

Laurea specialistica
in
Gestione e tutela dell'ambiente agro-forestale

Valutazione della stabilità degli alberi
ornamentali nella città di Torino

Relatore

Chiar.mo prof. Giacomo Lorenzini

Correlatore

Chiar.mo Rossano Massai

Candidata

Annalisa Lo Iacono

Anno Accademico 2005-2006

Capitolo 1 Introduzione.....	5
1.1 La pericolosità dell'albero.....	5
1.2 Il protocollo ISA.....	6
1.3 Valutazioni statiche: cronistoria.....	7
Capitolo 2 Scopo del presente lavoro.....	9
Capitolo 3 Materiali e Metodi.....	11
Premessa.....	11
3.1.1 La resistenza dei tessuti legnosi.....	16
3.1.2 Cause di instabilità.....	16
3.1.2.1 Presenza di grossi rami	17
3.1.2.2 Cavità interne	18
3.1.3 Le strategie di difesa.....	19
3.1.3.1 Inspessimento dei tessuti	19
3.1.3.2 Legno di reazione	20
3.1.3.3 Geotropismo	20
3.1.3.4 Messa della chioma fuori vento	21
3.1.4 Infezioni e cause di instabilità dell'albero.....	23
3.1.4.1 I marciumi radicali.....	23
3.1.4.2 La carie	24
3.1.4.2.1 Il processo di infezione.....	26
3.1.4.2.2 I meccanismi di difesa della pianta.....	27
3.1.4.2.3 I funghi e la stabilità.....	28
3.1.4.4 Gli schianti da sradicamento	29
3.1.4.5 Le tracheomicosi.....	30
3.2 L'analisi viva	31
3.2.1 Gli strumenti di indagine.....	35
3.2.2 Le schede pianta visive.....	39
3.2.3 Le osservazioni da compiere.....	39
3.2.4 Le classi di rischio FRC.....	41
3.2 L'indagine strumentale.....	42
3.3.1 Il Resistograph®.....	43
3.3.2 I dispositivi sonici.....	46
3.3.2.1 Il martello ad impulsi.....	47
3.3.2.2 Il Tomografo.....	48
3.3.3 Altri strumenti diagnostici.....	50
3.3.3.1 Il succhiello di Pressler e il Frattometro.....	50
3.3.3.2 Shigometer®.....	51
3.3.4 L'ispezione radicale.....	52
3.3.4.1 La tomografia ultrasonica.....	52
3.3.4.2 La Termografia.....	53
3.3.4.3 Ground Probing Radar (GPR)	54
3.3.4.4 I sistemi di scavo ad aria compressa (Air-Spade®).....	55
Capitolo 4 Risultati.....	57
4.1 Considerazioni generali	57
4.2 Esempari appartenenti alla classe D.....	66
4.2.1 Parco di Cavour	66

4.2.2 Piazze e giardini urbani.....	67
4.2.3I viali alberati.....	70
4.3 Carpofori e ferite.....	75
4.3.1La diagnosi della carie.....	75
4.3.2La lotta alla carie.....	75
4.3.3I risultati d'indagine.....	76
Capitolo 5 Considerazioni conclusive.....	77
5.1Parco storico di Cavour a Santena.....	80
5.1.1 Gli alberi monumentali.....	83
5.2 Piazze e giardini urbani.....	86
5.3.I viali alberati e apparati radicali.....	88
Capitolo 6 Conclusioni.....	90
Letteratura citata.....	93
Siti web consultati.....	98
Allegato A.....	99
Allegato B	103
Allegato C.....	105
Allegato D.....	106
Ringraziamenti.....	108

Riassunto

Questo lavoro prende vita da un progetto che il Comune di Torino ha assegnato allo studio tecnico “Geoarborstudio” di Milano per analizzare lo stato di salute di 1301 piante arboree presenti nel suo territorio. L'esperienza fa parte di un grande censimento delle alberature della città piemontese, all'avanguardia sulla progettazione e il mantenimento del verde urbano, che ha scelto di utilizzare il metodo VTA (Visual Tree Assessment) per eseguire i rilievi.

Scopo ultimo delle indagini fitostatiche e' quello di verificare e quantificare, da una parte, l'entità di eventuali danni causati da fattori biotici o abiotici che possano compromettere la stabilità dell'albero, dall'altra attribuire l'albero stesso ad una classe di rischio predefinita, in modo da consentire la programmazione di azioni manutentive e di monitoraggio periodiche ed adeguate.

Il metodo VTA si svolge in tre fasi:

1. controllo visuale dei difetti e della vitalità: se non si riscontrano segnali preoccupanti l'esame è terminato;
2. se vengono riscontrati sintomi di difetti, essi vengono esaminati per mezzo di un'indagine più approfondita;
3. se il difetto rilevato è preoccupante deve essere dimensionato e deve essere valutata la residua “forza” dell'albero.

Dei 1301 esemplari arborei radicati in viali, parchi e giardini storici del Comune di Torino e della frazione di Santena, a sud della città, sono state compiute le indagini di stabilità su 1199, dei quali 211 hanno avuto bisogno di ulteriori analisi. Per quanto riguarda la classificazione FRC, la maggioranza delle piante rientra nella classe B (860) e solo 11 esemplari presentano gravi difetti strutturali e statici, tali da dover essere abbattuti e sostituiti (D). Anche da un punto di vista patologico la popolazione arborea esaminata è in buono stato dato che soltanto 31 piante presentano dei corpi fungini, sintomi di una carie in stato avanzato.

Le specie ornamentali maggiormente presenti nei viali e nei corsi cittadini sono:

- *Celtis australis*
- *Aesculus hippocastanum*
- *Tilia cordata*

Mentre le più numerose nei giardini urbani e nel parco storico di Santena sono:

- *Carpinus betulus*
- *Liquidambar styraciflua*
- *Pinus silvestris*

Capitolo 1 Introduzione

“ Gli alberi sono i testimoni della vita del pianeta, noi siamo solo i testimoni, effimeri, della vita degli alberi ” (Introduzione a Mattheck, 1998)

La vita in città, per un albero, è molto difficile!!! Le condizioni ambientali alle quali, nella maggior parte dei casi, è sottoposto sono pressoché estreme. Le radici non trovano spazio per espandersi nel terreno, che spesso presenta pessime caratteristiche fisico-chimiche, se non risulta addirittura intossicato da metalli pesanti, residui di combustione o di altri inquinanti. L'approvvigionamento idrico è un altro fattore di stress quando l'asfaltatura delle strade ricopre il 90-95% della superficie sotto chioma degli alberi, lasciando una piccola porzione libera per gli scambi gassosi ed idrici soltanto attorno al colletto dell'albero (Pestalozza, 2001). Per non parlare dei danni meccanici agli apparati radicali, tanto occulti quanto insidiosi e difficili da riparare da parte dell'albero stesso, così come il costipamento del terreno dovuto al traffico veicolare che rende praticamente nulla la capacità per l'ossigeno dei substrati su cui gli alberi sono radicati. Il fusto ed il colletto sono spesso feriti e danneggiati da operazioni di parcheggio o da manovre di macchine operatrici, mentre le chiome vengono troppo spesso assoggettate a drastici interventi cesori, finalizzati a renderle compatibili con le facciate degli edifici.

1.1 La pericolosità dell'albero

La possibilità di usufruire del verde cittadino è condizionata dallo stato sanitario del patrimonio arboreo, in quanto l'albero è anche rischioso per l'incolumità dell'uomo, aspetto questo ormai fondamentale nella gestione delle alberate pubbliche e così il loro controllo è finalizzato prima di tutto alla prevenzione di schianti o della caduta di rami.

Infatti, quando si presenta il caso di danni provocati da alberi crollati o da parti spezzate dello stesso, ne deriva una responsabilità civile e penale per il possessore dell'albero. In materia non esiste una normativa specifica, per cui la giurisprudenza ha elaborato il concetto dell'obbligo di tutela di sicurezza pubblica, in particolare per quanto riguarda la sicurezza stradale. Tale dovere comporta che chi apre una strada o tollera la viabilità pubblica sul suo territorio ha l'obbligo giuridico di prendere provvedimenti necessari per proteggere terzi, il che implica il mantenimento di uno stato di sanità degli alberi. Il proprietario dell'albero, o colui che in altro modo è responsabile dello stesso, quindi ha l'obbligo di impedire sostanzialmente i danni causati dagli alberi a persone e

cose. E' vero anche che il responsabile dell'albero non può azzerare i rischi di caduta o di schianto, ma deve fare di tutto per ridurli al minimo. Infatti, il tecnico del verde pubblico deve essere all'avanguardia sulle tecniche meglio efficienti ed innovative e l'Ente che delega il lavoro deve mettere a disposizione del tecnico tutti i mezzi e i poteri necessari per l'espletamento delle mansioni al meglio delle cognizioni tecnico-scientifiche del momento (Miglietta, Nicolotti, 1997).

Qualunque operazione manutentiva e pianificazione di investimento riguardante gli alberi non può più prescindere solamente da valutazioni fitopatologiche o da valutazioni inerenti ai fattori ambientali caratteristici della stazione ma per raggiungere un buon livello di gestione razionale e sicura delle alberate necessitano:

- individuazione e censimento delle alberate cittadine con un catasto preciso ed efficace, basato su elementi planimetrici e cartografici;
- pianificazione di programmi di monitoraggio volti alla valutazione della stabilità meccanica di tutti i soggetti arborei di un determinato territorio;
- predisposizione di procedure di manutenzione straordinaria di emergenza volte a rimuovere, subito dopo l'indagine di stabilità, le situazioni di rischio, mediante squadre specializzate in grado di agire in modo estremamente tempestivo.

1.2 Il protocollo ISA

A Torino, nel Giugno 2001, è stato compilato e sottoscritto dalla Sezione Italiana della International Society of Arboriculture (ISA) un protocollo sulla valutazione di stabilità degli alberi in cui vengono descritte le procedure di massima delle analisi, le modalità di restituzione dei dati al committente ed i limiti applicativi di tale procedura. Il documento valorizza tutte le possibili tecniche arboricole finalizzate alla riduzione del rischio in modo da svincolare l'idea che la verifica di stabilità abbia come unico scopo l'abbattimento o meno dell'albero. Inoltre, per quanto riguarda le indagini strumentali, il criterio da seguire è quello del minimo danno per l'albero ed il numero necessario e sufficiente di analisi è a discrezione dell'operatore in modo comunque da ottenere una diagnosi esauriente e documentata. Gli strumenti usati devono fornire dati ripetibili e correlabili alle caratteristiche fisiche-meccaniche delle porzioni anatomiche prese in considerazione.

Ogni metodologia di ispezione è da considerarsi limitata e dinamica, cioè aggiornabile e rinnovabile sulla base delle conoscenze scientifiche, tecniche e tecnologiche in continua evoluzione. Non è possibile quindi predire se un albero esaminato potrà schiantarsi oppure no, ma se ha o non ha le caratteristiche bio-meccaniche e strutturali idonee a garantirne la stabilità sulla base delle conoscenze attuali.

1.3 Valutazioni statiche: cronistoria

Il settore Verde Pubblico del Comune di Torino, ormai da 25 anni, si è posto l'obiettivo di tutelare la pubblica incolumità ricercando modelli d'indagine sempre più sicuri e codificabili. Il percorso è stato lungo e faticoso, ma oggi è possibile affermare che lo sforzo è stato ripagato dalla consapevolezza morale, professionale e soprattutto giuridica di aver intrapreso delle scelte operative e gestionali in grado di evitare eventi dannosi o pericoli per la cittadinanza (Miglietta, Nicolotti, 1997). Partendo dal 1984 fino al 1996 si può vedere l'iter di presa di coscienza e di nuove tecnologie applicate all'arboricoltura urbana a Torino.

1984: Si approntano le prime squadre di giardinieri e tecnici comunali specializzate in interventi di dendrochirurgia, ovvero in tecniche manuali rivolte all'asportazione di parti di legno infetto e degradato. Il ricco patrimonio arboreo secolare, composto prevalentemente da platani, ippocastani e olmi, ha patito nel corso dei decenni numerosi danni: dalle drastiche potature, agli scavi per la modernizzazione dei sottoservizi urbani, dal taglio di branche per ottenere legna da ardere per uso privato, alle ferite dovute alle schegge di bombe. In breve però si comprende come l'applicazione puntuale dei principi dendrochirurgici, pur dando risultati estetici, richiedeva tempi lunghissimi di esecuzione e costi inconciliabili con la grande quantità di piante da curare.

1988: Nel corso di un congresso di arboricoltura a Varese si divulgano sia la teoria CODIT (Compartmentalisation Of Decay In Trees) elaborata da Shigo che le nuove tecniche dendrochirurgiche improntate nel pieno rispetto dei processi di compartimentazione attuati dall'albero. In questo modo, l'applicazione al patrimonio arboreo urbano della cosiddetta "dendrochirurgia ispettiva" (Miglietta, Nicolotti, 1997) basata sulla semplice rimozione del legno degradato senza ledere né il legno di reazione, né le barriere di compartimentazione prodotte dai tessuti sani, ha semplificato considerevolmente le procedure consentendo di ridurre tempi e costi.

1995: Dopo uno schianto di un platano con esiti letali per un cittadino, si affidano a professionisti esterni al Comune le indagini statistiche su 25 alberate cittadine, scelte fra quelle considerate le più pericolose in relazione al loro anno di impianto. Le metodologie adottate dai professionisti sono tra loro eterogenee, in quanto basate sull'esperienza e sulla professionalità: si va dal semplice tocco, ai primi modelli di martello elettronico, alla trivella di Pressler. Successivamente in collaborazione con l'Università di Torino, si procede ad una verifica dell'attendibilità dei controlli effettuati su un campione di piante abbattute. Dopo una serie di approfondimenti tecnici viene presa in esame la metodologia di indagine fitostatica basata sul metodo VTA. Tale scelta rivela subito innegabili vantaggi sia per l'attendibilità del procedimento diagnostico sia per la rapidità dei tempi di esecuzione.

1996: la Città sceglie il metodo VTA come formula ufficiale di valutazione statica delle sue alberate che rientra tra gli interventi agronomici di ordinaria manutenzione e di potatura.

Capitolo 2 Scopo del presente lavoro

La città di Torino possiede un patrimonio arboreo di notevole interesse; è infatti presente una discreta quantità e varietà di parchi urbani e suburbani, nonché di giardini di rilevanza storica ed una fitta rete di alberate stradali che si estende su tutto il territorio cittadino, tanto nel cuore quanto nelle aree più esterne. Dai dati emersi da “Manuale per tecnici del verde urbano” della Città di Torino, si evince che dall'inizio del secolo ai giorni nostri i mq di verde urbano disponibile per ogni abitante sono passati da un'unità a 16,6 e che l'incremento più rilevante riguarda il periodo immediatamente successivo al secondo dopoguerra, in quanto la ripresa economica e il miglioramento del benessere sociale hanno fornito uno stimolo anche allo sviluppo dell'arboricoltura urbana.

Nell'ambito dei progetti di ottimizzazione e pianificazione della gestione del verde urbano, il Settore Verde Pubblico della Città di Torino ha recentemente messo a punto uno strumento operativo computerizzato di acquisizione e catalogazione di dati relativi alle alberate cittadine. Si tratta di un programma denominato “ALBERATE” che consente, una volta inserite le informazioni necessarie, di valutare sull'intero territorio cittadino le condizioni generali dei viali alberati e quelle dei singoli soggetti e di arrivare così a definire le priorità di intervento e quindi di investimento finanziario. Inoltre, nel corso degli anni e delle indagini, è stato possibile assegnare diversi livelli di rischio alle alberate, così da essere in grado di programmare controlli e attività manutentive secondo gradi di priorità oggettivi. Il presente lavoro rientra in questo piano di gestione per valutare ed analizzare lo stato di salute e di stabilità di alberature cittadine e parchi urbani, in una visione dinamica nel tempo.

Insieme al team di “Geoarbor studio”, facente capo al Dott. Alessandro Pestalozza, ho effettuato una serie di analisi di valutazione di stabilità degli alberi presso il Comune di Torino che ha assegnato il censimento delle sue alberature a diversi studi tecnici. Il nostro compito è stato quello di indagare lo stato di salute di 1301 alberi facenti parte di alberature cittadine, di parchi e giardini urbani e parte del patrimonio arboreo del Parco di Cavour a Santena, a sud della città. Il lavoro si è svolto tra di Settembre e Dicembre 2005. In questo testo metto in evidenza il metodo VTA come è concepito ed utilizzato dagli addetti ai lavori ed esporre un quadro, anche se limitato in uno stretto ambito, delle condizioni di vita degli alberi rispettivamente in viali urbani, in alcuni giardini e parchi torinesi ed infine in un contesto storico e naturale come il Parco di Santena che accoglie esemplari monumentali di grande pregio naturalistico. Descrivo inoltre i vari passaggi di attuazione del metodo, la cartellinatura dell'albero per l'individuazione corretta dell'individuo, le modalità dello svolgimento delle analisi visive e gli strumenti necessari per attuarle, le modalità ed i

criteri delle analisi strumentali, per mezzo di diverse apparecchiature di ultima generazione, ed infine la compilazione delle schede tecniche consegnate al Committente e delle personali considerazioni sulla vita degli alberi nei vari ambiti cittadini.

Capitolo 3 Materiali e Metodi

“Nel linguaggio degli alberi non esiste la bugia. Anche per questo vale la pena di impararlo.”

(Mattheck, 1998)

Premessa

In un contesto urbano fitto di strade e fabbricati, le piante che rientrano nel loro ipotetico raggio di caduta, possono rappresentare un serio problema, mettendo a repentaglio l'incolumità di tali strutture. Nasce così la necessità di individuare un metodo e delle tecniche di valutazione dello stato di salute degli alberi che tengano conto, al fine di ottenere le migliori valutazioni possibili, da un lato delle conoscenze già acquisite, dall'altro di quanto la tecnologia odierna può metterci a disposizione .

Per ridurre il più possibile il rischio di cedimento degli alberi occorre comprendere le loro leggi di crescita e la loro costruzione. Gli alberi crescendo assumono una forma dove tutte le tensioni vengono distribuite in modo uniforme su tutta la superficie. La regola generale che governa la crescita di ogni struttura biologica è l'**auto-ottimizzazione** cioè l'assoluta mancanza di spreco di materiale nella crescita adattiva. A questo è giunto, dopo anni di studio sulla biomeccanica e più precisamente sulla valutazione dell'ottimizzazione della crescita delle strutture biologiche, il Prof. Claus Mattheck, direttore del dipartimento di Biomeccanica presso il Centro di Ricerca di Karlsruhe, in Germania. Attraverso delle elaborazioni al computer di immagini delle formazioni più disparate, dalle conchiglie alle ossa dei volatili, intuì la regola generale che governa la crescita di ogni struttura biologica. Esaminando l'aspetto biomeccanico delle ossa e di alcune parti del corpo umano e di animali, Mattheck è arrivato allo studio degli alberi. In una prima fase egli ha confrontato gli alberi con una struttura ottimale dal punto di vista meccanico e ha verificato che questi sono costruiti in modo perfetto. Nel giro di pochi anni è diventato l'esperto mondiale di meccanica degli alberi, con studi particolari sulle inserzioni dei rami, sulla resistenza delle radici, sull'eliminazione dei danni che si basano tutti **sull'assioma della tensione costante**.

“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” (Mattheck 1998).

In una costruzione ideale non ci sono zone sovraccariche, punti di potenziale rottura, né altre a carico ridotto con conseguente spreco di materiale, ovvero la tensione risulta costante su tutta la superficie. L'albero, al contrario delle ossa, non demolisce in modo attivo le zone non sollecitate ma continua a crescere nelle zone maggiormente sollecitate in attesa che lo stato di tensione costante venga ripristinato. Queste costruzioni di riparazioni sono sintomi di difetti e attraverso il riconoscimento di questi è possibile effettuare una prima valutazione dello stato di conservazione dell'albero, e degli opportuni approfondimenti di indagine, con metodi strumentali, nei casi in cui sia necessario arrivare ad un preciso dimensionamento del difetto.

Questa metodologia nota come **VTA** (Visual Tree Assessment), attraverso un'attenta e coscienziosa analisi visiva da parte di un tecnico qualificato, è un metodo che permette di individuare all'interno di una popolazione arborea, quegli individui che manifestano sintomi di probabili anomalie a carico dei propri tessuti interni. Sul singolo albero consente di individuare quei punti critici su cui effettuare un'analisi strumentale in grado di misurare la porzione residua del legno sano, che è direttamente correlabile con il fattore di sicurezza dell'albero stesso.

Esiste comunque una quota minima dei costi totali per il mantenimento della specie, che comprende sia le spese di un fallimento sia quelle necessarie a garantire una certa sicurezza contro lo stesso. Questa quota minima determina anche il fattore di sicurezza per i componenti biologici, infatti gli alberi si rompono di tanto in tanto perché è più economico per il mantenimento della specie; essi limitano comunque il tasso di rottura in modo significativo creando un disegno a struttura leggera che sia il migliore possibile. Il metodo VTA valuta fino a che punto l'albero ritenuto difettoso è maggiormente esposto a schianto rispetto ad un albero perfettamente sano. Non è possibile fornire una garanzia assoluta di sicurezza, poiché i principi della costruzione leggera della natura impongono una quota naturale di cedimento anche per alberi senza difetti. Ecco perché vengono effettuati controlli strumentali anche su soggetti che non manifestano sintomi, in quanto esiste la possibilità remota che la pianta non manifesti esternamente nulla. Per esempio, le operazioni di potatura ed alleggerimento della chioma, soprattutto in aree urbanizzate, sfalsano in qualche misura le tensioni che normalmente si esercitano sul fusto, per cui, anche se la pianta è cava alla base, non avvertendo un aumento di tensione non viene indotta a depositare legno di reazione e quindi a palesare sintomi. Sono giustificati, per questi motivi, controlli a campione anche del 10-15% su soggetti che non manifestano sintomi esterni in zone ad alta frequentazione (Pestalozza, 1998).

3.1 l'aspetto biomeccanico

Quando si parla di stabilità degli alberi e del rischio di caduta di branche è inevitabile entrare nel merito di questioni di natura biologica e meccanica, legate rispettivamente ai processi degradativi del legno e al carico strutturale della chioma che grava sul tronco e sulle radici. Questi aspetti sono così legati tra di loro che non è possibile parlare dell'uno senza fare riferimento anche all'altro. Questo approccio, che si può definire "biomeccanico", vede l'albero come una struttura sottoposta a diversi tipi di sollecitazione statiche e dinamiche di origine diversa (peso proprio, vento, neve, ghiaccio). Tra queste, le sollecitazioni dovute al vento sono senza dubbio quelle più importanti, soprattutto perché sono di tipo dinamico e particolarmente intense. Il peso proprio e il carico di neve o del ghiaccio danno luogo a sollecitazioni statiche e quindi sono responsabili di cadute solo in caso di eventi eccezionali. Altre cause del crollo degli alberi possono essere l'improvviso isolamento della pianta per l'abbattimento di quelle vicine oppure per cattivi ancoraggi radicali dovuti a terreni superficiali, pesanti o mal drenati.

La caratteristica di una buona struttura biologica è uno stato di tensioni omogeneamente distribuite in cui nessun punto è sollecitato più o meno dell'altro, ovvero non esiste un punto di rottura teorico. In una costruzione non perfetta invece esistono uno o più punti teorici di rottura dove parti simili della struttura continuano a rompersi perché lì agiscono tensioni molto elevate. Le diverse parti di un albero sono ben coordinate le une con le altre rispetto ai flussi di forza. L'albero è una catena di membra solide, il tronco raccoglie i carichi flettenti trasmessi dai rami, li guida verso il colletto e li distribuisce nell'apparato radicale che a sua volta trasferisce i carichi al terreno. (Figura 3.1). La zolla radicale è rapportata così al carico di vento trasferito dall'albero e alla resistenza al taglio del terreno, questo vale solo per le radici con funzione di sostegno non per quelle assorbenti che non hanno alcuna importanza ai fini biomeccanici.

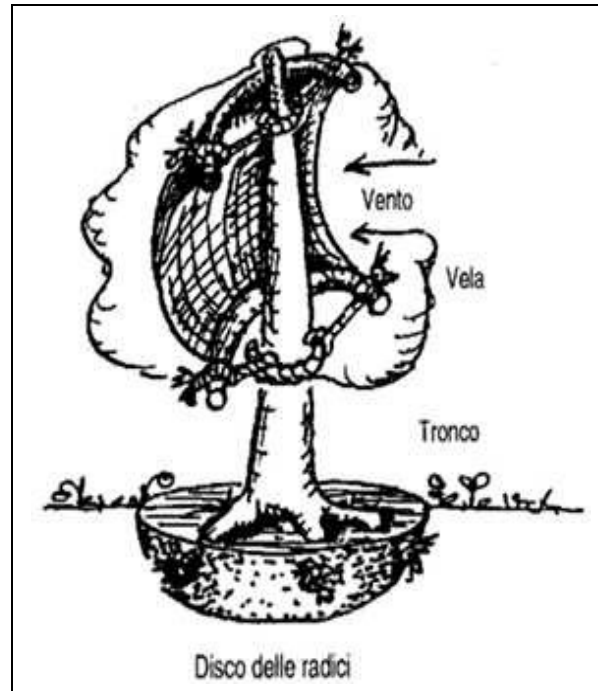


Figura 3.1 Albero come catena di elementi (da Mattheck, 1998)

Lo studio delle sollecitazioni che agiscono sulle varie parti dell'albero è molto complesso in quanto lo stato tensionale è la risultante di una serie di sollecitazioni complesse difficilmente calcolabili e schematizzabili con modelli funzionali. Per una prima quantificazione dello stato tensionale è possibile considerare dapprima le principali sollecitazioni semplici, come se agissero separatamente e, successivamente, si applica il principio di sovrapposizione degli effetti.

La tensione di compressione, variabile lungo lo sviluppo del fusto, è crescente dall'alto verso il basso, agisce sulla stessa direzione delle fibre ed è prodotta dal peso proprio del fusto e della chioma sovrastante. Nel caso di carichi perfettamente centrati, l'entità della sollecitazione è costante in tutti i punti della generica sezione trasversale considerata ed è esprimibile attraverso la relazione

$$\sigma = P/A = 4P/\pi D^2$$

avendo indicato con P il peso del materiale vegetale sovrastante la generica sezione e D il suo diametro.

Un'altra sollecitazione sempre presente è quella di flessione generata non solo dalla spinta del vento S, ma anche dalla presenza di carichi non perfettamente centrati per effetto della non verticalità del fusto, asimmetria dei rami ed eccentricità della chioma. L'azione delle forze applicate determina delle sollecitazioni assiali, variabili all'interno della generica sezione, e generalmente

crescenti dall'alto verso il basso. Nell'espressione che esprime tale tensione non tutte le grandezze sono verificabili e si rende necessario fare delle approssimazioni.

Se un albero è sollecitato a flessione, esistono inevitabilmente tensioni di taglio che agiscono secondo piani longitudinali che, in alcuni casi, data la struttura del legno, possono assumere una certa pericolosità e rilevanza. Anche su sezioni trasversali possono essere presenti tensioni di taglio che sono tuttavia molto meno rilevanti ai fini della stabilità per il fatto che la resistenza al taglio del legno in direzione trasversale è piuttosto elevata e dell'ordine delle 4-5 volte maggiore di quella longitudinale ($\tau_{\max} = 5-15 \text{ N/mm}^2$).

In alcuni casi, vanno considerate anche le tensioni dovute alla torsione, sollecitazione questa indotta da una coppia di forze che provoca un momento torcente. Negli alberi la torsione può essere indotta dal vento o da asimmetrie della chioma o ancora dal vento che soffia tra i rami con portamento a palchi. Questo tipo di sollecitazione è ancora più complessa da determinare, per la non omogeneità del legno, ma che, tranne casi particolari, sono meno influenti nei fenomeni di instabilità.

Accanto alle tensioni generate da forze esterne e reazioni vincolari, devono essere prese in considerazione anche quelle interne, chiamate tensioni di accrescimento. Tra queste, le più importanti per entità delle sollecitazioni, sono quelle di trazione e compressione assiali che coesistono con tensioni che agiscono nel piano orizzontale comprimendo tangenzialmente le parti esterne del tronco, con un effetto di cerchiatura, e sottoponendo a trazione le parti interne.

In figura 3.2 è rappresentato qualitativamente l'andamento delle tensioni, ottenuto dalla sovrapposizione dello sforzo normale, dovuto al peso proprio del tronco e della chioma, alle sollecitazioni di trazione e/o compressione dovute alla flessione ed a quelle di accrescimento in direzione assiale.

