

Parametri xilologici e clima

Introduzione

L'ampiezza anulare è il parametro maggiormente impiegato nelle analisi di tipo dendrocronologico poichè presenta la peculiarità di essere grandezza di speditiva e, seppure entro certi limiti, agevole misurazione. Tuttavia l'influenza del clima e dell'ambiente si manifesta sia nella formazione che nella dimensione di altre grandezze xilologiche che possono divenire di ausilio sia nella ricostruzione dei climi passati che nello studio dell'evoluzione filogenetica delle specie.

Approccio Qualitativo

Tipologie anulari

La formazione dell'anello con cadenza annuale nelle piante arboree è dovuta in parte a leggi di determinismo genetico ed in parte alla stagionalità di alcune caratteristiche ambientali. Quest'ultimo fattore appare essere il principale elemento induttore di questo processo biologico poichè specie a diffusione tropicale se poste in climi con alternanza stagionale possono dare origine ad anelli di accrescimento (cfr. JACOBY, 1989 e ECKSTEIN et al., 1995a). In questa ottica la distinzione degli anelli xilematici e la loro conformazione nei legni fossili fornisce indicazioni sulle condizioni ambientali paleostoriche. Infatti nel Paleozoico il clima è ascrivibile ad un regime tropicale, poichè gli anelli sono per lo più assenti o limitati ad una porzione della circonferenza totale del

tronco, e comunque generati da un meccanismo di tipo intrinseco piuttosto che di tipo esogeno-ambientale. Nelle ere geologiche più recenti, soprattutto a partire dall'Eocene, la formazione dell'anello e soprattutto la marcata distinzione al suo interno di un legno primaticcio e di un legno tardivo, così come avviene, ad esempio, nel *Taxodioxylon gypsaceum* di Dunarobba (fig. 1) (CORONA et al., 1995), indica l'instaurarsi di condizioni climatiche contraddistinte da una alternanza stagionale.

Attualmente nelle zone temperate la formazione dell'anello annuale non è processo sempre uniforme e regolare. Sotto questo profilo ben noti sono ai dendrocronologi alcuni turbamenti nell'attività vegetativa che si configurano in falsi, doppi anelli e nell'omissione totale o parziale dell'anello annuale. Queste conformazioni xilologiche sono riconducibili in parte ad una predisposizione genetica specifica. L'anello mancante si riscontra con maggiore frequenza in alcune

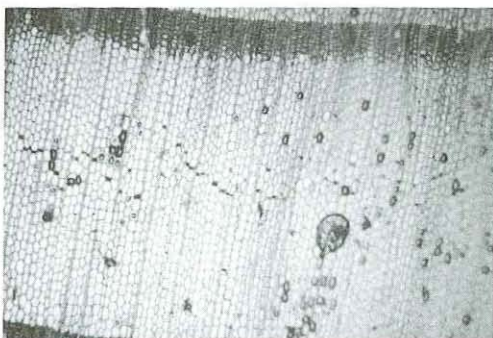
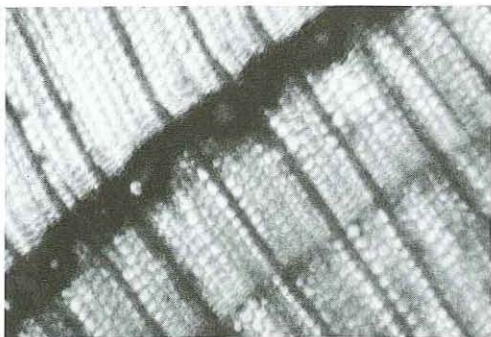


Fig. 1 - Sezione trasversale di *Taxodioxylon gypsaceum* di Dunarobba.

specie come picea, larice, ginepro; falsi o doppi anelli sono comuni nei cipressi e nei pini mediterranei. Tra le latifoglie queste anomalie appartengono prevalentemente a quelle a porosità diffusa come pioppo, faggio, tiglio, salice piuttosto che a quelle a porosità anulare nelle quali il processo di formazione dell'anello è regolato da leggi fisiologiche differenti (CORONA, 1989). Tuttavia falsi, doppi anelli o anelli parzialmente o totalmente mancanti possono riflettere particolari eventi ambientali, riconducibili a stress di ordine climatico sia idrico che termico, così sfavorevoli da indurre un rallentamento o addirittura una pausa nell'attività cambiale delle piante. Questo evento si verifica più frequentemente tanto più la specie si trova ai margini del proprio areale di distribuzione e lontana dal proprio *optimum* ecologico. Altri fattori intervengono poi sulla frequenza di queste anomalie, in particolare, l'altezza di prelievo del campione, nonché fenomeni di competizione e dinamismo delle cenosi vegetali (PIOVESAN et al., 1995) oppure, nel caso dei falsi anelli, l'esposizione ed il fotoperiodismo (CREBER & CHALONER, 1984).

