenti biologici (alberi, ossa, artigli, spine, denti ecc.) che è stata formulata negli ultimi anni nel centro di ricerca nucleare di Karlsruhe e che si è dimostrata fondata in numerosi casi.

3.2 Assioma della tensione costante

L'assioma è un teorema che appare evidente perché è plausibile, ma che tuttavia non può essere dimostrato in senso generale. Cosa c'è allora di così plausibile? Come è stato esaurientemente spiegato (Mattheck C., 1992a), qualsiasi costruzione meccanica è leggera quanto possibile e salda quanto necessario quando subisce un carico equilibrato, cioè quando tutti i punti della sua superficie si trovano a sostenere la stessa tensione. Non vi sono perciò zone sovraccariche (punti potenziali di rottura) o altre a carico ridotto (con conseguente spreco di materiale). Una costruzione ottimale ha una tensione costante su tutta la sua superficie. Questa regola definisce il progetto biologico dalle zanne del facocero alle radici degli alberi, dagli artigli della tigre alle ossa dei polli, dalle inserzioni dei rami fino alle ossa del nostro corpo, sì, perfino alle microstrutture di cui esse sono fatte. L'unica differenza tra ossa e alberi, visti in base all'assioma della tensione costante, è che le ossa possono anche assottigliarsi e non soltanto crescere, mentre l'albero non demolisce in modo attivo le zone non sollecitate. Esso è in grado di reagire unicamente in un modo: continuare a crescere nelle zone maggiormente sollecitate, punendo così quelle che lo sono meno, le zone "pigre", evitando la formazione di altro legno, in attesa che lo stato di tensione costante venga ripristinato. In Mattheck C. (1992a) viene inoltre dimostrato che si possono ottimizzare al meglio anche i componenti meccanici mediante la simulazione della crescita al computer, e molte industrie adottano questo sistema, ovvero lasciano crescere i loro componenti come gli alberi, in attesa che diventino leggeri e solidi come un albero o un osso.

Quali conseguenze dirette ha nei dettagli questo meraviglioso principio della biomeccanica per il nostro alberello? Consideriamo dapprima la crescita indisturbata di un albero, il tranquillo sorgere della sua forma, senza che il nostro frettoloso autista di cabriolet ci abbia limato contro il suo paraurti. Soltanto in seguito ci occuperemo della riparazione di questi doloretto.

3.3 Auto-ottimizzazione dell'albero non danneggiato

In questo volume dedicato alla rottura degli alberi non vi parleremo in modo esaustivo dell'auto ottimizzazione. Per approfondire questo argomento vi rimandiamo a Mattheck C. (1991a-b; 1992a). La Figura 3.2 mostra un panorama dei fenomeni essenziali. Il carico del vento è importante per l'ispessimento del tronco dall'alto verso il basso, dove si verifica il massimo momento di flessione (braccio più lungo della leva rispetto al punto di attacco del vento). Per le esigenze necessarie a mantenere la tensione costante, si manifestano dei percorsi ben definiti, $h(D)$, a seconda della forma della chioma. In questo modo nessun punto della superficie

del tronco mostra tensioni maggiori rispetto ad altri, in base a valori medi calcolati nel tempo. Il carico risulta perciò suddiviso in modo equo (A).

