

C. NALI (*), F. GARBARI (**), G. LORENZINI (*)

TAC SUGLI ALBERI: UN'ESPERIENZA ALL'ORTO BOTANICO DI PISA

Riassunto - Dopo una sintetica introduzione relativa alle problematiche della valutazione della stabilità degli alberi ornamentali, in relazione alle implicazioni di ordine civile e penale che possono conseguire alla loro caduta, vengono descritte le nuove tecniche di indagine basate sulla caratterizzazione difettuale del legno mediante analisi di tomogrammi sonici, in 2D o in 3D, ottenuti con l'impiego di innovative apparecchiature ad alta tecnologia, caratterizzate da ridotta invasività, flessibilità, affidabilità e facilità di utilizzo. Infine, vengono illustrati i risultati di una recente indagine svolta su alcuni esemplari arborei dell'Orto Botanico di Pisa.

Parole chiave - Tomografia sonica, stabilità, alberi, Orto botanico, Pisa.

Abstract - *Image diagnosis of wood defects of ornamental trees: an investigation at the Botanic Garden of Pisa University.* Following a short discussion of the problems relating to ornamental tree stability, which are due to civil and penal implications connected with their fall, new technologies are described which are based on the characterization of wood defects with the use of high tech instruments (sonic tomographs). Then, the results of the analysis made on some trees of the Botanic Garden of Pisa University are discussed.

Key words - Sonic tomographs, stability, trees, Pisa Botanic Garden.

INTRODUZIONE

Soprattutto nelle aree ad intensa fruizione pubblica, il problema della valutazione delle condizioni sanitarie degli alberi e, di conseguenza, della loro stabilità, è cruciale: una pianta che cade in foresta, verosimilmente, non rischia di causare danni alle persone o – comunque – a beni, ma se lo stesso evento si verifica in ambito urbano o lungo un'arteria di comunicazione, si innescano implicazioni civili o penali (e, perché no, anche morali) a carico di coloro (amministratori, tecnici, proprietari, «custodi» a qualunque titolo) che del soggetto hanno la responsabilità. Sono noti i casi (almeno qualche decina all'anno) che funestano le cronache e non solo in occasione di eventi climatici estremi. Un'analisi dettagliata delle condizioni delle nostre alberate non può prescindere dal sottolineare le situazioni ostili che di norma accompagnano la loro vita (Gilbert, 1991): si va dalla scarsa fertilità minerale ed organica e carenza di aerazione nel substrato (spesso impermeabile ad aria e acqua), alla massiccia presenza di inquinanti aereo-

dispersi (Lorenzini, 1997), alla diffusione di parassiti microbici ed animali, per non parlare della vetustà di molti impianti e della azione di vandali. Ma sono sicuramente le potature maldestre il problema numero uno (Brown, 1982): tagli sconsiderati causano ferite, alle quali la pianta non riesce ad opporre adeguate strutture di cicatrizzazione, e che nel tempo diventano facili vie di ingresso per i miceti cariogeni (Lorenzini, 1998). Essi degradano lentamente, ma inesorabilmente, i componenti del legno (cellulosa e lignina), alterandone le caratteristiche fisiche e meccaniche (e, quindi, compromettendone le proprietà fitostatiche), ma non hanno effetto sulla funzionalità del sistema vascolare, così che – in genere – la fisiologia dell'apparato fogliare non viene modificata (Anselmi & Govi, 1996): pertanto, l'accertamento delle condizioni di salute «interne» della pianta non può giovare della presenza di sintomi specifici sulla chioma. Sono rari i casi nei quali si hanno fenditure aperte facilmente riconoscibili e la presenza evidente dei basidiocarpi (i corpi fruttiferi degli agenti di carie sono prodotti soltanto in condizioni eccezionali) (Tattar, 1978). Pertanto, l'esistenza di fenomeni degenerativi di norma non è accompagnata da particolari segni esteriori, anche se il linguaggio del corpo dell'albero prevede la presenza di indizi diagnostici sul tronco e sulle branche, quali rigonfiamenti e screpolature, prova – per lo specialista – di reazione attiva a situazioni interne anomale (Shigo, 1986). È evidente che una corretta valutazione fitostatica non può prescindere da adeguate indagini strumentali, condotte secondo protocolli ben definiti. Negli ultimi tempi si è assistito ad un enorme progresso nella disciplina, con un salto tecnologico inimmaginabile soltanto alcune decine di anni fa (Mattheck & Breloer, 1995; Mattheck & Breloer, 1998).

