

## SELVICOLTURA E TUTELA DEL TERRITORIO

Francesco Iovino<sup>1</sup>, Susanna Nocentini<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Ingegneria Informatica, Modellistica, Elettronica e Sistemistica (D.I.M.E.S.) Università della Calabria, Rende (CS), Italia

<sup>2</sup>Dipartimento di Gestione dei Sistemi Agrari, Alimentari e Forestali, Università di Firenze, Italia; susanna.nocentini@unifi.it

In un periodo climatico instabile come quello attuale, il verificarsi di precipitazioni abbondanti su un territorio reso vulnerabile dall'eccessiva antropizzazione e dall'abbandono di molti dei territori montani e collinari determina effetti che con sempre maggior frequenza assumono caratteri di catastoficità. Nonostante il ruolo delle foreste nella conservazione del suolo e nel contrasto ai fenomeni di dissesto idrogeologico sia studiato da tempo e ampiamente riconosciuto a livello nazionale e internazionale, il contributo della selvicoltura per una reale messa in sicurezza del territorio molto spesso non è parte attiva e adeguatamente considerata nelle politiche e nelle strategie di mitigazione di questi fenomeni. Sulla base di una analisi dei rapporti fra selvicoltura e funzionalità dei sistemi forestali, vengono messe in evidenza criticità e prospettive in relazione ai diversi fattori che alle diverse scale condizionano i fenomeni di degrado e il rischio idrogeologico. Si conclude che se la selvicoltura mette al primo piano l'aumento della complessità dei sistemi forestali ed è opportunamente pianificata e applicata, diviene uno strumento essenziale per contribuire alla sicurezza del territorio.

*Parole chiave:* conservazione del suolo, rischio idrogeologico, complessità dei sistemi forestali, pianificazione forestale.

*Keywords:* soil conservation, hydrogeological risk, forest complexity, forest planning.

<http://dx.doi.org/10.4129/2cis-fi-sel>

### 1. Introduzione

La vulnerabilità di un territorio dipende da cause predisponenti, legate agli aspetti che caratterizzano nel loro insieme le componenti naturali dell'ambiente, ma è connessa direttamente o indirettamente con l'attività antropica che si estrinseca nelle diverse modalità d'uso del suolo e di gestione delle risorse naturali. In un periodo climatico instabile, come viene definito quello che stiamo vivendo, il verificarsi di precipitazioni abbondanti su un territorio reso vulnerabile dall'eccessiva antropizzazione e dall'abbandono di molti dei territori montani e collinari, determina effetti che con sempre maggior frequenza assumono caratteri di catastoficità. Gli innumerevoli episodi che si sono verificati in questi ultimi anni in Italia, ma anche in diversi Paesi Europei, ne sono una evidente manifestazione e hanno drammaticamente riportato all'attualità la necessità di un buon governo del territorio nel suo complesso. A fronte di tali eventi la manutenzione e la cura del territorio vengono sempre invocate come una delle priorità. Tali azioni possono svolgere un ruolo di rilievo, soprattutto se tradotte in termini di presidio svolto dalle Comunità locali.

Il rischio idrogeologico infatti è una conseguenza di eventi naturali scatenanti che si sovrappongono a cause dovute all'attività umana; il rischio è la conseguenza del degrado del territorio (ISPRA, 2013).

La sua stabilità fisica costituisce una premessa

indispensabile per poter attuare una gestione delle risorse che riesca a coniugare la presenza dell'uomo con il raggiungimento e il mantenimento di un certo grado di equilibrio tra i diversi sistemi che lo costituiscono.