Legno primaticcio e tardivo: conformazione macroscopica

All'interno di una medesima specie l'estensione, la tipologia del legno primaticcio e tardivo e la modalità di passaggio dal primo al secondo riflettono le condizioni ambientali in cui sono vissute le piante e divengono elemento di distinzione di alcune provenienze. All'interno di



34 Fig. 2 - Canali resiniferi traumatici su *Abies spectabilis*.

uno stesso individuo, invece, la variabilità delle due tipologie xilematiche nelle serie anulari radiali riflette decorsi stagionali differenziati. La morfologia cellulare è influenzata, inoltre, dallo sviluppo e dall'estensione della chioma e dall'altezza in cui è stato effettuato il prelievo, poiché meccanismi di natura ormonale inducono generalmente la formazione di cellule a lume ampio e parete sottile quanto più i campioni sono prossimi alla chioma (CREBER & CHALONER, 1984; FUNADA et al., 1990; GASSON, 1987). Tuttavia seppure tenendo conto di queste correlazioni, la modalità di formazione del legno primaticcio e del legno tardivo è notevolmente condizionata dalle caratteristiche stagionali e dal clima. In linea di massima nelle conifere delle zone temperate i siti aridi danno origine a tracheidi a lume ridotto e parete spessa. Ad elevate quote o latitudini, laddove il fattore limitante per gli accrescimenti è rappresentato dalla temperatura, stagioni brevi e fredde si configurano in un brusco passaggio dal legno primaticcio al legno tardivo.

Nelle latifoglie, la conformazione e la tipologia degli elementi vasali riflette esigenze di carattere fisiologico e di adattamento alle condizioni climatiche ambientali. Esiste un gradiente generico per cui nei climi arido-desertici le specie presentano vasi di piccolo diametro ed elevata frequenza, contrariamente a quanto avviene nei luoghi mesici. Le specie a porosità diffusa si collocano in una posizione intermedia del gradiente mentre in quelle a porosità anulare coesistono tipologie tipiche di luoghi xerici e di luoghi mesici (WOODCOCK, 1989). La zona porosa dell'anello costituisce, infatti, un elemento di specializzazione del sistema di trasporto poiché assicura la conduzione di elevate quantità di liquidi nella pianta durante la prima fase della stagione vegetativa. I vasi piccoli e frequenti del legno tardivo mantengono la funzionalità del sistema di conduzione durante l'avanzamento della stagione vegetativa e possono essere interpretati come un segnale di diminuita vulnerabilità in condizioni di stress idrico (CARLOUIST, 1975 in WOODCOCK, 1989; ZHANG et al., 1992). All'interno di questo gradiente, tuttavia, sussistono delle differen-

ze nella forma, dimensione e disposizione degli elementi vasali riconducibili alla situazione del biotopo. Nelle latifoglie a porosità anulare le differenze stagionali e climatiche (ROMAGNOLI, 1996) sembra possano essere ravvisate, in alcuni casi, nella modalità di passaggio dal legno primaticcio al legno tardivo.

Morfologie xilologiche riconducibili a cause ambientali

Ai dendrocronologi sono di utile indicazione alcune caratteristiche anatomiche che sono riconducibili a particolari eventi climatici. Tra questi caratteri xilologici menzione meritano il "frost ring", le tasche di resina, o i canali resiniferi di origine traumatica che possono comparire persino in alcune specie normalmente prive di resina (fig. 2).

Nelle latifoglie menzione particolare meritano le tille (fig 3) soprattutto per le ripercussioni nel campo della tecnologia del legno applicata. La formazione delle tille avviene più facilmente in alcune specie piuttosto che in altre e rappresenta un evento fisiologico nella vita delle piante legato al processo di invecchiamento cellulare. Tuttavia una anormale presenza di tille, soprattutto se localizzata in anni particolari, può essere sintomo di uno stato di stress per la pianta (BABOS, 1993) e potrebbe essere direttamente collegata a condizioni specifiche di umidità e temperatura.

Alcuni caratteri anatomici xilematici possono poi riflettere forme di adattamento al clima e costituiscono il risultato del *trend* evolutivo nelle ere geologiche delle specie arboree. Secondo l'ipotesi di Bayle, l'evoluzione avviene in modo irreversibile verso forme anatomiche maggiormente specializzate, che riflettono l'esigenza di un adattamento a condizioni generalmente meno favorevoli per l'accrescimento delle piante. Nelle ere in cui si è verificata l'evoluzione dell'*habitat* da tipo tropicale a tipo xerico, si registra una maggiore incidenza di specie con perforazioni del lume vasale di tipo semplice che, rispetto a quelle di tipo scalariforme, costituiscono un sistema di trasporto più veloce ed efficace. Pertanto, allo stato at-

tuale, le specie con perforazioni scalariformi indicano l'occupazione ininterrotta da parte delle stesse di siti di tipo mesico (CARLQUIST et al., 1995). Negli habitat di tipo temperato freddo si riscontra, invece, una maggiore incidenza di specie con ispessimenti spiralati nelle pareti cellulari (WHEELER & BAAS, 1991), carattere xilologico questo quasi totalmente assente nelle specie tropicali (MANCHESTER & WHEELER, 1993).