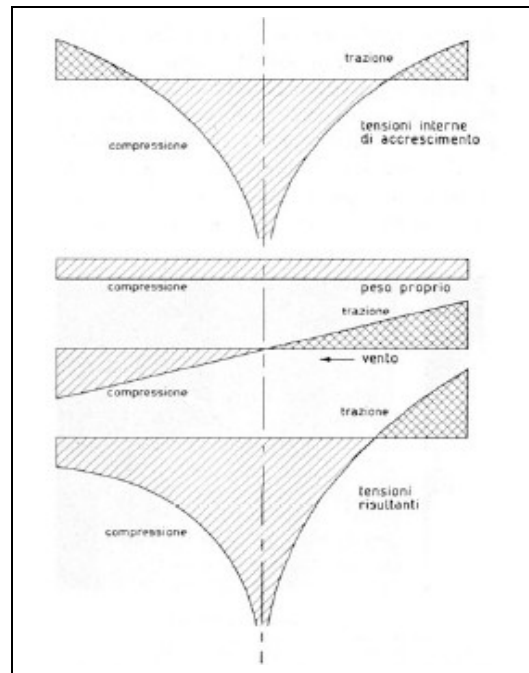


Figura 3.2 Andamento delle tensioni (da Pellerano, 2002)

3.1.1 La resistenza dei tessuti legnosi

Come è noto, il legno non è un materiale omogeneo, per cui dobbiamo aspettarci valori di resistenza diversi sia in direzione orizzontale, e cioè da un punto ad un altro della generica sezione trasversale, che in direzione verticale e cioè considerando sezioni a diverse altezze dello stesso fusto.

I tessuti legnosi che compongono un fusto risentono dell'epoca in cui sono stati prodotti, per cui il legno giovanile, prossimo all'asse del fusto, generato nei primi anni di vita dell'albero è strutturalmente diverso da quello sviluppato dall'albero nella sua maturità ed ancora diverso da quello che l'albero è in grado di produrre nella sua fase di senescenza. A tali variazioni strutturali vanno aggiunti altri fattori di variabilità costituiti dal diverso spessore degli anelli di accrescimento, dalla percentuale di legno primaverile, rispetto a quello autunnale, ed anche dalla presenza di duramificazioni più o meno estese.

3.1.2 Cause di instabilità

Gli alberi ed i loro tessuti legnosi possono manifestare instabilità strutturale attraverso:

- rottura completa e perdita istantanea di stabilità;
- danneggiamento con rottura parziale più o meno estesa di tessuti legnosi;
- riduzione della resistenza per effetto di degradazione dei tessuti.

La prima tipologia di instabilità si verifica quando si determinano delle concentrazioni di tensioni, a causa dei più diversi eventi esterni (vento, neve, azioni esterne ecc..) che portano al superamento della resistenza globale dell'elemento sollecitato e, quindi, alla rottura istantanea e contestuale all'evento traumatico che l' ha determinata.

La seconda tipologia è caratterizzata dal fatto che il superamento localizzato delle tensioni massime ammissibili non ha interessato l'intero elemento reagente ma solo una parte più o meno estesa, non sufficiente tuttavia a determinarne il cedimento strutturale. Questo decadimento strutturale, che viene chiamato “legno fragile”, è forse quello più difficile da individuare preventivamente, specie se è trascorso poco tempo dall'evento traumatico e l'albero non ha ancora avuto il tempo di porre in essere le sue strategie di difesa.

3.1.2.1 Presenza di grossi rami

La presenza di un grosso ramo, che si inserisce sul fusto, rappresenta un fattore di instabilità, in quanto interrompe l'andamento longitudinale delle fibre che sono costrette a deviare, intorno all'ostacolo, in misura proporzionale alle dimensioni del ramo (Figura 3.3). Tali deviazioni di fibre rappresentano una potenziale causa di instabilità, che assume una diversa pericolosità a seconda se le fibre interessate siano tese o compresse.

In generale, se un ramo si presenta in zona tesa, le fibre deviate con concavità verso il ramo esercitano una compressione sullo stesso ramo, come fosse una cerchiatura, mentre, nella zona in cui le fibre sono convesse esiste una componente orizzontale, diretta dalla parte opposta del ramo, che esercita una trazione trasversale sulle fibre deviate del fusto: ciò può facilmente determinare fratture più o meno estese dei tessuti legnosi interessati che possono opporre una modesta resistenza in quanto sollecitati in direzione trasversale

Quando l'inserzione di un grosso ramo viene a trovarsi in una zona compressa, i potenziali fattori di rischio diventano più rilevanti in quanto possono manifestarsi fenomeni di instabilità elastica dovuti all'andamento non rettilineo delle fibre.

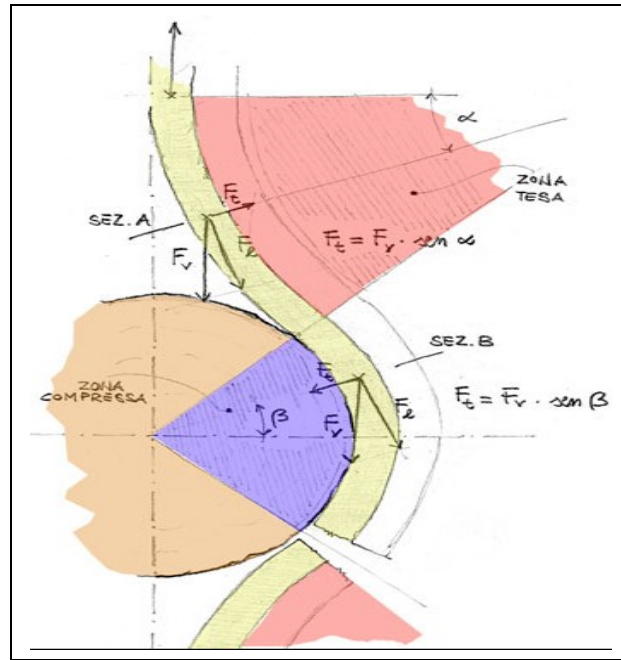


Figura 3.3 Fibra legnosa sottoposta a trazione (da Pellerano, 2002)

3.1.2.2 Cavità interne

Le cavità interne al fusto, quasi sempre presenti in alberi che hanno raggiunto la senescenza, sono causate da agenti patogeni, ed in particolare da funghi che esercitano la loro azione demolitrice sui tessuti legnosi.

Il comportamento non è uguale per tutte le specie e tra latifoglie e conifere. Alcune specie legnose, ed in particolare alcune latifoglie, più frequentemente di altre, presentano fenomeni di degradazione interna dei tessuti anche quando l'albero è in piena maturità e vigore vegetativo; tali cavità interne possono compromettere la stabilità di un albero in misura proporzionale all'entità del danno.

Quando la cavità interna si estende in direzione longitudinale esiste un peggioramento delle condizioni di stabilità per la concomitante presenza di tensioni assiali, dovute sia allo sforzo normale che alla flessione, che possono procurare lo schiacciamento del fusto e, quindi, una condizione di instabilità strutturale.

Per effetto della flessione procurata dal vento, se le deformazioni sono tali da determinare anche un piccolo schiacciamento del fusto, il sistema diviene instabile in quanto il modulo di resistenza a flessione, per effetto di tale deformazione, si riduce in maniera più che proporzionale rendendo irreversibile il fenomeno di instabilità.

3.1.3 Le strategie di difesa

Il comportamento tipico degli alberi che si accorgono di variazioni ed incrementi anomali del loro stato tensionale è quello di orientare le loro energie di accrescimento verso le sezioni maggiormente sollecitate, tentando di riparare i danni subiti.

Escludendo la prima tipologia di danno, (vedi par. 3.1.2.) in cui l'albero non ha il tempo di mettere in atto alcuna strategia di difesa, negli altri due casi la pianta potrebbe recuperare, almeno in parte, la sua stabilità strutturale.

Le strategie di intervento, differenti a seconda dei casi e dell'entità del danno, richiedono tuttavia un certo tempo (alcuni anni) e non sempre riescono a ripristinare integralmente le condizioni iniziali per cui, in presenza di nuovi eventi eccezionali, ovvero con il perdurare di fenomeni di degradazione dei tessuti legnosi, diventano estremamente pericolosi per la incolumità delle persone e delle cose.

In un certo senso gli eventi traumatici che portano alla rottura completa sono meno pericolosi, sia perché nel tempo hanno una durata molto limitata, sia perché, in occasione di eventi eccezionali, chiunque è più attento e certamente evita con maggiore attenzione situazioni di potenziale pericolo.

Ogni albero è come se disponesse di una serie di sensori, uniformemente distribuiti nella zona del cambio: quando, in una qualunque parte, le tensioni tendono ad assumere valori stabilmente crescenti, l'albero è in grado di percepire questa anomalia e, per sopravvivere, orienta le sue energie di accrescimento in maniera da riportare le tensioni a valori compatibili con la resistenza dei suoi tessuti.

3.1.3.1 Inspessimento dei tessuti

Uno dei meccanismi di difesa più diffusi è quello nel quale l'albero produce nuovo legno in modo tale da aumentare la sezione reagente e, quindi, a parità di sollecitazioni, attenuare i valori delle tensioni; questa azione viene esplicitata sia nei confronti di sollecitazioni a sforzo normale che di flessione e taglio.

Quando, per degradazione dei tessuti legnosi, si riduce la sezione reagente, l'albero concentra le sue energie di accrescimento in maniera da compensare le perdite. Si vedrà nella zona interessata una variazione anomala della forma del fusto che presenterà un rigonfiamento più o meno esteso a seconda dell'entità del danno.

Se, da un'osservazione esterna, l'incremento radiale si presenta uniformemente distribuito, con molta probabilità la parte degradata è simmetrica rispetto all'asse del fusto; se, viceversa, interessa solo parte della circonferenza, il danno più rilevante sarà quasi certamente localizzato a ridosso della zona che presenta l'incremento radiale. Anche quando un albero e/o una branca entra in contatto puntuale con un corpo estraneo, nella zona di contatto, le tensioni di compressione assumono valori molto elevati che potrebbero provocare il cedimento dei tessuti interessati dal contatto: l'albero si adopera incrementando la superficie di interfaccia, riportando a valori accettabili le corrispondenti tensioni

3.1.3.2 Legno di reazione

Questa azione di difesa è molto simile a quella precedentemente considerata con la differenza che l'albero interviene, in maniera ancora più selettiva, producendo tessuti legnosi specializzati ad assolvere la specifica funzione e cioè il cosiddetto legno di reazione.

La strategia di intervento delle latifoglie è diversa da quella delle conifere infatti, le prime producono legno di reazione nella zona tesa, ed in particolare tessuti legnosi caratterizzati dall'aver una colorazione biancastra con un aspetto cotonoso e fibre ricche di cellulosa particolarmente resistenti a trazione; mentre le conifere producono, nella zona compressa, legno con pareti cellulari molto spesse, adatto quindi a resistere meglio a carichi di compressione.

3.1.3.3 Geotropismo

Quasi sempre quando condizioni anomale portano ad uno sbilanciamento delle chioma, con parziale slittamento e cedimento della zona radicale, l'albero non si limita alla produzione di tessuti di riparazione, ma mette in atto altre misure finalizzate ad eliminare, o per lo meno ridurre, le cause che lo hanno determinato.

In presenza di un fusto inclinato che, inevitabilmente, produce un'azione flettente nella direzione in cui pende, l'albero, come contro misura, tende a deviare in direzione opposta l'asse del fusto, in maniera da centrare i carichi del tronco ed ancor più della chioma, riducendo così l'entità del momento flettente (Figura 3.4).

In genere cedimenti della zolla radicale e, quindi, del fusto e dell'assetto complessivo dell'albero difficilmente possono essere recuperati mentre, le potenzialità di reazione a livello della

chioma, per cedimento di cimale e/o di grosse branche, sono notevolmente migliori: in entrambi i casi è indispensabile che venga rimossa la causa che ha prodotto il danno, e che l'albero possa disporre di un tempo adeguato. Potature asimmetriche specie di grossi rami di alberi a ridosso di fabbricati, eseguite con l'intento di ripristinare adeguate distanze, finiscono per peggiorare la situazione in quanto l'albero tende a centrare i carichi deviando la parte apicale delle chioma e, quindi, riportandola ancora più a ridosso del fabbricato.

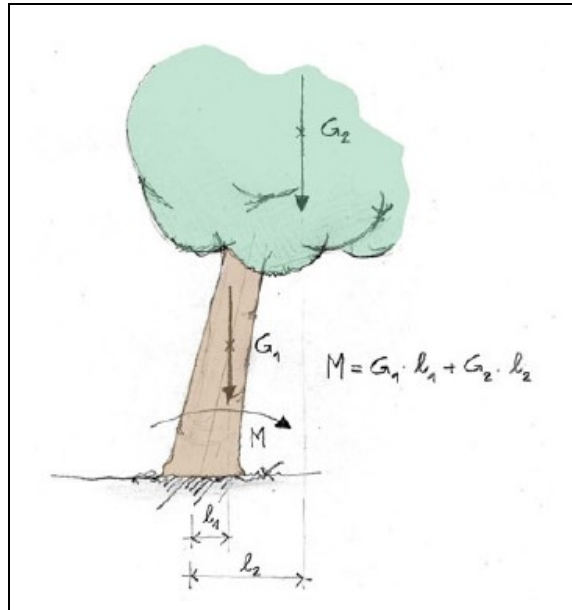


Figura 3.4 Forza peso del fusto e della chioma (da Pellerano, 2002)

3.1.3.4 Messa della chioma fuori vento

In zone sottoposte a forti venti dominanti, gli alberi, ed anche i grossi rami, sono sottoposti ad elevate sollecitazioni flettenti che rappresentano la principale causa di instabilità. In questi casi le strategie di difesa non si limitano a controllare la forma del fusto attraverso un'elevata rastremazione, associata ad una bassa snellezza ma, intervengono anche sulla forma e sviluppo delle chioma che assume una forma asimmetrica in modo tale da presentare una conformazione aerodinamica che, a parità di volume della chioma, renda minima la superficie esposta al vento e consenta all'albero di limitare ulteriormente l'altezza da terra del centro di spinta e, quindi il momento flettente (figura 3.5). In condizioni estreme tale meccanismo di difesa può portare l'albero ad una rotazione del fusto per porre fuori vento la chioma ovvero i grossi rami troppo esposti all'azione del vento.

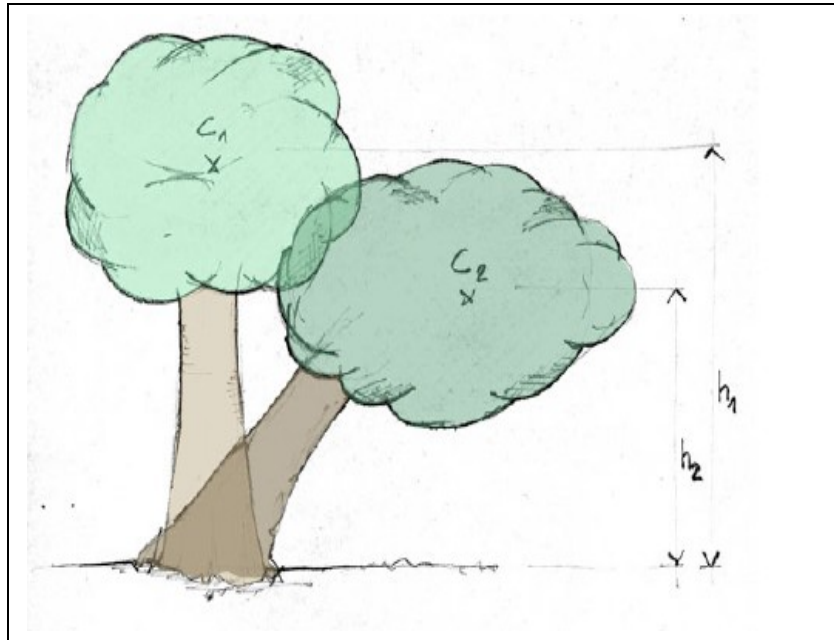


Figura 3.5 Esempio di chioma fuori vento (da Pellerano, 2002)

E' affermato, da studi effettuati da ingegneri ambientali, agronomi in collaborazione con il Dipartimento di Elettronica ed Informatica del Politecnico di Milano (Ferrari, 2003), che l'asportazione di biomassa mediante la potatura riduca il rischio di caduta dell'albero. Infatti, si ottengono alcuni decrementi apprezzabile degli sforzi nel legno effettuando interventi di lieve intensità, ovvero tagli di potatura molto modesti di qualche centimetro di diametro. Per ogni specie arborea è necessario studiare la potatura migliore da effettuare che tenga in considerazione la possibilità di eseguire diradamenti interni, o potature esterne in diverse zone della chioma piuttosto che eliminare completamente alcuni rami, al fine di ridurre lo sbilanciamento della chioma e la possibilità di avere delle torsioni indesiderate.

Inoltre si conferma il fatto che non sia necessario effettuare interventi drastici per migliorare le condizioni di stabilità di un albero. La capitozzatura comporta una perdita di massa di oltre il 50% a fronte di una diminuzione delle sollecitazioni a carico dei tessuti interni del legno maggiori del 70%. Ciò comporta però una garanzia di stabilità solo nel breve periodo comportando un'alterazione dell'equilibrio fisiologico e patologico della pianta che compromette irrimediabilmente il suo stato di salute.

3.1.4 Infezioni e cause di instabilità dell'albero

Tra le malattie più temibili nelle alberature ornamentali sono da considerare quelle che alterano l'integrità delle strutture legnose, quali soprattutto la carie e i marciumi radicali, infezioni che, anche quando non pregiudizievoli per la sopravvivenza delle piante, possono risultare estremamente pericolose in quanto causa di crolli o schianti di vario tipo.

3.1.4.1 I marciumi radicali

Sono causati da funghi in grado di alterare la vitalità e la funzionalità meccanica del sistema vascolare ipogeo. L' infezione può limitarsi ad un settore delle radici, in tal caso la pianta colpita non muore e difficilmente manifesta sintomi sulla chioma, ma può schiantarsi, se sollecitata dal vento, venendo a mancare l'ancoraggio al terreno. Se invece, l'infezione interessa tutto l'apparato radicale provoca in tempi più o meno brevi il deperimento e la morte del soggetto colpito. Nelle latifoglie la chioma ingiallisce perdendo progressivamente densità o, talvolta, disseccando all'improvviso. Nelle conifere gli aghi assumono colorazione rossastra e iniziano a cadere lasciando spogli i rami alti della chioma.

Gli agenti di marciume radicale, comuni in forma endemica in foresta, possono assumere carattere epifitico quando si passa a formazioni artificiali, quali parchi e giardini. Possono diffondersi per contatto radicale tra piante sane e infette (*Armillaria* spp., *Heterobasidion annosum*, *Ganoderma* spp.), avvalendosi di organi di propagazione quali le rizomorfe (*Armillaria* spp.) o partendo da residui legnosi infetti presenti nel terreno.

I funghi del genere *Ganoderma* sono certamente i più subdoli perché possono comportarsi sia come agenti di carie, rimanendo per anni nel tronco della pianta senza indurre la manifestazione di sintomi esteriori, sia come agenti di marciume radicale, passando dal tronco alle radici. Sono dotati di elevata potenzialità diffusiva, essendo in grado di infettare molte specie, come dimostrano le sempre più frequenti forme di deperimento segnalate su esemplari di platano, pioppo, acero, quercia, ippocastano e tiglio in cui il *Ganoderma*, quando è agente di carie determina un'intensa e rapida degradazione della porzione interna del tronco che può causare lo schianto dell'albero. Sia la comparsa dei carpofori sul tronco, sia la loro dimensione non sono correlabili con l'estensione della carie interna che può essere valutata solo con tecniche diagnostiche strumentali.

Armillaria, conosciuta anche con il nome di chiodino o famigliola, comprende alcune specie dotate di patogenicità e areali di distribuzione diversi. Si tratta di funghi caratterizzati da

un'elevata adattabilità, in grado di vivere come saprofita su vecchie ceppaie nel terreno per anni e trasformarsi in parassiti, anche piuttosto aggressivi, non appena una pianta deperisce. Non esiste parco con piante secolari dove *Armillaria* non sia presente. Come già accennato, questo fungo è in grado di vivere come saprofita su residui legnosi e di aggredire le piante deperienti raggiungendole con le rizomorfe, lunghi cordoni miceliari scuri simili a radici. È riconoscibile con certezza dalla presenza di rizomorfe nel terreno o sotto la corteccia, dal micelio biancastro a palmetta sotto corticale e dai caratteristici carpofori prodotti nel periodo autunnale.

3.1.4.2 La carie

Se in un ecosistema naturale i funghi agenti di carie svolgono l'importante funzione ecologica di decomposizione del legno in sostanze umiche, essi divengono invece particolarmente pericolosi nei parchi e nelle alberate, monumentali e non, dove lo schianto anche di un solo grosso ramo può avere conseguenze gravi sui fruitori. Nelle parti alte del fusto e a livello della chioma, le vie d'infezione sono rappresentate soprattutto da grossi tagli di potatura che favoriscono l'ingresso di questi patogeni. Alla base dei fusti le vie d'infezione sono rappresentate da ferite accidentali. In genere le manifestazioni esterne nelle piante cariate, a livello della chioma o lungo il fusto, sono assai tardive e difficilmente rilevabili anche nei casi in cui l'integrità meccanica delle piante colpite è irrimediabilmente compromessa. Solo su esemplari molto vecchi e con grosse ferite, le carie sono evidenziate da seccumi alla chioma. Per tale motivo, in mancanza di sintomatologie evidenti, la loro presenza ed estensione all'interno della pianta richiede controlli strumentali periodici e mirati.

I funghi agenti di carie del legno sono organismi privi di clorofilla e pertanto, dovendosi nutrire di sostanze organiche già elaborate, sono da considerarsi eterotrofi. Essi possono assorbire tali sostanze direttamente dalle cellule radicali delle piante in una simbiosi mutualistica (funghi micorrizogeni) o dai residui di organismi (funghi saprofiti) oppure possono insediarsi su di un organismo vivente e crescere a sue spese (funghi parassiti). Tra questi ultimi estremi esiste tutta una scala di attitudini alla vita saprofita o parassitaria. I funghi parassiti del legno infatti sono più precisamente "facoltativi" possono cioè vivere sia come parassiti sia come saprofiti. Il più delle volte iniziano il loro ciclo come parassiti di un albero vivo e, quando questo giunge a morte, continuano a vivere nel legno morto come saprofiti. D'altra parte alcune specie saprofite possono, in particolari condizioni di debolezza della pianta, comportarsi come deboli parassiti ed aggredire il legno vivente. Sono oltretutto considerati "deboli parassiti" in quanto agiscono maggiormente su piante a scarsa reattività, senescenti, oppure sofferenti per attacchi di altri parassiti, per scarso

assorbimento radicale, per stress da inquinanti, carenze o ristagni idrici od altri fattori abiotici, e soprattutto per ferite estese. In generale, sia in condizioni cittadine che in ambiente naturale, le possibilità di insediamento delle carie aumentano in relazione diretta con l'età e con l'ampiezza delle ferite.

In virtù del loro elevato patrimonio enzimatico, i funghi lignicoli sono in grado di utilizzare gli idrati del carbonio derivati dalla degradazione delle sostanze che compongono la parte legnosa delle cellule, in particolare la lignina, cellulose ed emicellulose. Ne deriva la carie del legno, i cui sintomi variano a seconda che le ife si sviluppino prevalentemente in direzione longitudinale, seguendo i vasi, le tracheidi e le fibre, o in senso radiale attraverso i raggi midollari, che offrono substrati nutritivi di facile assimilazione e minor resistenza meccanica, o in direzione circolare, attraverso gli anelli annuali. Tali funghi fanno parte della sottodivisione dei *Basidiomycotina*, prevalentemente della classe *Hymenomycetes* e solo in casi particolari *Ascomycotina* e *Deuteromycotina*.

I principali agenti di carie sono

- *Armillaria* che è un genere costituito da circa 40 specie di funghi importanti dal punto di vista della degradazione del legno. Il loro comportamento di base è simile perché tutte le specie invadono le radici e causano una carie di colore bianco. Alcune di queste specie sono agenti patogeni distruttivi della radice degli alberi e possono invadere i cordoni principali, distruggendo progressivamente i tessuti viventi della radice conducendo al declino e alla morte i loro ospiti. Le specie principali sono l' *Armillaria mellea*, e *Armillaria ostoyae* in europa ed in America del Nord e l' *Armillaria luteobubalina* in Australia. Altre specie come *Armillaria gallica*, presenti in Europa ed in America del Nord, sono solitamente debolmente patogene ma possono causare malattie in alberi già indeboliti da altri fattori. Ulteriori distinzioni possono essere fatte in funzione dell'ospite scelto, ad esempio l' *Armillaria mellea* è principalmente agente patogeno delle latifoglie in terreni boscosi naturali e nei frutteti, ma può attaccare anche le conifere giovani. *Armillaria ostoyae* sembra essere invece l'agente patogeno più importante delle conifere. Così il genere *Armillaria* sembra differenziarsi in funzione dell'interazione ospite-patogeno e del grado di virulenza, essa forma molti corpi fruttiferi color miele, solitamente alle basi degli alberi. Questo fungo può diffondersi attraverso il terreno o sotto la corteccia producendo corpi fruttiferi. Le rizomorfe di *Armillaria* sono complessi di migliaia di ife fungine che hanno un ruolo importante nell'infezione. L' *Armillaria* può colonizzare nuovi ospiti anche attraverso le basidiospore che vengono disperse nell'aria e quando atterrano sulle superfici esposte del ceppo, innescano una nuova infezione. In qualche specie di *Armillaria* la diffusione da un albero

all'altro avviene tramite lo sviluppo del micelio durante il contatto delle radici; ma in molti casi è realizzata dalle rizomorfe che possono svilupparsi lungo le superfici della radice, sotto la corteccia degli alberi infetti o diffondersi nel terreno. Le rizomorfe sono strutture che funzionano come unità, con un meristema apicale che assomiglia a quello di una radice, si sviluppano molto più velocemente delle ife fungine ed immagazzinano i nutrienti nei loro apici. La punta delle rizomorfe è in grado di penetrare la corteccia di una radice dell'albero e distruggere progressivamente i tessuti della radice.

- ***Ganoderma*** causa notevoli danni alle radici di numerose latifoglie, in modo particolare al genere *Fagus*. Il *Ganoderma* colonizza nuovi ospiti per mezzo delle spore che penetrano nei tessuti attraverso ferite di varia natura. I caratteristici corpi fruttiferi rilasciano un gran numero di basidiospore dai ristretti pori. I corpi fruttiferi sono perenni ed i margini biancastri rappresentano l'espansione durante la stagione corrente.

Le carie del legno sono malattie subdole, in quanto solitamente caratterizzate da un periodo di incubazione molto lungo. Per anni infatti la pianta colpita può non manifestare sintomi esterni specifici, anche quando la sua integrità meccanica è irrimediabilmente compromessa. In realtà, per la riduzione o l'arresto dello scorrimento della linfa, la chioma delle piante colpite manifesta spesso una vegetazione stentata, rarefatta, con seccumi più o meno diffusi, sintomi che però sono attribuibili anche ad altri fenomeni di sofferenza, per esempio danni da inquinanti, carenze idriche, attacchi parassitari, e con il tempo a tali manifestazioni possono unirsi altre più tipiche, quali zone del fusto o dei rami morte, depresse o, al contrario, rigonfie. I carpofori degli agenti fungini, che rimangono l'elemento diagnostico più attendibile, compaiono in genere assai tardivamente, spesso quando le strutture legnose sono ormai compromesse.

3.1.4.2.1 Il processo di infezione

La colonizzazione e l'infezione di un albero da parte di funghi avviene principalmente attraverso le spore germinanti che sono presenti nell'aria e nel terreno. I potenziali punti d'ingresso per le spore sono costituiti da tutti i tipi di lesioni presenti sugli ospiti come di seguito indicato:

- Danni alla corteccia: rami rotti, segati, bruciature da sole, ferimenti e danni meccanici alla corteccia a causa di cantieri stradali, morsi di animali, lavori forestali;
- Danni alle radici: ferimenti e danni meccanici, morte per vecchiaia della radice a fittone, fattori ambientali che caratterizzano il luogo di ubicazione;

- Fattori di stress: carenza di luce, ristagni di acqua, terreno molto compatto, siccità prolungata, piogge acide, gas di scarico.

L'ingresso dei funghi nei tessuti legnosi avviene attraverso un processo di patogenesi, con la disgregazione della corteccia e la devitalizzazione del cambio a seguito della formazione di cancri sul tronco che mettono a nudo il tessuto legnoso, attraverso ferite o tagli di potatura. La fase successiva, di colonizzazione dell'alburno e del durame, è legata alla capacità del fungo di disidratare i tessuti. Spesso il fungo rimane, dopo la penetrazione, nell'alburno in fase latente e, solamente quando il rapporto umidità/aerazione dei tessuti viene alterato da condizioni di stress ambientali, esso accelera lo sviluppo vegetativo e la colonizzazione dell'ospite. Molto spesso la comparsa di carpofori coincide con la presenza di carie molto estese con conseguente impossibilità di salvare la pianta ospite. I corpi fruttiferi servono al fungo come "rampa di partenza" per le spore le quali gli consentono di colonizzare un nuovo ospite. Sembra che il contatto con l'aria esterna serva al fungo come segnale per la formazione di corpi fruttiferi, in quanto non essendoci più scorte di legno si prepara a raggiungere un nuovo ospite mediante le sue spore. Dall'aspetto dei corpi fruttiferi del fungo si possono trarre delle conclusioni sulla decomposizione del legno, specialmente nel caso di carpofori pluriennali; se sono grandi e sodi con evidente accrescimento indicano che c'è ancora molto legno residuo. Molti e piccoli corpi fruttiferi, impoveriti e raggrinziti fanno supporre la quasi completa decomposizione del legno residuo, fenomeno definito come "fruttificazione da panico".

