

HYDRO GEO

LA RIVISTA BIMESTRALE DI TECNICA, CULTURA E SCIENZA DEL TERRITORIO

OTTOBRE 2005



**Pianificazione territoriale: il Master Plan
per la Costa del Parco del Delta del Po**



**Beni culturali e difesa del suolo:
valutazioni del rischio di frana**



**Rischio idraulico: le aree inondabili nei
tratti montani dei fiumi romagnoli**



**Tecnologie ambientali: nuove tecnologie
navali per la navigazione interna**



**Scienze ambientali: la dendrocronologia
come metodo d'indagine**

**MAGGIOLI
EDITORE**



La Dendrocronologia come metodo d'indagine in diverse discipline ambientali: ecologia, climatologia, geologia

La "Dendrocronologia" è la scienza che analizza l'accrescimento annuale delle piante. Le principali branche di questa disciplina scientifica sono: la dendroarcheologia (datazione dei reperti archeologici ed opere artistiche) e la dendroecologia che comprende numerosi settori quali la dendroclimatologia, dendrogeomorfologia, dendropatologia. Questo articolo mostra, con alcuni esempi applicativi, come la metodologia dendrocronologica, alla luce delle persistenti e crescenti problematiche di carattere climatico ambientale e di salvaguardia del territorio, permetta di conseguire risultati importanti per la migliore comprensione di numerosi processi ambientali.

*Dipartimento di Scienze Ambientali, Università "La Tuscia" Viterbo

La "Dendrocronologia", scienza che analizza l'accrescimento annuale delle piante (dal greco *dendron* = albero, *chronos* = tempo e *logos* = parola, scienza), si sviluppò verso la seconda metà del diciannovesimo secolo contemporaneamente in Germania e negli Stati Uniti. Le principali branche di questa disciplina scientifica sono: la dendroarcheologia (finalizzata alla datazione dei reperti archeologici ed alle opere storiche ed artistiche) e la dendroecologia che si suddivide in numerosi settori quali la dendroclimatologia, dendrogeomorfologia, dendroglaciologia, dendroidrologia, dendropirologia, dendropatologia, ecc.. In questo articolo vengono indicate alcune delle applicazioni della dendroecologia (Schweingruber, 1996), con esempi di studi applicativi condotti in varie parti del mondo, in modo da mostrare le notevoli potenzialità di utilizzo del metodo in vari settori.

La dendrocronologia, poiché è basata sull'analisi degli incrementi di crescita annuali, può essere utilizzata solo su piante (prevalentemente di tipo arboreo) in grado di produrre chiaramente, ogni anno, un anello di accrescimento. Questo fatto è legato alla presenza di una stagione di accrescimento vegetativo, interrotta da un periodo di stasi dell'attività, legata a

variazioni climatiche o ad altri fattori, come periodi di allagamento in aree tropicali.

Le piante monocotiledoni come le palme, non producono anelli di crescita, mentre questi sono prodotti dalla maggior parte delle piante dicotiledoni (angiosperme e gimnosperme).

Una delle prime piante che mostrò distinti anelli di crescita, *Hyenia elegans*, risale all'era Paleozoica, alla fine del periodo Siluriano (circa 400 milioni di anni fa) (Figura 1).

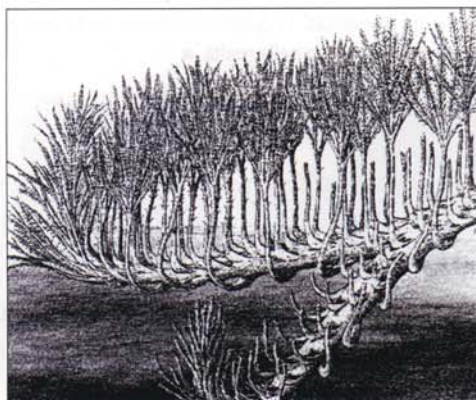
Il campionamento effettuato sulle piante per le indagini dendrocronologiche è generalmente di tipo non distruttivo, eseguito tramite uno strumento denominato "succhiello di Pressler" (Figura 2), costituito da un piccolo "carotiere" dotato di una filettatura in punta, cavo all'interno, che viene infisso nel tronco. Questo strumento permette di estrarre dei campioni carote di 0,5 cm di diametro e di lunghezza variabile, che costituiscono il materiale di base di ogni analisi dendrocronologica.

ESEMPI DI UTILIZZO IN ECOLOGIA

La dendroecologia è un settore di ricerca che comprende lo studio di numerosi fenomeni all'interno delle foreste, indotti sia da fattori naturali (es: clima, fauna, malattie, incendi, valanghe, eventi geologici), sia da fattori antropici (es: inquinamento, fertilizzazioni, potature). In questo capitolo vengo riassunte alcune delle applicazioni ecologiche, lasciando un capitolo a parte per gli studi geologici.