Le foreste costituiscono l'elemento essenziale del territorio e del paesaggio culturale Europeo, coprendo circa 1/3 della superficie. Il 10% di queste foreste ha come funzione principale quella di protezione del suolo e dell'acqua, mentre l'11% è destinato alla protezione di infrastrutture oppure alla conservazione di risorse naturali. Queste funzioni sono ancora più importanti per il nostro paese dove la geografia forestale coincide con quella della montagna (UE, 2008). Le foreste, inoltre, assumono un elevato valore rispetto alla risorsa idrica, in quanto rappresentano fonte preferenziale per la produzione, lo stoccaggio, la biopurificazione e la captazione di acqua potabile necessaria per i fabbisogni delle popolazioni (Dudley e Stolton, 2003). La nuova strategia forestale dell'Unione Europea (COM, 2013) ribadisce che gli Stati membri dovrebbero mantenere e incrementare la superficie forestale per assicurare la protezione del suolo, la regolazione della qualità e della quantità dell'acqua attraverso l'integrazione di pratiche forestali sostenibili nei Programmi di misure per i Piani di gestione dei bacini idrografici, di cui alla Direttiva Quadro sulle Acque (2000/60/CE), e nei Piani di Sviluppo Rurale. Tuttavia nella realtà, nonostante il ruolo delle foreste nella mitigazione dei fenomeni di

dissesto idrogeologico sia studiato da tempo e ben noto agli addetti ai lavori, il contributo della selvicoltura a una reale messa in sicurezza del territorio quasi sempre non è parte attiva e riconosciuta nelle politiche e nelle strategie di pianificazione e gestione del territorio.

L'obiettivo del lavoro è di evidenziare come questa attività possa essere invece uno strumento operativo efficace, mettendo in evidenza criticità e prospettive in relazione ai diversi fattori che alle diverse scale condizionano questi fenomeni.

## 2. Il ruolo del bosco per la salvaguardia del territorio

In Italia i boschi sono una componente significativa dei territori montani (98% circa della macrocategoria Bosco) e l'Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio (2007) stima che circa il 40% delle foreste svolgano funzione di protezione primaria (diretta e indiretta). La protezione *diretta* riguarda il ruolo che il bosco svolge nei confronti di specifici beni ed interessi, rispetto a pericoli naturali ben definiti (valanghe, caduta massi, scivolamenti superficiali e colate detritiche). Viene attribuita alle foreste in ambiente alpino poste oltre certi valori di pendenza dei versanti e a monte di insediamenti umani o infrastrutture di trasporto e terreni agricoli coltivati, e devono avere determinati requisiti, legati alle proprie caratteristiche intrinseche ed alla loro localizzazione (Chauvin *et al.*, 1994; Motta e Haudemand, 2000; Brang *et al.*, 2001; Sakals *et al.*, 2006; Schönenberger, 1998, 2000; Schönenberger e Brang, 2004).

A conferma dell'importanza di questa azione basta considerare che la maggior parte delle vallate alpine non sarebbero abitabili in modo permanente se lungo i versanti non fossero presenti le foreste.

La protezione *indiretta* riguarda tutti i boschi perché svolgono un'azione generale di regimazione delle acque meteoriche e di difesa dal dissesto (AA.VV., 2006), ma assume maggiore o minore rilievo in funzione di giacitura, pendenza, morfologia e condizioni geopedologiche (Berretti *et al.*, 2009).

La funzione di conservazione del suolo svolta dalle foreste, in particolare nelle aree montane e collinari, è stata riconosciuta come fondamentale e preminente fin dalla promulgazione della legge Serpieri (R.D.L. n. 3267/1923) il cui obiettivo principale era il raggiungimento della stabilità dei suoli e della regimazione delle acque. Con l'imposizione del vincolo di carattere idrogeologico su molti terreni forestali, sono di fatto limitati i cambiamenti di uso del suolo e tutte le pratiche colturali che possano incidere negativamente sulla regimazione idrica e sull'attenuazione dell'erosione dei suoli.