3.1.4.2.2 I meccanismi di difesa della pianta

La resistenza alle infezioni nella pianta è il risultato di diversi meccanismi di difesa che operano in modo coordinato. Infatti, una pianta aggredita da un fungo cariogeno è in grado di attivare una serie di processi di difesa con l'obiettivo di ostacolare la diffusione dell'infezione. Nelle prime fasi di infezione viene attivato un meccanismo attraverso il quale si producono sostanze antimicrobiche come composti fenolici, di terpeni. Questa prima risposta è di estrema importanza perché è in grado di inibire la crescita fungina nei tessuti corticali fino a che non si verifica la formazione di barriere strutturali. Nei tessuti corticali si ha la produzione di enzimi ad azione fungicida, ad esempio l'enzima chitinasi, o la sintesi di composti come la lignina e la suberina che invece bloccano fisicamente, saturando la parete cellulare, la diffusione del patogeno. Al momento dell'infezione il fungo libera nell'organismo ospite dei messaggi chimici che la pianta è in grado di captare e che gli permettono di attivare i suddetti sistemi di difesa. Nella pianta vengono quindi indotte risposte fisiologiche e biochimiche immediate, che si verificano nell'arco di pochi secondi, e

risposte più lente che si verificano in ore o giorni. Attualmente esistono due teorie per spiegare l'evoluzione della carie nei tessuti interni.

- **CODIT** (Compartmentalisation of decay in tree) teoria che si basa sul principio secondo il quale “lo sviluppo della carie è condizionato dalle risposte di difesa attiva della pianta” (Shigo, 1993), ovvero l'alburno si oppone all'avanzata della degradazione mediante la formazione di quattro barriere di formazione.

La prima barriera consiste nell'occlusione degli elementi vascolari con resine, gomme e tulle, ed agisce contro la diffusione longitudinale del fungo.

La seconda barriera è rappresentata dal rafforzamento delle cerchie annuali con deposizione di strati di legno denso e limita lo sviluppo della carie in senso radiale, verso l'interno.

La terza barriera si estrinseca nei raggi midollari attraverso la suberificazione e la lignificazione delle relative cellule e si oppone alla diffusione della carie in senso tangenziale.

La quarta barriera, separa lo xilema della pianta al momento della lesione da quello che verrà a formarsi in seguito, opponendosi alla diffusione dell'alterazione dall'interno verso l'esterno. Essa consiste in genere in una modificazione dell'anello di crescita, prodotto dal meristema cambiale, che risulta costituito da legno di tipo diverso, con cellule legnose più piccole, rivestite di suberina, e che pertanto viene difficilmente attaccato dagli enzimi dei patogeni.

- **CM** (condizionamento ambientale) questa teoria fonda i suoi principi sul fatto che la crescita del fungo nell'organismo ospite, e quindi la dinamica della carie, dipende in modo aspecifico da fattori nutrizionali e fisici.

3.1.4.2.3 I funghi e la stabilità

L'aggressività varia da una specie fungina all'altra e viene esaltata dallo stato generale e dalle condizioni di stress delle piante, in questo modo gli alberi in contesti cittadini che lottano contro le avverse condizioni ambientali, sono più suscettibili agli attacchi da parte dei microrganismi. Le infezioni hanno luogo solo in condizioni idonee di temperatura, umidità, luce, aerazione e pH, proprie di ciascuna specie fungina.

Con l'invecchiamento degli alberi, mentre diminuisce il loro vigore e la loro reattività, aumenta la massa legnosa morta e la probabilità di aperture di ferite. Le ampie ferite favoriscono l'insediamento dei funghi lignivori a causa della:

- Maggiore disidratazione del legno che facilita la colonizzazione di numerosi funghi pionieri;

- Lenta e ritardata rimarginazione delle zone lese, che rimangono pertanto esposte all'azione degli agenti avversi;
- Esposizione all'aria del legno più vecchio, privo di azioni attive di difesa.

Le carie del legno sono sempre state giudicate un grave pericolo per la stabilità di un albero e in vario modo sono state tenute sotto controllo. Fino a qualche decennio fa era abitudine dei tecnici riempire di cemento le cavità da esse create quasi a restituire solidità alla pianta. Successivamente la tendenza è stata quella di ripulire il legno cariato e ricoprirlo con resine sintetiche nel tentativo di arrestare il processo degenerativo.

Solo in questi ultimi anni, Mattheck e i suoi ricercatori hanno evidenziato una soglia di riferimento valida per tutti gli alberi. Analizzando il rapporto tra la porzione di legno sano (t), cioè non attaccato dalla carie e il raggio del tronco (r) su un campione di circa 900 alberi, il dato emerso è che i soggetti che presentavano un rapporto t/r inferiore a 0,3 erano, nella maggior parte dei casi, già caduti mentre gli altri esemplari con un rapporto superiore a tale valore erano ancora in piedi.

Il t/r è un valore soglia, legato al fattore di sicurezza dell'albero, e l'equazione da cui deriva è legata alla fisica. Un tubo cavo al 70% ha le stesse proprietà dal punto di vista meccanico di uno pieno. L'equazione non prende in considerazione la costante del materiale ed è valida per qualsiasi albero come per un tubo. Bisogna comunque considerare l'albero nella sua interezza, calcolando le sollecitazioni cui sarebbe sottoposto se provvisto di chioma nella sua totalità. In città, per esempio, le piante vengono potate e normalmente hanno soltanto il 40-60% delle chiome che avrebbero se fossero in un bosco, quindi è possibile considerare che in un contesto urbano il t/r di 0,3 è indice di un range di sicurezza.

3.1.4.4 Gli schianti da sradicamento

Si tratta di cadute improvvise di grossi esemplari, che si verificano di frequente soprattutto durante i temporali estivi, dovute al cedimento della zolla radicale, senza che questa sia necessariamente affetta da marciumi. In merito alle cause che determinano lo sradicamento di grandi alberi sani si possono formulare le seguenti ipotesi:

- gli apparati radicali dei grandi alberi, soprattutto quando vegetano nei parchi storici, normalmente non esplorano orizzonti di suolo particolarmente profondi o estesi, poiché la fertilità e la quantità d'acqua disponibile sono elevate in superficie e, quindi, si determina uno squilibrio tra la chioma molto estesa e l'apparato radicale superficiale;

- le piante possono essere spiombate perché, essendo state piantate a gruppi, secondo i criteri progettuali, sono cresciute filate verso l'esterno alla ricerca della luce;
- le radici, per lo stato di senescenza in cui si trova la pianta, risultano essere anch'esse fisiologicamente meno attive e con una ridotta vitalità che le priva della loro resistenza dinamica alle sollecitazioni.

3.1.4.5 Le tracheomicosi

Queste malattie vengono prese in considerazione in questo contesto con riferimento alla loro elevata patogenicità, a prescindere dallo stato di senescenza, e sono causate da *Ophiostoma ulmi*, *Ophiostoma novo-ulmi* e il cancro colorato del platano, causato da *Cerastocystis fimbriata* sp. *platani*, che hanno portato alla quasi totale scomparsa dell'olmo dai parchi storici ed a una forte riduzione del platano in alcune aree geografiche. Le infezioni iniziano attraverso lesioni di varia natura sul fusto, sui rami e sulle radici:

- per via strettamente xilematica, indotte per lo più da insetti vettori del genere *Scolytus* spp., per anastomosi radicali con olmi infetti nel caso di *Ophiostoma novo-ulmi*;
- per via vascolare, con colonizzazione anche profonda che interessa sia il floema inducendo su di esso cancri longitudinali, sia il cilindro legnoso, che viene raggiunto attraverso i raggi midollari, nel caso di *Cerastocystis fimbriata*.

Alla diffusione del parassita concorrono come vettori soprattutto gli attrezzi di potatura infetti e i relativi residui (segatura e porzioni di vegetali), nonché le anastomosi radicali tra piante vicine. La sintomatologia esterna è generalmente caratterizzata da disseccamento più o meno rapido di parte o di tutta la chioma, derivante dalla occlusione dei vasi ad opera del micelio del fungo, da secrezioni gommose della pianta (tille e gomme) o da vere e proprie tossicosi. *Ophiostoma novo-ulmi* e *Cerastocystis fimbriata* sono responsabili di vere e proprie epidemie sulle rispettive specie ospiti, ed è proprio per frenare la diffusione del secondo che si è resa necessaria l'adozione di una specifica normativa nazionale di lotta obbligatoria (Decreto Ministeriale del 17 aprile 1998), che impone l'abbattimento e la rimozione delle piante infette e di quelle attigue, anche se apparentemente sane.

3.2 L'analisi visiva

L'ispezione visiva dell'albero per identificare i segni esterni del deperimento è un metodo tradizionale ed ha lo scopo di capire se quanto l'albero ha realizzato è sufficiente a riparare il danno ed a prevenire eventuali rischi di schianto dell'intera struttura o di singole sue parti. Lo scopo dell'analisi visiva dell'albero è quello di:

- Esaminare le caratteristiche e lo stato generale della pianta, ad esempio dimensioni, età, inclinazione del fusto, sito d'impianto;
- Evidenziare la presenza di manifestazioni esterne di sofferenza meccanica del fusto, dei rami e della zolla radicale;
- Valutare l'entità e la gravità dei singoli difetti e le loro ripercussioni sulla stabilità dell'intera struttura.

I segnali esterni durante l'indagine includono:

- Vitalità:** fogliame o rami secchi, collari indicanti rotture imminenti, corteccia mancante, crescita stentata, scarsa riparazione delle ferite, presenza di tessuto cambiale morto sotto la corteccia, specialmente vicino o al di sotto del livello del terreno;
- Stato fitosanitario:** corpi fruttiferi, fuoriuscita di liquido da ferite aperte o diversi indicatori di presenza di funghi o altri parassiti;
- Sintomi di difetti meccanici:** rigonfiamenti, depressioni, costolature da torsione, posizione inclinata, collari radicali, fessure nel terreno ovvero ogni deposito di materiale apparentemente superfluo è un sintomo di difetto.

Alcuni sintomi maggiormente ricercati sono descritti e raffigurati a titolo esemplificativo nella tabella sottostante (3.1) e nelle figure 3.6 e 3.7.

Codice punto critico	Descrizione del sintomo	Probabile danno interno
Allargato, azzampato, svasatura	Allargamento della sezione basale dell'albero all'altezza del colletto causato da produzione di legno di reazione	Possibile presenza di cavità interna o di legno degradato
Bombature, gibbosità, rigonfiamento, collo di bottiglia	Allargamento anomalo della sezione basale del fusto dovuto a iper-produzione di tessuti di reazione	Possibile degradazione cavità o fessura interna
Branca sbilanciata	Branca che è sviluppata per vari motivi in modo da generare tensioni anomale sul fusto, slittamento delle fibre, sul punto di inserzione o sulla branca stessa	Stress interni elevati, torsioni, fessure
Capitozzo/i	Grave mutilazione dell'apparato aereo dell'albero. Le ferite dovute a carie provocate da questa pratica molto spesso degenerano in cavità che possono compromettere l'innesto delle branche principali sul fusto	Marciumi e cavità
Carie, decadimento ceppaia	Processi degenerativi a carico del legno interno dovuti ad agenti di origine fungina	Degenerazione della struttura lignea con degrado, selettivo e non di lignina e cellulosa
Costolatura appuntita, costolatura doppia, nasi di pinocchio	Fessurazione più o meno rimarginata visibile in superficie dovuta a sovrapposizione di materiale di riparazione. Questo fenomeno riguarda sia il tronco alla sua base che il fusto e le branche principali	Scollamento e slittamento delle fibre dovute a torsioni eccessive; fessure interne dovute a crack da gelo
Moncone con funghi	Manifestazione esterna di un'infezione fungina a carico dei tessuti lignei aerei evidenziata dalla presenza di carpofori	Se cariogeni, causano gravi degenerazioni del legno interno
Radice/i strozzanti	Grave difetto alla base del fusto che si approfondisce nel suolo diminuendo la sezione, sono ramificazioni radicali che si sviluppano costringendo la base del fusto	Danneggiamento dei tessuti

Fusto arcuato, sciabolato	Fusto la cui forma presenta una curvatura più o meno accentuata. Normalmente la proiezione della cima ricade all'interno del baricentro	Slittamento delle fibre dovuto a torsioni eccessive; fessure
Concavità, depressione	Abbassamento del livello della superficie del fusto o di branche primarie rispetto alla struttura normale approssimativamente cilindrica nella normalità dei casi	Possibile presenza di cavità interna
Corteccia inclusa	Sviluppo anomalo di branche primarie in modo che i tessuti corticali dell'inserzione si trovano ad essere costretti ad accrescersi in opposizione l'uno contro l'altro	Tensioni interne in grado di determinare fessurazioni o slittamento di fibre. Nei casi più gravi si osserva la necrosi dei tessuti e la degenerazione dovuta a carie di quest'ultimi
Inclinazione	Assetto della pianta che per vari motivi si trova con l'asse principale fuori dal baricentro. Si osserva nella maggioranza dei casi deposizione di legno di reazione di compressione nelle conifere e di tensione nelle latifoglie	Rovesciamento della zolla radicale, stress interni, slittamento di fibre

Tabella 3.1 Sintomi di difetti fisici - meccanici riscontrabili (da Villa, 2002)

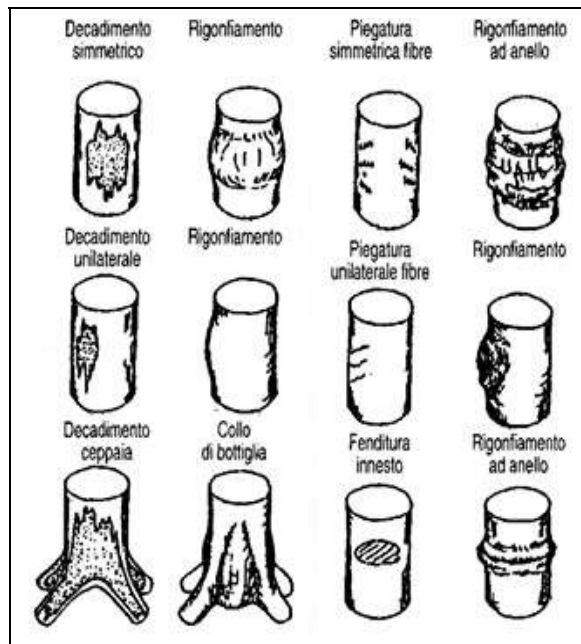


Figura 3.6 Esempi di sintomi di rigonfiamenti (da Mattheck, 1998)

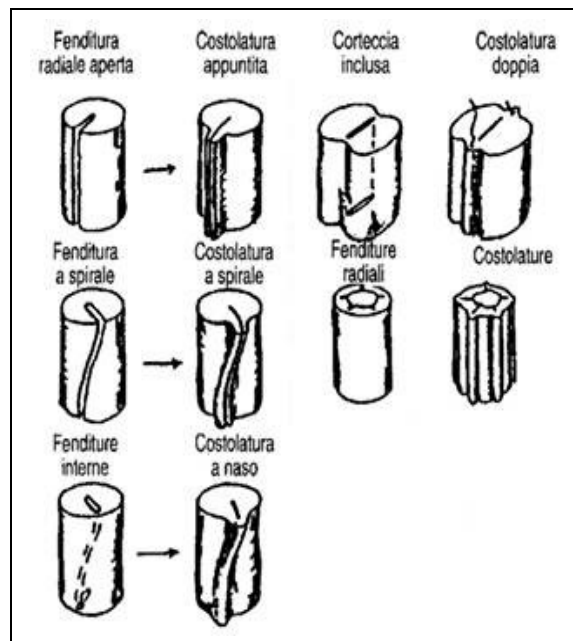


Figura 3.7 Esempi di sintomi da costolature (da Mattheck, 1998)

Il complesso degli alberi analizzato è stato in un primo momento suddiviso in ambiti, cioè in zone limitate in cui erano radicati, per agevolare la loro gestione; in totale ne sono stati individuati 14 ed in campo abbiamo lavorato in almeno due persone per suddividerci il lavoro, sia durante la fase di indagine visiva sia durante quella strumentale. Per ogni ambito abbiamo portato a termine le indagini visive per poi poter discernere ed individuare gli alberi che occorrevo di uno studio più approfondito. Gli ambiti in questione sono riportati nella seguente tabella con le relative quantità di individui analizzati.

Ambito	Da appalto	Assegnate	Non individuate	Eseguite	<=15 cm
Beccaria	23	35	14	21	
Cernaia	27	33	13	20	1
Cavour	75	76	8	68	9
Felice	49	50	?	50	12
Cittadella	83	84	6	78	17
Costa	1	1	0	1	
Palestro	91	94	6	88	20
Partigiani	40	32	1	31	4
S.Martino	62	66	5	61	1
Siccardi	49	50	1	49	1
Statuto	12	82			
Valdocco	113	114	2	112	20
Vinzaglio	381	419	10	409	2
Maria Teresa	79	79	1	78	8
Santena	102	86	25	59	

Tabella 3.2 Ambiti e piante assegnate per lo studio di stabilità

In questi 14 ambiti, la suddivisione del verde urbano può essere così definita:

- Giardino storico di Santena, piccola frazione a sud di Torino, in cui abbiamo constatato lo stato di salute di una porzione di parco chiuso al pubblico proprio per la presenza di alberi secolari e monumentali che non offrono totale sicurezza ai fruitori dello spazio verde;
- Spazi verdi di quartiere ovvero aree di limitata estensione inserite a macchia di leopardo nel tessuto urbano (Giardino della Cittadella, Piazza Statuto, Piazza Cavour, Piazza Carlo Felice e Piazza Maria Teresa);
- Viali alberati caratterizzati da un'elevata viabilità (Corso Beccaria, Via Cernaia, Corso Palestro, Viale dei Partigiani, Corso San Martino, Corso Siccardi, Corso Vinzaglio, Corso Valdocco)

3.2.1 Gli strumenti di indagine

La scelta degli strumenti di prima indagine deriva da una lunga esperienza nel settore delle analisi VTA, ed è adatta per ottenere un'idea sufficientemente chiara delle condizioni di stabilità di ogni singolo albero. Gli strumenti utilizzati sono;

- martello di gomma;
- cavalletto dendrometrico;
- binocolo;
- bindella;
- root inspector;
- palmare di tipo PSION.

Il martello di gomma serve per un primo approccio con il fusto della pianta, per identificare un eventuale distacco della corteccia. Una superficie sospetta può essere colpita con un martello forestale e, con l'esperienza, il suono risultante può essere interpretato, in modo da farsi una certa idea della presenza di deperimento e della sua estensione. Le zone necrotiche rispondono alle sollecitazioni meccaniche esercitata con un martello in un modo diverso dal punto di vista sonoro. Questo metodo è totalmente non invasivo e lo strumento facile da trasportare

Il cavalletto forestale serve per determinare il diametro a petto d'uomo, a circa a 130 cm da terra, dell'albero, e se presente una cavità aperta nel tronco è possibile penetrarvi con un'asta graduata e misurarne l'ampiezza e con il cavalletto poi si ricava il rapporto tra la porzione sana residua ed il raggio del tronco. Quando questo non è possibile, si ricorre ad altri strumenti, come il Resistograph.

Il binocolo è un valido strumento per vedere più da vicino le branche primarie e secondarie in sommità, il castello di alberi particolarmente alti.

Il root inspetor serve per misurare le cavità presenti sul fusto o sul colletto di un albero; è un'asta misuratrice, una sonda, lunga di solito 80 cm che si fa penetrare nelle cavità per accertare l'entità della degradazione (Foto 3.1).



Foto 3.1 Root inspector in una cavità al colletto

Nel nostro caso abbiamo settato il palmare da campo PSION (Figura 3.8) all'inizio dei lavori con diversi sintomi che rivelano, in misura lieve (L), significativa (S) e grave (G), le anomalie riscontrabili alla base, al fusto ed alla chioma. Il gran quantitativo di dati delle indagini è stato immagazzinato in campo con l'ausilio del palmare grazie a cui è possibile scaricare successivamente i dati su un personal computer, attraverso un apposito software di interfaccia MCVTA (Figura 3.9). L'utilizzo di questo tipo di palmare è particolarmente indicato per l'uso in campo, in quanto è dotato di una notevole resistenza agli urti, all'umidità e alla polvere, oltre ad avere una grande autonomia di carica e di un peso trascurabile. Con il sistema operativo adottato è stato possibile trattare il gran numero di dati relativi agli alberi, evitando di compiere errori di trascrizione tra la documentazione rilevata in campo e la relazione finale. E' inoltre possibile eseguire dei filtri sui dati immagazzinati senza commettere errori grossolani, ottenendo dati statistici interessanti e facilitando le procedure di ricontrollo periodico senza difficoltà.

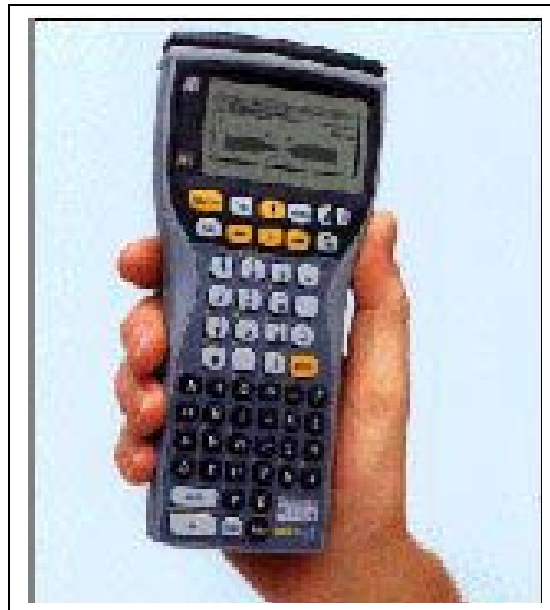


Figura 3.8 Palmare PSION

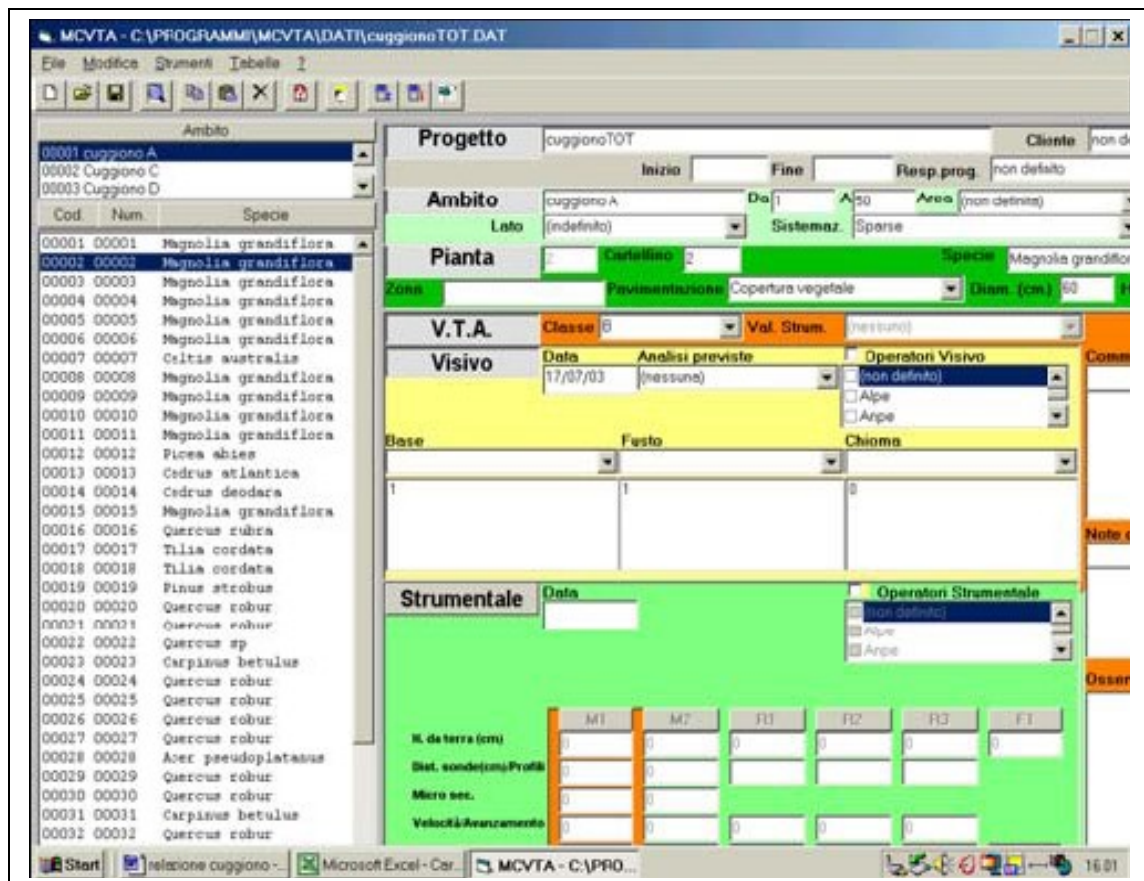


Figura 3.9 Esempio di una finestra di lavoro del programma MCVTA utilizzato nel presente progetto

3.2.2 Le schede pianta visive

E' possibile costruire delle *schede pianta visive* in cui si riporta, tra l'altro, le eventuali operazioni necessarie alla loro messa in sicurezza e la situazione analitica dell'albero. Si prepara in questo modo, elettronicamente, un valido aiuto al lavoro sia del tecnico del verde per la gestione delle molteplici piante sia al Committente che riceve una carta d'identità analitica dell'albero che negli anni può variare.

In una tipica scheda pianta visiva vengono indicati.

- La numerazione della pianta; se assente è necessario, con l'autorizzazione del committente, operare la cartellinatura;
- la specie di appartenenza;
- le misure del diametro a petto d'uomo, l'altezza e il diametro della chioma;
- il tipo di impianto del soggetto, se fa parte di un filare, di un doppio filare, di un giardino;
- il tipo di pavimentazione (copertura vegetale, asfalto, costipato..)
- i punti critici riscontrati sul colletto, sul fusto e sulla chioma;
- se è necessario dei commenti alle analisi;
- se sono previste analisi strumentali, il punto di indagine (base, base e chioma, chioma);
- se la pianta ha bisogno di successive indagini, non viene assegnata nessuna classe FRC, altrimenti si assegna direttamente la classe a cui appartiene.

3.2.3 Le osservazioni da compiere

E' possibile schematizzare le osservazioni da compiere sull'intero albero per un'analisi accurata e corretta, ovviamente supportata dall'esperienza dell'operatore. Suddividendo l'albero in zone ben definite i fattori da tenere in considerazione sono:

Forma e simmetria complessive

- bilanciamento della chioma;
- evidenza di passati interventi di potatura;
- spaziatura e disposizione delle branche primarie;
- presenza di inclinazioni naturali o innaturali;
- posizione sociale: dominante, codominante, intermedio, dominato;
- classe di età (giovane, maturo, declinante);

- filatura dei rami;
- dimensione e colore delle foglie;
- presenza di callo di cicatrizzazione su ferite o tagli di potatura;
- vigore complessivo rispetto gli alberi vicini;
- stato e colore della corteccia.

Radici e zolla radicale

- evidenza di radici sollevate;
- decadimento sul punto di inclinazione;
- radici esposte, scoperte, ferite da scavi;
- nel terreno innalzamento del piano di campagna, lavori stradali;
- evidenza di radici strozzanti, circolari, depressioni al colletto;
- evidenza di patologie in atto, presenza di carpofori fungini;
- presenza di cavità;
- presenza di radici avventizie o morte;
- corteccia e tessuti corticali disgregati o sollevati;
- sollevamento della ceppaia;
- inclusione di manufatti limitanti la crescita o interferenti con l'ancoraggio dell'albero al suolo.

Tronco

- grado di inspessimento;
- presenza di fusti codominanti;
- presenza di torsioni anomale;
- presenza di danneggiamenti diversi: ferite, cavità, scollamenti di fibre, cicatrici, oggetti costringenti;
- presenza di agenti patogeni;
- presenza di danni da insetti o di parassiti animali;
- integrità della corteccia.

Branche primarie

- grado di inspessimento;
- distribuzione del peso;
- presenza di cimoli secchi e/o legno morto;
- spaziatura e formazione delle branche;
- inserzione della branca sul fusto (dimensione relativa, angolo di inserzione, corteccia inclusa);
- rami morti, monconi;
- presenza di torsioni;
- presenza di danni, ferite, cavità;
- presenza di agenti patogeni;
- presenza di danni da insetti o da parassiti animali;
- integrità della corteccia;
- ricostruzione di eventi di potatura, presenza di ricacci dai punti di taglio, presenza di scopazzi, presenza di capitozzi.