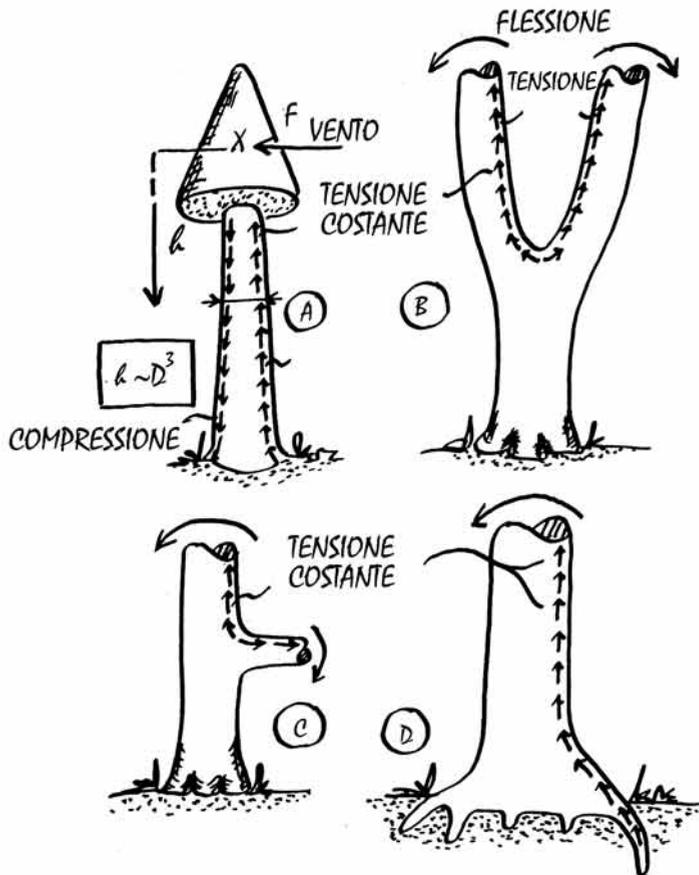


Figura 3.2: Esempi di costruzione della forma dell'albero secondo l'assioma della tensione costante.
 A: formula $h \sim D^3$ per il tronco
 B: albero a doppia cima senza tensioni di taglio
 C: inserzione del ramo senza tensioni di taglio
 D: inserzione delle radici senza tensioni di taglio.

Quando le due ramificazioni principali di un albero a doppio tronco si allontanano l'una dall'altra piegandosi, un carico di tensione si forma nel loro punto di unione. In Mattheck C. (1992a) e in Mattheck C. e Vorberg U. (1989), viene dimostrato che nel punto di giunzione tra i due rami quasi semicircolari, visti come li immaginerebbe un ingegnere, si verificano delle forti sollecitazioni. L'albero è sufficientemente intelligente da adattare la sua crescita per evitare simili punti potenziali di rottura. La biforcazione formatasi in quel punto non è affatto di forma semicircolare nella zona di passaggio, perché l'albero deposita materiale per così lungo

tempo nei punti maggiormente sollecitati, finché il lato interno della forcina rivela una sollecitazione costante dappertutto. Esso rappresenta quindi un disegno perfetto di fenditura senza le relative tensioni (B). Detti adattamenti della struttura portano alla formazione di ramificazioni di radici e di rami senza tensioni di rottura (C, D).

Cosa accade però quando una forza bruta penetra in questo mondo sacro, turbando l'equilibrio di tutta una vita e distruggendo la tensione costante così attentamente protetta? Un albero vitale non si arrende così facilmente.

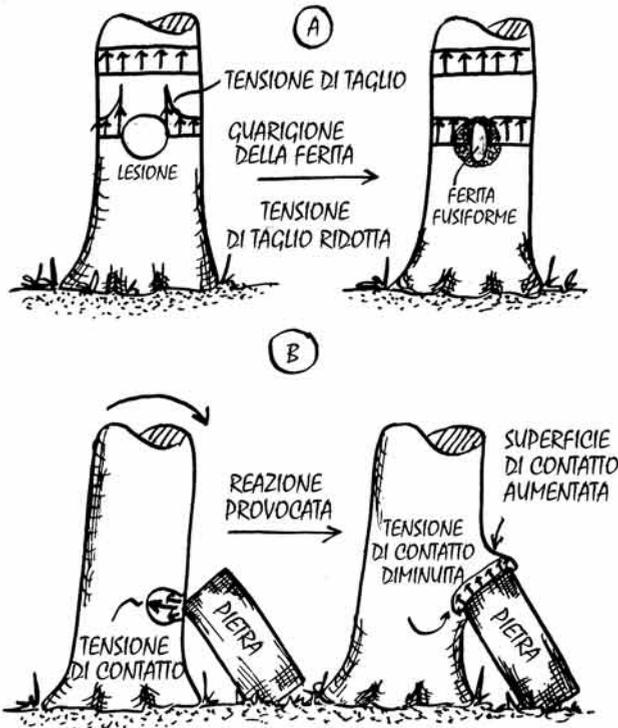


Figura 3.3: Esempi di autoriparazione dell'albero secondo l'assioma della tensione costante.