LA DIAGNOSTICA PER IMMAGINI

Il principio di funzionamento della strumentazione è semplice: il legno integro è miglior conduttore di onda sonora rispetto a quello deteriorato. In sintesi, le apparecchiature consistono in una serie (in alcuni modelli sino a oltre 20) di sensori («vibrometri»), che vengono applicati a chiodi infissi ad intervalli regolari lungo la circonferenza dell'albero, su uno o più piani paralleli. Essi sono collegati tra di loro mediante cavi (Fig. 1) e rilevano le onde sonore generate da un impatto mec-

(*) Centro Interdipartimentale di Ricerche Agro-Ambientali «E. Avanzi», S. Piero Grado (PI).

(**) Orto Botanico dell'Università di Pisa.



Fig. 1 - Sensori di un tomografo sonico applicati alla circonferenza di un albero, su due piani paralleli.

canico (una leggera martellata applicata, in sequenza, a ciascun elemento) e propagatesi attraverso il legno, sino ad essere percepite da ciascuno degli altri sensori, in maniera indipendente. Contestualmente viene registrata la geometria della sezione e la distanza tra i punti considerati.

Il prodotto finale è costituito da un tomogramma in 2D (se si è operato su un solo piano) o 3D, nel quale sono originariamente descritte tutte le velocità relative alle singole traiettorie che collegano ogni sensore a tutti gli altri. Adeguati programmi di interpolazione consentono di ricavare immagini a colori, che ricostruiscono le condizioni interne di tutta la sezione (Fig. 2), evidenziando eventuali non-conformità, in quanto ogni tipo di albero presenta proprie caratteristiche soniche (in base alla densità ed al modulo di elasticità del legno). Le procedure descritte sono totalmente computerizzate; l'intera operazione è decisamente rapida e non richiede più di una ventina di minuti a pianta. Il metodo può essere considerato relativamente semplice da applicare, accurato e flessibile. È buona norma, una volta localizzate le regioni degenerate, procedere, con una

serie di sondaggi resistografici, a una validazione finale di conferma (Fig. 3). Ovviamente, trattandosi in ogni caso di metodi di indagine (mini)invasivi, la assoluta disinfezione di tutto il materiale che viene a lesionare la corteccia durante le operazioni è imperativa, al fine di evitare la diffusione di propaguli infettivi (Lorenzini & Nali, 2005).

Una considerazione degna di nota riguarda la frequenza dei controlli da effettuare sugli alberi: gli intervalli tra le osservazioni successive non possono essere stimati senza valutare l'ambiente e le condizioni generali dell'albero. Inoltre, occorre rilevare che, al momento, non sono disponibili dati affidabili relativi alle cinetiche di avanzamento della carie sulle piante. Le variabili in gioco oggi note (ad esempio, specie arborea e fungina, stato di salute dell'albero, fattori microambientali) sono in numero e di rilevanza tali da non consentire la formulazione di modelli previsionali attendibili riguardo al tempo necessario ad un processo cariogeno per colonizzare l'ospite in modo da comprometterne la stabilità. È ovvio che alberi giovani e sani necessitano di una sorveglianza meno serrata, mentre quelli più vecchi e già danneggiati devono essere controllati più spesso ed anche più minuziosamente. In questi casi, viene consigliata almeno una osservazione annuale; di conseguenza, la validità dei dati è circoscritta allo stesso tempo (Shigo, 1982).

La classificazione FRC (*Failure Risk Classification*, Tab. 1), mediante la quale le piante vengono suddivise in categorie di rischio predefinite, permette di standardizzare le procedure di monitoraggio e messa in sicurezza di grandi popolazioni arboree (Pestalozza & Pellegatta, 1998).

Questa classificazione, ormai collaudata su migliaia di alberi, consente di pianificare nel modo più corretto gli interventi manutentivi finalizzati al mantenimento di una popolazione arborea in una situazione di rischio controllato. La totale sicurezza è, infatti, un concetto inapplicabile per gli alberi, che – in quanto esseri viventi – sono, comunque, soggetti ad eventi non sempre prevedibili (Lonsdale, 2001).