Analisi degli incendi. Gli studi degli incendi sono effettuati mediante la precisa datazione annua (dendrocronologia), delle numerose cicatrici da incendio presenti lungo i tronchi, (Figura 3) generate dai cosiddetti "ground fires" ed utilizzati diffusamente in alcuni paesi del mondo, come gli Stati Uniti d'America, per la datazione temporale e la ricostruzione spaziale di questi eventi, avendo a disposizione alcune

Figura 1
Pianta preistorica (400 M.a) con anelli di crescita annuali (da F. Schweingruber, 1996)



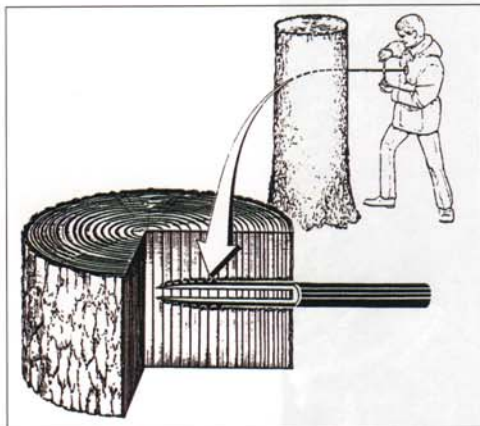


Figura 2
Succhietto di Pressler
utilizzato per i
campionamenti
dendrocronologici
sulle piante
(Da Forintek Canada
Corp., 1988)

specie arboree, spesso molto longeve, come il *Pinus ponderosa* (Figura 4). Gli incendi innescati da cause naturali come i fulmini, proteggono la diversità delle specie, combattono la propagazione delle malattie forestali quali attacchi di insetti e funghi e mantengono la stabilità di un ecosistema a lungo termine; nel XX° secolo l'uomo iniziò a combattere la propagazione degli incendi in modo drastico. Alcune piante si sono adattate al fuoco, producendo per esempio una corteccia molto resistente, quasi ignifuga, come quella del *Pinus monticola* (Figura 5), oppure formando velocemente nuove gemme sul tronco.

Impatto di animali e malattie. La coesistenza tra animali ed alberi è vitale per l'ecosistema; gli insetti, i mammiferi e gli uccelli generano diversi tipi di disturbo sulle piante, quali: disturbi sulla chioma che si manifesta con improvvisa riduzione di crescita, a causa degli insetti che si nutrono di foglie, danni meccanici al tronco con la produzione di cicatrici legate in particolare ai mam-



Figura 3
Cicatrici da incendio
(da F. Schweingruber)

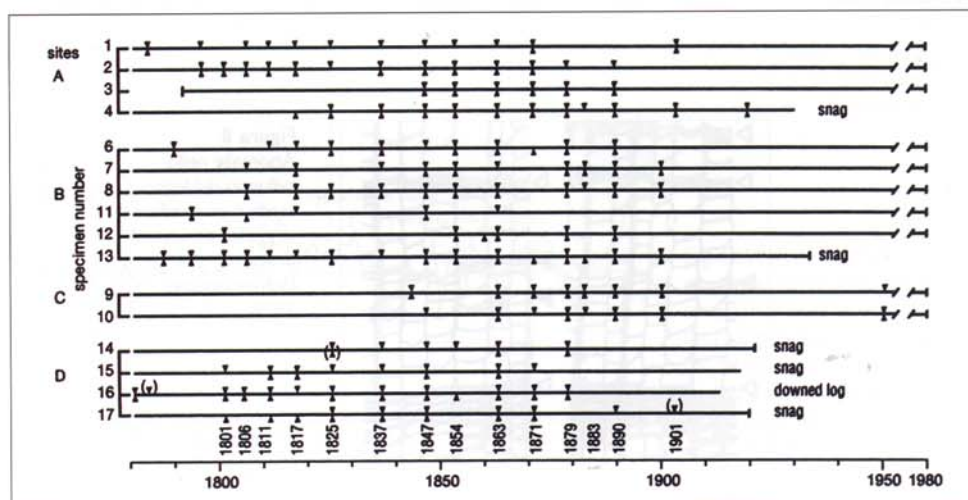


Figura 4
Datazione di cicatrici
da incendio su *Pinus*
ponderosa, in diversi siti
in New Mexico - Usa.
La mancanza di
cicatrici dopo il 1904
è dovuta all'assenza di
materiale combustibile
nel sottobosco per la
diffusione di animali da
pascolo, gli incendi furono
innescati principalmente
da fulmini (da Swetnam
and Dietrich, 1983)

Figura 5
Pinus monticola, Canada,
corteccia molto resistente
agli incendi
(F. Schweingruber)



Figura 6
Datazione dendrocronologica
della densità di popolazione
degli orsi nella zona
settentrionale della Romania
(Ichim, 1991)

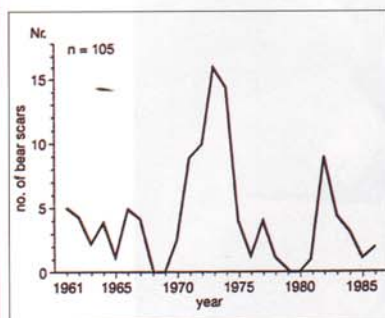


Figura 7
Datazione
dendrocronologica
della densità di
popolazione dei cervi
e daini sulle Dolomiti
in Italia (Motta, 1995)