A: guarigione più veloce della ferita nel punto di massima tensione

B: riduzione delle tensioni da contatto con l'aumento della superficie di contatto.

3.4 Autoriparazione di un albero dopo una lesione meccanica

L'albero vitale ripara le sue ferite secondo l'assioma della tensione costante (Figura 3.3 A). Se per esempio si pratica un'incisione nel tronco di un albero, o se un avido cervo roscicchia la corteccia di un giovane alberello, è come se qualcuno di noi facesse un giro d'onore nella luccicante hall di un albergo di lusso, indossando degli stivali sudici. Per l'albero un evento simile rappresenta ovviamente qualcosa

di penoso, perché la piccola tacca che noi abbiamo fatto potrebbe costargli la sopravvivenza all'aria aperta quando si verifica la prima tempesta autunnale, o potrebbe diventare un'invitante finestrella per un qualsiasi agente di decadimento. Non c'è da meravigliarsi quindi se egli si affretterà subito a riparare il danno. Il cambio è ovviamente in grado di quantificare l'aumento della tensione in corrispondenza di questi tagli, e quindi depositare subito molto materiale in particolare nel punto della massima tensione. L'anello annuale si allarga perciò in modo evidente, finché la ferita si chiude e la tensione nel punto corrispondente viene eliminata, ripristinando quindi al meglio la situazione preferita dall'albero, ovvero la tensione costante. Quello che purtroppo resta sono le fibre del legno, costrette a deviare dalla loro linea retta, che si possono perciò piegare leggermente.

Come ultimo esempio della riduzione delle tensioni vi illustriamo quella da contatto. Lo spigolo acuminato di un tavolo che urta la nostra parte posteriore è un esempio calzante di come anche un banale contatto, che non provoca ferite, possa turbare sensibilmente la quiete assoluta della tensione costante. A noi uomini basta metterci un cuscino sotto e distribuiamo così il carico in modo equilibrato. L'albero non fa, in effetti, qualcosa di molto diverso (Figura 3.3 B). Se per esempio una pietra lo spinge lateralmente, essa verrà pacificamente "circondata", forse persino inclusa (Mattheck C., 1991b; 1992a). In questo modo la superficie di contatto aumenta, la forza di compressione viene ridotta e si ritorna molto rapidamente allo stato ideale di una giusta suddivisione del carico. (Tra l'altro il pugno con punta aguzza con cui i nostri antenati si colpivano lottando l'uno contro l'altro, aveva esattamente l'effetto contrario rispetto al cuscino: una superficie di contatto minima mette in funzione una massima distruzione locale. Anche il giavellotto, la freccia o le armi acuminate si comportano secondo la regola della massima tensione di contatto). In Mattheck C. (1991a-b; 1992a), sono illustrati altri esempi di adattamento della struttura alla variazione dei carichi, per cui non è necessario che noi ci dilunghiamo oltre sulla meccanica della rottura degli alberi.

Possiamo tuttavia ricordare che l'albero sano, quello sufficientemente vitale, che non si è ancora rassegnato di fronte alle prove della natura, fa tutto il possibile per farsi bastare l'assioma della tensione costante, ottenendo una suddivisione equilibrata dei carichi, che esso cerca di conservare e di ripristinare quando viene alterata. Evita così la formazione di potenziali punti di rottura e porta al massimo la possibilità di sopravvivenza.

Oltre a questa continua opera di riduzione delle tensioni meccaniche, gli alberi sono sufficientemente intelligenti da assumere una forma che fa in modo che il carico esterno sia il più basso possibile.