UN'ESPERIENZA ALL'ORTO BOTANICO DI PISA

La memoria storica dell'Orto Botanico di Pisa è scritta – senza dubbio – nei suoi alberi. La loro conoscenza, quindi, è fondamentale per percorrere idealmente le tappe della nascita e della crescita di questo «giardino» che merita di essere annoverato tra quelli storici di questo Paese. Ne consegue che, oggi, non si può prescindere dalla salvaguardia del suo patrimonio arboreo.

È per questo che il Centro Interdipartimentale di Ricerche Agro-Ambientali «Enrico Avanzi» dell'Università di Pisa si è reso disponibile per eseguire una serie di indagini di valutazione della stabilità su alcuni esemplari del patrimonio arboreo dell'Orto Botanico di Pisa.

Un primo sopralluogo effettuato nella primavera 2006 aveva evidenziato alcune situazioni ostili, tra le quali carenza di aerazione nel substrato e presenza di parassiti microbici ed animali. Da non trascurare, poi, essendo l'Orto Botanico situato in pieno centro a Pisa, la possi-

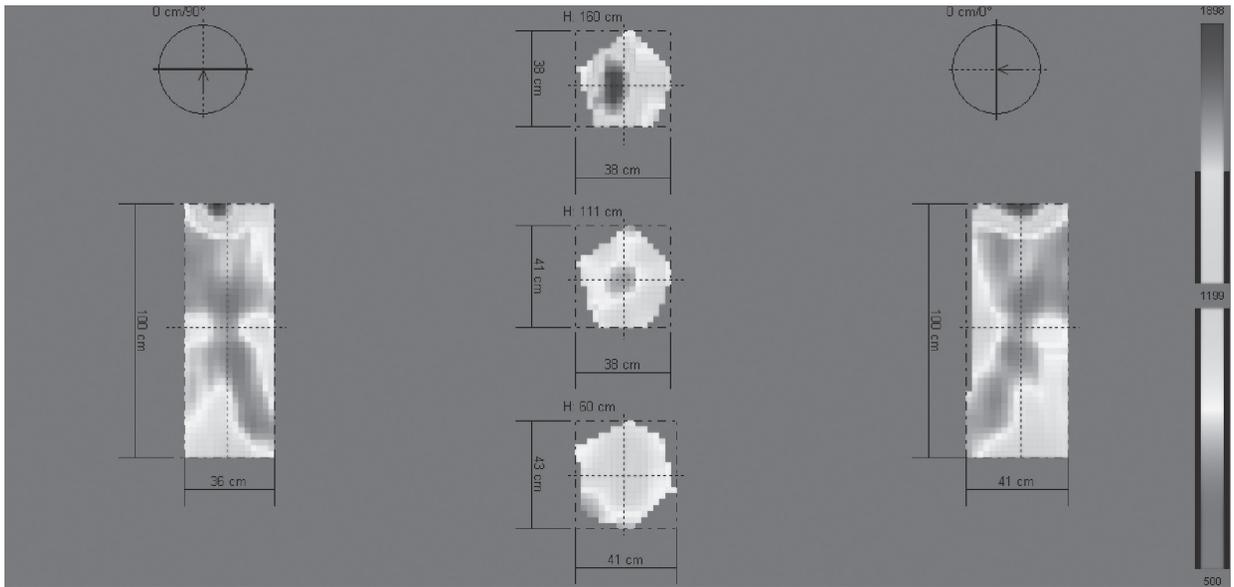


Fig. 2 - Tomogramma sonico di una sezione di un albero: le diverse tonalità cromatiche sono correlate alle velocità di trasmissione dell'onda sonora, sulla base della scala sulla destra (in $m s^{-1}$).