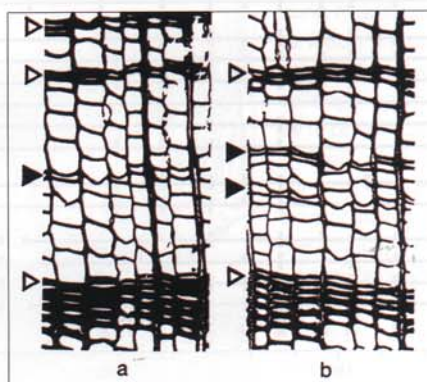
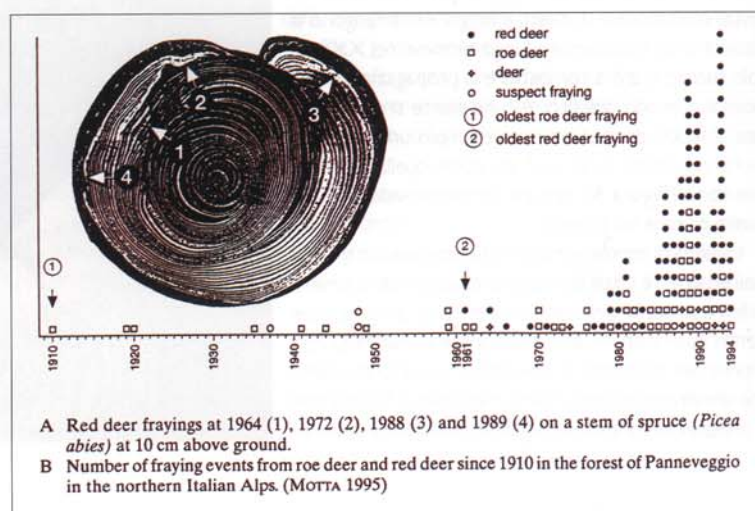


Figura 8
Anomalie nello
sviluppo del legno
tardivo su conifere
soggette ad attacchi
di insetti
(Schweingruber,
1979)

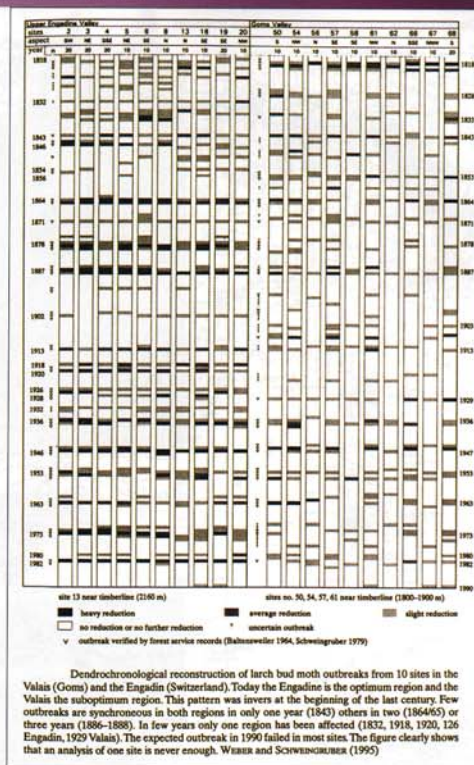


Figura 9
"Skeleton plot" delle anomalie da attacco di insetti su larici in diversi siti della Svizzera (Weber and Schweingruber, 1995)

miferi che si nutrono della corteccia, interruzione del normale flusso vascolare degli elementi nutritivi provocato da alcuni insetti, come gli afidi, che producono cicatrici, tessuti callosi ed a volte legno di reazione.

Impatto di animali: alcuni uccelli, come i picchi, ed un gran numero di roditori, si nutrono del legno presente subito sotto la corteccia; le cicatrici lasciate da questi animali possono essere datate ed in questo modo è possibile determinare la frequenza dei danni. I topi rosicchiano la base dei tronchi di giovani piante, i ghihi sono particolarmente ghiotti della corteccia tenera di numerose specie, gli scoiattoli mangiano la corteccia sulle cime delle conifere durante la Primavera, anche gli orsi si nutrono della corteccia delle pian-

te. Ichim (1991), un ricercatore rumeno, ha esaminato la variazione della densità della popolazione degli orsi bruni, in funzione del numero di cicatrici presenti sul tronco delle piante (Figura 6). Gli effetti del pascolo di animali domestici e selvatici sulla vegetazione è, in genere, devastante, in quanto vengono distrutte la maggior parte delle specie a vantaggio di alcune. Molti studi sono stati eseguiti datando le cicatrici prodotte dagli animali sul tronco e sugli apparati radicali.

Un caso di studio effettuato in Italia, nella foresta di Paneveggio sulle Alpi (Dolomiti), ha evidenziato con la datazione delle cicatrici sulle piante, un notevole incremento della popolazione dei daini e cervi a partire dagli anni '90 (Motta, 1995) (Figura 7).