3.2.4 Le classi di rischio FRC

Fine ultimo delle indagini di stabilità è quello di verificare e quantificare, da una parte, l'entità di eventuali danni causati da fattori biotici o abiotici che possano in qualche modo compromettere la stabilità dell'albero, dall'altra si rende necessario attribuire l'albero ad una classe di rischio predefinita. La classificazione **FRC** (*Failure Risk Class*) ne definisce il grado di pericolosità, la frequenza dei controlli e gli interventi da effettuare ed è così definita:

- Classe A:** vengono inseriti in questo gruppo tutti i soggetti **che non manifestano né difetti** di forma, degni di nota, riscontrabili con il VTA, né significative anomalie rilevabili strumentalmente. Per tutti questi soggetti è necessario un controllo visivo annuale; i rischi di schiantamento e di caduta sono legati ad eventi statisticamente non prevedibili;
- Classe B:** su queste piante l'osservazione visiva e l'indagine strumentale hanno **rilevato lievi difetti** di forma e piccole anomalie strutturali. I rischi di schiantamento e di caduta sono riconducibili a quelli del gruppo A, tenendo presente che i lievi processi degenerativi e le anomalie morfologiche possono aggravarsi nel tempo. Per questi soggetti si rende necessario un VTA minuzioso con scadenza annuale;
- Classe C:** in tutti i casi in cui si sono rilevati **significativi difetti** di forma e/o strutturali verificabili strumentalmente; il rischio per questi soggetti può essere un ulteriore aggravamento delle anomalie riscontrate nel breve periodo. Questi alberi potranno passare in una categoria di

rischio statico più elevata. Si rende necessario un controllo visivo e strumentale con scadenza annuale;

•**Classe C-D:** in questa categoria vengono inserite le piante che **presentano gravi difetti** a livello morfologico e/o strutturale. L'abbattimento di questi soggetti può essere evitato intervenendo con opportune operazioni finalizzate alla messa in sicurezza degli stessi (riduzione della chioma, consolidamento); è inoltre necessario per i soggetti appartenenti a questa classe un controllo strumentale a scadenza annuale ed in mancanza degli interventi sopra citati la pianta è da iscriversi tra i soggetti di classe D;

•**Classe D:** fanno parte di questa classe tutte le piante che per **gravi difetti** morfologici e strutturali riscontrati devono ascrivere alla categoria statisticamente ad alto rischio di caduta e schiantamento. Per questi soggetti, la cui prospettiva di vita è gravemente compromessa, ogni intervento di risanamento risulterebbe vano. Le piante appartenenti a questo gruppo devono essere sostituite.

La classificazione FRC permette di standardizzare le procedure di monitoraggio e messa in sicurezza di grandi popolazioni arboree. Questa classificazione, collaudata su più di 10.000 alberi dal 1994 al 1998, consente di pianificare nel modo più corretto gli interventi manutentivi e di monitoraggio finalizzati al mantenimento di una certa popolazione arborea in una situazione, se non di totale sicurezza, di rischio controllato

3.2 L'indagine strumentale

La tecnica del VTA permette di individuare, all'interno di una popolazione arborea, quegli individui che manifestano sintomi di probabili anomalie a carico dei propri tessuti interni. Sul singolo albero, consente di individuare quei punti critici su cui effettuare un'analisi strumentale in grado di misurare la porzione residua di legno sano, parametro questo direttamente correlabile con il fattore di sicurezza dello stesso.

3.3.1 Il Resistograph®

E' lo strumento adottato nel 90% delle indagini strumentali, in quanto è poco invasivo e molto preciso (Pestalozza, 2005). L'indagine mediante Resistograph® ha la funzione principale di quantificare e posizionare eventuali aree di decadimento interno sul tronco e cordoni radicali, zone sottostanti al colletto e branche principali soprattutto nella zona di inserzione della chioma.

Il **Resistograph®** è una micro-trivella che misura la resistenza del legno perforandolo tramite una sonda che ruota a velocità costante di 1500 r.p.m. (rotazioni per minuto), registrando le informazioni per tutta la lunghezza del percorso perforante. La resistenza alla perforazione è concentrata sulla punta di un ago sottile dal momento che quest'ultimo ha uno spessore doppio rispetto lo stelo. La sonda ha una punta appiattita e affilata, larga 3 millimetri, che deve essere sostituita frequentemente, ed ha una lunghezza di 300 millimetri (Figura 3.10). Quando ha inizio la perforazione, la sonda della micro-trivella dovrebbe, se è possibile, essere disposta perpendicolarmente agli anelli annuali. La regolazione elettronica del motore garantisce una velocità costante dell'ago, parametro che va adattato alle specifiche caratteristiche di densità del legno da esaminare: 50 mm/min per legni ad altissima densità e 700 mm/min per legni molto teneri (Pestalozza, 1998). La resistenza alla penetrazione infatti può variare fra le specie ed anche fra alberi differenti appartenenti alla stessa specie. Può anche variare in differenti parti dell'albero, poiché dipende da fattori come il modello di sviluppo e la presenza di estratti, resine e legno di reazione, ma può anche essere influenzata dalle variazioni di densità del legno tra alburno e duramen o delle zone di reazione (Bradshaw, Hunt, 1995).

Non basta effettuare l'analisi in un solo punto, ma occorre eseguire più perforazioni per poter descrivere correttamente la sezione interessata. Inoltre, bisogna essere sicuri che la sezione descritta sia effettivamente quella più debole ovvero, dall'analisi visiva, vengono individuati i punti critici sui quali si effettuano poi i sondaggi più approfonditi.

Il profilo di densità prodotto dal Resistograph® consente di misurare le variazioni di densità tra aree di legno estivo ed aree di legno primaverile permettendo in questo modo conte anulari ed analisi di curve di crescita dei soggetti arborei. Inoltre i profili mettono in evidenza eventuali

anomalie a carico dei tessuti interni in maniera da quantificare lo spessore del legno intatto, la presenza di barriere di reazione. Il legno decomposto o in via di decomposizione, a causa di carie, viene evidenziato dai profili di densità dal momento che il decadimento causa una riduzione della resistenza meccanica alla perforazione. Grazie ad una stampante incorporata allo strumento, il profilo di densità è visualizzato immediatamente su carta e contemporaneamente viene memorizzato dallo strumento ed è quindi possibile scaricarlo su PC ed elaborarlo con il software specifico (figura 3.11)

Valori estremamente alti di densità sono stati trovati nelle zone limitrofe di aree di decadimento. Questi picchi sono correlabili con la presenza di zone di compartimentazione intorno a zone di decadimento fungino. Valutazioni comparative di diversi profili di densità sono stati pubblicati in quanto ottimi indicatori anche precoci di:

- decadimento fungino(depressioni lungo il profilo, formalmente differenziate in funzione dello stato di decadimento);
- danni da insetti (profonde depressioni locali soprattutto nella parte più esterna del profilo);
- spaccature, slittamento delle fibre, zone cave (profonde depressioni locali soprattutto nelle parti più interne del profilo).

Affinché i dati siano ripetibili, oltre al numero progressivo dei profili che si compiono sul singolo albero, si trascrive sul palmare e conseguentemente sulla scheda tecnica, l'orientamento di ciascuna perforazione e la posizione della stessa.



Figura 3.10 Il Resistograph usato nello studi

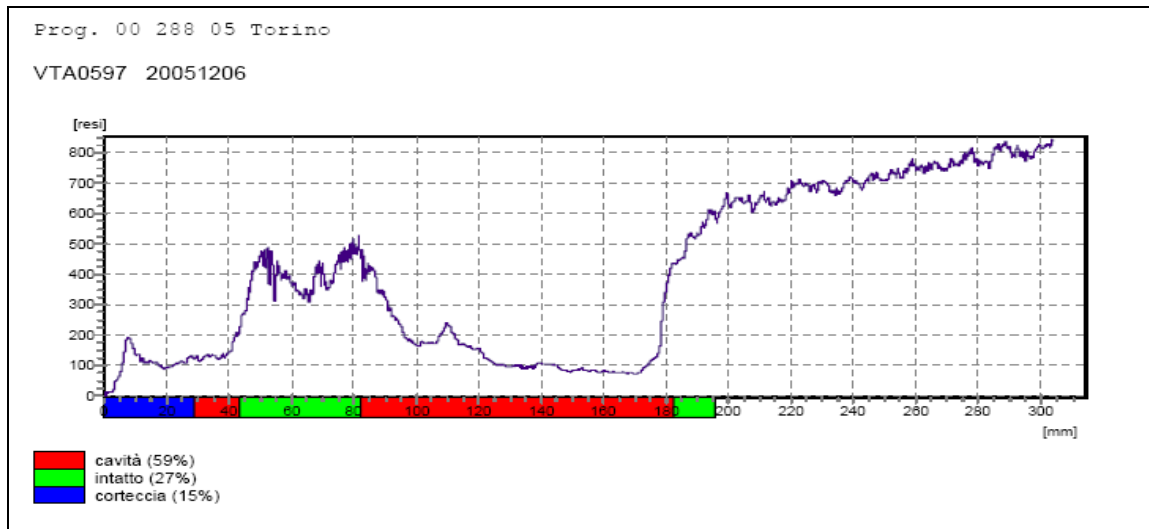


Figura 3.11 Profilo del Resistograph

E' importante anche ricordare che il resistograph può essere vettore di infezioni fungine da un albero infetto ad uno sano, se lo strumento non viene disinfettato con cura dopo ogni suo utilizzo. Da studi effettuati su *Tilia sp.*, indagato strumentalmente con un resistograph per delineare una carie al suo interno, è apparso che dopo quattro mesi dall'analisi, intorno al buco dell'ispezione, la zona di reazione si era sviluppata notevolmente e la crescita radiale del patogeno fungino era divenuta più facile e aggressiva (Toussaint, 2004).

Dalle indagini resistografiche possiamo misurare:

- l'altezza a cui è praticata la perforazione;
- i numeri dei profili;
- il diametro della zona analizzata per ogni singolo punto di perforazione;
- il punto dell'albero in cui è stata condotta l'indagine strumentale,
- l'orientamento delle perforazioni.

Queste misure e dati vengono riportati in una scheda pianta in cui, oltre le osservazioni dell'indagine visiva, compaiono i riferimenti dell'analisi strumentali. (figura 3.12)

Scheda di analisi albero

Ambito: Corso Vinzaglio 3		Giudizio complessivo
Dati anagrafici albero	T/R	
Altezza(m)		
		Analisi visiva

Indagini strumentali 15/11/2005

					80%

Figura 3.12 Esempio di una scheda strumentale

3.3.2 I dispositivi sonici

I dispositivi sonici rilevano la presenza del deperimento misurando il tempo impiegato dalle onde sonore per passare attraverso un campione di prova. La velocità del suono del legno dipende dalle proprietà specifiche che, in caso di deperimento, sono alterate. Queste comprendono l'elasticità, la densità ed il tenore di acqua. In generale, il deperimento rallenta ed attenua la velocità di trasmissione delle onde sonore. Di norma, ciò significa che il primo e più forte segnale ricevuto avrà attraversato il campione viaggiando intorno alla zona decaduta e, quindi, necessiterà di un tempo più lungo di attraversamento rispetto ad un campione non alterato. Nel legno, per la sua anisotropia, occorre mettere in relazione la direzione di propagazione della perturbazione con le tre direzioni principali del materiale, in quanto tali velocità sono sensibilmente diverse: è maggiore

lungo un asse, è minore lungo un quadrante e sarà intermedia radialmente, nel senso in cui le misure sono solitamente effettuate.

Bisogna anche considerare che per il legno la massa volumica, inversamente proporzionale alla velocità di propagazione, può presentare valori molto diversi e che la stessa umidità dei tessuti legnosi introduce un'ulteriore indeterminazione.

3.3.2.1 Il martello ad impulsi

Il martello ad impulsi sonori è il primo strumento che viene normalmente utilizzato in quanto misura la velocità di propagazione del suono all'interno di una sezione dell'albero. Utilizza un impulso misto a bassa frequenza prodotto da un colpo del martello sopra una vite di legno inserita nel legno (Figura 3.13). Il dispositivo misura il periodo di transito dell'impulso attraverso il campione fino ad una seconda vite fissata nel legno, dal lato opposto alla prima, e fornisce una lettura della velocità basata su un diametro conosciuto. Per la maggior parte delle specie di alberi esiste una velocità caratteristica del suono che si riduce nel caso di presenza di difetti. Nelle latifoglie la velocità di propagazione del suono oscilla normalmente tra 1440-1200 m/s (Pestalozza, 1998).

A volte il marciume radicale può progredire ascendendo lungo il tronco, con il martello ad impulsi il decadimento può essere diagnosticato precocemente. E' anche possibile rilevare punti di discontinuità in indagini ipogee su cordoni radicali, operando in senso longitudinale alle fibre.

Con il martello elettronico però non si riesce a misurare l'entità del danno interno e lo spessore della porzione residua del tronco. Quindi se si riscontrano dei difetti nel legno, dopo questo tipo di indagine, si rende necessario localizzare e quantificare l'entità dei danni rilevati con l'analisi resistografica.

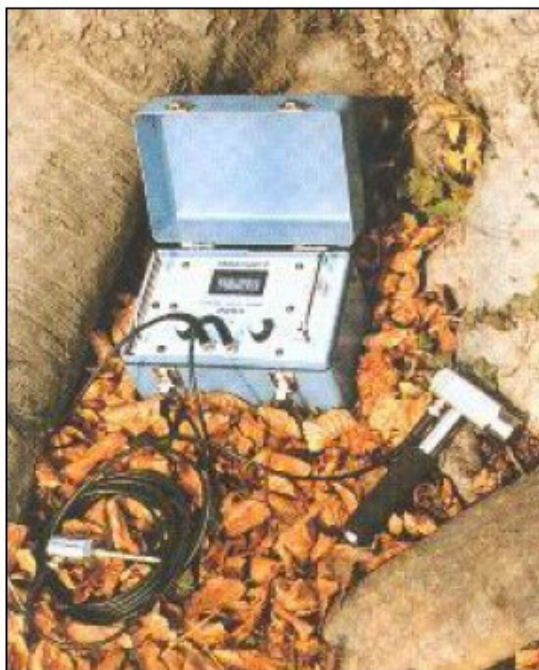


Figura 3.14 Il martello ad impulsi usato nelle analisi

3.3.2.2 Il Tomografo

L'**ARBOTOM®** è un tomografo ad impulsi sonici, sviluppato per l'analisi e la valutazione dello stato interno degli alberi. Esso è basato sul principio della velocità di propagazione di un impulso sonoro nei materiali che attraversa.

Con l'applicazione dei sensori, da 2 a 24, sul tronco (foto 3.2) si è in grado di registrare la velocità degli impulsi indotti con un martello nelle varie direzioni. Ogni sensore è infatti dotato di un vibrometro e di una regolazione elettronica per l'analisi in tempo reale degli impulsi provenienti dagli altri sensori. È sufficiente stimolare ogni sensore con un martello per creare un impulso e così generare un'onda che si propaga nel legno. Il tempo di attraversamento dell'onda viene registrato e permette di ricavare la velocità dell'impulso.

I dati ottenuti vengono raccolti e rielaborati da un apposito software: le velocità di ogni singolo impulso vengono inserite in un'apposita matrice, consentono di ricavare, tramite un'interpolazione, una rappresentazione grafica costituita da linee o da superfici. In funzione del numero e della posizione dei sensori del tomografo, si può ottenere una scansione bidimensionale o tridimensionale. Con la restituzione bidimensionale è possibile visualizzare le aree interne con evidenti stati di decadimento o le cavità, mentre con la restituzione tridimensionale è possibile

visionare sezioni trasversali, radiali e tangenziali del fusto. Tutte le restituzioni grafiche sono colorate secondo un apposita legenda posta a lato (fig. 3.14). Quest'ultima assegna alla scala di colori presenti una scala di velocità di propagazione dell'onda sonora. Nella legenda è possibile osservare i valori massimi, minimi e medi definiti dall'operatore secondo gli standard di propagazione dell'onda nelle diverse specie arboree. In questo modo è possibile definire, per ogni specie arborea, una determinata scala capace di meglio mettere in evidenza lo stato di degradazione del legno

Particolari funzioni fisico - matematiche, inoltre, consentono di valutare il momento di inerzia ed il momento di resistenza delle sezioni lignee misurate in modo da poter individuare i punti di maggior debolezza del fusto e delle branche di alberi.

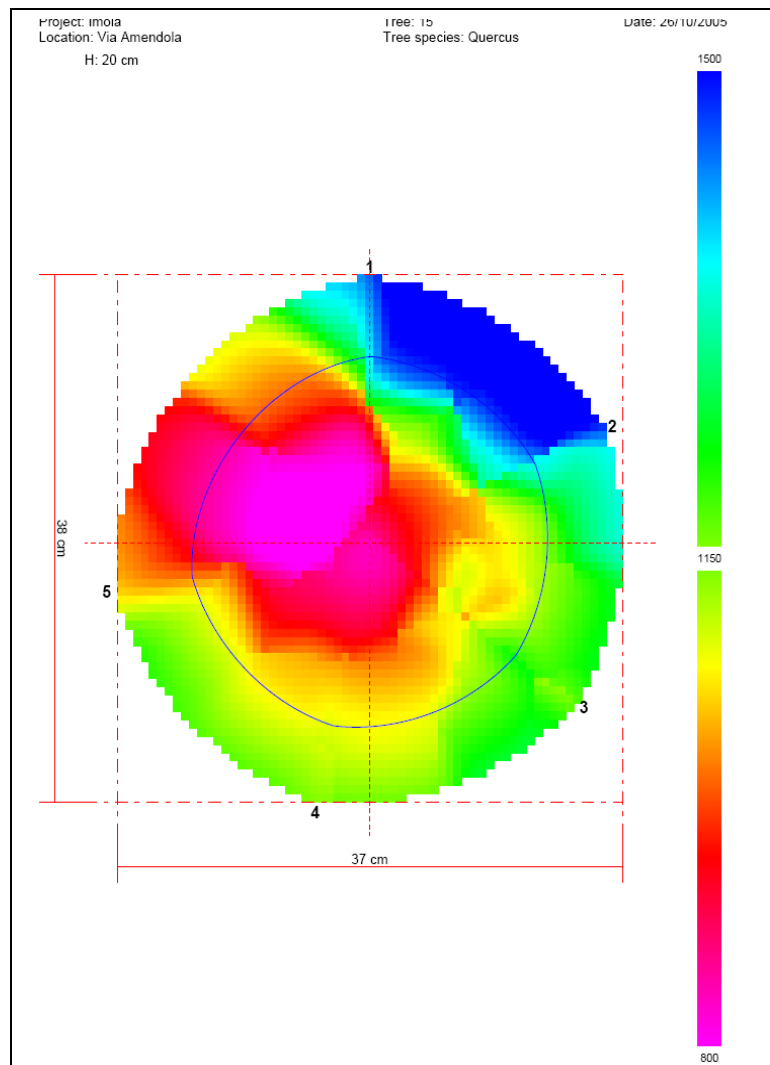


Figura 3.14 Esempio di una risoluzione dell'Arbotom



Foto 3.2 Applicazione dei sensori del tomografo ad una pianta

3.3.3 Altri strumenti diagnostici

Nel nostro studio di stabilità degli alberi abbiamo utilizzato suddette strumentazioni di indagine, ne esistono però delle altre che presento brevemente per avere un'idea delle possibili alternative e delle diversità applicative.

3.3.3.1 Il succhiello di Pressler e il Frattometro

Il succhiello di Pressler è un trapano ad incremento consistente in un tubo vuoto con un filetto della vite ad un'estremità; può essere avvitato in un albero per produrre delle carote di circa 5 mm di diametro che possono essere esaminate per rilevare la presenza di deperimenti lungo la sezione trasversale del legno stesso. E' uno strumento molto invasivo in quanto lascia delle ferite sul punto di indagine che possono anche oltrepassare le barriere di compartimentazione, che l'albero ha formato per arrestare il suo deperimento, e peggiorare ulteriormente la situazione creando una porta d'accesso per agenti patogeni.

Il frattometro è un piccolo calcolatore tascabile in cui viene inserita la carota, prelevata con il succhiello di Pressler, e successivamente caricata, mediante un dispositivo meccanico,

analogamente al carico cui sarebbe sottoposto l'albero se fosse esposto al vento. L'apparecchio è suddiviso in due parti, la parte fissa superiore e la parte mobile inferiore. Fra le due parti si trova una molla meccanica a spirale che attraverso i movimenti rotatori viene caricata fino alla rottura. La misura della resistenza del legno può essere letta da una scala all'esterno dell'involucro del frattometro, dove sono riportate anche informazioni riguardo all'angolo di flessione che ha portato alla rottura (Figura 3.15). I due valori ricavati, momento di flessione ed angolo di flessione che misurano la rigidità dei tessuti legnosi e consentono di effettuare la valutazione statica degli alberi.

Importante, per queste indagini, è che la carota venga inserita in modo tale che le fibre siano parallele alla parte superiore dell'apparecchio, perché tale è anche il carico del tronco. I valori del frattometro sono caratteristici per le diverse specie. Nella cavità di marciume, tanto la resistenza alla pressione assiale che quella alla flessione radiale diminuiscono. Questi sono quindi indicatori utili per determinare la presenza di marciumi. In assenza di marciumi il frattometro dà importanti informazioni riguardanti la presenza di legno di reazione sia di tensione che di compressione. Laddove si sono determinate delle alte resistenze, si avranno anche le maggiori tensioni. E' questa una prova di capacità dell'albero di migliorare la resistenza ed anche la qualità del proprio legno.

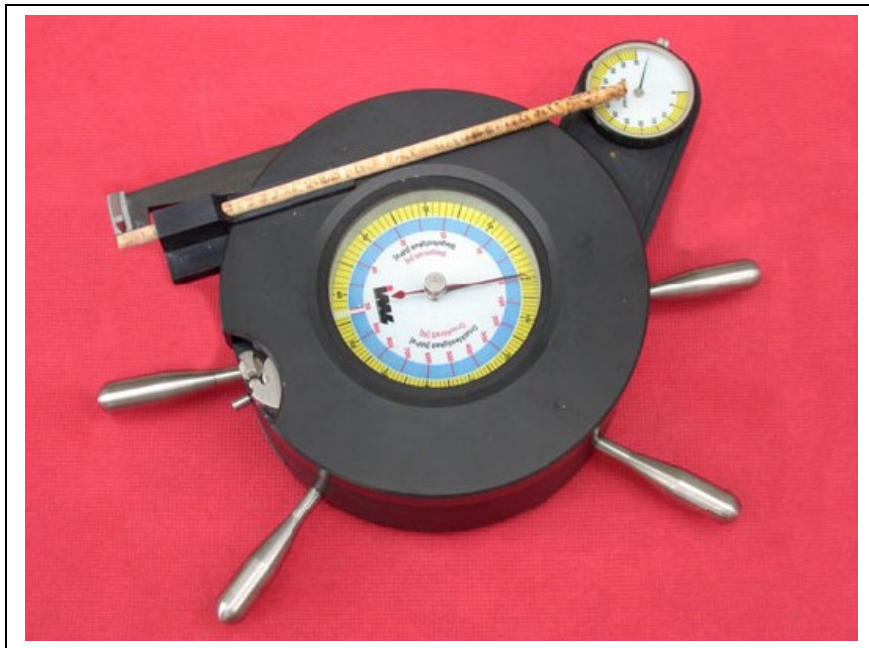


Figura 3.15 Il frattometro

3.3.3.2 Shigometer®

Si tratta di un tester elettronico, ormai non più utilizzato su larga scala, che trasporta la corrente pulsata attraverso una sonda e ne misura la resistenza dei tessuti di legno. Lo stato del legno alla punta della sonda è determinato dal modello della misura visualizzato sul tester digitale. Nel legno sano, soltanto i leggeri cambiamenti si presentano quando è inserita la sonda. Quando la punta della sonda passa dal legno sano al tessuto scolorito o decaduto, un cambiamento brusco si presenta nella lettura digitale. La grandezza di cambiamento nella lettura indica il grado di deterioramento nel tessuto mentre la profondità di inserzione indica il limite dei danni del tessuto.

3.3.4 L'ispezione radicale

Spesso gli schianti più rovinosi e meno prevedibili derivano da alterazioni all'apparato radicale, non direttamente osservabile. Una fonte di notizie sulla sua integrità può essere offerta dallo stato vegetativo della chioma, limitatamente ai casi in cui, per la presenza di marciumi radicali imponenti, il flusso linfatico è compromesso al punto di provocare avvizzimenti al fogliame. Sfuggono pertanto tutte quelle alterazioni o anomalie radicali, di origine parassitaria o no, che, pur senza compromettere il sistema vascolare, riducono la resistenza meccanica dei tessuti e scompensano gli equilibri statici all'interno dell'albero, i cui fenomeni di reazione non possono essere visti perché confinati negli organi ipogei.

Di qui la necessità primaria di partire da rilievi ad hoc, diversi dal modello attuale del VTA, che possano definire l'ancoraggio radicale e la presenza di lesioni o di fenomeni alterativi che ne compromettano l'integrità.

3.3.4.1 La tomografia ultrasonica

Per ultrasuoni si intendono onde elastiche che si propagano con frequenza superiore a quella della banda sonora, circa 20 kHz. Queste onde sono costituite da vibrazioni elastiche di particelle di materia e possono propagarsi quindi in ogni mezzo ma non nel vuoto. In quanto fenomeno ondulatorio, dal punto di vista della propagazione, gli ultrasuoni si comportano come radiazioni luminose: subiscono i fenomeni di riflessione, rifrazione e diffrazione quando incontrano discontinuità ed ostacoli. Inoltre sono caratterizzate da parametri fisici quali la frequenza, la lunghezza d'onda, la velocità di propagazione. E' un metodo che ha avuto molto successo e si è diffuso in vari campi di indagine in quanto riesce a rilevare i difetti interni dei più differenti

materiali conoscendo la velocità di propagazione dell'onda nel campione "sano", è possibile riconoscere ed individuare difetti presenti nel campione non sano.

Le onde ultrasoniche sono prodotte da generatori di impulsi applicati al tronco e montati su di una fascia elastica che ne avvolge la circonferenza. Per ogni sensore che trasmette, ve ne è posizionato uno diametralmente opposto, che riceve. Il tutto è collegato ad un oscilloscopio che analizza l'onda e ad un computer che elabora i percorsi di misura delle onde generate ed individua aree con caratteristiche elastiche omogenee. Il principio di funzionamento di tali rilevatori è legato alla diversa trasmissività delle onde emesse all'interno di un corpo in funzione alla sua densità che, nel nostro caso, è rappresentato dalla diversa compattezza dei tessuti legnosi, degradati o meno. Le aree non omogenee fanno registrare sullo strumento segnali d'impedenza anomali rispetto a quelli del legno sano. L'impedenza acustica è una grandezza caratteristica del mezzo che gli ultrasuoni attraversano e come tale condiziona la loro propagazione, ed è data dal prodotto della velocità dell'onda sonora per la massa volumica del campione. Questo tipo di analisi permette di avere un quadro rapido e completo dell'intera sezione del tronco dove sono stati sistemati i sensori, ma può consentire un'indagine indiretta dell'integrità strutturale dell'apparato radicale, in quanto, dal rilievo strumentale dei fenomeni degradativi al colletto, l'operatore deve saper dedurre se questi hanno avuto origine nelle radici o nel tronco.

Inoltre l'informazione che riusciamo ad ottenere con tale metodo non è puntiforme o lineare ma si riferisce all'intera sezione, per cui è possibile, dall'osservazione dell'estensione della cavità, ipotizzare la gravità e l'entità del danno.

3.3.4.2 La Termografia

Si tratta di un metodo di analisi che registra le radiazioni dell'infrarosso fotografico e termico emesso da un corpo. Applicato ai tronchi, le varie tonalità di colore dell'immagine forniscono notizie sulla sua temperatura, rilevandone le eventuali differenze in funzione della densità del legno e del suo contenuto in acqua. Tale tipo di rilevamento esige, di volta in volta, la taratura sul gradiente termico ambientale in quanto la misurazione è sempre fatta per confronto con la temperatura circostante e, per evitare rilevazioni di irraggiamenti non omogenei del corpo in esame, presuppone un impiego notturno. Anche l'applicazione di questo tipo di indagine, al fine del rilevamento dello stato delle radici, può essere considerata di tipo indiretto in quanto, rilevando le zone del colletto con diverso tenore di umidità o con carie, può evidenziare la presenza di radici con ridotta funzionalità vascolare o cariate. Tra gli strumenti di diagnosi la termografia presenta alcuni vantaggi:

- indaga l'intera sezione della pianta con un unico rilevamento;
- assicura una relativa facilità nella lettura dell'esito;
- offre una rapidità di esecuzione;
- nella maggior parte dei casi è in grado di mettere in evidenza eventuali marciumi radicali.

3.3.4.3 Ground Probing Radar (GPR)

Tra quelle descritte finora, la tecnica GPR è l'unica che potrebbe consentire una valutazione diretta delle radici, trattandosi di un metodo di analisi utilizzato nel settore geologico per la ricerca nel suolo di materiali di vario tipo e di sotto-servizi. Si tratta di una vera e propria ecografia effettuata facendo scorrere sul terreno un'antenna trasmittente - ricevente. La tecnica si basa sulla valutazione del comportamento che le onde elettromagnetiche alle radio-frequenze (10-1000 MHz) manifestano al passaggio in materiali con differenti caratteristiche elettriche (conducibilità e permittività elettrica). Nel contesto delle applicazioni diagnostiche su piante ad alto fusto, la tecnica georadar può consentire di affrontare due problematiche fondamentali:

- un'analisi all'interno del fusto per l'individuazione di eventuali cavità interne;
- la caratterizzazione della conformazione dell'apparato radicale.