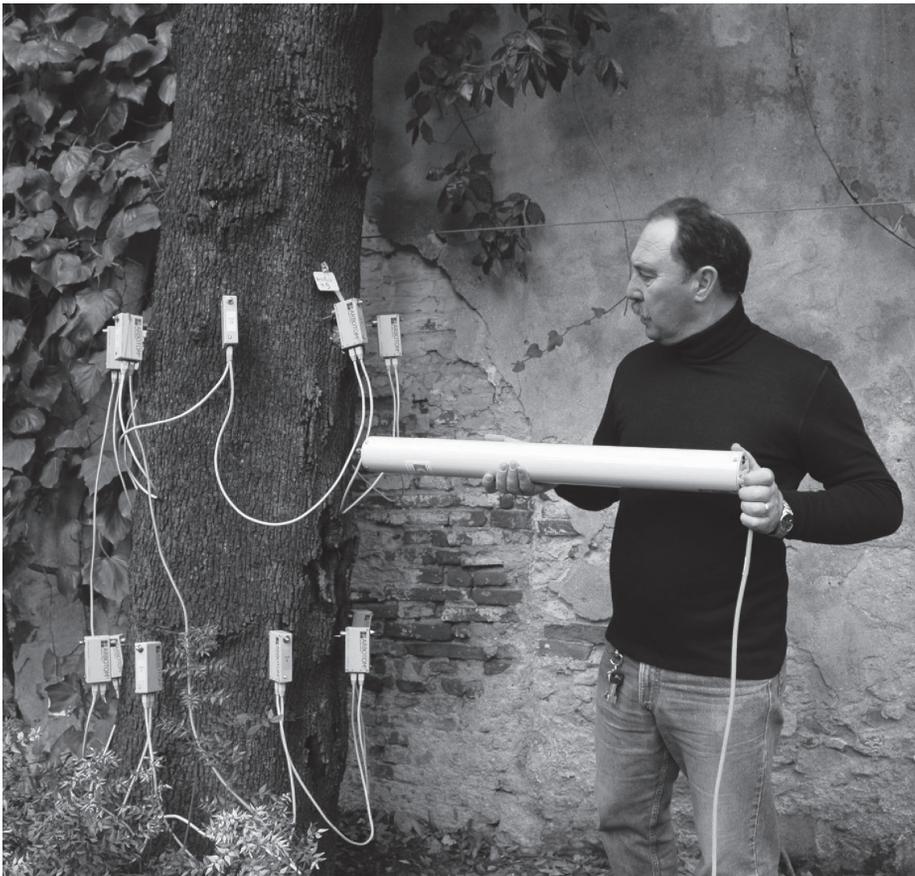


Fig. 3 - Analisi dendropenetrometrica; il principio di funzionamento si basa sul fatto che la resistenza all'avanzamento di una punta metallica (registrata in continuo dallo strumento) è funzione delle condizioni del legno ed è bassa in presenza di fenomeni di carie.

Tab. 1 - Suddivisione FRC (*Failure Risk Classification*) in classi di rischio fitostatico, con indicazione del grado di pericolosità, la frequenza dei controlli e gli interventi da effettuare.

Classe	Descrizione
A	Soggetti che <i>non manifestano né difetti di forma degni di nota riscontrabili con il VTA né significative anomalie rilevabili strumentalmente</i> ; i rischi di schiantamento e caduta sono legati ad eventi statisticamente non prevedibili. <i>Controlli visivi annuali.</i>
B	Soggetti sui quali l'osservazione visiva e l'indagine strumentale hanno rilevato <i>lievi difetti di forma e piccole anomalie strutturali</i> ; i rischi di schiantamento e caduta sono riconducibili a quelli del gruppo A, tenendo presente che <i>i lievi processi degenerativi e le anomalie morfologiche possono aggravarsi nel tempo.</i> <i>Controllo minuzioso con cadenza annuale.</i>
C	Soggetti con <i>significativi difetti di forma e/o strutturali verificati strumentalmente</i> ; il rischio è rappresentato da un ulteriore aggravamento nel breve periodo delle anomalie riscontrate, con il passaggio ad una classe di rischio più elevata. <i>Controllo visivo e strumentale con cadenza annuale.</i>
C-D	Soggetti che presentano <i>gravi difetti a livello morfologico e/o strutturale</i> ; l'abbattimento può essere evitato intervenendo con opportune operazioni urgenti finalizzate alla messa in sicurezza (riduzione della chioma, consolidamento, ecc.), in mancanza delle quali si ha il passaggio in classe D. <i>Controllo strumentale a cadenza annuale.</i>
D	Soggetti che presentano <i>difetti morfologici e strutturali molto gravi, con alto rischio di caduta e schiantamento</i> ; la prospettiva di vita è gravemente compromessa ed ogni intervento di risanamento risulta vano. <i>Abbattimento con urgenza.</i>

bile azione di inquinanti atmosferici. Anche le potature potrebbero aver giocato un ruolo determinante. Alla luce di ciò, è stato ritenuto opportuno procedere a una valutazione fitostatica con adeguate indagini strumentali condotte secondo protocolli ben definiti. In particolare, si è provveduto a:

- Compilazione, per ogni soggetto, di una scheda a norma ISA (*International Society for Arboriculture*), contenente le seguenti indicazioni: specie, diametro a petto d'uomo, altezza, tipologia di vegetazione, notizie stagionali (ad esempio, presenza di asfalto al colletto o altre limitazioni allo sviluppo, inclinazione e sbilanciamento della chioma, ecc.), stato sanitario di colletto, fusto, branche e chioma.
- Misurazioni strumentali di precisione su base penetrometrica e tomografiche-soniche (in aggiunta al *Visual Tree Assessment [VTA]*, laddove ritenuto necessario).
- Attribuzione di ogni individuo ad una classe di rischio FRC, sulla base anche del rapporto di sicurezza T/r .
- Indicazioni di eventuali interventi (potature, rimonde, abbattimenti, ecc.), in relazione anche alla tipologia di bersaglio.

Il risultato finale costituisce non solo uno strumento attraverso il quale è possibile pianificare gli interventi ordinari e straordinari in materia di difesa, in relazione alle problematiche riscontrate nel corso dell'indagine, ma anche una guida per le scelte future di espianto e di impianto dei soggetti arborei, in funzione delle classi di rischio rilevate.

Sulla base delle osservazioni visive condotte utilizzando i criteri sopra riportati, sono stati selezionati cinque soggetti (uno appartenente alla specie *Quercus ilex*, uno a *Q. petraea*, uno a *Q. rubra*, uno a *Acer monspessulanum* e un altro a *Carpinus betulus*), sui quali sono state effettuate le analisi per verificarne le condizioni di stabilità. La tecnica del VTA, infatti, consiste nell'individuazione dei sintomi esterni che l'albero palesa in presenza di anomalie a carico del legno. Il concetto di base è l'«assioma della tensione costante», regola costitutiva

generale e ritenuta valida per tutte le strutture biologiche. Esse, infatti, si sviluppano in modo da garantire una regolare distribuzione del carico sulla superficie in tempi medi. Così, nessun punto è sovraccarico (*punto debole*) e nessun altro è poco caricato (*spreco di materiale*). Se questa condizione ottimale dell'albero è alterata – ad esempio per una carie o per una rottura, che possono agire localmente come cause di aumento di pressione sulla struttura – esso si affretta a ristabilire lo stato di «*stress costante*», producendo materiale di riparazione nelle zone danneggiate. Questo è, pertanto, un segnale della presenza di difetti meccanici e fisici all'interno del soggetto esaminato. Il riconoscimento e la codificazione di questi sintomi è, quindi, la fase più importante dell'analisi. Segni caratteristici sono, ad esempio, la presenza di cavità, costolature, bombature, depressioni e corpi fruttiferi fungini. È possibile elencare fino a 120 sintomi importanti distribuiti tra colletto, fusto e chioma! A ciò segue l'analisi più approfondita di tipo strumentale per i soggetti che manifestano uno o più difetti. Non sono escluse, però, verifiche anche su individui che non mostrano sintomi, in quanto esiste la possibilità remota che una pianta sia solo apparentemente sana all'esterno, soprattutto in alcuni casi di carie bruna. Sono stati, infatti, accertati casi di «schianti» che non mostravano segni visibili.

In generale, i soggetti osservati si sono caratterizzati per:

- vivere in una zona antropizzata, con traffico veicolare e presenza di inquinanti aerodispersi;
- aver subito nel passato interventi di potatura, che hanno provocato l'apertura di lesioni, alcune ancora in fase di cicatrizzazione;
- essere oppressi da manufatti (mura di cinta, ad esempio) e talvolta interessati da conflitto vegetazionale con altre essenze.