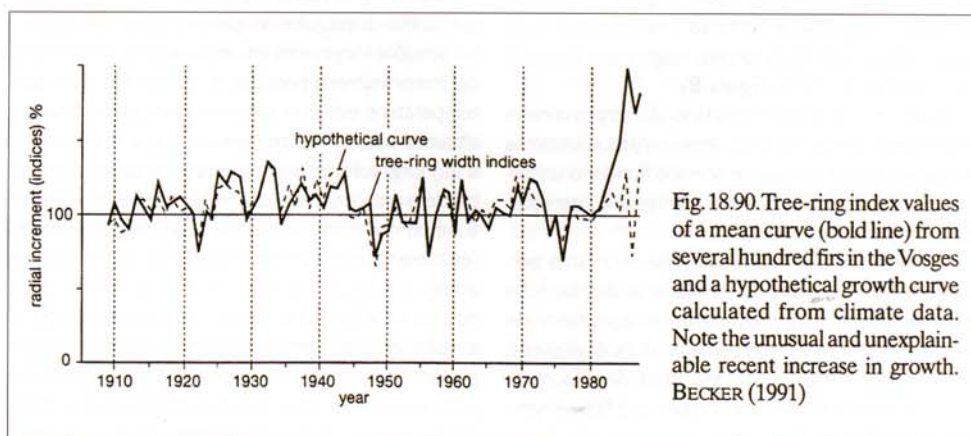
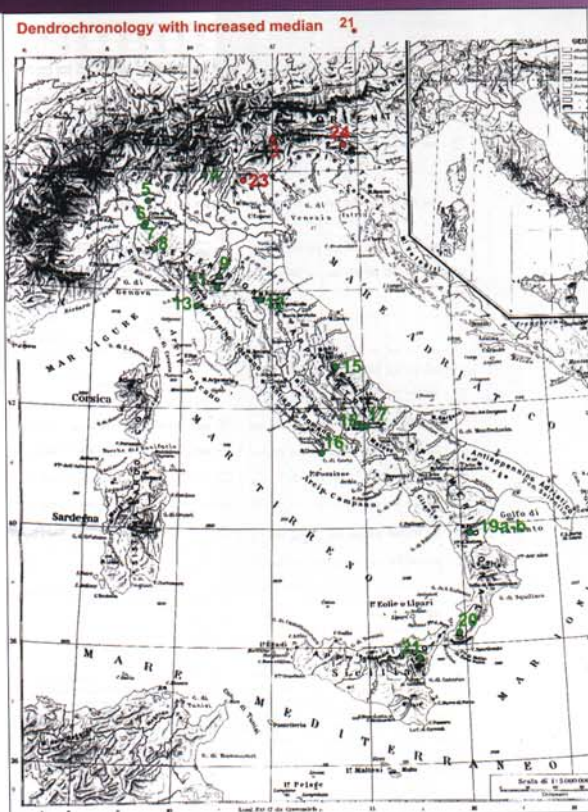


Figura 10
Anomalo incremento di crescita a partire dagli anni '80 rilevato sui Monti Vosgi (Becker, 1991)

Figura 11
Incremento di crescita
significativo in alcune
cronologie alpine
esaminate nell'ambito
del progetto
CARBIUS (dati inediti
R. Fantucci,
R. Valentini)



Impatto di Insetti: molti insetti producono danni notevoli nelle foreste, che si riflettono direttamente sulle anomalie di crescita annuali. Tali riduzioni di crescita o anomalie negli anelli durano da uno a tre anni, a partire da quello dell'attacco.

Questo settore di ricerca è diffusamente utilizzato per l'esame dendropatologico delle foreste. Spesso gli attacchi di insetti provocano una forte defoliazione, specialmente nel pieno della stagione vegetativa (Giugno – Luglio), che porta ad una riduzione delle pareti cellulari nel legno tardivo lungo tutto il tronco (Schweingruber, 1979) (Figura 8).

Questi tipi di studi necessitano di campionamenti in più zone, all'interno di un determinato ecosistema (es: valle), perché le malattie non si diffondono uniformemente ed alcuni siti possono non essere interessati da un determinato evento.

Gli "skeleton plot" delle anomalie di crescita permettono di ricostruire l'intensità e la distribuzione dell'infestazione. Dati provenienti dai documenti dei servizi forestali sono usati per la taratura degli eventi, confermando l'attendibilità degli studi dendrocronologici, in patologia forestale (Weber and Schweingruber, 1995) (Figura 9).

Analisi di variazioni climatiche. Le indagini dendroclimatologiche appartengono ad uno dei settori più diffusi della ricerca dendrocronologia. Esse costituiscono, infatti, delle serie di "proxy data" molto utili per la ricostruzione delle variazioni climatiche avvenute in passato e per l'analisi dei recenti cambiamenti climatici, anche a livello globale. La dendroclimatologia, essendo molto complessa, necessiterebbe di una trattazione a sé stante. Il principio di base è, comunque, quello di eseguire dei campionamenti su specie il più possibile longeve ed influenzate, nella loro crescita, dal minor numero possibile di variabili (es: solo dalle temperature estive in ambienti ad alte latitudini e/o altitudini o solo dalle precipitazioni in ambienti molto aridi). Una volta individuati i fattori climatici responsabili della crescita, tramite le "response function", si potranno ricostruire tali parametri anche per il passato (es: ricostruzione delle precipitazioni estive in zone aride). In questo modo si mette in evidenza la frequenza ed intensità di alcuni eventi climatici, ritenuti a volte erroneamente eccezionali, come prolungati periodi di siccità (es: analisi delle precipitazioni primaverili estive nella zona sud occidentale della Turchia, Touchan et al., 2003). Alcuni trend anomali di incre-



Figura 12
Disturbi sulla
vegetazione per
erosione di sponda
(da Fritz
Schweingruber)



Figura 13
Depositi alluvionali
coperti da
vegetazione di
diversa età (da Fritz
Schweingruber)

menti di crescita negli ultimi decenni, rilevati anche in area alpina, sembrano essere direttamente influenzati dagli aumenti di temperatura globale (effetto gas serra) come quelli individuati sui Monti Vosgi in Francia, a partire dagli anni '80 (Becker, 1991) (**Figura 10**). Risultati preliminari, relativi al progetto di ricerca CARBIUS (Università della Tuscia di Viterbo, Dipartimento di Scienze dell'Ambiente Forestale e delle sue Risorse DISAFRI Resp. Scien. Prof. R. Valentini), sulle dendrocronologie italiane, hanno confermato un incremento significativo di crescita (in area alpina) dei valori medi delle curve dendrocronologiche nell'ultimo secolo (**Figura 11**).

Lo stesso studio ha rilevato un diffuso aumento della variabilità nella crescita nelle piante, in gran parte delle curve esaminate nella fascia appenninica ed alpina. Questo aumento di variabilità è molto probabilmente correlabile al trend delle temperature estive.