3.5 Regola del braccio minimo della leva e strategia di flessibilità

Iniziamo con il geotropismo. La Figura 3.4 illustra questo principio. Un albero inclinato, per esempio per uno smottamento di neve, si mette di nuovo in posizione eretta depositando del legno di reazione (Mattheck C., 1991a-b; 1992a). Vengono così ridotti gli indesiderati carichi di flessione, mentre il braccio della leva, a cui è

applicato il peso proprio dell'albero, viene raccorciato (A). Se muore il prolungamento di una cima (B), la direzione viene assunta da un ramo laterale vigoroso, riducendone in modo drastico e proporzionale il carico di flessione (B). Mentre in ambedue gli esempi (Figura 3.4 A, B) gli auto-piegamenti attivi dell'albero sono ancora necessari per correggere la struttura e quindi ridurre i carichi esterni, la strategia di flessibilità, applicata negli esempi (C, D), rappresenta un cedimento "diplomatico", strategico per risparmiare l'aggiunta di ulteriore materiale. Immaginate di avere in mano una bandiera o una piccola vela e di reggerla lateralmente sul lato più lungo e di avere il vento sul viso. Il vostro braccio tenderà a ruotare posteriormente. Per opporre resistenza a questa forza, dovrete continuare a usare la forza muscolare che contrasti quella del vento. Mentre è più facile girare il braccio nella direzione del vento, come fa una bandierina segnavento. Così fanno anche gli alberi esposti a un forte vento. Essi necessitano di un po' più di tempo di noi per costruire una forma a spirale delle fibre del legno, ma ce la faranno e diminuiranno così il braccio sottoposto a rotazione e il momento di torsione esterno. Anche i ramoscelli esterni di un albero possono bastare per realizzare questa strategia di flessibilità (Mosbrugger V., 1990), come fa il fiorellino illustrato in Figura 3.4 D, che sotto il carico del vento si piega semplicemente sul proprio grembo, rendendo nullo il braccio della leva a cui si applica il peso del vento. Allo stesso modo l'albero dispone i suoi ramoscelli più esterni in direzione del vento. Diminuendo la superficie trasversale della corona, si riduce la sollecitazione esercitata dal vento e infine il momento di flessione provocato da esso. Mentre l'albero a livello della corona, per così dire, "piega gli orecchi", diminuisce le tensioni di flessione e quindi il rischio di rottura del tronco.

Sulla base di quanto abbiamo detto finora possiamo riassumere che l'albero fa tutto il possibile per mantenere al minimo i carichi esterni. Ciò nonostante deve sostenere delle sollecitazioni. Queste inevitabili tensioni vengono ripartite dall'albero

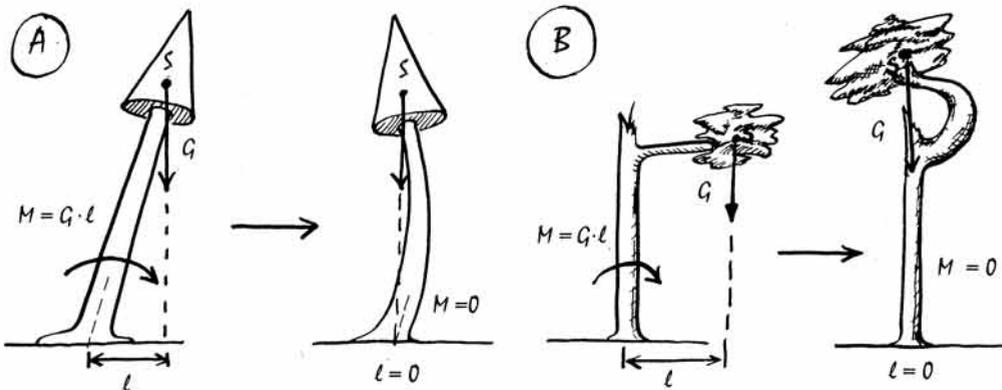


Figura 3.4: La regola del braccio ridotto di leva.