Dal punto di vista fitosanitario, gli individui selezionati denotano altre peculiarità, quali la presenza di cavità nel fusto ed estese scortecciate, che costituiscono vie di apertura per gli agenti patogeni all'interno della matrice legnosa, ed altre lesioni (dovute, ad esempio,

all'attacco da parte di insetti). Dopo aver condotto le osservazioni visive, è stato giudicato necessario procedere all'analisi strumentale su tutti gli esemplari. Nessuna pianta è stata collocata in classe A: questo risultato era atteso, in quanto la popolazione è costituita da esemplari maturi e, quindi, inevitabilmente soggetti nel tempo ad attacchi di patogeni agenti di carie; due individui sono stati classificati in classe B (*Q. ilex* e *A. monspessulanum*) e due in C (*Q. rubra* e *Q. petraea*); un solo albero (*Carpinus betulus*) è stato giudicato da abbattere (classe D).

Il soggetto attribuito alla classe D non ha più i presupposti per garantire una situazione di stabilità e, quindi, di incolumità per il cittadino. Infatti, esso presenta valori strumentali anomali o critici o, comunque, i difetti emersi dall'indagine visiva sono stati considerati molto gravi. Anche se l'analisi VTA prescinde dalle condizioni relative all'eventuale bersaglio che l'albero potrebbe colpire nella sua caduta, non vi è dubbio che questi esemplari costituiscano un reale problema di sicurezza; per questo, ne viene consigliato l'abbattimento con la massima urgenza. Sui soggetti della classe C sono stati osservati difetti significativi. Essi riportano anomalie tali da non poter essere considerati immediatamente pericolosi; tuttavia l'entità del danno potrebbe peggiorare nel tempo. È quindi necessario un monitoraggio annuale, attenendosi a quanto descritto nella classificazione FRC.

Sono maturi i tempi perché i curatori del verde (pubblico e privato) siano consapevoli delle notevoli potenzialità strumentali in materia di diagnosi delle condizioni interne degli alberi, e provvedano in maniera sistematica a monitorare le loro piante, intervenendo per sostituire esemplari divenuti pericolosi, senza esporre il cit-

tadino ad inutili situazioni di rischio. Monitoraggio su base periodica: ecco di cosa necessitano le nostre specie arboree. Inutile dire che la materia richiede adeguata professionalità e specialisti aggiornati.

BIBLIOGRAFIA

- Anselmi N., Govi G., 1996. Patologia del legno, Edagricole, Bologna.
- Brown G.E., 1982. The pruning of trees, shrubs and conifers. Faber and Faber, London.
- Gilbert O.L., 1991. The ecology of urban habitats. Chapman & Hall, London.
- Lonsdale D., 2001. Principles of tree hazard assessment and management. Forestry Commission, London.
- Lorenzini G., 1997. Il verde urbano e la qualità dell'ambiente. *Informatore Agrario* 53 (20): 53-57.
- Lorenzini G., 1998. Alcune peculiarità della Patologia vegetale in ambiente urbano. *Informatore Fitopatologico* 48 (6): 5-10.
- Lorenzini G., Nali C., 2005. La diagnostica per immagini, la nuova frontiera per la individuazione delle carie e la valutazione della stabilità degli alberi. *Ecologia urbana* 17: 37-40.
- Mattheck C., Breloer H., 1995. Field guide for visual tree assessment (VTA). *Arboricultural Journal* 18: 1-23.
- Mattheck C., Breloer H., 1998. La stabilità degli alberi. Il Verde Editoriale, Milano.
- Pestalozza A., Pellegatta A., 1998. Applicazioni del Visual Tree Assessment (VTA) per la valutazione delle condizioni strutturali di un esemplare monumentale di *Populus alba* infetto da patogeni fungini cariogeni. *Informatore Fitopatologico* 48 (6): 60-64.
- Shigo A.L., 1982. Tree decay in our urban forests: what can be done about it? *Plant Disease* 66: 763-767.
- Shigo A.L., 1986. A new tree biology. Shigo & Trees Ass., Durham, NH.
- Tattar T.A., 1978. Diseases of shade trees. Academic Press, New York.

(ms. pres. il 30 maggio 2007; ult. bozze il 20 febbraio 2008)