ESEMPI DI UTILIZZO IN GEOLOGIA

Le applicazioni della dendrocronologia negli studi geologici furono introdotte nel 1971 da Alestalo, un ricercatore finlandese, che denominò questo settore di ricerca "dendrogeomorfologia".

Di seguito vengono mostrate solo alcune delle numerose applicazioni della dendrocronologia in campo geologico quali quella in ambiente alluvionale, glaciale, costiero, vulcanico, eolico, nella sismologia e nei movimenti di versante.

Applicazioni in ambiente fluviale. I primi ricercatori che svilupparono le basi della dendroidrologia furono degli americani negli anni '80 (Hupp, 1988).

L'analisi della dinamica fluviale può essere condotta con la dendrocronologia, basandosi sul fatto che le forme del paesaggio generate da eventi alluvionali e da variazioni del livello dell'acqua, influenzano la distribuzione delle specie vegetali e lasciano dei segni evidenti sulle piante. Questi possono essere utilizzati per la ricostruzione della durata, magnitudo e frequenza degli eventi idrologici, fornendo informazioni di dettaglio sulla deposizione dei sedimenti, sulla velocità di migrazione dei canali, sulla stabilità delle sponde.

Alcuni degli effetti della dinamica in ambiente fluviale, databili con la dendroidrologia, sono: scalzamento degli apparati radicali per erosione di sponda (**Figura 12**), datazione dell'età minima di depositi fluviali ricolonizzati da vegetazione (**Figura 13**), datazione di eventi alluvionali tramite cicatrici da impatto sui tron-

Figura 14
Cicatrici su tronco da
impatto di detriti
(da Fritz
Schweingruber)

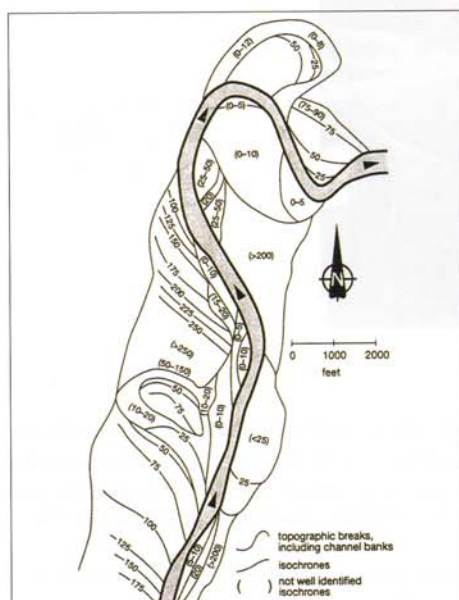
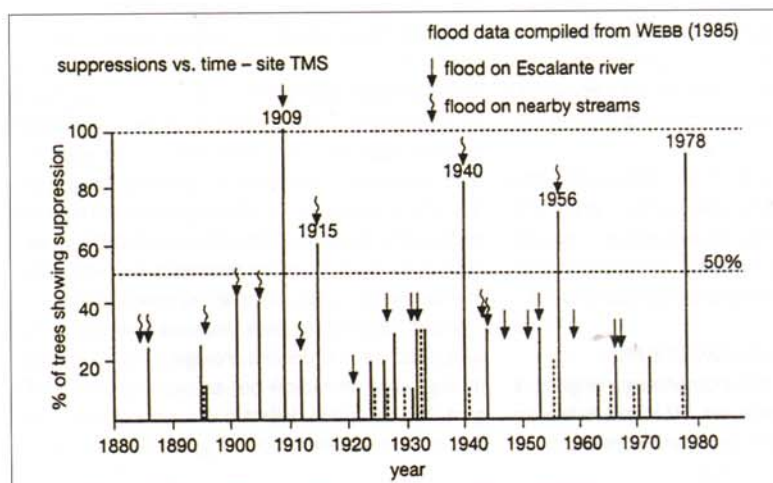


Figura 15
Datazione
dendrocronologia dei
depositi alluvionali
lungo il fiume Missouri
Stati Uniti
(Everitt, 1968)

Figura 16
Datazione
dendrocronologia
di alluvioni in seguito
a stress di crescita
rilevati sulle piante
(Clark, 1987)



MOVIMENTI DI VERSANTE

DISTURBI

REAZIONI

Inclinazione della pianta	→	Curvatura del tronco Produzione di legno di reazione Anomalie di crescita (riduzioni, aumenti, eccentricità)
Abrasioni del cambio	→	Sviluppo di cicatrice
Seppellimento del tronco	→	Anomalie di crescita (riduzioni) Crescita di radici avventizie
Denudamento delle radici	→	Anomalie di crescita (riduzioni)
Rotture nel tronco Rotture nelle radici	→	Anomalie di crescita (riduzioni) Sviluppo di cicatrici Produzione di nuovi rami o radici
Denudamento di un'area	→	Successione (ricolonizzazione)

Tabella 1

chi e/o sui rami (Figura 14), datazione di accumuli di sedimenti alluvionali con seppellimento di tronchi (datazione radici avventizie). Un esempio di datazione dei depositi alluvionali tramite dendrocronologia, in ambiente non soggetto ad impatto antropico, è quello effettuato negli Stati Uniti d'America lungo il fiume Missouri (Everitt, 1968) (Figura 15), in cui si possono notare le diverse fasce di età della vegetazione ripariale, correlata alla dinamica fluviale.