Altre variazioni anatomiche legate al *trend* evolutivo sono quelle a carico delle punteggiature areolate che tendono a disporsi in posizione alternata in climi xerici così da limitare la traspirazione dei liquidi. Osservazioni aggiuntive possono poi essere effettuate sul parenchima assiale che da diffuso diviene di tipo aliforme o confluyente in condizioni xeriche, nonché sulla presenza di cristalli, di raggi etero- od omocellulari e di tracheidi ausiliarie ricche di punteggiature.

Il *trend* evolutivo bayleiano non appare tuttavia esente da contraddizioni, soprattutto nel Cretaceo (WHEELER & BAAS, 1991), che possono derivare da una lentezza nell'adeguamento della morfologia degli elementi cellulari ai cambiamenti climatici, oppure dalla lacunosità nel ritrovamento dei reperti fossili in alcuni periodi storici.

Tra i caratteri xilologici indicatori di modificazioni ambientali menzione particolare meritano i legni di reazione per il significato delle intercorrelazioni tra cli-

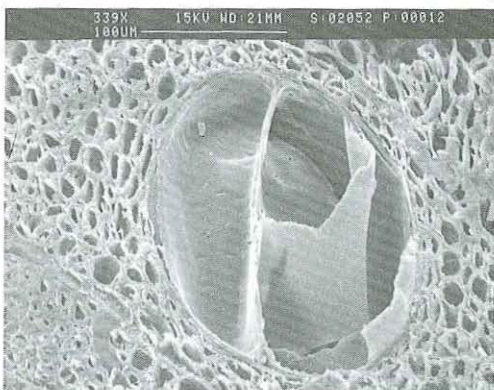


Fig. 3 - Particolare di una tilla in cerro (*Quercus cerris* L.) (Foto Carmine Angelaccio).

ma e dinamismi geomorfologici. Esistono poi alcune caratteristiche xilologiche anomale che si configurano nella presenza di cellule estremamente compresse in direzione radiale a cui talvolta corrisponde la mancanza di uno o più anelli. Allo stato attuale queste tipologie xilologiche non trovano una facile interpretazione dal punto di vista climatico ambientale (ROMAGNOLI & LO MONACO, 1995).

Approccio quantitativo

Delimitazione a vista del legno primaticcio e del legno tardivo

Nelle conifere il limite tra legno primaticcio e legno tardivo viene fissato in base al cambiamento di colore causato dall'ispessimento delle pareti cellulari. Nelle latifoglie ad anello poroso il legno primaticcio viene fatto coincidere con l'estensione della parte porosa dell'anello. I limiti di questo tipo di analisi sono ravvisabili nella componente soggettiva delle misurazioni che presentano alcune imprecisioni, soprattutto quando il passaggio dal legno primaticcio a quello tardivo avviene gradualmente ed è presente il legno di transizione. Nel caso delle latifoglie, difficoltà di misurazione sorgo-

no in quelle a porosità diffusa e, tra quelle a porosità anulare, in quelle appartenenti alla sezione *cerris* (come cerro, farnetto ecc.). L'estensione dei due parametri è influenzata, inoltre, dall'altezza in cui è stato prelevato il campione e dall'età cambiale. Ciò nonostante, mentre l'ampiezza del legno primaticcio in alcune specie appare essere maggiormente soggetta a leggi di determinismo genetico (NEPVEU, 1993), quella del legno tardivo in alcuni casi fornisce delle informazioni aggiuntive ed estremamente significative (ECKSTEIN & SCHMIDT, 1974) rispetto alla sola analisi di ampiezza totale e permette di formulare delle ipotesi in merito ad argomenti attinenti alla biologia del legno. Analisi condotte sul cerro e sull'abete dell'Italia centrale (ROMAGNOLI, 1996) evidenziano una influenza maggiore delle precipitazioni tardo-primaverili ed estive sulla ampiezza del legno tardivo piuttosto che sull'ampiezza totale dell'anello. Le temperature, invece, segnatamente per alcuni mesi, presentano delle correlazioni con la percentuale di legno tardivo, ma non con l'ampiezza totale dell'anello o con quella del legno tardivo.