Si è visto (Nicolotti, Godio, 1998) che la specie legnosa influenza in maniera secondaria le proprietà elettriche del mezzo, il ruolo preponderante è dovuto alla densità, all'umidità e alla salinità dell'acqua contenuta nella pianta. I parametri elettrici delle radici e del fusto risultano fortemente influenzati dall'attività linfatica e dalle modalità di assorbimento dei fluidi da parte dell'apparato radicale.

L'energia delle onde elettromagnetiche, irradiate nel sottosuolo per mezzo di un'antenna trasmittente, si propaga all'interno del mezzo e viene parzialmente riflessa in corrispondenza di corpi o elementi stratigrafici con differenti caratteristiche elettriche rispetto al suolo. La parte di energia riflessa viene captata da una seconda antenna ricevente, la quale può essere fisicamente accoppiata con l'antenna trasmittente, oppure essere separata da questa. Il tempo per il quale si osserva il segnale riflesso da un determinato elemento sepolto dipende dalla profondità dell'oggetto e dalla velocità di propagazione del segnale radar nel mezzo. Lo schema di funzionamento dei georadar comunemente impiegati prevede che il segnale captato venga registrato per ciascuna posizione dell'antenna trasmittente - ricevente in una finestra temporale predefinita che in pratica definisce la massima profondità utile dell'indagine. I singoli segnali radar vengono solitamente rappresentati attraverso l'andamento delle ampiezze dei segnali trasmessi in funzione del tempo di riflessione; si accostano tra di loro tutti i segnali acquisiti lungo un profilo e si rappresentano le

diverse ampiezze di riflessione per mezzo di una scala di differenti colori, in modo da ottenere così le sezioni georadar.

Allo stato attuale (Cellerino, 1998), la pianificazione di un rilievo con GPR esige indagini preliminari legate alle proprietà elettriche del suolo, al suo potere di riflessione, alla presenza di vari oggetti che possono interferire sull'interpretazione dei dati e al compromesso tra profondità e precisione del rilevamento.

Benché le prime sperimentazioni di questo metodo sono state incoraggianti, è indubbio che alcuni aspetti relativi ai limiti applicativi della tecnica devono essere ancora approfonditi. Si è infatti verificato (Nicolotti, Godio, 1998) che le onde elettromagnetiche alle radio frequenze sono in grado di individuare le radici in un terreno omogeneo; per contro la discriminazione tra radici sane e radici cariate appare più problematica in quanto non esiste una differenza significativa di caratteristiche elettriche tra queste due matrici

3.3.4.4 I sistemi di scavo ad aria compressa (Air-Spade®)

L'ispezione del sistema radicale attraverso l'escavazione del suolo è una pratica molto utile per avere notizie sulla stabilità di un soggetto arboreo. Esistono, in questo contesto, tre diversi tipi di escavazione del suolo che preservano danni alle radici:

- Manuale;
- Idraulica;
- Ad aria compressa.

Il sistema di scavo ad aria compressa è costituito da un compressore di alimentazione (con pressioni pari a 6 -7 bar e portata di 4500 l/h) che produce un flusso d'aria che viene convogliato sul terreno mediante un apposita lancia dotata di ugello orientabile a 45°, maneggiato direttamente dall'operatore, in grado di dirigere il getto d'aria alla velocità di 2000 km/h e di scavare fino a 30-40 cm consentendo di liberare la porzione più significativa di un apparato radicale. (Pestalozza, 2004). Il sistema di scavo ad aria compressa ha una duplice scopo, ovvero di studiare le condizioni dell'apparato radicale senza arrecare lesioni al capillizio e di apportare un miglioramento strutturale e nutritivo al substrato. Infatti il terreno rimosso può essere miscelato con prodotti ammendanti e sostanze umiche. L'azione di decompattamento del terreno può essere effettuata su tutta la superficie sotto chioma oppure solamente su strisce predefinite di terreno, di larghezza e profondità variabili, comunemente dette "trincee". Tali scavi vengono effettuati a raggiera partendo dal tronco. L'intervento produce effetti molto positivi sulle radici, soprattutto per l'aumento del tenore di

ossigeno nel suolo, che è spesso un fattore limitante. La tecnica si basa sul principio dello sgretolamento soffice del suolo, che deriva da tecniche di scavo di terreni interessati ad attività bellica, ovvero sul comportamento tipico dei corpi con macro-porosità. Questo sistema provoca lo sbriciolamento e l'immediata rimozione del terreno colpito dal flusso di aria, mentre lo stesso scivola via dai corpi meno porosi, come le radici, lasciandole intatte. E' inoltre vantaggioso perché non è necessario l'impiego di acqua, e non vi è quindi la formazione di grandi volumi di fango, con le relative problematiche di smaltimento. E' chiaro che il sistema di scavo può essere eseguito solo in condizioni di ampi spazi e, se attuato in ambito cittadino, deve essere garantito il blocco d'accesso ad automezzi e persone.

Con l'utilizzo dello scavo ad aria è possibile portare alla luce i cordoni principali e quindi valutarne lo stato e le condizioni strutturali e di stabilità. Qualora vi sia il sospetto di danni a carico delle radici e vi siano cavità alla base dell'albero di possibile provenienza radicale, è consigliabile estendere l'analisi visiva anche alle parti interrato nascoste.

Nella valutazione di stabilità degli alberi non è necessario l'impiego contemporaneo di tutte le strumentazioni, tuttavia per ottenere una risposta significativa, è consigliabile l'utilizzo di più strumenti tra loro combinati. Per esempio, l'analisi degli alberi monumentali del Parco di Santena, di diametro considerevole, è stata condotta inizialmente con il martello ad impulsi e successivamente con il tomografo; il resistograph non è stato preso in considerazione per le grandi dimensioni dell'albero e la limitata ispezione dimensionale di tale strumento.

Risiede comunque nell'esperienza e nella discrezionalità dell'operatore la scelta del tipo di indagine che in alcuni casi potrà limitarsi anche solo all'approccio visivo. Bisogna anche ricordare che alcune pratiche diagnostiche presentano un più o meno elevato grado di invasività, per cui la loro applicazione deve limitarsi ai casi di effettiva necessità. Le indagini devono essere necessariamente condotte da personale tecnico professionalmente preparato.

Capitolo 4 Risultati

4.1 Considerazioni generali

Da tutte le schede pianta di un ambito, più ambiti e infine di tutto il patrimonio da controllare si compie uno screening e si rilevano tutte le ulteriori indagini strumentali che bisogna compiere. In totale, considerando i 1301 esemplari assegnatici, non avendone individuato 102, abbiamo compiuto l'indagine su 1199 ed abbiamo constatato che 211 hanno avuto bisogno di un ulteriore controllo strumentale per una più accurata diagnosi dei loro difetti.

Su questi 211 alberi, l'analisi strumentale è stata condotta alla base su 198, sia sulla base che in chioma su 11 esemplari e su 2 soltanto sulla chioma (Grafico 4.1)

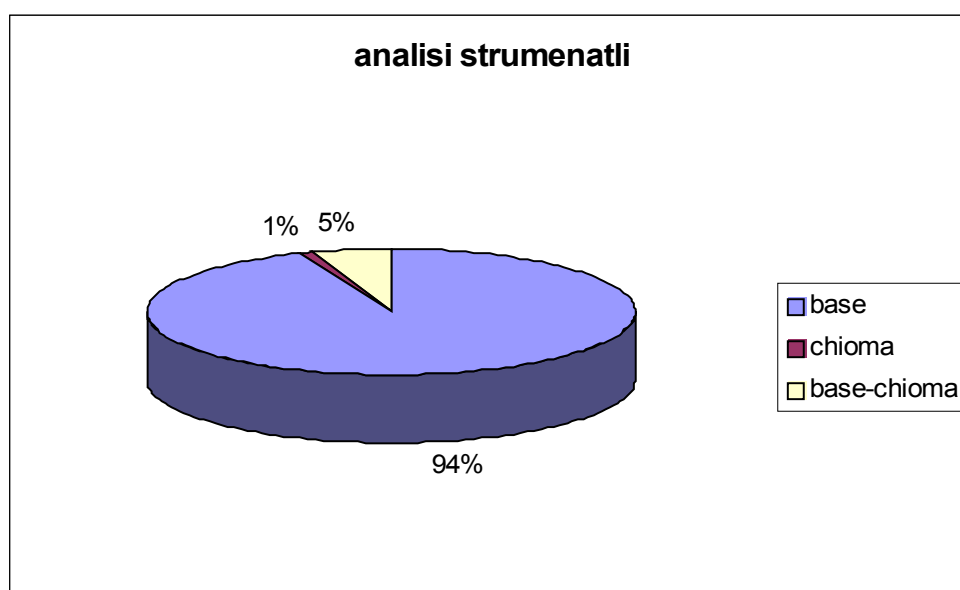


Grafico 4.1 Punti di indagini delle analisi strumentali

I valori strumentali ottenuti, sia dai profili di densità, sia dalle risoluzioni in 3D del tomografo che dai valori di velocità del suono attraverso il legno del martello ad impulsi, sono stati suddivisi in: Normali, Anomali, Critici e Sospetti. Il grafico 4.2 rappresenta la situazione che abbiamo constatato in campo.

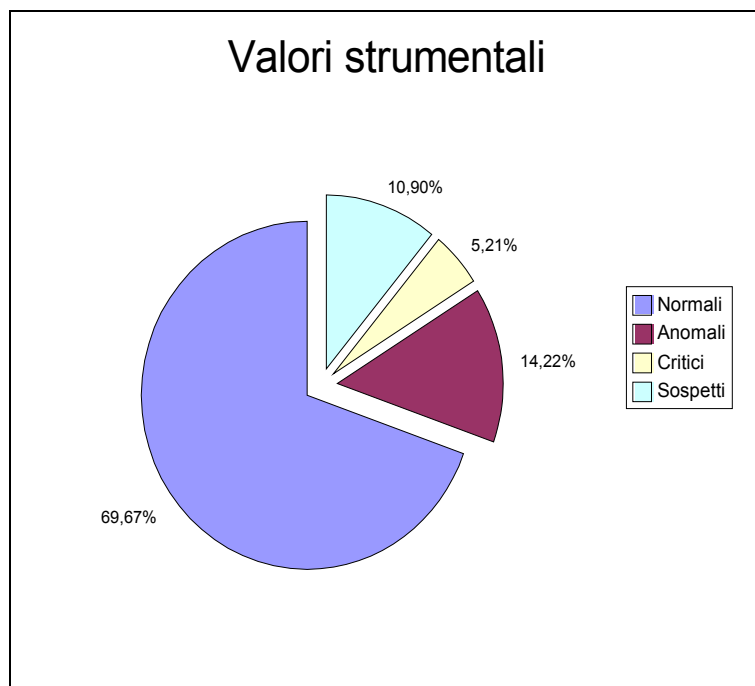


Grafico 4.2 Natura dei valori strumentali

Supportati dai risultati delle indagini strumentali, compiute per la maggior parte dei casi con il Resistograph, siamo riusciti a classificare tutte le piante nelle classi di rischio FRC. E' risultato che il patrimonio arboreo da noi monitorato gode di una buona salute, infatti ben 860 alberi rientrano nella classe B e solo 16 rispettivamente nelle classi C-D e D. Il tutto è descritto nella tabella sottostante.

<i>Ambiti</i>	<i>Totale Piante</i>	<i>Indagini strumentale</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>C-D</i>	<i>D</i>	<i>Non trovate</i>
<i>C.so Palestro</i>	94	22	34	36	14	1	3	6
<i>C.so Beccaria</i>	35	1	3	18	–	–	–	14
<i>C.so Siccardi</i>	50	6	4	44	1	–	–	1
<i>G.no Cittadella</i>	84	24	22	43	13	–	–	6
<i>C.so Valdocco</i>	114	20	31	74	7	–	–	2
<i>C.so Vinzaglio</i>	419	44	73	317	16	–	3	10
<i>P.za C. Felice</i>	53	10	14	30	13	–	1	2
<i>P.za Cavour</i>	76	17	15	42	10	1	–	8
<i>P.za M. Teresa</i>	79	19	8	61	8	–	1	1
<i>P.za Statuto</i>	82	11	20	48	2	1	1	10
<i>C.so San Martino</i>	66	44	1	59	1	–	–	5
<i>V.le Partigiani</i>	32	5	6	20	3	1	1	1
<i>V.le Cernaia</i>	33	10	–	18	2	–	–	13
<i>Parco Santena</i>	74	15	11	50	9	1	1	25
Totale	1291	252	242	860	99	5	11	104

Tabella 4.1 Ambiti e classi FRC della popolazione arborea

E, schematicamente nel grafico 4.3, si può riscontrare la suddivisione in classi FRC sopra elencata.

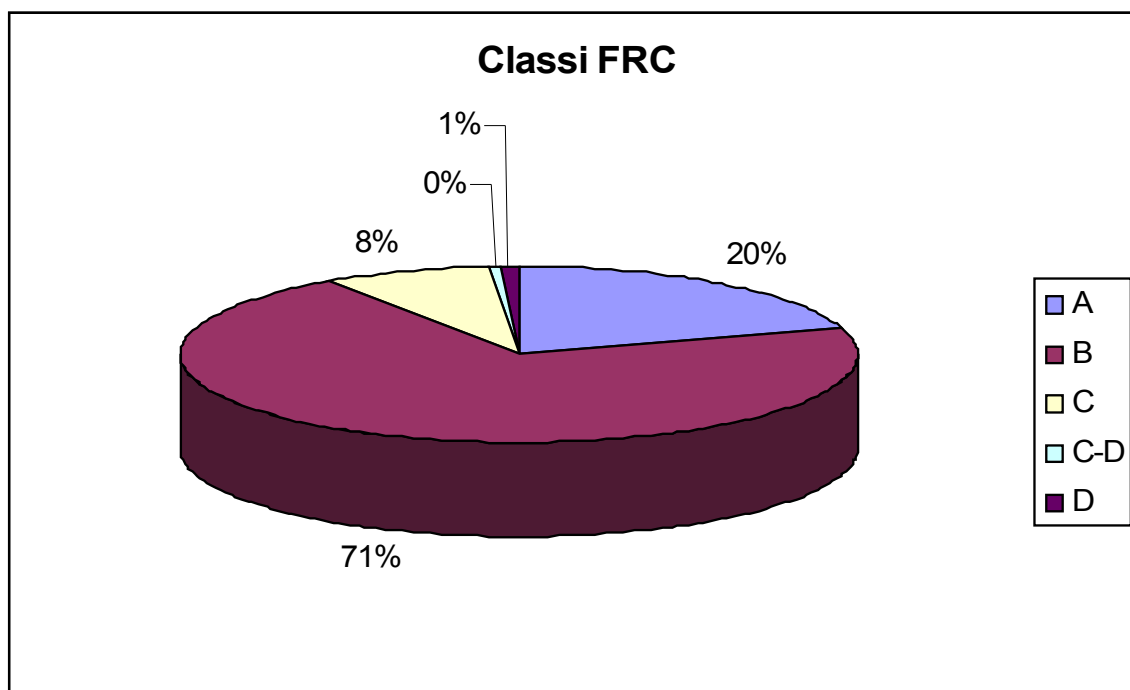


Grafico 4.3 Suddivisione in classi FRC

Gli alberi appartenenti alle classi maggiormente rischiose, C, C - D e D si trovano nei seguenti ambiti (Tabella 4.2) e, per i soggetti arborei appartenenti alla classe C - D, ho descritto in modo schematico i difetti riscontrati (Tabella 4.3).

Ambito	C	C/D	D
Beccaria	0	0	0
Cernaia	2	0	0
Cavour	10	1	0
Felice	5	0	1
Cittadella	13	0	0
Palestro	14	1	3
Partigiani	3	1	1
S.Martino	1	0	0
Siccardi	1	0	0
Statuto	2	1	1
Valdocco	7	0	0
Vinzaglio	16	0	3
Maria Teresa	8	0	1
Santena	9	1	1
Totale	91	5	11

Tabella 4.2 Numero e posizionamento delle piante C, C - D e D

N°	Ambito	Specie	Chioma	Fusto	Colletto	Analisi
18	V.le Partigiani	<i>Tilia cordata</i>	Branche corteccia inclusa L carpofori castello S.	Carpofori lignicoli S	Radici affioranti S	Chioma
67	C.so Palestro	<i>Aesculum hippocastanum</i>	Filloptosi precoce L	Ferita aperta L.	Allargato S, radici affioranti decorticate S	Base
70	P.zza Cavour	<i>Acer campestre</i>	Carpofori branche G, cavità castello G.		Allargato G, carpofori G, cordone radicale lesionato S.	Base
5	Santena	<i>Platanus acerifolia</i>	Capitozzi S., ferite branche S.	Carpofori lignicoli G., ferita aperta G.	Bombatura L, carpofori G, cavità aperta G	Base
15	Piazza Statuto	<i>Sophora japonica</i>	Cavità al castello G, secco fisiologico S.	Cavità aperta G		Base

Tabella 4.3 Esempari appartenenti alla classe FRC C - D

Per quanto riguarda il sito di impianto (Grafico 4.4) degli individui arborei, abbiamo riscontrato 856 alberi in doppio filare, principalmente situati nei diversi Corsi della città come C.so Palestro, C.so S. Martino, C.so Vinzaglio, C.so Siccardi, C.so Valdocco e Via Cernaia; 32 piante in filare singolo e precisamente lungo il Viale dei Partigiani, e 279 sparse: quest'ultimo dato si riferisce alle piante radicate nelle piazze, nei giardini urbani e nel Parco di Santena.

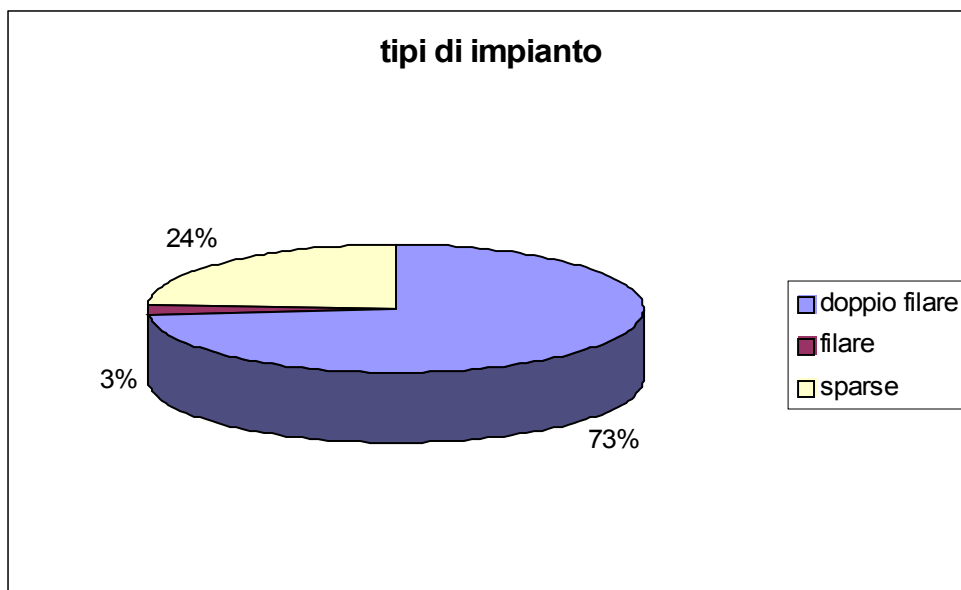


Grafico 4.4 I tipi di impianti degli alberi indagato

Il tipo di pavimentazione che abbiamo riscontrato maggiormente (Grafico 4.5) è rappresentato dalla costipazione, condizione questa a cui sono relegati e costretti quegli alberi che hanno a disposizione uno spazio troppo limitato per la crescita dell'apparato radicale. Essi sono presenti soprattutto lungo i corsi o i viali, delimitati da una parte dalla strada, dall'altra dalla pista ciclabile quando lo spazio lo permette e si trovano a dover sopravvivere su un'aiuola delimitata da mattoni e con un terreno quasi del tutto compatto.

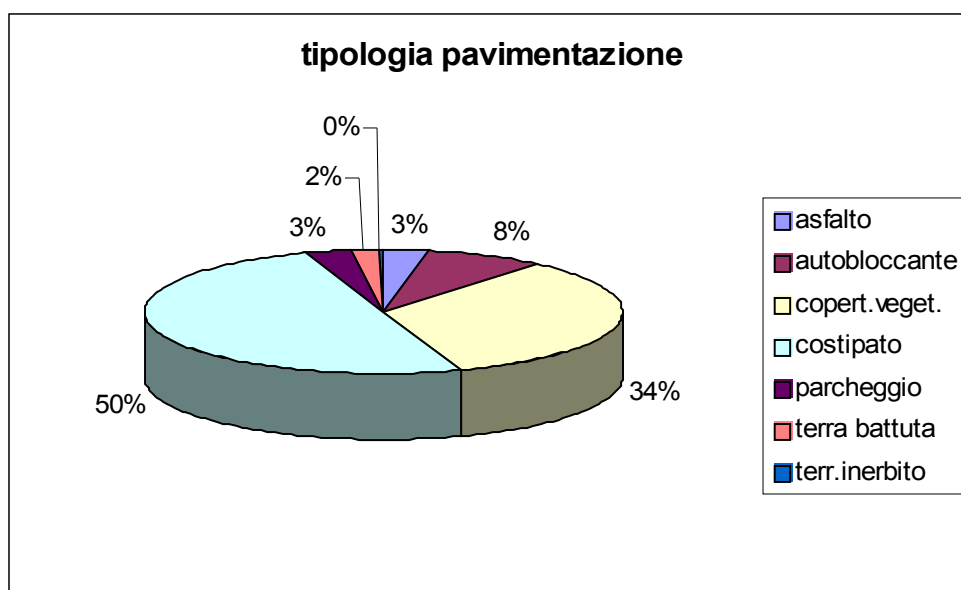


Grafico 4.5 Tipologia della pavimentazione

Le caratteristiche analitiche di tutti gli esemplari arborei considerati sono schematizzati nei seguenti tre grafici in cui si riportano il diametro a petto d'uomo degli alberi espresso in centimetri (Grafico 4.6), le altezze espresse in metri (Grafico 4.7) e il diametro della chioma anch'esso espresso in metri (Grafico 4.8).

Si può affermare che la popolazione da noi analizzata è caratterizzata, in massima parte, dall'aver più individui con il diametro compreso tra 30 e 50 cm, con un'altezza compresa tra 15 e 20 metri e con il diametro della chioma compreso tra 10 e 15 metri.

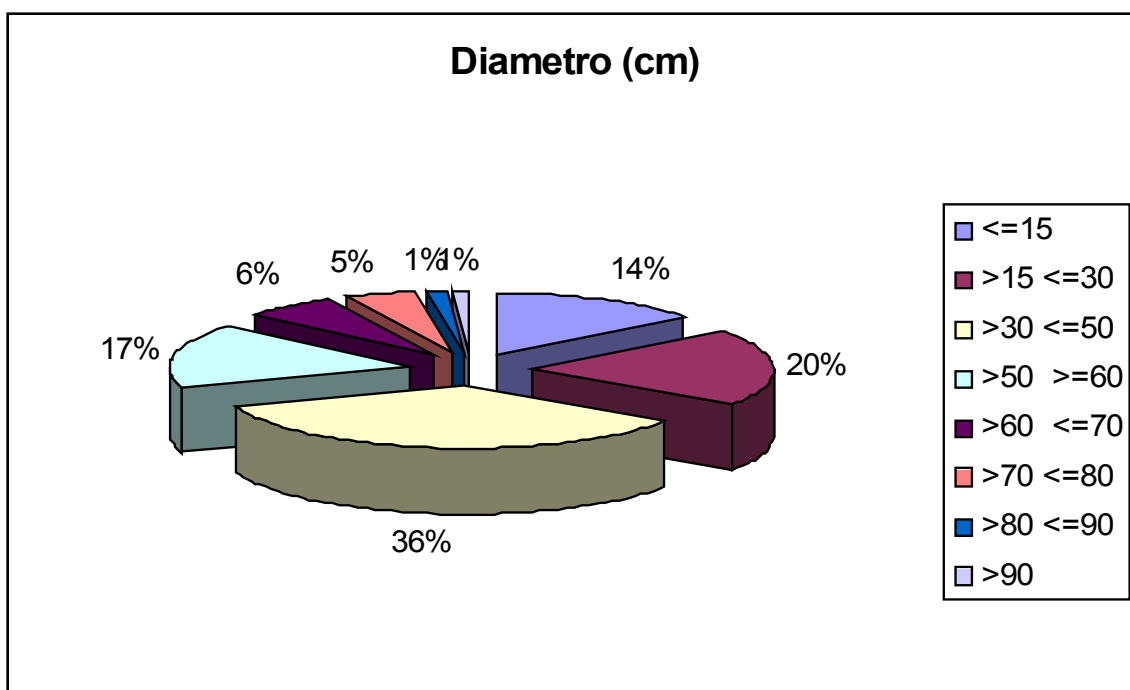


Grafico 4.6 Diametro degli alberi (cm)

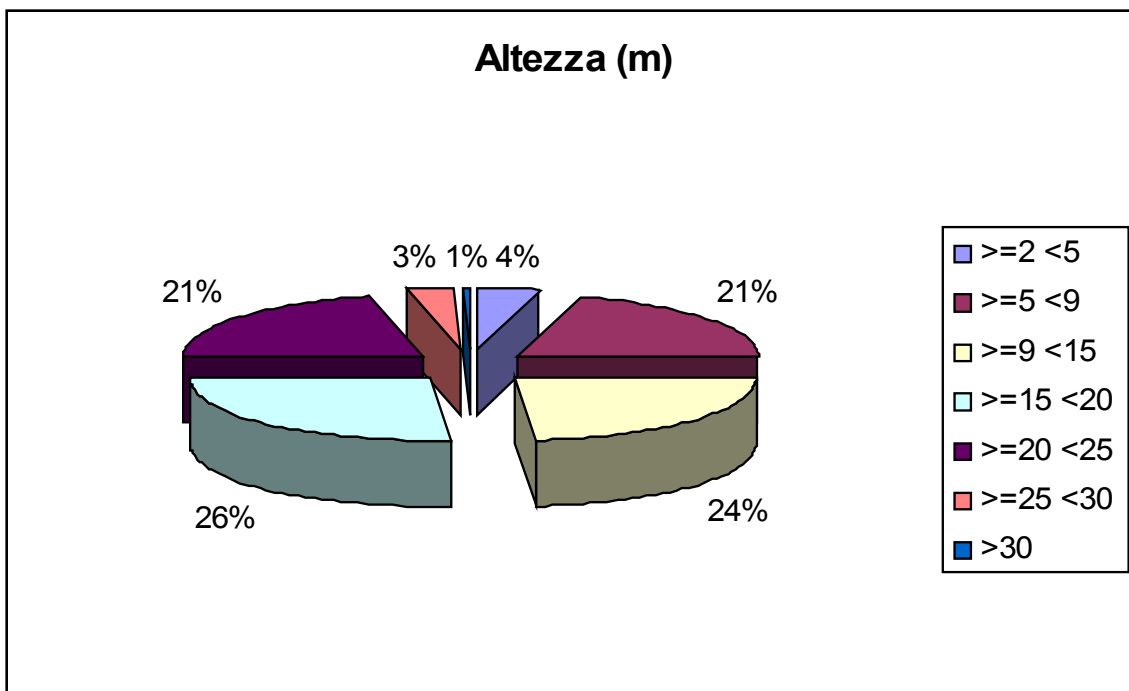


Grafico 4.7 Altezze degli alberi (m)

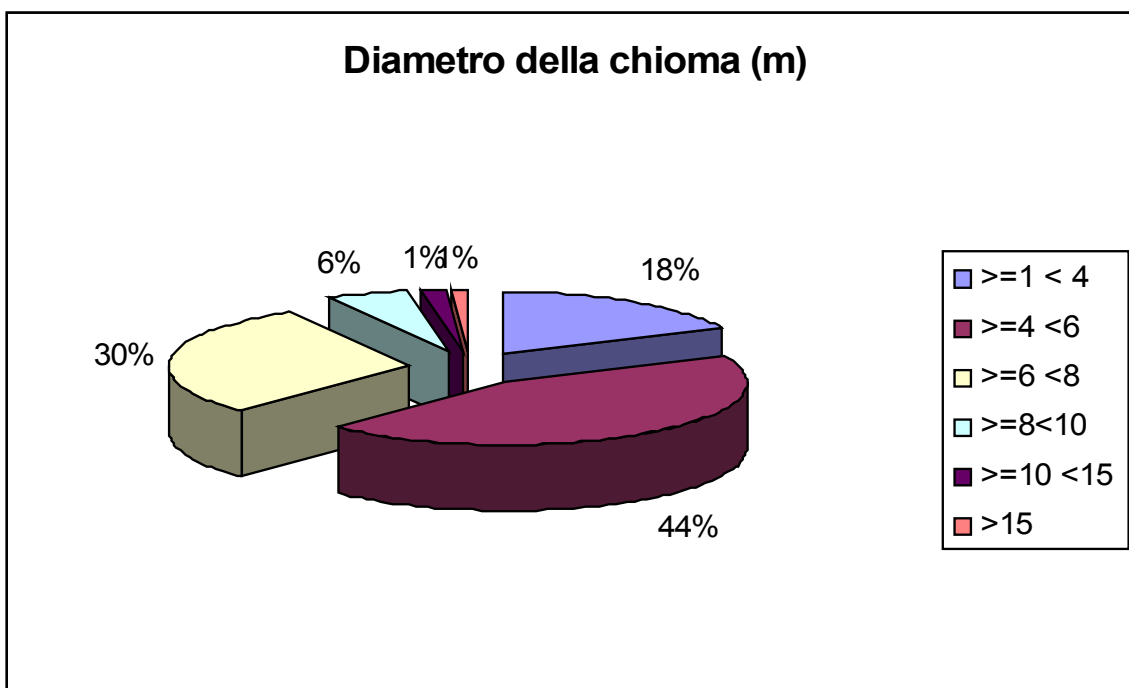


Grafico 4.8 Diametri delle chiome (m)