Altri tipi di studi dendroidrologici (Clark, 1987) sono basati sulla datazione degli stress rilevati nelle piante campione (improvvisi riduzioni di crescita) indotte da eventi alluvionali (Figura 16).

Applicazioni in movimenti di versante. La dendrogeomorfologia è stata utilizzata con successo in tutto il mondo nell'analisi dei movimenti di versante di vario tipo quali: colate di detrito (debris flow) (Strunk, 1992); colate argillose (mud flow) (Lionel and Jackson, 1977; Fantucci and Mc Cord, 1995); colate di terra (earth flow) (Bovis and Jones, 1992); lenti movimenti superficiali (creeping) (Denneler and Schweingruber, 1993); scorrimenti rotazionali (Begin and Filion, 1988);

scorrimenti traslativi (Aipassa and Shimizu, 1988; Orombelli e Gnaccolini, 1980); deformazioni gravitative profonde di versante (Fantucci and Sorriso Valvo, 1999); crolli (Porter and Orombelli, 1980).

I dissesti franosi provocano numerosi tipi di disturbo sulle piante (Figura 17), le cui reazioni sono elencate nella Tabella 1. L'analisi delle piante campione prelevate dalle aree in dissesto, confrontate con quelle di controllo provenienti dalle aree stabili limitrofe, permette di individuare i momenti di attivazione e/o riattivazione dei dissesti, mediante la registrazione degli stress subiti dagli alberi, come se questi ultimi fossero degli "inclinometri naturali".

Le piante, in genere, mostrano improvvise riduzioni di crescita (Figura 18) che possono perdurare per alcuni o molti anni, a seconda del disturbo subito. Altre anomalie di crescita consistono nella produzione del legno di reazione (causato dall'inclinazione) ed in improvvisi aumenti di crescita. Le anomalie di crescita possono essere classificate a seconda dell'entità della riduzione o dell'aumento della crescita, utilizzando il metodo introdotto da Schweingruber et al., 1990.



Figura 17
Inclinazioni in diverse direzioni del tronco di querce su un corpo di frana per scorrimento rotazionale; Fabro (TR), R. Fantucci

Figura 18
Differenza di comportamento di piante di quercia (*Quercus pubescens*) provenienti dalla frana di Lago (CS); campione C4b (crescita indisturbata in zona stabile di controllo), campione C10a, su frana, (anomalia di crescita della durata di circa 20 anni), campione C9b, su frana, (anomalia di crescita molto intensa, la pianta non riesce a recuperare lo stress subito fino alla data del campionamento) (R. Fantucci and M.S. Valvo, 1999)

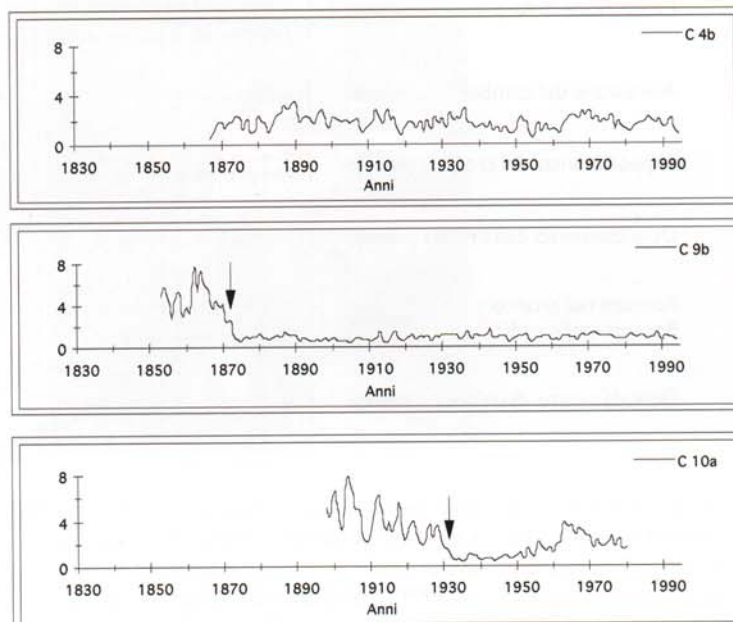
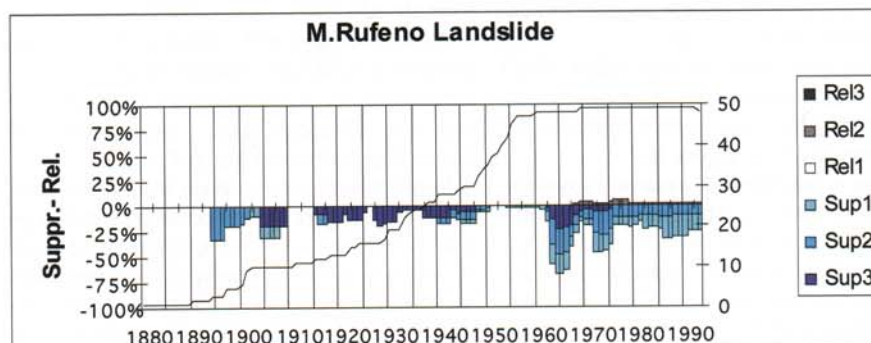


Figura 19
Grafico temporale delle anomalie di crescita su frana (Fantucci and Mc Cord, 1996)



Le percentuali di anomalie presenti sulle piante in frana permettono di datare, con precisione annuale, i periodi di innesco e/o riattivazione dei dissesti. Inoltre forniscono indicazioni sui periodi di stasi del dissesto, come indicato nell'allegato grafico dell'attività di una frana in località Monte Rufeno (VT) (Figura 19). Le anomalie di crescita consentono anche di costruire delle mappe spazio-temporali sullo sviluppo dell'attività franosa, nelle quali, per diversi intervalli di tempo, sono indicate le zone della frana interessate o meno dal movimento franoso (Figura 20).