Densità del legno ai raggi X

Le analisi densitometriche consistono nell'irradiamento di un campione legnoso con un fascio radiogeno il cui assorbimento dipende dai valori di massa volumica delle zone attraversate. Sulla lastra radiografica, gli anelli annuali si presentano come alternanza di bande scure e chiare, dove le zone più chiare a minore densità ottica sono quelle che corrispondono al legno tardivo, caratterizzato da una maggiore capacità di trattenuta ed assorbimento del fascio radiogeno (fig 4).

Le tecniche densitometriche in campo dendroclimatologico sono state applicate prevalentemente sulle conifere.

Lo scarso impiego sulle latifoglie è da ricercare nella irregolarità e difficile interpretazione dei profili densitometrici, causata dalla eterogeneità del legno i cui tessuti xilematici presentano notevoli differenze nella capacità di assorbimento delle radiazioni. Alcune analisi densitometriche sono state condotte, tra le latifoglie a dif-

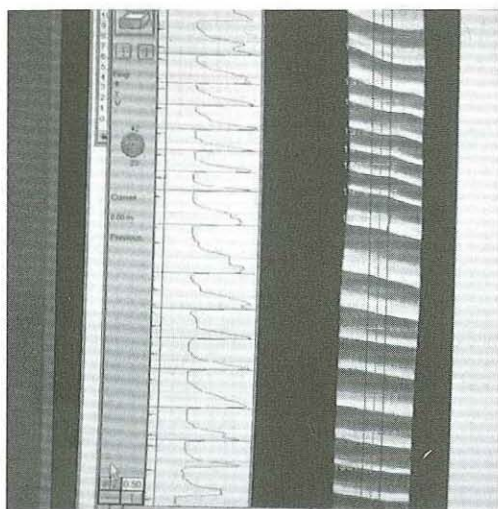


Fig. 4 - Esempio di profilo densitometrico (WinDENDRO Intermediary System-Régent Instruments).

fusione europea, su querce (ACKERMANN, 1995; ZHANG et al., 1993; ZHANG et al., 1994) e faggio (KELLER et al., 1976; Z'GRAGGEN, 1992).

Ai fini delle analisi dendrocronologiche particolare importanza riveste la rilevazione dei parametri di densità massima, minima e media anulare, nonché dei valori di ampiezza e densità del legno primaticcio e tardivo. In questo ultimo caso il limite tra le due fasi dell'attività cambiale viene fissato sulla base di una soglia fissa di massa volumica o, dall'analisi del profilo densitometrico, come differenza tra i valori estremi di densità.

I profili densitometrici presentano delle differenze latitudinali generalizzabili su larga scala. Infatti nelle zone artiche il densitogramma si presenta regolare, con scarsa differenza tra i valori di densità massima e densità minima e con un brusco passaggio dal legno primaticcio al legno tardivo. A latitudini inferiori in un regime temperato, il profilo appare sovente più irregolare per la frequente presenza di bande xilematiche intranulari. Il segnale climatico presente nei singoli parametri densitometrici in relazione al clima differisce con le condizioni stazionali.

Nei climi freddi ed umidi le correlazioni più significative sono quelle che si registrano tra i valori di densità massima e le temperature primaverili o estive. In climi xerici sembra invece che siano le precipitazioni a influenzare l'ampiezza del legno primaticcio e la densità minima.

Il metodo densitometrico presenta delle peculiarità che lo rendono particolarmente idoneo ad analisi di tipo dendroclimatologico. Infatti le correlazioni densità-clima sono generalmente più significative di quelle semplici ampiezza-clima spiegando oltretutto una maggiore varianza dei dati originari. In genere alle nostre latitudini il parametro maggiormente esplicativo è quello legato alla densità massima.

Inoltre le curve dendrocronologiche di densità mostrano maggiore affinità rispetto a quelle di ampiezza (ZHANG et al., 1994; SCHWEINGRUBER et al., 1991) e pertanto le teleconnessioni su scala regionale forniscono risultati migliori. Ciò è dovuto al limitato *pattern* di variabilità del regime termometrico, che esplica una notevole

influenza sulle curve di densità anulare subalpine o di elevate latitudini. Il risultato potrebbe essere differente qualora la densità intranulare fosse influenzata dalle precipitazioni che presentano un notevole range di variabilità sia spaziale che temporale.

L'insieme di queste prerogative ha reso l'analisi densitometrica particolarmente idonea a ricostruzioni climatiche di larga scala (JACOBY & D'ARRIGO, 1989; SCHWEINGRUBER et al., 1991; BRIFFA et al., 1992; SCHWEINGRUBER et al., 1993).