Le specie ornamentali incontrate nel nostro monitoraggio sono enunciate nelle seguente tabella:

Specie arborea	Quantità
<i>Celtis australis</i>	415
<i>Aesculus hippocastanum</i>	271
<i>Tilia cordata</i>	93
<i>Platanus acerifolia</i> <i>Acer sp</i>	10
<i>Ulmus sp.</i>	13
<i>Acer sp.</i>	
<i>Pinus strobus</i>	20
<i>Carpinus betulus</i>	11
<i>Fagus sylvatica</i>	15
<i>Ginkgo biloba</i>	11
<i>Acer platanoide</i>	9
<i>Quercus rubra</i>	10
<i>Liquidambar styraciflua</i>	16

Tabella 4.3 Specie arboree presenti in campo

Le specie di *Celtis australis*, *Aesculus hippocastanum* e di *Tilia cordata* si trovano principalmente come alberature stradali, mentre gli altri individui arborei si trovano in parchi cittadini e nel Parco storico di Santena. (Grafico 4.9)

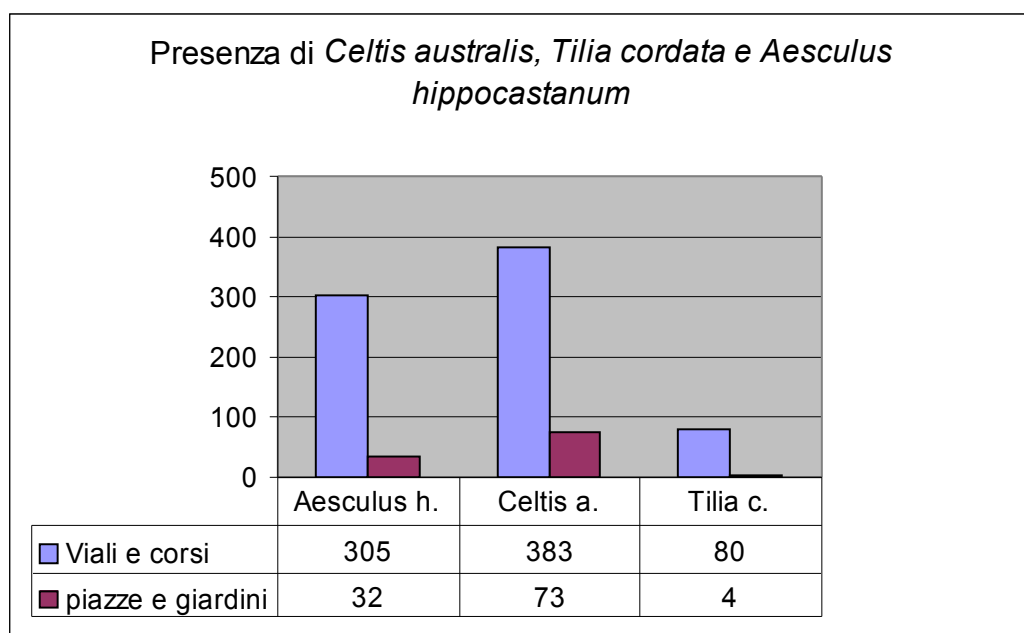


Grafico 4.9 Presenza di *Aesculus hippocastanum*, *Tilia cordata* e *Celtis australis*

Le specie maggiormente utilizzate nelle piazze e nei giardini urbani di nostra competenza sono essenzialmente quelle descritte dal grafico sottostante.

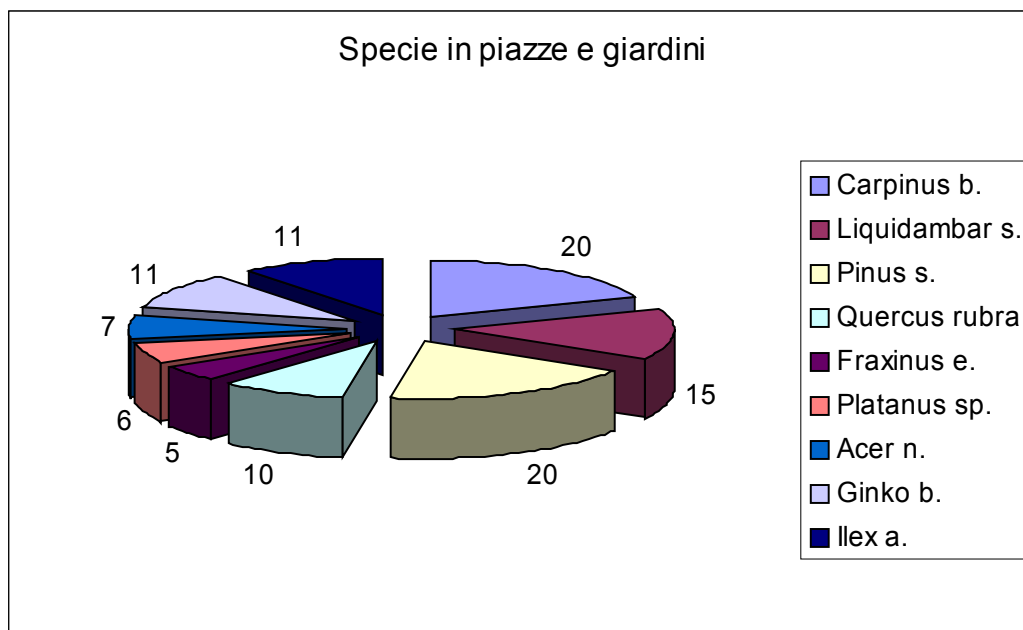


Grafico 4.10 Specie presenti in parchi e giardini urbani di Torino

4.2 Esempari appartenenti alla classe D

Viene riportato un riepilogo degli alberi appartenenti alla classe D della classificazione FRC per dare l'idea di come viene affrontato il tema delle elaborazioni e interpretazioni delle indagini strumentali.

4.2.1 Parco di Cavour

La situazione più difficile ai nostri occhi è rappresentata dall'esemplare n° 584 (foto 4.1) che è stato classificato D per i gravi difetti riscontrati: decorticazioni gravi al fusto, una significativa inclinazione ed al colletto una grave ed evidente carie del legno. I responsabili tecnici, hanno ritenuto non servirci della diagnosi più precisa degli strumenti perché già all'analisi visiva, è risultata una situazione troppo precaria di stabilità. Per abbattere tale esemplare bisognerà acquisire le dovute autorizzazioni da parte degli Enti preposti alla tutela ambientale e monumentale.



Foto 4.1 Esempio di platano n° 584 classificato D

4.2.2 Piazze e giardini urbani

Negli ambiti di nostra competenza abbiamo riscontrato tre alberi che necessitano di essere sostituiti per le loro condizioni precarie di stabilità

Il primo esemplare è sito in Piazza Statuto (foto 4.2) ed è un *Prunus sp.*, il numero 52, con un'altezza di 5 metri ed un diametro di 32 cm. I difetti riscontrati sono dei rami secchi appesi ed una significativa cavità aperta sul fusto (foto 4.3).

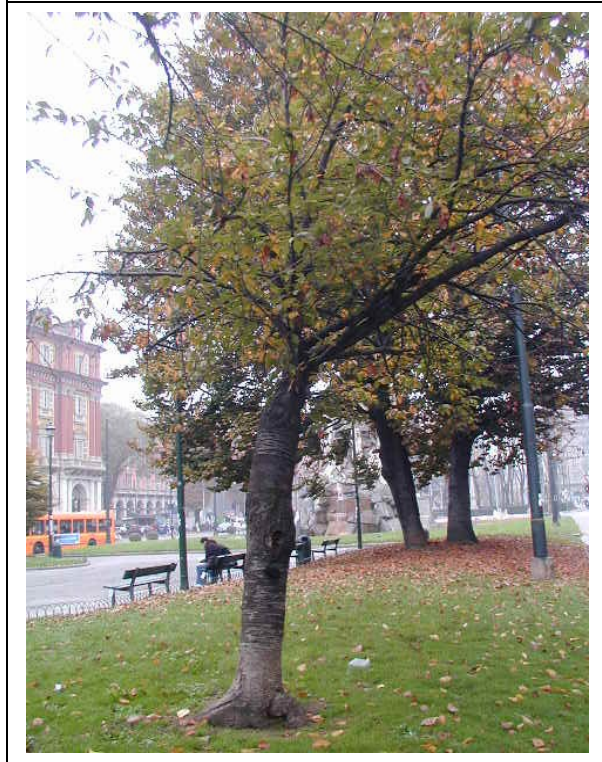


Foto 4.2 Piazza Statuto n° 52



Foto 4.3 Cavità aperta nel Prunus di piazza Statuto

Il terzo esemplare è ubicato in Piazza Carlo Felice (foto 4.4 - 4.5), antistante la stazione ferroviaria di Porta Nuova, e si tratta di un *Acer sp.* le cui dimensioni sono: diametro 53 cm ed altezza 16 metri. I difetti che presenta sono una significativa inclinazione del fusto, dei distacchi corticali sul fusto e delle radici affioranti decorticate ed un cordone radicale gravemente degenerato.



Foto 4.4 - 4.5 Piazza C. Felice n°3



L' ultimo esemplare si trova in Piazza Maria Teresa ed è un *Aesculus hippocastanum* (foto 4.6) in cui si presentano dei capitozzi alla chioma e delle ferite al castello, ha inoltre sul fusto delle

lesioni cicatrizzate ed al colletto della carie del legno piuttosto grave, una cavità aperta ed un cordone radicale degenerato.



Foto 4.6 Piazza S. Maria n° 30

4.2.3 I viali alberati

Dalla nostra indagine sono risultate 7 le piante classificate come D, di cui tre si trovano in Corso Palestro, altre tre in Corso Vinzaglio ed una in Viale dei Partigiani.

In Corso Vinzaglio la situazione è la seguente:

- *Ulmus sp.* n° 177 (foto 4.7) in cui sono presenti dei corpi fungini sul fusto, della carie, dei tumori e dei riscoppi vegetativi. Inoltre la presenza dell'olmo è di scarso pregio e non è in sintonia con gli esemplari presenti (bagolari e ippocastani);
- *Aesculus hippocastanum* n° 81 (foto 4.8) in cui vi è una grossa ferita sul fusto in chiusura e una carie del legno;
- *Celtis australis* n° 344 in cui si notano delle radici affioranti decorticate, altre strozzanti, in più vi è l'inclusione di manufatti da parte del colletto, un grande cordone di reazione e si notano grandi tagli di potatura sulle branche.



Foto 4.7 Corso Vinzaglio n° 177



Foto 4.8 Corso Vinzaglio n° 81

In Viale dei Partigiani è radicato un *Tilia cordata* n° 27 (foto 4.9) in cui nelle branche la corteccia è inclusa, sul fusto vi è una grande ferita aperta e il colletto si presenta allargato, vi è anche qui una cavità aperta ed un cordone di reazione molto significativo



Foto 4.9 Viale dei Partigiani n° 27

Esaminando gli individui arborei di Corso Palestro troviamo:

- *Aesculus hippocastanum* n° 55 (foto 4.10) che presenta delle branche secche ed una filloptosi precoce e, al livello del colletto, la presenza di corpi frutteferi significativi, una ferita grave in chiusura e l'inclusione di manufatti;
- *Aesculus hippocastanum* n° 60 (foto 4.11) con una chioma gravemente asimmetrica e dei grossi tagli di potatura alle branche, sul fusto sono presenti dei carpofori lignicoli ed il colletto è allargato e presenta delle radici affioranti decorticate;
- *Aesculus hippocastanum* n° 33 (foto 4.12) in cui la chioma presenta un vigore vegetativo molto debole e del secco fisiologico, sul fusto vi sono dei carpofori lignicoli ed una cavità aperta ed infine il colletto è allargato e vi sono delle radici affioranti decorticate, in più il cordone radicale è lesionato.



Foto 4.10 Corso Palestro n°55



Foto 4.11 Corso Palestro n°60



Foto 4.12 Corso Palestro n°33

4.3 Carpofori e ferite

Un altro aspetto che metto in evidenza è la concomitante presenza di corpi fungini e di cavità aperte lungo il fusto o sulle branche. Si sa infatti che gli agenti fungini di carie penetrano nell'albero attraverso le cavità e la loro ultima azione, dopo aver digerito parte del legno interno, è la formazione di corpi fruttiferi che servono al fungo per emettere le spore, colonizzatrici di altri ospiti. Per le piante utilizzate in centri urbani, l'attenzione viene soprattutto posta agli agenti in grado di deturpare le caratteristiche ornamentali e di ridurre la stabilità, imponendo misure atte a garantire la sicurezza di chi fruisce degli spazi pubblici.

4.3.1 La diagnosi della carie

L'analisi della chioma nel suo complesso (vigore, colore, densità della vegetazione) può dare un'idea dello stato di salute generale dell'albero; così come l'analisi delle branche e dei loro punti di attacco sul tronco (presenza di cicatrici, aree di corteccia necrotiche, fessure, inclusioni di corteccia, costolature) possono dare informazioni al riguardo sulla stabilità dell'albero. Una crescita stentata, un colore pallido del fogliame, una vegetazione rarefatta, la presenza di seccumi o branche morte, una lenta cicatrizzazione delle ferite, oltre che indizi di sofferenza generale della pianta, possono essere sintomi di un'estesa presenza di carie nel fusto. Rigonfiamenti e depressioni, flussi di materiale colorati, cavità più o meno palesi, presenza di carpofori, sono anch'essi sintomi collegabili a presenza di carie e comunque rappresentano delle manifestazioni di rischio che vanno tenute in considerazione.

4.3.2 La lotta alla carie

La miglior lotta contro la carie, in pratica l'unica vincente, è quella di tipo preventivo, volta a rendere le piante vigorose e mantenere viva la loro reattività, oltre ad evitare le grosse ferite.

In fase di messa a dimora, oltre ad una scelta delle specie più confacenti alla stazione e più resistenti ai pericolosi parassiti o agli stress abiotici, risulta molto importante porre le piante alle dovute spaziature, in modo da garantire un adeguato sviluppo radicale e di ovviare nel tempo a drastiche mutilazioni della chioma.

Nelle piante già a dimora, si potranno migliorare le condizioni di sviluppo vegetativo attraverso l'aerazione del suolo, le irrigazioni, le concimazioni e gli interventi fitosanitari. Per quanto riguarda le potature sarà opportuno evitare gli interventi nella tarda stagione vegetativa, quando ancora sono possibili infezioni e le piante sono ormai scarsamente reattive; evitare ancor di

più le capitozzature preferendo le potature più frequenti recidendo i rami a filo del collare basale stando ben attenti a non intaccarlo.

4.3.3 I risultati d'indagine

Utilizzando il prospetto riassuntivo degli alberi analizzati ed avendo a disposizione il filtro per estrapolare i dati che interessano, metto in luce la co - presenza di carpofori e ferite, più o meno estese, a carico dell'albero.

E' risultato che su 31 alberi che presentano dei corpi fruttiferi fungini, 18 hanno anche delle cavità aperte, delle ferite al castello, alle branche o degli evidenti tagli di potatura. I rimanenti 13, pur non presentando una vera e propria lesione, hanno però tra loro in comune uno scarso valore vegetativo, del secco fisiologico e il fenomeno della filloptosi precoce. In questo quadro il grafico 4.11 mette in evidenza le parti della pianta in cui si evidenziano i corpi fruttiferi.

Questo fenomeno mette in luce l'importanza di evitare, quanto più possibile, di compiere lesioni all'albero, sia nella vita di tutti i giorni sia anche quando viene indagato strumentalmente dagli operatori del settore, e soprattutto quando viene potato, evitando grosse ferite.

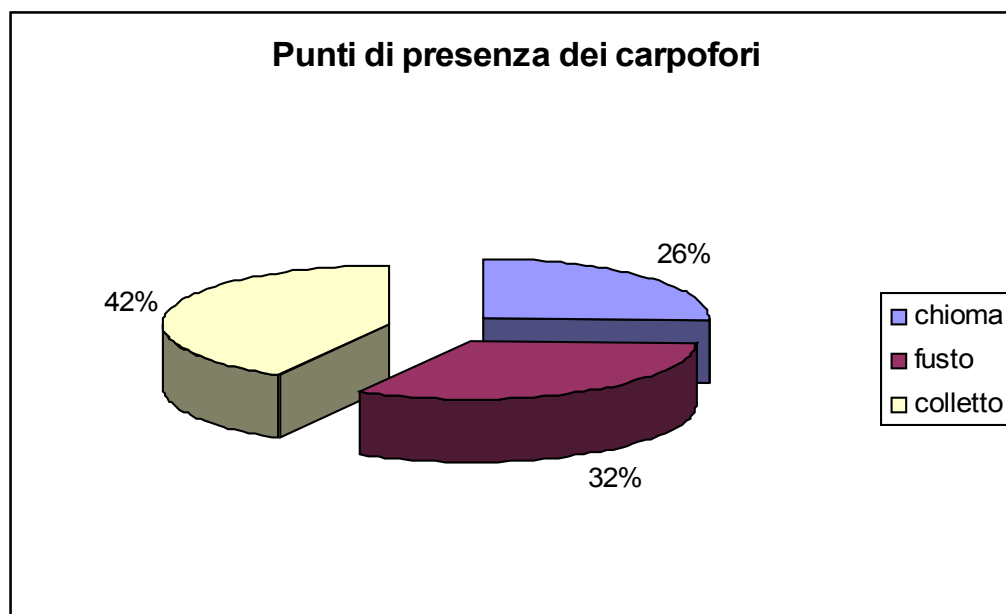


Grafico 4.11 Punti dell'albero in cui sono stati individuati i carpofori

Capitolo 5 Considerazioni conclusive

Come si evince dai grafici 4.9 e 4.10, esiste una grande differenziazione della presenza delle diverse specie arboree tra viali alberati, parchi e giardini; ciò sta alla base della progettazione del verde urbano, in cui la scelta delle piante da utilizzare è di tipo tecnico, basata sulle risultante dello studio ambientale: frequentemente gli individui arborei devono svolgere funzioni soprattutto igieniche, di sistemazione idrogeologica, di miglioramento fisico dell'ambiente.

Il verde urbano viene classificato in vari modi, in quanto, anche se in forme diverse, le tipologie di verde vengono comunque correlate alle destinazioni e alle forme di fruizione diverse. Una possibile classificazione può essere la seguente:

Verde di arredo: sta ad indicare tutto il verde che entra nella struttura del tessuto urbano svolgendo essenzialmente quella funzione igienico sanitaria necessaria all'ambiente cittadino.

•**Giardini storici**: sono le aree verdi più antiche, legate allo sviluppo della città, a volte testimoni importanti di vicende storiche. In questi giardini, il problema maggiore consiste nel conservare l'originaria struttura, o rispettare l'ultima impronta, salvaguardando nel contempo l'incolumità dei fruitori. Infatti, la presenza di alberi molto vecchi comporta la necessità di periodiche e attente verifiche di stabilità dei soggetti e delle loro generali condizioni di salute. Può anche essere necessario limitare o interdire l'accesso al pubblico. Un esempio nel nostro studio è il Parco di Cavour a Santena, antica riserva di caccia del Conte. Il Parco ha un'estensione di circa 20 ettari annesso all'omonimo castello e fu realizzato intorno al 1830 su un precedente impianto settecentesco. La storia del Parco è stata caratterizzata da complesse vicende gestionali, grande interesse alternato a periodi di incuria da parte dei proprietari che si sono susseguiti, hanno portato a ripetute carenze di manutenzione, interventi inadeguati, lavori stradali che hanno occluso il sistema di deflusso delle acque del parco. Tutto ciò ha imposto drastiche limitazioni alla fruizione pubblica anche perché il parco è divenuto tristemente famoso per uno schianto, che nel 1987 ha causato la morte di due persone. Attualmente si trovano nella zona 900 piante di specie diverse, con un elevato numero di esemplari monumentali sia per dimensione che per età; quelle più numerose sono il platano, i cui esemplari più grandi risalgono al XVIII secolo, le querce (soprattutto farnia e rovere), il carpino, il cipresso.

•**Spazi verdi di quartiere**: si tratta di aree verdi di limitata estensione inserite a macchia di leopardo nel tessuto urbano. Questo verde viene fruito giornalmente dalla gente che risiede nella zona e riveste un'importante funzione ricreativa, di svago e di incontro. La scelta delle specie può essere molto varia, l'importante è che siano contenute nello sviluppo e che abbiano una spiccata rusticità per ridurre al minimo la loro manutenzione. Nel nostro studio abbiamo

analizzato e studiato lo stato di stabilità degli alberi in spazi verdi quali Piazza Carlo Felice, il Giardino della Cittadella, Piazza Maria Teresa, Piazza Cavour e Piazza Statuto.

•**Viali alberati:** rappresentano un'importante tipologia di verde caratterizzante l'ambiente urbano e la grande viabilità, costituiscono un patrimonio da salvaguardare, dove è possibile, o da sostituire, dove il peso degli anni e le precarie condizioni di salute lo rendono necessario. In tali condizioni, l'albero è costretto a convivere con un forte inquinamento dell'aria, con insulti di varia natura a causa di scavi che vanno ad interferire con l'apparato radicale, con i parcheggi selvaggi che determinano urti meccanici e compattazione del terreno. E' necessario quindi orientare la scelta su specie che presentano determinati requisiti, quali:

- capacità di ridurre la carica batterica dell'aria,
- capacità di ridurre il rumore;
- resistenza alle malattie e rusticità;
- ridotte esigenze manutentive;
- resistenza alla siccità.

Nel nostro caso, i viali considerati permettono agli alberi di avere degli ampi spazi, cioè marciapiedi oltre gli 8 metri, per cui sono caratterizzati, quando le situazioni lo permettono, da doppi filari con in mezzo anche delle piste ciclabili.

Brevemente di seguito riporto degli esempi fotografici delle situazioni finora descritte, per avere un'idea delle diversità del verde d'arredo in città e delle modalità di vita degli esemplari arborei.



Foto 5.1 Esempari monumentale a Santena



Foto 5.2 Platano n° 5 a Santena



Foto 5.3 Esemplari n° 3 e 4 a Santena

5.1 Parco storico di Cavour a Santena

Il Parco nel territorio di Santena è un chiaro esempio di giardino storico con preziose eredità immobiliari ed arboree. Inizialmente fu una residenza privata, della famiglia Cavour, in seguito divenne di pubblica gestione. Il primo progetto originale si crede sia ad opera dell'architetto Lorenzo Lombardi, alla fine del 1700, ma di questo non è giunta nessuna notizia dopo la piena del torrente Banna, che attraversa il parco, e che con la sua violenza distrusse ogni cosa.

Agli inizi dell'800, periodo in cui si diffuse l'importanza dell'arte dei giardini, il parco fu affidato alle cure di Xavier Kurten, uno dei migliori "paesaggisti" del tempo e fino ai giorni nostri non ha subito grandi cambiamenti. Nel 1958, il Comune di Torino ha operato una serie di interventi di manutenzione per rendere più accessibile il parco al pubblico, ed in quella occasione un centinaio tra gli esemplari più vecchi furono abbattuti (Bovo, Cirulli, 2004).

Nei primi anni '90 fu portato a termine uno studio di stabilità degli esemplari arborei con il metodo VTA. Si stimò che nel Parco erano radicate circa 800 alberi, 580 dei quali erano più alti di 10 metri, e quasi tutti con dimensioni enormi sia diametrali che della chioma stessa. Le specie più abbondanti erano i platani, risalenti al XVIII secolo, le querce e i cipressi. Nel 1994 fu presentato un abbozzo del programma di restauro che provvede di mantenere e recuperare la sistemazione

proposta da Kurten attraverso l'analisi dei componenti architettonici, botanici, paesaggistici e fitosanitari. Per quanto riguarda la parte arborea, il progetto prevede di mantenere le specie più abbondantemente presenti e rappresentative, quali il platano, la quercia, il tiglio, sia singolarmente che come aggregati di individui, di introdurre delle conifere per creare un boschetto in una piccola area ed in un tempo limitato. Il progetto propone anche di reinserire specie native o acclimate come il pioppo bianco e il faggio rosso. Tutto ciò viene realizzato nell'ottica di dare al parco ed alla residenza lo stato ed il ruolo che meritano.

Da studi effettuati da Nicolotti e Bovo (1997) sull'intero comprensorio del parco, in riferimento ad indagini fitopatologiche, micologiche, stazionali e podologiche, si è giunti a sostenere che i soggetti più a rischio di sradicamento sono gli esemplari secolari di grosse dimensioni, "spiombati", che, oltre ad avere un apparato radicale scarsamente sviluppato, manifestano una ridotta vitalità delle radici che le priva della loro resistenza dinamica alle sollecitazioni. Questo stato di fatto non si può alterare; si possono, però, proporre interventi mirati a ridurre il rischio per l'utilizzo pubblico, in particolare eliminando le piante di cui si sia accertata l'instabilità o lo scarso valore di pregio, e recuperando gli esemplari meno a rischio attraverso potature di contenimento della chioma e l'eventuale utilizzo di sostegni, conservando gli esemplari a rischio, solo se con caratteri di monumentalità e creando aree di rispetto attorno alla pianta che garantiscano l'incolumità dei visitatori anche nei casi di eventuale rottura o cedimenti. La fotografia 5.4 mostra il sostegno metallico per il consolidamento di una branca orizzontale di 20 metri nell'esemplare n° 6 di platano.

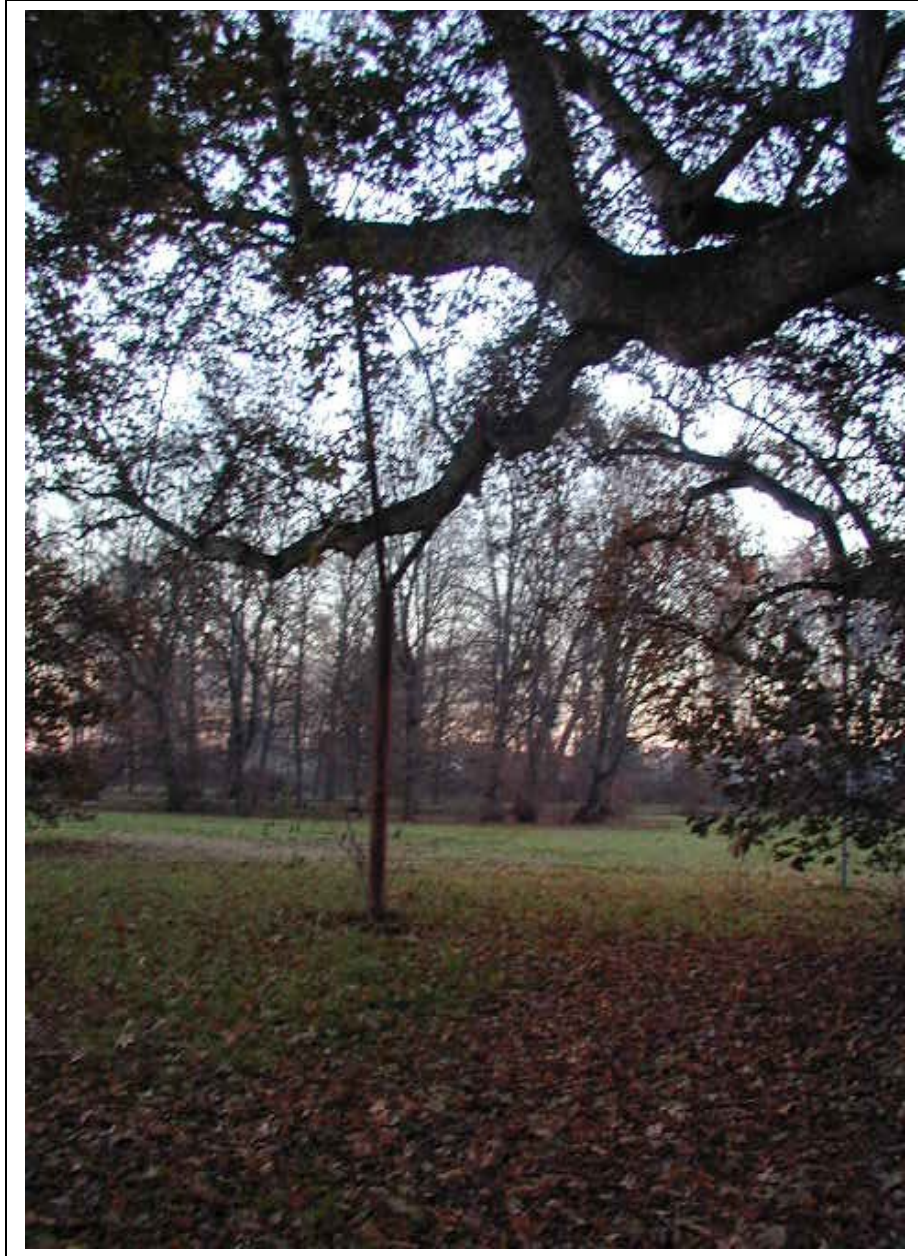


Foto 5.4 Esempio di platano sorretto (Santena n° 6)



Foto 5.5 Particolare delle radici del platano n° 5

5.1.1 Gli alberi monumentali

Gli alberi monumentali, come altri manufatti di pregio in pietra su cui l'uomo si è cimentato identificandosi, emergono dal passato e meritano altrettanta attenzione conservativa, affinché non vada persa la nostra stessa identità culturale. Ma trattandosi non di ruderi, bensì di esseri viventi, spesso segnati dalla comune vetustà nel fusto, nella chioma e nelle radici, su cui il tempo e i malanni non hanno risparmiato la propria inesorabile ipoteca, occorre dedicare loro cure ancora più sollecite e assidue per garantirne la sopravvivenza.