Esame dell'erosione costiera. Le oscillazioni del livello del mare e/o dei laghi provocano fenomeni di scalzamento dell'apparato radicale nelle piante. L'analisi dendrogeomorfologica è molto utile per la ricostruzione dell'intensità del processo erosivo in atto

nonché per comprendere la sua evoluzione spazio-temporale. Un esempio di studio relativo all'erosione è stato effettuato lungo le coste del Lago di Bolsena (VT) (Fantucci, 2002), lungo le quali vivono numerose piante di *Populus nigra* (Figura 21) e *Alnus glutinosa* (Figura 22). Lo studio ha rilevato, sulle piante viventi lungo la costa del lago, anomalie riduttive di crescita sui tronchi posti a distanze diverse dalla linea di riva, ed interessati, in momenti diversi, dal fenomeno erosivo.

Questo studio, associando l'esame morfologico dell'apparato radicale e le anomalie di accrescimento, ha consentito di ricostruire la velocità del processo di erosione in atto, la datazione minima (anni '50-'60) del suo innesco e la diversa intensità nei tratti di costa esposti ai venti dominanti (Figura 23). ■

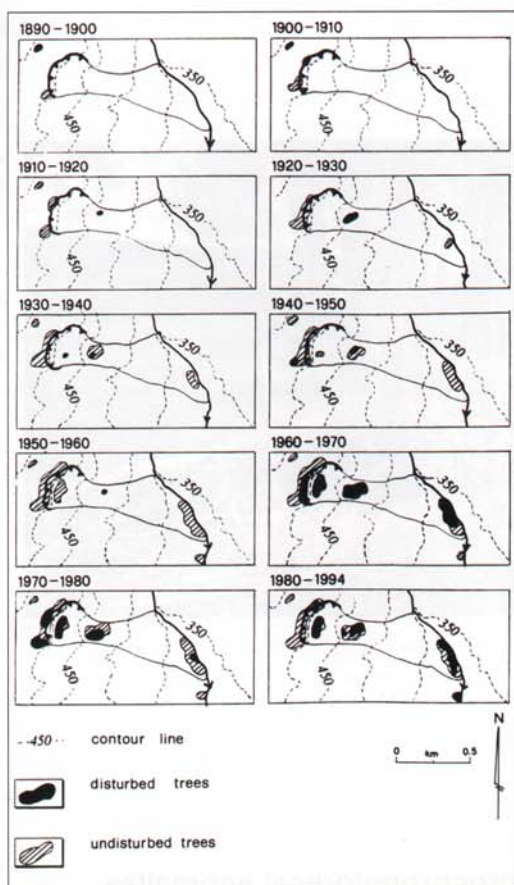


Figura 20
Mappe spatio-temporali dell'attività di un dissesto franoso (Fantucci and Mc Cord, 1996)

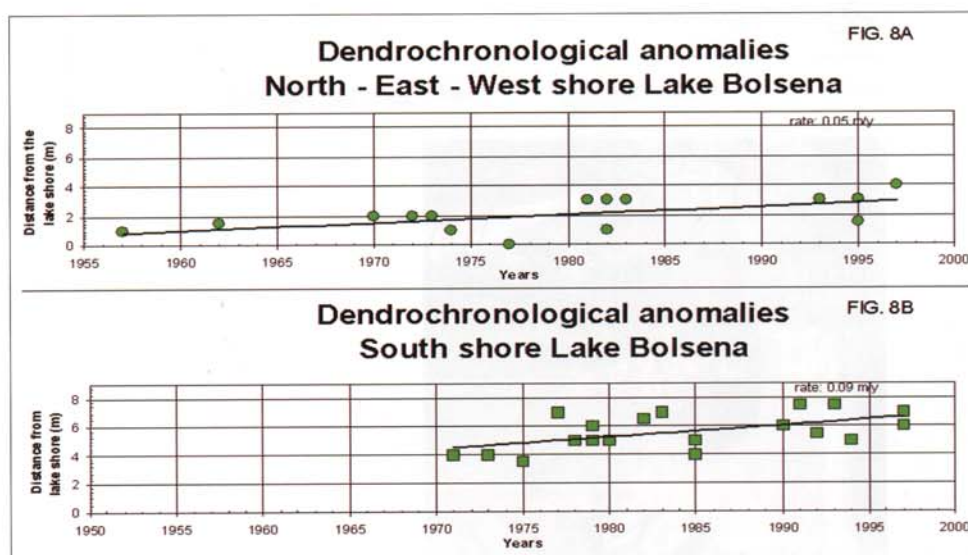


Figura 21
Pioppi interessati dal processo erosivo lungo la costa meridionale del Lago di Bolsena (R. Fantucci)

Figura 22
Ontani interessati
dal processo erosivo
lungo la costa
settentrionale del
Lago di Bolsena
(R.Fantucci)



Figura 23
Ricostruzione
dell'intensità del
processo erosivo
in atto in funzione
della distanza delle
piante dalla linea di
riva e delle anomalie
riduttive di crescita
sul tronco.
Lago di Bolsena
(R.Fantucci, 2005)