Analisi d'immagine

Esiste una stretta correlazione tra gli studi di tipo densitometrico e quelli di analisi di immagine di elementi cellulari, poichè le variazioni di densità intranulare non sono dovute ad una variazione di massa volumica in senso assoluto, essendo la densità delle pareti cellulari una costante ($1,53 \text{ gr/cm}^3$), ma alla variabilità nella disposizione e nella conformazione degli elementi cellulari. I due profili sono pertanto confrontabili (CODIPIETRO, 1994).

Gli elementi cellulari, più comunemente misurati in questo tipo di studi, sono l'area, il diametro radiale e tangenziale del lume cellulare e lo spessore della parete. I valori possono essere poi mediati così da riassumere l'informazione relativa al singolo anello-anno e quindi ordinati in serie temporali. Tra questi parametri, all'area del lume cellulare sembra debba essere attribuito un ruolo specifico come bioindicatore di cambiamenti ambientali. A questo proposito ECKSTEIN & FRISSE (1982) trovano una correlazione tra l'area dei vasi di quercia e faggio con le precipitazioni primaverili e le temperature invernali. Studi recenti condotti sempre sul faggio (SASS & ECKSTEIN 1995) mostrano come l'ampiezza dei vasi del legno iniziale sia collegata alle precipitazioni dell'anno precedente di crescita, mentre quella dei vasi finali risenta delle piogge di giugno e luglio dell'anno corrente di crescita. Analogamente, da un approccio preliminare condotto sull'abete rosso di Paneveggio, risulta che l'area media delle tracheidi è influenzata da un aumento delle precipitazioni estive (fig. 5).

Le informazioni contenute nei parame-

tri anatomici possono essere poi riassunte su scala stagionale suddividendo, all'interno del singolo anello, il legno primaticcio dal legno tardivo. L'operazione viene effettuata secondo alcuni criteri quantitativi, sulla base dell'area del lume cellulare e dello spessore della parete, riportati in alcune definizioni (MORK, KLEM, ecc.). In questo caso anche il legno di transizione, secondo la definizione di Larson (LARSON, 1969 in CREBER & CHALONER, 1984), trova una precisa collocazione fisica e potrebbe presentare correlazioni significative ed innovative con i dati climatici (FRITTS et al., 1990; ROMAGNOLI & CODIPIETRO, 1996). Infatti la componente deterministica, che appare preponderante nella formazione del legno iniziale anulare, è meno influente nel legno di transizione in cui, contrariamente a quanto avviene nel legno iniziale, si registra una notevole variabilità nei valori dimensionali delle singole cellule.

Informazioni più dettagliate sui tempi e sulle modalità di sviluppo delle cellule xilematiche possono essere ottenute con i tracheidogrammi (VAGANOV, 1990; CODIPIETRO, 1994). Questa metodologia consiste nella suddivisione dell'anello annuale, qualunque sia la sua ampiezza, in 30 cellule o elementi, ognuno dei quali può essere correlato ai dati climatici. Studi preliminari condotti sull'abete rosso testimoniano un'influenza scalare delle precipitazioni durante l'anno sull'ampiezza di

elementi successivi (CODIPIETRO, 1994). Nelle latifoglie, per la differente tipologia degli elementi cellulari, la suddivisione più idonea dell'anello annuale sembra essere quella che fa riferimento a solo 10 elementi (CORONA, 1995; SASS & ECKSTEIN 1995; ROMAGNOLI & CODIPIETRO, 1996).

Conclusioni.

Sebbene la dendroclimatologia al pari di altre discipline, con il processo tecnologico, si avvalga di mezzi più sofisticati, l'approccio qualitativo e la codificazione di caratteristiche xilologiche particolari con la tecnica dello "skeleton plot" (SCHWEINGRUBER et al., 1990) conservano comunque una loro validità soprattutto per la datazione e l'identificazione di eventi climatici estremi. Inverni particolarmente freddi nel periodo 1433-1455 vengono registrati nella formazione ad esempio di vasi anormalmente piccoli su quercia nord-europea (FLETCHER, 1975).

Le nuove metodologie presentano comunque dei limiti che possono essere ravvisati nei costi di gestione e di impianto, nel caso delle tecniche densitometriche, e nei tempi di preparazione e di indagine nei sistemi di analisi di immagine anche se questi ultimi attualmente hanno raggiunto un buon grado di automazione.