Sono alberi da ammirare, da studiare e da capire, ma soprattutto da difendere. Sono grandi patriarchi botanici nei confronti dei quali la tradizione è debitrice, testimoniando le tracce del cammino e degli insediamenti di popoli venuti da lontano. La senilità di un albero può essere definita come la fase vitale che inizia quando l'individuo è all'ultimo stadio della vita adulta ed è caratterizzata da processi erosivi che conducono alla morte. Si ha in questo periodo di vita

dell'albero un invecchiamento fisiologico, ovvero sopravviene un decremento di metabolismo, fotosintesi e respirazione, cambiamenti nell'attività enzimatica, riduzione della crescita dei tessuti vegetativi e riproduttivi, modificazioni delle proprietà idrauliche e meccaniche dei tessuti legnosi, aumento della mortalità delle branche, formazione di duramen, ovvero la parte centrale del fusto costituita da tessuto lignificato morto. E non di ultima importanza, il rallentamento della guarigione delle ferite ed i cambiamenti nella resistenza all'invasione da parte di alcuni insetti e patogeni. Proprio la loro vecchiaia, è da tenere in debita considerazione quando se ne valutano gli aspetti patologici: le malattie più comuni del verde storico sono causate da funghi patogeni di debolezza, ovvero da organismi la cui aggressività è connessa a fenomeni di sofferenza e di senescenza delle piante. La vecchiaia fisiologica è un processo controllato del tessuto differenziale dell'albero ed è condizionato e causato da un aumento della disorganizzazione ed esaurimento della vitalità dell'individuo arboreo (Ferrini, 2004).

Negli alberi vecchi il legno non è uniforme in tutto il tronco, c'è un modello definito nel suo sviluppo che riflette il cambiamento di attività del cambio e della differenziazione cellulare nei diversi periodi della vita dell'albero. Infatti, si rilevano importanti cambiamenti anatomici durante la vecchiaia che influenzano la qualità del legno. I cambiamenti nel legno associati alla senilità dell'individuo arboreo sono il risultato di processi controllati geneticamente, prima di tutto la perdita nel parenchima dei protoplasmi vivi e successivamente le tracheiti ed i vasi perdono la loro funzione conduttiva (Shigo, 1984). Dopo questi cambiamenti le sole funzioni del legno rimangono il sostegno meccanico ed il deposito dei materiali di scarto.

Da un punto di vista terapeutico, se da un lato si ha la necessità di mantenere le piante in vita il più a lungo possibile, dall'altro si è, comunque, condizionati dal loro stato di senescenza e vincolati alle loro deboli risposte fisiologiche. Terapie adeguate e tempestive non sempre possono scongiurare la morte della pianta, comunque prossima alla fine del suo ciclo biologico. Talvolta la ferma intenzione di salvare un esemplare può trasformarsi in una sorta di "accanimento terapeutico" non sempre condivisibile, in quanto l'albero, come entità biologica, deve giungere prima o dopo alla fine del suo ciclo vitale e non potrà mai diventare un monumento, potato, fino a cambiarne le caratteristiche peculiari e sostenuto da strutture metalliche per garantirne la sopravvivenza nei secoli. L'arboricoltore deve sforzarsi quindi di mantenere una crescita stabile attraverso programmi a lungo termine di cure per facilitare il ristabilirsi dell'equilibrio in un albero che l'ambiente e gli anni hanno debilitato (Matheny, Clark, 1994).

Nel 1995, la Regione Piemonte ha emanato una legge (L. Regionale 3 Aprile 1995, n.50) su la “Tutela e valorizzazione degli alberi monumentali, di alto pregio naturalistico e storico, del Piemonte” che definisce come monumentale un albero o un filare che:

- Per età o dimensioni possa essere considerato come raro esempio di maestosità o longevità;
- abbia un preciso riferimento ad eventi o memorie rilevanti dal punto di vista storico e culturale;
- Abbia un grande pregio paesaggistico, monumentale, storico culturale, ivi comprese filari ed alberate inserite nei centri urbani.

5.2 Piazze e giardini urbani

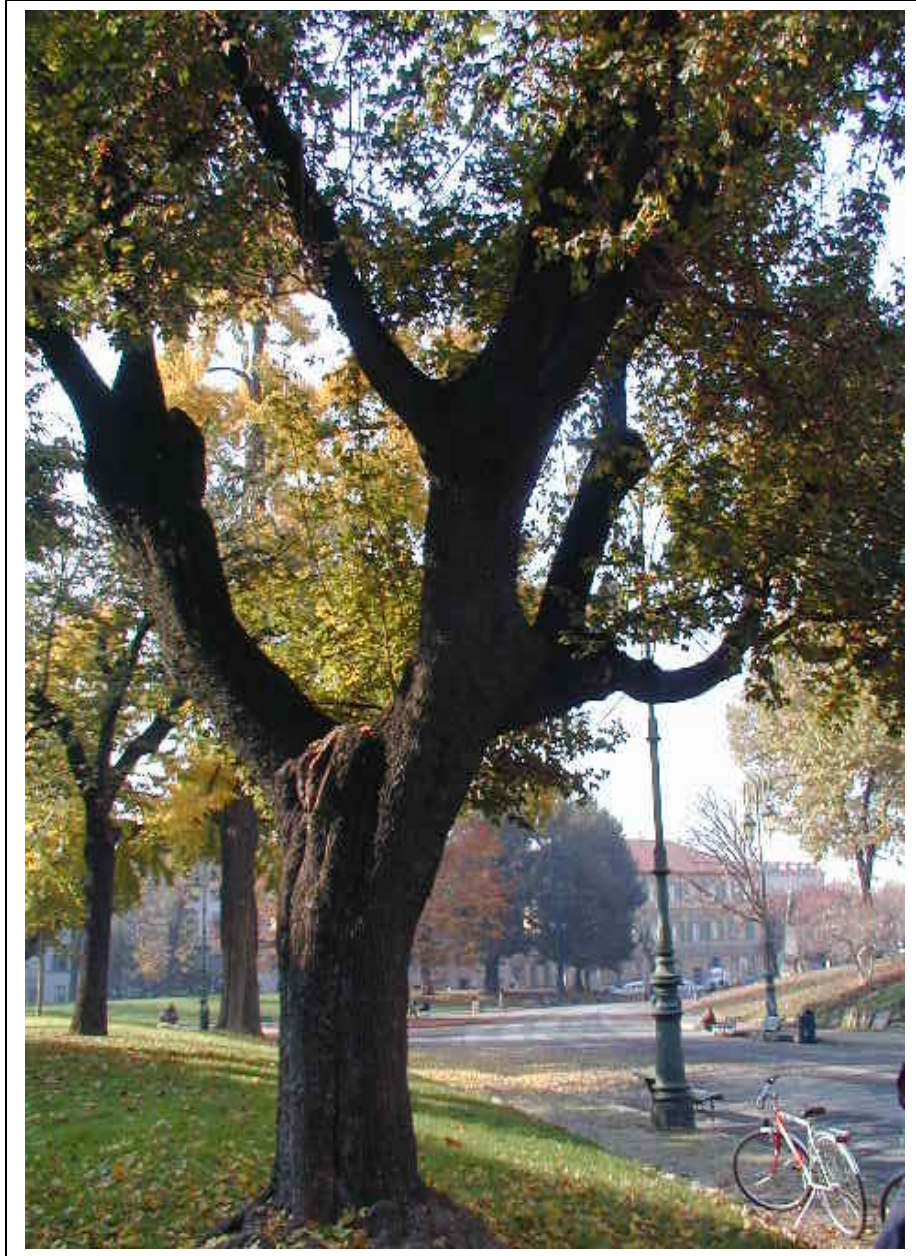


Foto 5.6 Piazza Cavour n°70 (*Acer campestre*)



Foto 5.7 Giardino Cittadella n° 81 (*Firmana simplex*)

Per quanto riguarda i parchi e le piazze cittadine, l'albero in generale vive in condizioni migliori rispetto agli esemplari che arredano le strade. Innanzitutto, il tipo di pavimentazione è rappresentato nella maggioranza dei casi (69,8%) da una copertura vegetale rispetto al 19,1% che è di tipo autobloccante e del 11% di tipo costipato. L'albero riuscirà meglio a ricevere acqua e ossigeno e non incontrerà grossi problemi nello sviluppo dell'apparato radicale, e anche quando è presente la terra battuta la percolazione dell'acqua è sempre possibile.

5.3. I viali alberati e apparati radicali

Le specie maggiormente presenti nei viali e corsi che abbiamo monitorato, come abbiamo visto (grafico 4.9), sono l'*Aesculus hippocastanum*, il *Celtis australis* e il *Tilia cordata*. Torino annovera una lunghezza dei viali totali di 461 km e da qui si capisce la consistenza, il pregio architettonico e la quantità di alberi radicati sul territorio cittadino

Da studi recenti sugli apparati radicali di tali piante in diverse tipologie d'ambiente urbano, è risultato che l'ippocastano è fornito di un apparato radicale con la predominanza di radici piccole in ogni situazione di impianto. La pianta è meglio ancorata (foto 5.9) in quanto la sua massa ipogea, rappresentata dalla sommatoria delle sezioni radicali, è maggiore rispetto a quella di un soggetto con più radici grosse e meno radici piccole (Nicolotti, Miglietta, 1998). Per quanto riguarda l'influenza della copertura del terreno, non si sono riscontrate grosse differenze di biomassa tra piante coetanee cresciute su terreno asfaltato piuttosto che su battuto o su aree a parcheggio. In generale, dagli studi effettuati l'ippocastano sembra più adatto ad un'espansione orizzontale e, anche quando condizionato da barriere artificiali, le radici non si approfondiscono e si contorcono attorno alla zolla radicale stessa.

Per quanto riguarda il Tiglio, l'apparato radicale è costituito prevalentemente da radici medie e di piccole dimensioni. Le radici assorbenti sono equamente distribuite e sono soprattutto superficiali. Su prato l'apparato radicale assume una struttura fascicolata senza approfondirsi molto (50-60 cm), mentre su asfalto o su stabilizzato, la profondità passa da un minimo di 70-80 cm ad un massimo di 140 cm (Nicolotti, Miglietta, 1997). Inoltre, non è stato mai osservato il fittone in individui adulti. In presenza di limitazioni, la pianta è in grado di formare radici oblique che crescono in profondità.

Per i bagolari (foto 5.8), nome comune dei *Celtis australis*, da studi effettuati si è notato la presenza molto consistente di radici importanti, sia dal punto di vista meccanico che trofico, concentrate nella zona prossima al colletto, essendo questa l'unica zona di terreno disponibile per gli scambi gassosi (Pestalozza, 2001).

Queste specie arboree hanno comunque la facoltà di adattarsi modificando la struttura delle radici in funzione dello spazio a loro disponibile; tale comportamento può essere una caratteristica che in passato ha fatto preferire tali specie nell'arboricoltura urbana.



Foto 5.8 Pista ciclabile di C.so Vinzaglio



Foto 5.9 Zona del colletto dell'albero n° 67 in via Palestro

Capitolo 6 Conclusioni

L'albero è un'entità viva, che nasce, cresce e muore e che si esprime. Quello che l'albero più esterna è la sua voglia di vivere, in ogni situazione in cui è nato o è costretto a crescere; non si perde mai d'animo ed ha una fisiologia talmente completa che la si può paragonare alla perfezione del corpo umano; in più l'albero ha la capacità, come tutti gli organismi autotrofi, di bastare a se stesso e di sintetizzare elementi essenziali alla vita animale. Noi uomini quindi non siamo in condizione, secondo me, di dire “ma è semplicemente un albero!!! Perché tante preoccupazioni!”, non possiamo assumere un atteggiamento superiore rispetto a lui. E' un essere animato e come tale deve essere rispettato. In più abbiamo l'obbligo di conoscerlo e di curarlo perché, per i polmoni verdi delle nostre città, l'abbiamo sradicato dal suo ambiente naturale e ne dobbiamo fare ottimo uso. L'albero non nasce in città ma viene trapiantato e costretto a viverci. Dobbiamo essergli grati per riuscire a crescere e a farsi ammirare.

Ma in casi di alberi vecchi, malati o che stanno per morire, questi rappresentano un pericolo per gli uomini, soprattutto quando si trovano lungo strade trafficate o in spazi verdi molto frequentati. In questo caso bisogna assumersi la responsabilità degli alberi in senso positivo del termine.

Il metodo VTA, trattato in questo lavoro, è rispettoso dell'albero, pone gli operatori, i tecnici come ascoltatori e osservatori dell'individuo arboreo. Anche se nasce come esigenza della nostra incolumità, il VTA basa la sua metodologia sul linguaggio corporeo dell'albero, su cosa sta esprimendo, quale difetto o patogeno sta alterando la sua struttura interna, minacciando la sua stabilità strutturale. Per far questo è necessario conoscere il modo di esprimersi di un albero, nella buona e nella cattiva sorte. Il metodo allena l'operatore del verde pubblico a vedere e a riconoscere i sintomi dell'insofferenza dell'albero e, mediante il supporto di strumenti analitici e basi scientifiche, lo mette in condizioni di valutare la forza residua del soggetto in questione. Non è un metodo infallibile, anche perché l'albero tenderà sempre a sottrarsi ad un'indagine definitiva (Mattheck, 1998); la scelta resterà quindi demandata alla responsabilità proprio dell'osservatore umano. Il VTA è un aiuto, uno strumento che permette di prendere una decisione, se l'albero può sopravvivere, se e come deve essere trattato o se per lui non esiste più nessuna possibilità.

L'approccio del metodo è di tipo visivo, conoscitivo ed oggi i metodi d'indagine strumentale sono molto poco invasivi, come a rispettare maggiormente l'albero da analizzare. C'è una maggior conoscenza scientifica a supporto del metodo ed una coscienza a far meno danno possibile all'albero, come viene promulgato anche dal protocollo di stabilità dell' ISA .

Inoltre un'altra coscienza che si è diffusa e affermata è quella di aver posto la responsabilità civile e penale per chi non cura le piante o lo fa senza le dovute cognizioni tecnico-scientifiche. E' un traguardo di immensa responsabilità per chi lavora nel settore ma mette in luce l'importanza della cura e dell'attenta gestione del patrimonio arboreo che abbiamo a disposizione.

Voglio anche mettere in evidenza i molteplici benefici che l'albero con la sua presenza comporta alla nostra esistenza in ambiente urbano. Innanzi tutto, studi realizzati in Svezia (Piccarolo, 1995) hanno dimostrato come la vista di aree verdi stimoli l'attività celebrale determinando un rilassamento dei soggetti e una maggiore capacità di sopportazioni a stimoli negativi esterni; ricerche statunitensi hanno evidenziato come tale vista possa ridurre lo stress ed il senso della paura. Ma i benefici sono dati non solo alla nostra mente ma e soprattutto al nostro organismo, al nostro apparato respiratorio e uditivo.

In primo luogo le piante, entro ben determinati limiti di resistenza fisiologica, operano un'azione di filtraggio dell'aria fissando le polveri che circolano nell'atmosfera, che nelle città costituiscono sempre un più grave problema e che derivano da attività industriali e dalla combustione del carbone. Per quanto riguarda la rimozione degli inquinanti gassosi, le piante agiscono attraverso l'assorbimento superficiale, precipitazione o immagazzinamento dei composti tossici nei tessuti vegetali. Per avere indicazioni quantitative sull'entità dell'esportazione dei contaminanti atmosferici è necessario conoscere i dati relativi ai ritmi di assorbimento; purtroppo la determinazione di questo parametro risulta molto difficile. Da studi condotti risulta che un ettaro di foresta è in grado di asportare annualmente circa $9,6 \times 10^4$ t di O_3 , 748 t di SO_2 , 2,2 t di CO, 0,38 t di NO_x e 0,17 t di PAN (Lorenzini, 1999). Ovviamente le piante stesse possono essere danneggiate sia con l'occlusione degli stomi sia con effetti tossici sul loro metabolismo.

Un altro aspetto fondamentale è l'incremento della CO_2 emessa nell'atmosfera ad opera delle attività umane; è stato calcolato che dal 1860 al 1993 si è avuto un incremento di circa il 20% della concentrazione di questo gas nell'atmosfera terrestre e che nel 2020, mantenendo tale incremento, la concentrazione potrebbe raddoppiare (Piccarolo, 1995). In questo contesto appare evidente e fondamentale il contributo apportato dalle piante attraverso la fotosintesi, unico processo in grado di assorbire la CO_2 dall'atmosfera e trasformarla in biomassa soprattutto sotto forma di carboidrati. Sempre da studi riportati da Piccarolo si è visto che una pianta adulta possa giornalmente produrre ossigeno sufficiente per la respirazione di tre persone, ed eliminare anidride carbonica prodotta in una giornata da 1000 m³ di volume abitativo.

Un contributo cospicuo la pianta lo apporta al microclima urbano, in cui le temperature sono superiori rispetto alle zone circostanti, fenomeno conseguente al alle attività produttive della città stessa. Inoltre in ambiente urbano le superfici traspiranti sono minime, per cui in mancanza di

un'elevata evapotraspirazione, la radiazione verrà riflessa, riscaldando così l'aria. I materiali che in prevalenza costituiscono le superfici esterne delle città (pietre, laterizi, asfalto) conducono il calore con una velocità almeno tre volte superiore agli elementi presenti in ambiente rurale. Le stesse forme dell'agglomerato urbano tendono a riflettere maggiormente le radiazioni solari verso la superficie, per cui anche il processo di raffreddamento risulta rallentato. Un ruolo fondamentale del verde cittadino è costituito dagli effetti fisici sul microclima urbano; gli alberi assorbono il calore, fonte di energia per i loro processi di evapotraspirazione e da ciò deriva un effetto di termoregolazione locale con abbassamento della temperatura in prossimità delle piante nelle ore maggiormente assolate ed un aumento dell'umidità atmosferica. Ancora, rilevante è l'effetto ombreggiante della vegetazione nel proteggere le persone e le strutture edilizie dalle radiazioni solari o dal riverbero delle superfici pavimentate.

Tutto questo l'ho voluto sottolineare per farci rendere conto dell'importanza dell'albero in città per la nostra salute e la bellezza dello scoprire le molte sfaccettature che un essere sessile e senza parola può dar vita. Solo con questa coscienza è possibile avvicinarci all'albero e studiarlo, conoscerlo e conseguentemente renderlo sicuro per la nostra incolumità, lasciandogli sempre più spazio a livello di progettazione urbana.

Letteratura citata

- ANSELMINI N., GOVI G. (1996) - *Patologia del legno* . Edagricole, Bologna. 397 pp.
- ANSELMINI N. (1998) - *Le carie del legno e la stabilità degli alberi ornamentali*. Informatore Fitopatologico, 6, 51-59
- BAJO N., DI NOI A. (2002) - *Reti ecologiche e paesaggi metropolitani*. APAT-dipartimento Difesa della Natura, Servizio carta della Natura.
- BERNICCHIA A. (1997) - *Funghi e carie del legno: esperienze ed indagini in giardini ed alberate della città di Bologna*. Edizioni Istituto di Patologia Vegetale. Università degli Studi di Bologna
- BATTISTEL G. A., POLLINI C., SALVATORI C., DELUCA E., AMBROSI P. (1998) – *Valutazione del rischio di schianti lungo la viabilità pubblica montana*. Sherwood 4, 21-28
- BETHGEK, MATTHECK C., HUNGER (1996) – *Equipment for detection and evaluation of incipient decay in tress*. Arboricultural Journal 20, 13-37
- BRADSHAWA A., HUNT B., WALMSLEYTIM (1995) - *Trees in the urban landscape, principles and practice*. E & FN SPON, 219 pp
- BOVO G., MIGLIETTA P., PEANO O., VANZO A. (1997) - Città di Torino - Assessorato per l'Ambiente e lo Sviluppo Sostenibile. Settore Tecnico XIII Verde Pubblico - *Manuale per tecnici del verde urbano*. 505 pp
- BOVO G., CIRULLI G.M. (2004) – *Restoration and management of historical parks*. The trees of history. Protection and exploitation of veteran tree. Proceeding of the International Congress, Torino 1-2 aprile 2004
- CELLERINO G.P. (2000) - *Capire gli alberi: quali moderne modalità di indagine?*. Acer, 2 Atti 3-5

- CELLERINO G.P., NICOLOTTI G. (1998) - *L'integrità degli apparati radicali degli alberi in città: quali tecniche di diagnosi?* Informatore Fitopatologico, 6, 45-50
- CELLERINO G.P., NICOLOTTI G. (1997) - *La valutazione strumentale della stabilità degli alberi.* Acer 2, 20-24
- CELLERINO G.P., CRIDA S. (1998) - *L'occhio e lo strumento.* Acer 5, 48-52
- COMINO E., QUAGLINO A., SAMBUELLI L. (1998) - *Cavità in onda.* Acer 1, 66-69
- COUTTS M.P. (1983) - *Root architecture and tree stability.* Plant and Soil 71, 171-188
- DEHÒ D., GALIMBERTI C. (2005) - *Attenti al 30.* Acer, 2, 59-61
- FAY N. (2002) – *The principles of Environmental Arboriculture.* Arboricultural Journal 25, 218-225
- FAY N. (2002) – *Environmental arboriculture, tree ecology and veteran tree management.* Arboricultural Journal 26, 213-238
- FERRARI F., PESTALOZZA A. (2003) - *Potare con cura.* Acer 6, 41-47
- FERRINI F. (2004) - *Curare i veterani.* Acer 4, 42-46
- FERRINI F. (2004) - *Curare i veterani.* Acer 5, 50-54
- GATTI L. (2002) - *Claus Mattheck.* Arbor 14, 14-17
- GATTI L. (1997) - *Alle radici dell'albero. Terzo congresso di Arboricoltura.* Acer 4, 13-16
- INTERNATIONAL SOCIETY OF ARBORICULTURE SEZIONE ITALIANA (2001) - *Protocollo ISA sulla Valutazione della Stabilità degli Alberi.* Torino
- LORENZINI G. (1999) - *Le piante e l'inquinamento dell'aria.* Edagricole Bologna, 335 pp
- MIGLIETTA P., NICOLOTTI G. (1997) - *La gestione delle alberate urbane.* Acer 1, 19-21
- MIGLIETTA P., NICOLOTTI G. (1997) - *L'evoluzione del metodo .* Acer 6, 32-35
- MAGGIOLINI F., DEHÒ D., (2005) - *Il metodo VTA 1.* Acer, 1, 45-48
- MARCHETTI L. (2001) - *Come tenere sotto controllo lo stato di salute degli alberi.* Agricoltura , 71-73

- MARCHETTI L. (2004) – *La difesa fitosanitaria delle piante ornamentali e forestali*. Informatore Agrario 59, 89
- MATTHECK C., BRELOER H. (1998) - *La stabilità degli alberi, fenomeni meccanici e implicazioni legali dei cedimenti degli alberi*. Il Verde Editoriale. 281 pp
- MATTHECK C., BRELOER H (1994) - *Field Guide for visual tree assessment (VTA)*. Arboricultural Journal 18, 1-23
- MATTHECK C., BETHGE K. (1998) – *The mechanical survival strategy of trees*. Arboricultural Journal 22, 369-386
- MATTHECK C., WEBERK (2002) – *I funghi, gli alberi e la decomposizione del legno*. Il Verde Editoriale Bologna, 185 pp
- MATTHECK C. (2002) - *La meccanica applicata all'albero*. Il Verde Editoriale. Bologna. 135 pp
- MATHENY, N.P., CLARK J.R. (1994) – *A photographic guide to the evaluation of hazard trees in urban areas*. International Society of Arboriculture. 217 pp
- NICOLOTTI G., BOVO G. (1997) - *Gli schianti degli alberi monumentali soggetti a sradicamento*. Acer, 4, 18-21
- NICOLOTTI G., GODIO A., SANBUELLI L. (1998) - *Onde georadar*. Acer 4, 54-57
- NICOLOTTI G., MARTINIS R., SOCCO L. (2000) - *La tomografia ultrasonica per la diagnosi della carie negli alberi*. Acer 6, 23-26
- NICOLOTTI G., GONTHIER P., PECOLLO D. (2004) - *Ospiti prediletti*. Acer, 1, 47-51
- NICOLOTTI G., GONTHIER P., PECOLLO D. (2004) - *Ospiti prediletti*. Acer, 2, 59-67
- NICOLOTTI G., GONTHIER P. (2002) - *Infezione e difesa*. Acer, 1, 53-57
- NICOLOTTI G., MIGLIETTA P. (1998) - *Architetture Sotterranee*. Acer, 2, 62-65
- NICOLOTTI G., CRIDA S. (1994) - *Possibilità di diagnosi sulla stabilità di alberi monumentali: il resistograph*. Quarto Convegno Internazionale “I giardini del principe”. Racconigi (CN)

- NICOLOTTI G., MIGLIETTA P. (1998) - *Using high-technology instrumentes to assess defect in trees*. Journal of Arboriculture 6, 297-302
- ODONE P. (1992) - *Il verde urbano*. La nuova Italia Scientifica. Roma. 274 pp
- PELLERANO A. (2002) - *La stabilità degli alberi nella gestione del verde urbano. Atti del convegno "Verde urbano e sviluppo sostenibile 2002"*. 20 Settembre Bari
- PESTALOZZA A. (1998) - *La sicurezza delle alberature urbane*. Sherwood Foreste ed alberi oggi, 36, 29-33
- PESTALOZZA A. (2004) - *Aria alle radici*. Acer 3, 49-51
- PESTALOZZA A. (2004) - *Stop al contagio*. Acer, 5, 57-60
- PESTALOZZA A. (2001) - *Vita da alberi a Milano*. Acer, 5, 57-60
- PESTALOZZA A. (1998) - *Applicazione del Visual Tree Assessment VTA per la valutazione delle condizioni strutturali di un esemplare monumentale di Populus alba affetto da patogeni fungini cariogeni*. Informatore Fitopatologico, 6, 60-64
- PESTALOZZA A., PASSOLA G., FERRARI F. (2004) – *Compressed air digging device as a tool for the investigation of root system. A case history*. The trees of history. Protection and exploitation of veteran tree. Proceeding of the International Congress, Torino 1-2 aprile 2004
- PICCAROLO P., SALA G. (1995) - *Spazi verdi pubblici e privati. Progetto, manutenzione, gestione*. Hoepli. Milano. 407 pp
- RAIMBAULT P. (2003) - *Atti del convegno: Uomo, Albero e città: aspetti biologici e tecnici per una corretta gestione dell'albero in città*. San Pietro in Casale 29 Gennaio 2003
- RAYNER ADM, BODDY L. (1988) – *Fungal decomposition of wood. Its biology and ecology*. John Wiley & sons Ltd, 587 pp
- SCHWARZE, LONSDALE, FINK (1997) – *An overview of wood degradation patterns and their implications for tree hazard assessment*. Journal of Arboriculture 21, 1-32

- SCHWARZE, F.W.M.R. AND FERNER (2003) – *Ganoderma on trees. Differentiation of species and studies of invasiveness*. Arboricultural Journal 27
- SHIGO A. (1997) - **Il sistema albero-radici e chioma, entità imprescindibili**. Atti del terzo Congresso Europeo di Arboricoltura. 14-16 Maggio 1997, Merano
- SHIGO A. (1989) – *Tree pruning: a worldwide photo guide*. Durham, New Hampshire, 192 pp
- SHIGO A. (1993) – *A new tree biology. Facts, photos, and philosophies on trees and their problems and proper care*. Shigo and Trees Associated, Durham, New Hampshire, 618 pp
- SPAGNOLI G. (1999) - *Atti del convegno Milflor. La salute degli alberi nel rispetto dell'ambiente*. Milano
- TOUSSAINT A., BAUDOIN JP., CAMPANELLA B., PAUL R. (2004) – *The impact of resistograph on tree decay*. The trees of history. Protection and exploitation of veteran tree. Proceeding of the International Congress, Torino 1-2 aprile 2004
- VILLA G. (2002) - *La valutazione della stabilità degli alberi con il metodo VTA*. Atti del Convegno “Verde e sviluppo sostenibile 2002” 20 Settembre, Bari

Siti web consultati

- www.isa-arbor.com
- www.treearegood.com
- www.forestpatology.org/decay.html
- www.rinntech.com/PRODUCTS/resistograph.html
- www.isomedia.com
- www.casp.it
- www.arboricoltura.it
- www.comune.torino.it
- www.areeurbane.apat.it
- www.arborecology.co.uk
- www.ilverdeeditoriale.com
- www.isaitalia.org
- www.chesco.com/~treeman/SHIGO/NTB.html
- www.geoarborstudio.it
- www.treeclimber.it
- www.treedictionary.com
- www.urban-forestry.com/citytrees/v37n1a18.html
- www.arsia.toscana.it/filfor/risvemD3.pdf
- www.treework.co.uk
- www.monzaflora.it
- www.ecologia-urbana.com
- www.treetek.it
- www.politicheambientali.provincia.venezia.it/pubblicazioni/alberi-marghera
- www.helios.bto.ed.ac.uk

Allegato A

“Protocollo ISA sulla Valutazione della Stabilità degli Alberi ©“

1. Oggetto e scopo della valutazione della stabilità degli alberi
2. Procedure di massima dell'analisi visiva
3. Procedure di massima dell'analisi strumentale
4. Restituzione dei dati al Committente
5. Durata delle analisi e classificazione dei rischi
6. Note operative per la messa in sicurezza
7. Limiti applicativi nelle procedure di verifica di stabilità.