BIBLIOGRAFIA

- AIPASSA M., SHIMIZU O. (1988) - Geomorphic process and natural revegetation on landslide scars in Teshio Experimental Forest, Hokkaido University. Research Bulletins of the College Experiment Forests, pag. 45 (3), 691-716
- ALESTALO J. (1971) - Dendrochronological interpretation of geomorphic processes. Fennia 105, pag. 1-140
- BÉGIN C., FILION L. (1988) - Age of landslides along the Grande Rivière de la Baleine estuary, easter coast of Hudson Bay, Québec (Canada). Boreas, pag. 17, 289-298
- BECKER M. (1991) - Impact of climate, soil and silviculture ofn forest growth and health. In: Landmann G. (ed): French re search into forest decline. DEFORPA Programme second Report. Nancy: Ecole nationale du Génie rural, des Eaux et des Forêts. pag. 23-38
- BOVIS M.J., JONES P. (1992) - Holocene hystory of earthflow mass movements in south-central British Columbia: the influence of hydroclimatic changes. Can. J. Earth Sci., pag. 29, 1746-1755
- CLARK S. (1987) - Potential for use of cottonwoods as indicators of past floods. In: Jacoby Jr., G.C.;Hornebeck, J.W. (comp.) Proceedings of the Int. Symposium on Ecological Aspects of Tree-Ring Analysis. August 17-21, 1986, Tarrytown, N.Y. pag. 243-248
- DENNELER B., SCHWEINGRUBER F.H. (1993) - Slow mass movement. A dendrogeomorphological study in Gams, Swiss Rhine valley. Dendrochronologia, pag. 11, 55-67
- EVERITT B.L. (1968) - Use of cottonwood in a investigation of the recent history of a flood plain. Am. j. sci. 1969: pag. 417-438
- FANTUCCI R., McCORD A. (1996) - Reconstruction of landslide dynamic with dendrochronological methods. Dendrochronologia, 13, 1995 (1996), pag. 33-48
- FANTUCCI R., SORRISO VALVO M. (1999) - Dendrogeomorphological analysis of a slope near Lago, Calabria (Italy). Geomorphology, pag. 30, 165-174
- FANTUCCI R. (2002) - Dendrochronological analysis of shore erosion along Lake Bolsena (Central Italy). International Conference on "Residence time in lakes: science, management, education"- Bolsena (Vt) 29 Settembre – 3 Ottobre 2002
- FORINTEK CANADA CORPORATION (1988) - Increment core sampling techniques for high quality cores. Wood Science Department
- HUPP C.R. (1988) - Plant ecological aspects of flood geomorphology and paleoflood history. In: Baker V.R.; Kochel C.R.; Patton P.C. (eds): Flood geomorphology. New York, Wiley and Sons, pag. 335-356
- ICHIM R. (1991) - Aspects regarding bear populations in the northern forests in Romania and management measures required (rumänisch). Revista Padulilor pag. 106:21-25
- LIONEL E., JACKSON JR. (1977) - Dating and recurrence frequency of prehistoric mudflows near Big Sur, Monterey County, California. Jour. Research U.S. Geol. Survey, pag. 5, 1, 17-32
- MOTTA R. (1995) - Dendroecology in ungulate forest damages: 1.Fraying scars. Dendrochronologia, pag. 13, 33-42
- OROMBELL G., GNACCOLINI M. (1972) - La dendrocronologia come mezzo per la datazione di frane avvenute nel recente passato. Boll. Soc. Geol. It., pag. 91, 325-344
- PORTER S.C., OROMBELL G. (1980) - Catastrophic rockfall of September 12, 1717 on the Italian flank of the Mont Blanc massif. Z. Geomorph.N.F., vol. 24, pag. 2, 200-218
- SCHWEINGRUBER F.H. (1979) - Auswirkungen des Lärchenwicklerbefalls auf die Jahrringstruktur der Lärche. Scheiwz. Z. Forstwes. pag. 130: 1071-1093
- SCHWEINGRUBER F.H. (1996) - Tree rings and environment. Dendroecology. WSL-FNP. Haupt Publisher
- SHRODER J.F. (1980) - Dendrogeomorphology: review and new techniques in tree-ring dating. Progress in Physical Geography, pag. 4, 161-185
- STRUNK H. (1992) - Reconstructing debris flow frequency in the southern Alps back to AD 1500 using dendrogeomorphological analysis. Erosion, Debris flows and Environment in Mountain Regions (Proceedings og the Chengdu Symposium on Geomorphology, July 1992). IAHS Publ. pag. 209, 299-307
- SWETNAM T. W., DIETERICH J. H. (1985) - Fire history of ponderosa pine forests in the Gila Wilderness, New Mexico. In: J. E. Lotan, B. M. Kilgore, W. C. Fischer, and R. W. Mutch, Tech. Coords., Proceedings-Symposium and Workshop on Wilderness Fire, November 15-18, 1983, Missoula, Montana. USDA Forest Service, General Technical Report INT- pag. 182:390-397
- TOUCHAN R., GARFIN G.M., MEKO D.M., FUNKHOUSER G., ERKAN N., HUGHES M. K., WALLIN B.S. (2003) Preliminary reconstructions of spring precipitation in southwestern Turkey from tree-ring width. International Journal of Climatology, pag. 23, 157-171
- WEBER U., SCHWEINGRUBER F.H. (1995) - A dendroecological reconstruction of western spruce budworm outbreaks (Choristoneura occidentalis) in the Front Range, Colorado, from 1720 to 1986. Trees 9: pag. 204-213