Nella correlazione dei parametri xilologici quantitativi con il clima, ulteriori

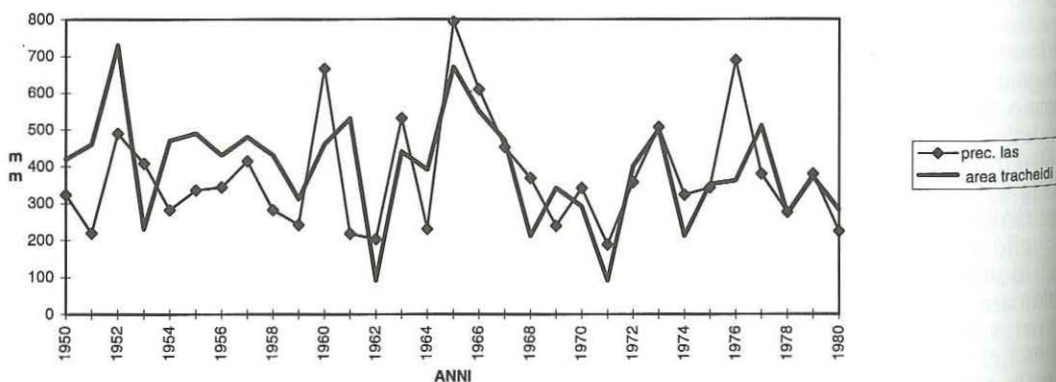


Fig. 5 - Ampiezza delle tracheidi in abete rosso (*Picea abies* Karst) e precipitazioni estive. Prec. las = somma delle precipitazioni di luglio, agosto e settembre. Area tracheidi = area media del lume cellulare (elaborazione di Codipietro e Romagnoli).

complicazioni devono essere ravvisate nell'interferenza della componente deterministica legata all'età e all'ereditarietà. L'età cambiale esercita una influenza considerevole sulla densità e sui valori di alcune caratteristiche fisiche cellulari come la lunghezza ed il diametro dei vasi, poichè, parimenti a quanto avviene per i valori di ampiezza anulare, la variabilità delle misure appare più significativamente correlata alle caratteristiche ambientali solo dopo i primi 30 anni di vita delle piante (GASSON, 1985; HELINSKA-RACZKOWSKA, 1994, HELINSKA-RACZKOWSKA & FABISIAK, 1991; ZHANG et al. 1994). Analogamente la componente ereditaria esplica una notevole influenza sui valori di densità anulare, sull'estensione del legno primaticcio e tardivo e sulle caratteristiche dimensionali delle cellule (NEPVEU, 1993; ECKSTEIN et al., 1995b; SASS & ECKSTEIN, 1995). Il segnale climatico del singolo parametro xilologico può essere mascherato da problemi di intercorrelazione (HUBER, 1994; SASS & ECKSTEIN, 1995); così l'ampiezza anulare, contiene parte dell'informazione contenuta nella densità anulare, nella dimensione e nel numero dei vasi e delle tracheidi per anello. A questo proposito anche la frequenza di alcune caratteristiche xilologiche come gli ispessimenti spiralati pare debba essere correlata ad elementi di conduzione stretti e lunghi.

Alla luce di queste considerazioni appare evidente come l'informazione contenuta nei parametri xilologici diviene complementare a quella relativa all'ampiezza

anulare nell'ipotesi in cui il campionamento e lo sviluppo di modelli statistici adeguati consentano l'isolamento delle diverse componenti. I risultati ottenuti sembrano attinenti non solo alla xilologia in generale ed alla dendrocronologia in particolare, ma anche ad altre discipline attinenti al settore forestale ed in particolare all'ecologia, alla selvicoltura, alla tecnologia del legno e soprattutto alla biologia del legno. Quest'ultima ha ricevuto un notevole impulso grazie alle nuove tecniche di analisi d'immagine, che consentono di effettuare indagini su una scala temporale di maggiore risoluzione.

Ringraziamenti. Si ringrazia il Prof. Corona per i preziosi suggerimenti e la revisione critica del testo, la Sig. Giulia Sandoletti e il Sig. Armando Parlante per la collaborazione.

Dott. Manuela Romagnoli

Dipartimento di Scienze dell'Ambiente Forestale
e delle sue Risorse (Di.S.A.F.Ri)
Cattedra di Tecnologia del legno
Università della Tuscia - Viterbo

Riassunto

Vengono indicati alcuni caratteri xilologici che sono di ausilio nelle analisi dendrocronologiche. In particolare viene descritta l'informazione climatica che può essere dedotta dalle tipologie anulari, dalla conformazione del legno primaticcio e del legno tardivo, dai caratteri anatomici cellulari e dalla densità anulare ed intranulare misurata con i raggi X, seguendo un approccio qualitativo ed uno quantitativo. Si illustra la complementarietà di questi parametri alla misurazione dell'ampiezza anulare e le interconnessioni della dendroclimatologia con altre discipline.

BIBLIOGRAFIA

ACKERMANN F., 1995 - *Influence du type de station forestière sur les composantes intracernes de la densité du bois du chêne pédonculé (Quercus robur L.) dans les chênaies de l'Adour et des coteaux casco-béarnais*. Ann. Sci. For., 52: 635-652.

BABOS K., 1993 - *Tyloses formation and the state of health of Quercus petraea tree in Hungary*. Iawa Journal, 14(3): 239-243.