A: albero inclinato (geotropismo)

B: assunzione della direzione verticale da parte di un ramo laterale (geotropismo)

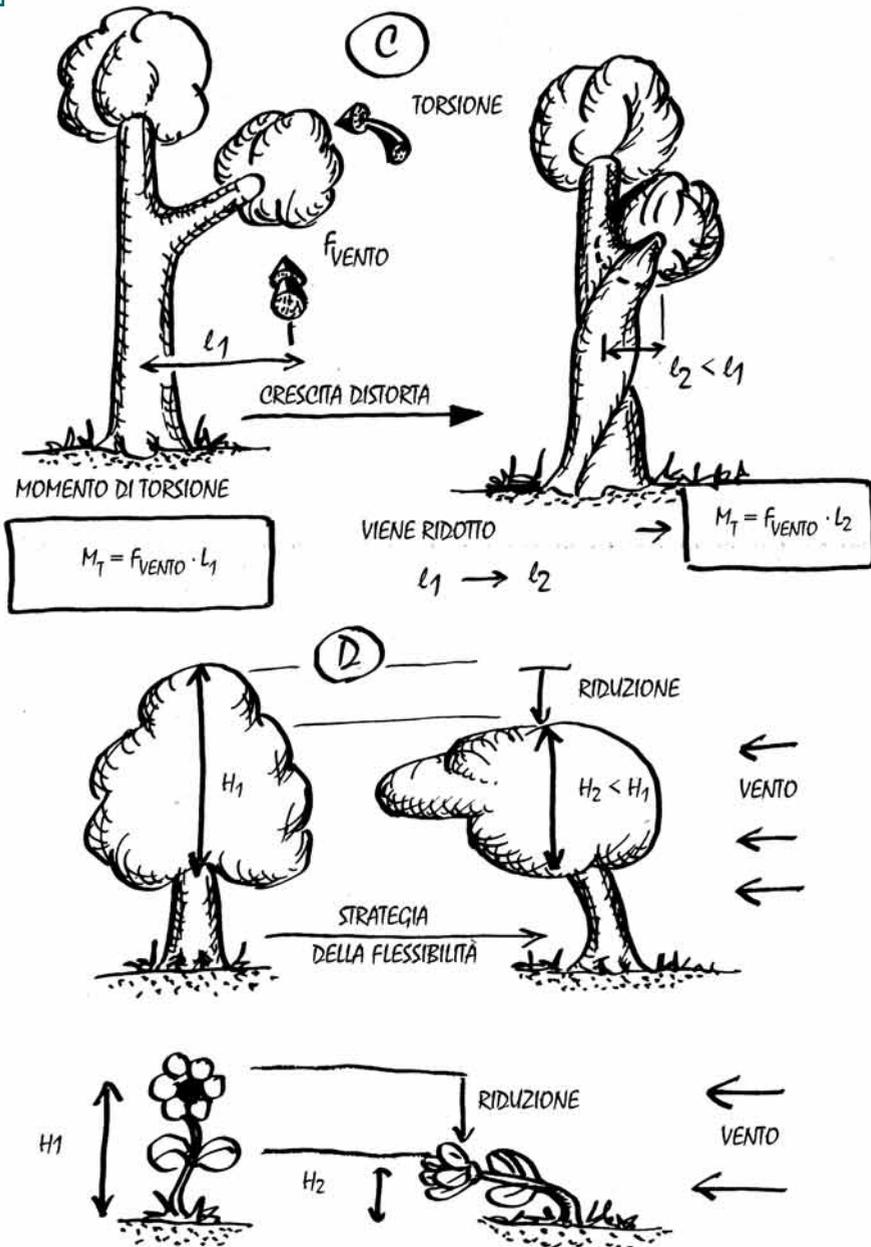


Figura 3.4: La regola del braccio ridotto di leva.

C: torsione di un lungo ramo laterale nella direzione del vento (crescita distorta, esempio di strategia della flessibilità)

D: i fiori e i rami si dispongono nella direzione del vento (strategia di flessibilità).

stesso, ottimizzando con una crescita adattativa la sua struttura, che diventa infine così equilibrata per cui non esiste una zona sovraccaricata rispetto alle altre e quindi un punto potenziale di rottura. (Il fatto che l'inserzione dei rami in un albero così perfetto rappresenti comunque un rischio a causa della brusca curvatura assunta dalle fibre, sarà un argomento che tratteremo ampiamente in seguito).

Ma allora se tutto è così perfetto dal punto di vista meccanico, perché mai si rompono gli alberi? Essi fanno veramente tutto il possibile per evitare una caduta. Ma per rispondere a questa domanda dobbiamo tralasciare la fenomenologia di un albero singolo per valutare quella della specie nella sua interezza.