1) Oggetto e scopo delle valutazioni di stabilità degli alberi

- L'oggetto dell'indagine sono alberi presi singolarmente e radicati in qualsivoglia sito (Parchi, giardini, filari stradali etc). Lo scopo di una valutazione di stabilità deve descrivere la situazione biomeccanica di un albero nei suoi vari apparati, in termini qualitativi e quantitativi soprattutto per quanto concerne il rischio di schianti o cedimenti. Tale verifica, che fonda le sue basi su nozioni di patologia vegetale, botanica, meccanica, tecnologia del legno etc. e si rifà alle teorie elaborate fondamentalmente da Shigo e Mattheck avrà anche il fine di consentire l'individuazione di procedure operative atte a ripristinare per gli alberi oggetto di analisi una situazione di equilibrio statico (note operative arboricolturali).
- E' buona norma far sì che possano essere definite e valorizzate tutte le possibili tecniche arboricolturali finalizzate alla riduzione del rischio in modo da svincolare l'idea della verifica di stabilità avente come unico esito l'abbattimento o il non abbattimento dell'albero .
- E' inoltre necessario che ogni albero venga attribuito a categorie di rischio predefinite in modo da poter individuare in modo rapido ed inequivocabile gli alberi stabili, instabili, e da ricontrollare.
- Questa suddivisione ha anche lo scopo di avere dei dati che tengano conto di una “situazione dinamica” e di una “presunta evoluzione” dei danni eventualmente riscontrati sugli alberi.

2) Procedure di massima per l'indagine visiva

- L'albero dev'essere chiaramente ed inequivocabilmente identificabile con sistemi diversi (cartellinatura, posizionamento planimetrico...etc)
- Le analisi visive prendono in considerazione l'albero nei suoi diversi apparati. Si farà riferimento ad un Glossario (V. Allegati) che definisca in maniera univoca il significato di termini come *colletto*, *castello* etc...
- E' opportuno descrivere le caratteristiche dell'area di insidenza e delle caratteristiche ambientali in cui l'albero si trova a vivere.

- Anche dati storici su situazioni pregresse se disponibili ed oggettivi possono dare completamento al quadro.
- Sulla popolazione oggetto di verifica l'indagine visiva ha lo scopo di individuare (screening visivo) quali piante necessitino di indagini più approfondite di tipo strumentale.
- Nell'indagine visiva sul singolo esemplare si ricercano si descrivono e si valutano sintomi, danni, anomalie per individuare quei "punti critici" che abbiano ripercussioni dirette o indirette sulla stabilità dell'albero o di una sua parte. Tale procedura, che può essere attuata con l'ausilio di attrezzi come martello in gomma, sgorbie, aste graduate, binocolo etc.. concorre all'individuazione dei punti su cui effettuare i sondaggi.

3) Procedure di massima per l'indagine strumentale.

- Sugli alberi su cui sono stati individuati "punti critici" si effettuano approfondimenti strumentali con lo scopo di descrivere a livello quantitativo i danni o le lesioni presenti.
- Le analisi si effettuano a discrezione del rilevatore in numero necessario e sufficiente ad ottenere una diagnosi esauriente e documentata relativamente a quanto concerne la stabilità dell'albero. Il criterio dovrà seguire quello del minimo danno per l'albero
- Gli strumenti dovranno fornire dati ripetibili e direttamente o indirettamente correlabili alle caratteristiche fisico-meccaniche delle porzioni anatomiche prese in considerazione.

Citando i parametri di misurazione più in uso:

- Individuazione di discontinuità nei tessuti lignei mediante sistemi sonici o ultrasonici
- Misurazione della densità del legno attraverso sistemi penetrometrici
- Valutazione delle caratteristiche meccaniche del legno attraverso prove distruttive di campioni lignei misurando forza ed angolo di rottura in condizioni operative note.

4) Restituzione dei dati al Committente

La Relazione Tecnica relativa alle indagini di stabilità deve contenere:

- Descrizione della metodologia utilizzata e delle procedure operative
- Schede pianta (sottoscritte e datate dal rilevatore) che permettano di comprendere la situazione biomeccanica dell'albero (evidenziandone i punti critici) e di visualizzare la localizzazione degli eventuali punti di sondaggio (qualora l'albero sia stato verificato anche strumentalmente). La scheda pianta conterrà anche un giudizio sintetico sulle condizioni di stabilità dell'albero.
- Gli eventuali referti strumentali prodotti vengono allegati alle singole schede pianta, allo scopo di tutelare il tecnico che ha eseguito le verifiche e per serietà nei confronti del committente.
- Le note tecnico-operative (se espresse in calce alla descrizione bio-meccanica dell'albero) devono contenere istruzioni dettagliate miranti alla riduzione del rischio di cedimento e ad assecondarne la naturale tendenza a ripristinare nel medio termine una situazione di equilibrio.

5) Classi di stabilità e durata delle analisi

- Verranno considerate valide le classi FRC.
- Prenderanno in considerazione solo le caratteristiche bio-meccaniche dell'albero indipendentemente dal bersaglio che dovrà essere considerato a parte (quando possibile).
- Le procedure di ricontrollo sono indipendenti dalla classe di rischio e saranno valutate a parte e caso per caso. Tali procedure verranno assimilate alle note tecniche operative e "personalizzate" per ciascun albero.
- La validità delle analisi andrà esplicitata in ogni relazione

6) Note operative per la messa in sicurezza degli alberi.

- Verrà concordato in anticipo con il Committente se tali note debbano essere indicate. Nel caso si concordi che la descrizione delle note operative sia superflua, si assumerà per implicito che le azioni correttive verranno dedotte dal Committente stesso sulla base della diagnosi di stabilità biomeccanica.
- Non dovranno essere "demolitive" nei confronti dell'albero che dovrà per, quanto possibile, conservare un portamento ed una fisionomia naturali.
- Dovranno essere documentate e motivate da criteri riconosciuti dalla moderna arboricoltura.
- Dovranno essere traducibili operativamente in termini qualitativi e quantitativi.
- E' auspicabile che contengano le linee guida per la gestione degli interventi manutentivi futuri complessivi per la stabilità dell'alberata.
- Per quanto riguarda i sistemi di consolidamento bisognerà fare riferimento a tecniche e materiali già sperimentati e descritti in letteratura. (In proposito si rimane in attesa di acquisire documentazione e norme tecniche complete EAC etc.)

7) Limiti applicativi

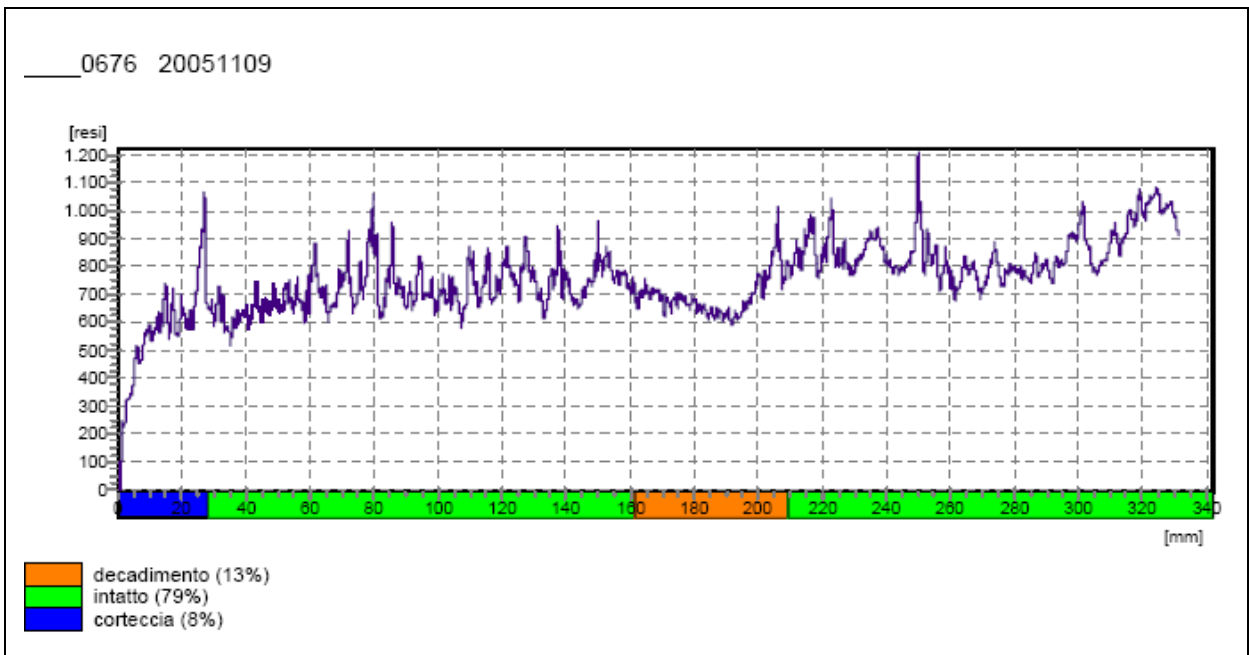
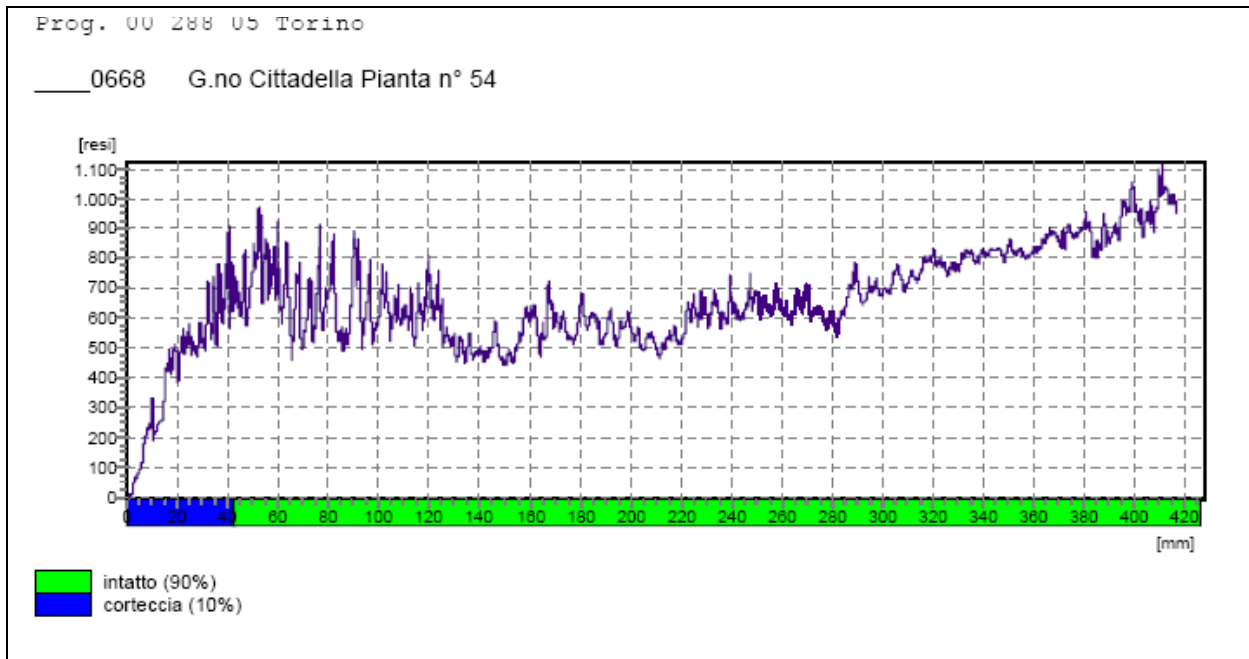
- Ogni metodologia di ispezione è da considerarsi limitata e dinamica, cioè aggiornabile e rinnovabile sulla base delle conoscenze scientifiche, tecniche e tecnologiche in continua evoluzione.
- Non è possibile predire se un albero (o sua porzione) esaminato potrà schiantarsi oppure no, ma se ha o non ha le caratteristiche bio-meccaniche e strutturali idonee a garantirne la stabilità sulla base delle conoscenze attuali.
- Le indagini di stabilità possono al momento riguardare l'albero o le sue parti direttamente visibili o ispezionabili con tecniche atte a rendere manifesti difetti o anomalie (apparati ipogei o nascosti per altri motivi).
- I piccoli rami o le ramificazioni di modesta importanza non sono oggetto di indagine. Il cosiddetto secco fisiologico può dare origine a distacchi e cedimenti che in qualche modo potrebbero anche essere pericolosi ma sono oggetto della manutenzione ordinaria delle alberate.
- Non fanno parte dei giudizi esprimibili nell'ambito delle indagini di stabilità, quelli basati su criteri estetici, paesaggistici, ecologico ambientali o relativi a valutazioni estimative legate ad esempio al valore ornamentale o al valore di servizio (legato all'età) di alberate urbane. E' possibile consigliare l'abbattimento di soggetti non pericolosi ma insignificanti o di scarso pregio purché tale parere venga espresso a parte e con le motivazioni che le sono proprie.

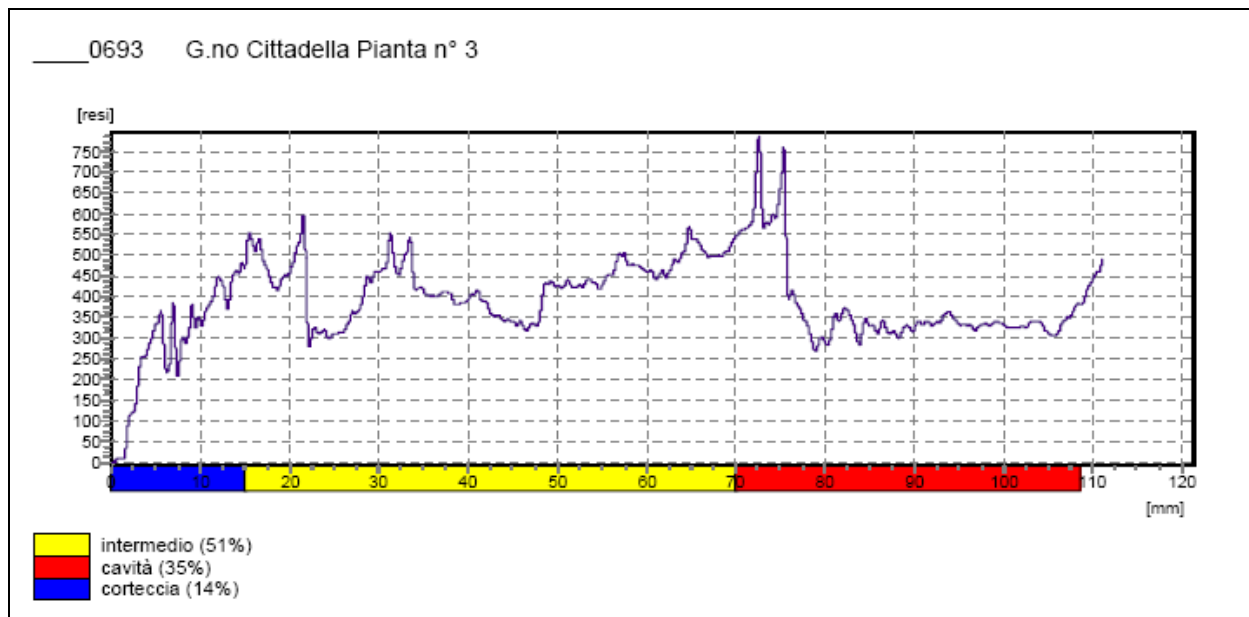
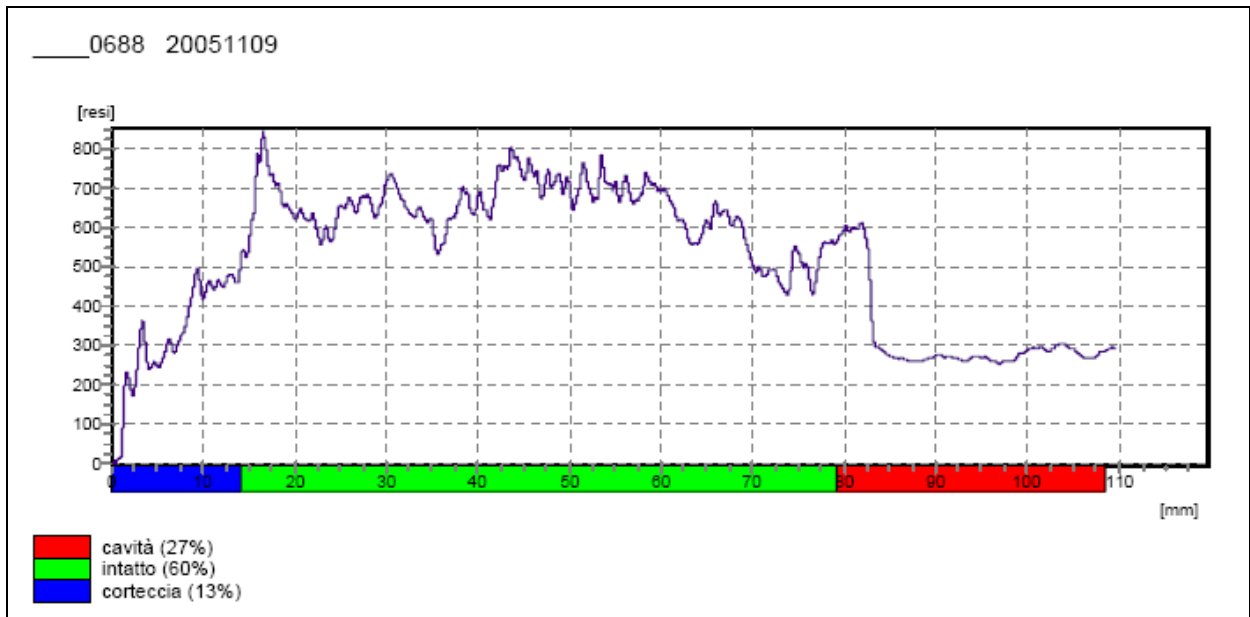
- Al momento attuale la tecnica più affidabile, sperimentata ed universalmente riconosciuta è quella del VTA.

Torino il 19 giugno 2001

Firmato e sottoscritto

Allegato B

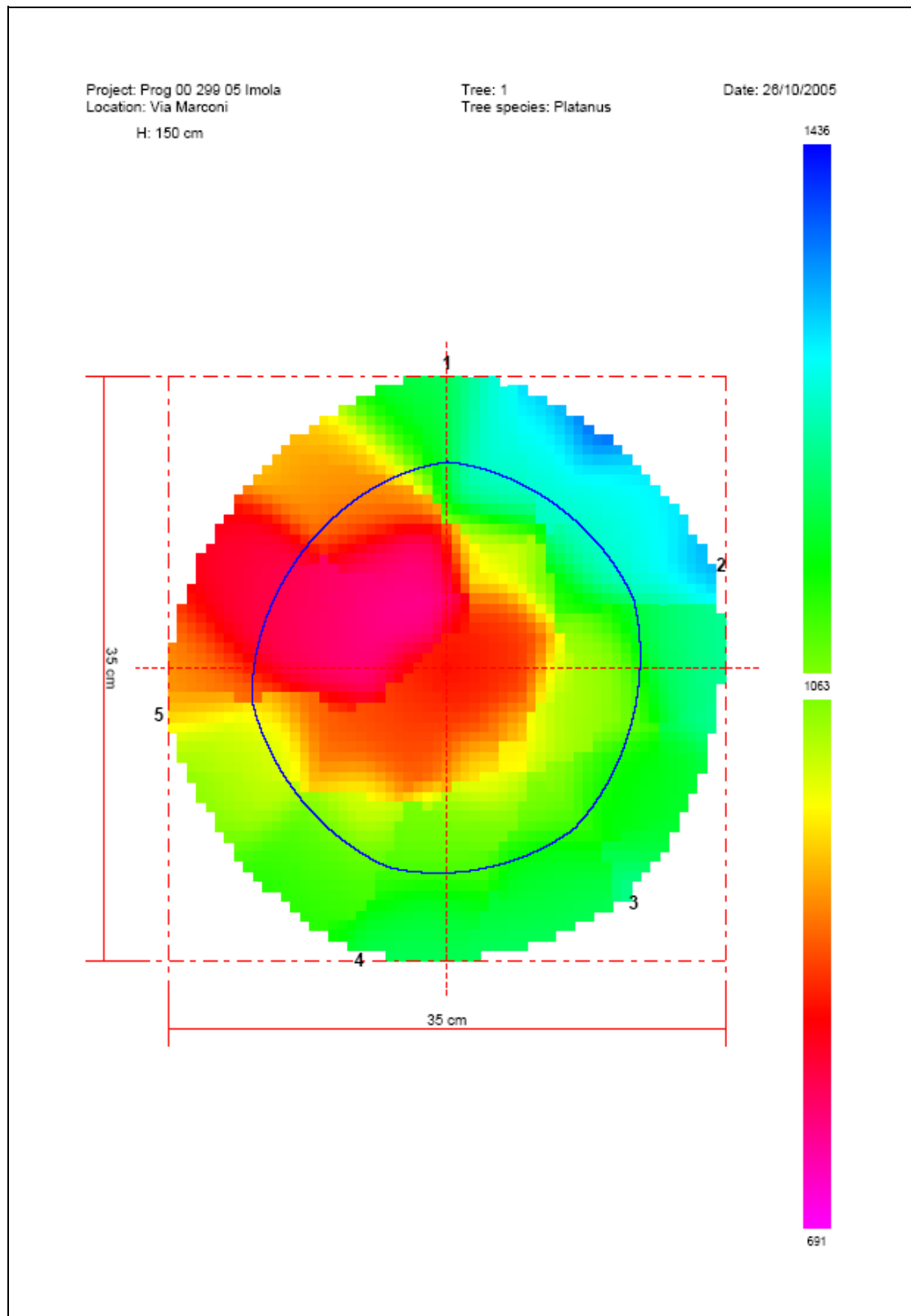




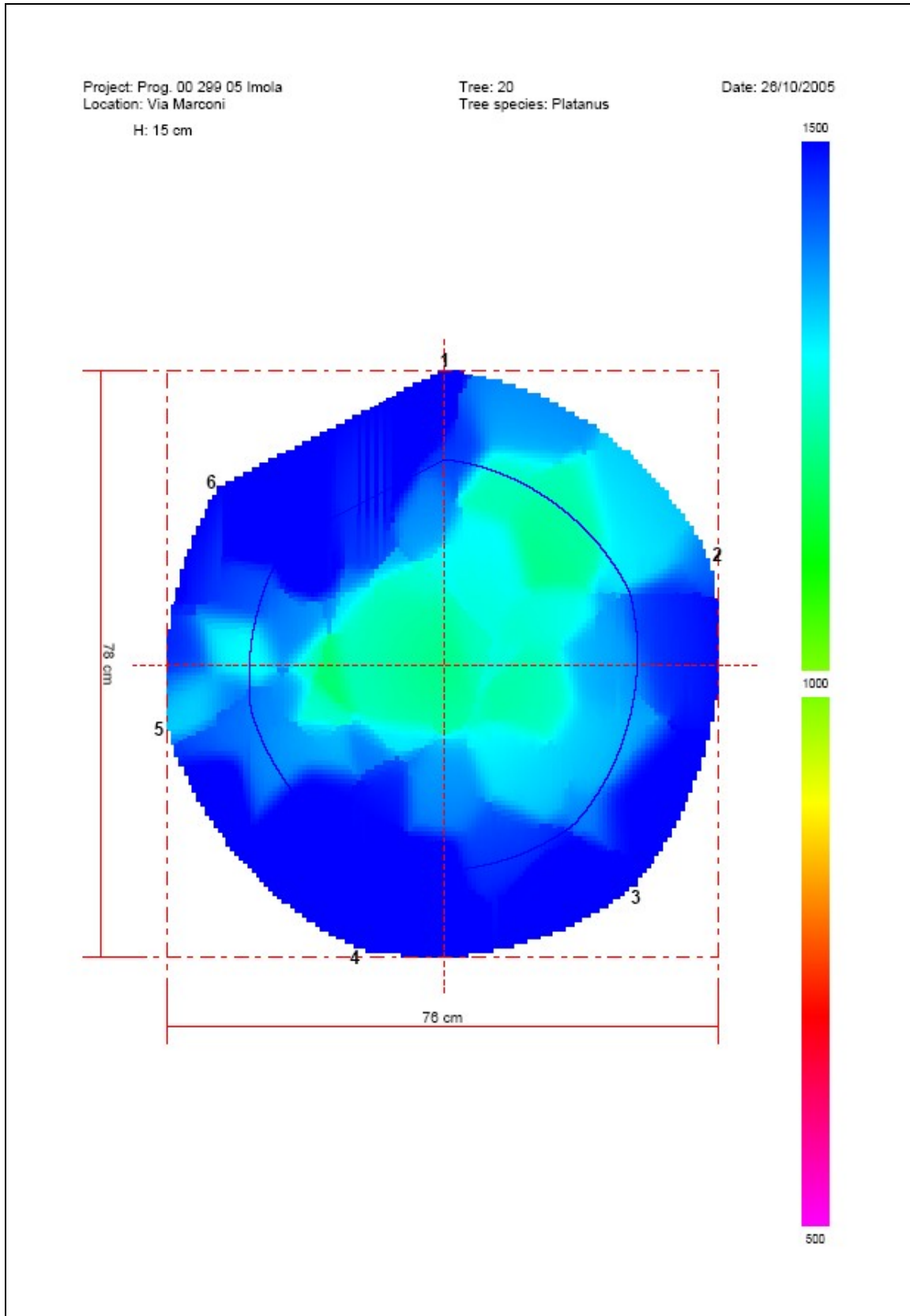
Allegato C

Scheda di analisi albero		GeoArborStudio																																																												
Ambito: Corso Vinzaglio 3		Giudizio complessivo																																																												
Dati anagrafici albero	T/R																																																													
Altezza(m)		Analisi visiva																																																												
Indagini strumentali																																																														
	15/11/2005																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 15%; height: 15px;"></td> <td style="width: 15%; height: 15px;"></td> <td style="width: 15%; height: 15px;"></td> <td style="width: 15%; height: 15px;"></td> <td style="width: 15%; height: 15px;"></td> <td style="width: 15%; height: 15px;"></td> </tr> <tr style="background-color: #cccccc;"> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> </tr> <tr style="background-color: #cccccc;"> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> </tr> <tr style="background-color: #ffff00;"> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;">801</td> </tr> <tr style="background-color: #cccccc;"> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> </tr> <tr style="background-color: #cccccc;"> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> </tr> <tr style="background-color: #cccccc;"> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> </tr> <tr style="background-color: #cccccc;"> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> </tr> <tr style="background-color: #cccccc;"> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> </tr> <tr style="background-color: #cccccc;"> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> <td style="height: 15px;"></td> </tr> </table>																										801																																				
					801																																																									

Allegato D



Valutazione della stabilità degli alberi nella città di Torino



Ringraziamenti

Un grazie doveroso al Dott. Alessandro Pestalozza e ai suoi collaboratori, il Dott. Dario Guzzi e la Dott.ssa Milena Crotti, per il loro aiuto prezioso e per la disponibilità nell' insegnarmi nel modo più caloroso e amichevole possibile. Grazie anche al Prof. Giacomo Lorenzini per avermi dato la possibilità di vivere questa esperienza che desideravo molto e per la fiducia che mi ha concesso.

Grazie anche alle persone che mi sono state vicine ed incoraggiato in questi anni.