BRIFFA K.R., JONES P.D., SCHWEINGRUBER F.H., 1992 - *Tree-Ring reconstructions of summer temperature patterns across western North America since 1600*. J. Clim., 5: 735-754.

CARLQUIST S., DAUER K., NISHIMURA S.Y., 1995 - *Wood and stem anatomy of Saururaceae with reference to ecology, phylogeny and origin of the monocotyledons*. Iawa Journal, 16(2): 133-150.

CODIPIETRO G., 1994 - *L'analisi di immagine in xilologia. I tracheidogrammi nell'abete rosso*. Tesi di Dottorato in Scienze del Legno.

CORONA E., 1989 - *Significato dendrocronologico delle querce*. Monti e Boschi, 1: 6-8.

CORONA E., 1992 - *La dendrocronologia come strumento per lo studio delle variazioni climatiche*. Atti dei Convegni dei Lincei, 95: 113-128.

CORONA E., 1995 - *Alcune considerazioni sulla Cattedra lignea di S.Pietro*. Bollettino Monumenti Musei e Gallerie pontificie, 15: 205-215.

CORONA E., CODIPIETRO G., ROMAGNOLI M., 1995 - *Aspetti dendrocronologici*. In: *La Foresta fossile di Dunarobba (TR, Umbria): contesto litostratigrafico, sedimentologico, palinologico, malacofaunistico e dendrocronologico*. Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences 8(2): 465-508.

- CREBER G.T., CHALONER W.G., 1984 - Influence of environmental factors on the wood structure of living and fossil trees. *Bot. Rev.*, 50: 357-447.
- ECKSTEIN D., FRISSE 1982 - The influence of temperature and precipitation on vessel area and ring width of oak and beech. In: "Climate from Tree Rings" Ed. Hughes M.K., Kelly P.M., Pilcher J.R., La Marche V.C. Jr. eds. Cambridge University Press. Cambridge: 12
- ECKSTEIN D., SCHMIDT B., 1974 - Dendroklimatologische Untersuchungen an Stieleichen aus dem maritimen Klimagebiet Schleswig-Holsteins. *Angew. Botanik*, 48: 371-383.
- ECKSTEIN D., SASS U., BAAS P., 1995a - Growth periodicity in tropical trees. *Iawa Journal*, 16(4): 323-442.
- ECKSTEIN D., SCHOLZ F., KLEIN H., 1995b - Wood anatomical studies of cloned spruce trees with sulphur dioxide. *Iawa Journal*, 16(3): 299-309.
- FLETCHER J.M., 1975 - Relation of abnormal earlywood in oaks to dendrochronology and climatology. *Nature*, 254: 506-507.
- FRITTS H.C., VAGANOV E.A., SWIDERSKAYA I.V., SHASHKIN A.V., 1990 - Climatic variation and Tree-Ring structure in conifers: empirical and mechanistic models of tree-ring width, number of cells, cell size, cell-wall thickness and wood density. In: *Climate research, interactions of climate with organisms, ecosystems and man*. vol. 1 no 2. inter-research.
- FUNADA R., KUBO T., FUSHITANI M., 1990 - Early- and Latewood formation in *Pinus densiflora* tree with different amounts of crown. *Iawa Bulletin*, 11(3): 281-288.
- GASSON P., 1985 - Automatic measurement of vessel lumen area and diameter with particular reference to pedunculate oak and common beech. *Iawa Bulletin*, 6(3): 219-237.
- GASSON P., 1987 - Some implications of anatomical variations in the wood of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) including comparisons with common beech (*Fagus sylvatica* L.). *Iawa Bulletin*, 8(2): 149-166.
- HELINSKA-RACZKOWSKA L., FABISIAK E., 1991 - Radial variation and growth rate in the length of the axial elements of sessile oak wood. *Iawa Bulletin*, 12(3): 257-262.
- HELINSKA-RACZKOWSKA L. 1994 - Variation of vessel lumen diameter in radial direction of the juvenile wood growth in oak (*Quercus petraea* Liebl.). *Ann. Sci. For.*, 51: 283-290.
- HUBER F., 1994 - Déterminisme de la surface des vaisseaux du bois des chênes indigènes (*Quercus robur* L, *Quercus petraea* Liebl.). Effet individuel, effet de l'appareil foliaire, des conditions climatiques et de l'âge de l'arbre. *Ann. Sci. For.*, 50: 509-524.
- JACOBY G.C., 1989 - Overview of tree-ring analysis in tropical region. *Iawa Bulletin*, 10(2): 99-108.
- JACOBY G.C., D'ARRIGO R.D., 1989 - Reconstructed Northern Hemisphere annual temperature since 1671 based on high latitude tree-ring data from North America. *Clim. Change* 14: 39-59.
- KELLER R., LE TACON F., TIMBAL J., 1976 - La densité du bois de hêtre dans le nord-est de la France. Influence des caractéristiques du milieu et du type de sylviculture. *Ann. Sci. For.* 33 (1): 1-17.
- MANCHETSTER S.R., WHEELER E.A., 1993 - Extinct Juglandaceous wood from the Eocene of Oregon and its implications for xylem evolution in the Juglandaceae. *Iawa Journal*, 14(1): 103-111.
- NEPVEU G., 1993 - The possible status of wood quality in oak breeding programs (*Quercus petraea* Liebl. and *Quercus robur* L.). *Ann. Sci. For.*, 50, Suppl 1: 388-394.
- PIOVESAN G., HERMANIN L., SCHIRONE B., 1995 - Considerazioni sulla crescita e lo sviluppo di un ceduo matricinato di faggio (*Fagus sylvatica* L.) di età avanzata. *It. For. e Mont.*, 4: 404-424.
- ROMAGNOLI M., LO MONACO A., 1995 - Osservazioni dendrocronologiche su campioni prelevati a Jumla Forest (Himalaia, Nepal). in corso di stampa su *Ann. Acc. It. Sci. For.*
- ROMAGNOLI M., 1996 - Il legno tardivo come espressione sintetica della densità anulare. Un esempio nel cerro (*Quercus cerris* L.) e nell'abete bianco (*Abies alba* Mill.) in rapporto al clima. *Linea Ecologica*, 2: 47-51.
- ROMAGNOLI M., CODIPIETRO G., 1996 - Pointer years and growth in Turkey oak (*Quercus cerris* L.) in Latium (Central Italy). A dendroclimatic approach. *Ann. Sci. For.*, 53 in corso di stampa.
- SANO Y., FUKAZAWA K., 1991 - Structural differences of tyloses in *Fraxinus Mandshurica* va. *japonica* and *Kalopanax pictus*. *Iawa Bulletin*, 12(3): 241-249.
- SASS U., ECKSTEIN D., 1995 - The variability of vessel size in beech (*Fagus sylvatica* L.) and its ecophysiological interpretation. *Trees*, 9: 247-252.
- SCHWEINGRUBER F., ECKSTEIN D., SERRE-BACHET F., BRAKER O., 1990 - Identification, presentation and interpretation of event years and pointer years in Dendrochronology. *Dendrochronologia*, 8: 9-38.
- SCHWEINGRUBER F.H., BRIFFA K.R., JONES P.D., 1991 - Yearly maps of summer temperatures in Western Europe from A.D. 1750 to 1975 and Western North America from 1600 to 1982: results of a radiodensitometrical study on tree rings. *Vegetatio*, 92: 5-71.
- SCHWEINGRUBER F.H., BRIFFA K.R., NOGLER P., 1993 - A tree-ring densitometric transect from Alaska to Labrador. Comparison of ring-width and maximum-latewood chronologies in the conifers belt of northern North America. *Int J Biometeorol.*, 37: 151-169.
- VAGANOV E.A., 1990 - The tracheidogram method in tree-ring analysis and its application. In: "Methods of Dendrochronology. Applications in the environmental sciences". Eds. Cook E.R., Kairiukstis L.A., Kluwer Academic Publishers: 63-75.
- WHEELER E.A., BAAS P., 1991 - A survey of the fossil record for dicotyledonous wood and its significance for evolutionary and ecological wood anatomy. *Iawa Bulletin*, 12(3): 275-332.
- WOODCOCK D.W., 1989 - Climate sensitivity of wood-anatomical features in a ring-porous oak (*Quercus macrocarpa*). *Can. J. For. Res.*, 19: 639-644.
- ZHANG S.Y., BAAS P., ZANDEE M., 1992 - Wood structure of the rosaceae in relation to ecology, habit and phenology. *Iawa Bulletin*, 13(2): 307-349.
- ZHANG S.Y., OWOUNDI R.E., NEPVEU G., MOTHE F., DHOTE J.F., 1993 - Modelling wood density in European oak (*Quercus petraea* and *Quercus robur*) and simulating the silvicultural influence. *Can. J. For. Res.*, 23: 2587-2593.
- ZHANG S.Y., NEPVEU G., OWOUNDI R.E., 1994 - Intra-tree and intertree variation in selected wood quality characteristics of European oak (*Quercus petraea* and *Quercus robur*). *Can. J. For. Res.*, 24: 1818-1823.
- Z'GRAGGEN S., 1992 - Ring width, maximum latewood density and vessel-area of beech from a central alpine valley with subcontinental climate. Lundqua report, 34 "Tree rings and environment". Proc. of the international dendrochronological Symposium. Ystad, South Sweden: 353-356.