### 2.1 Bosco e conservazione del suolo

La conservazione del suolo, considerata come insieme degli interventi che sinergicamente mirano a contenere i danni che possono derivare da una errata gestione delle risorse naturali e da incuria nei territori ad elevata vulnerabilità, delinea ambiti di intervento nei quali le attività selvicolturali hanno una loro rilevanza (Iovino,

2009). Il bosco, inteso come sistema biologico complesso, rappresenta uno dei fattori che maggiormente influisce sull'entità, sul ritmo e sugli effetti degli scambi idrici che avvengono tra idrosfera, litosfera e atmosfera. In tal senso può considerarsi come la componente biologica nel complesso dei fattori che regolano il ciclo idrologico (de Philippis, 1970). Tutti i processi di formazione e di trasporto del vapore acqueo sono attivati dall'energia solare, mentre la formazione dei deflussi a partire dalle precipitazioni è di natura essenzialmente gravitazionale (Todini, 1989).

Il ciclo dell'acqua ha origine quindi dagli apporti energetici della radiazione solare gran parte della quale è utilizzata nei processi di traspirazione ed evaporazione. Negli ecosistemi forestali il bilancio idrico è caratterizzato dalla fase di *input*, dovuta alle precipitazioni e all'infiltrazione, e di *output* dovuta alla traspirazione e all'evaporazione.

Nel nostro ambiente climatico tanto più si stabilisce un equilibrio fra le due fasi nel corso dell'anno, tanto maggiore è l'efficacia dei boschi sulla regimazione idrica. I processi idrici prima menzionati regolano, direttamente e indirettamente, i volumi di acqua presenti nel suolo, cui sono legate le modalità di generazione dei deflussi, e coinvolgono l'intero ecosistema: l'intercettazione della pioggia si manifesta a livello della copertura forestale; l'infiltrazione si sviluppa a livello del suolo, l'evapotraspirazione coinvolge entrambi.

I suddetti processi sono condizionati sia dall'ambiente climatico (regime pluviometrico, condizioni termiche, ventosità, radiazione) che dal contesto pedologico e variano in relazione alle condizioni strutturali dei popolamenti (composizione specifica, densità, età, profilo verticale). Queste ultime hanno una loro dinamicità, dovuta a cause naturali o a fattori antropici che sono strettamente connessi alle attività selvicolturali e alla loro pianificazione spaziale e temporale, cioè alla gestione forestale.

Il ruolo idrologico del bosco è argomento molto dibattuto negli ultimi due secoli, anche se dalla abbondante letteratura sull'argomento non scaturisce una univocità di pensiero in merito alla sua efficienza, perché mentre è generalmente riconosciuto un impatto positivo, restano in discussione l'entità e i limiti (Andréassian, 2004; Alila *et al.*, 2009).

L'efficienza idrologica dei boschi viene esercitata attraverso una riduzione del deflusso superficiale, che rappresenta la componente principale delle portate di piena, un aumento dei tempi di corrivazione e, quindi, della capacità di laminazione dei bacini (Colpi e Fattorelli, 1982; Bosch e Hewlett, 1982; Ferrari *et al.*, 2002, 2004; Negishi *et al.*, 2006). A questo bisogna aggiungere il mantenimento ad elevati livelli della qualità dell'acqua e la diminuzione dell'erosione superficiale, che si ripercuote sul trasporto solido dei corsi d'acqua. I meccanismi fondamentali che consentono ai boschi questo tipo di risposte, si possono ricondurre al consumo di una notevole quantità d'acqua che altrimenti si trasformerebbe in deflusso, alla presenza di suoli ben conservati, caratterizzati da elevata infiltrabilità e capacità di immagazzinamento idrico.

Le discussioni in merito all'entità dell'effetto regimante vertono sul comportamento del bosco in occasione di piogge ordinarie o eccezionali, nei piccoli e nei grandi bacini. Alcuni sostengono che nel caso di afflussi eccezionali su bacini di vaste dimensioni il bosco non eserciti un'influenza apprezzabile sui deflussi di piena, altri che il bosco manifesti un sensibile effetto di regimazione delle piene solo nei piccoli bacini, altri ancora affermano che la presenza del bosco comporti comunque dei benefici (Barneschi e Preti, 2004).

Sulla mitigazione degli eventi di piena in bacini di diverse caratteristiche non sempre è risultata evidente l'influenza del bosco per la complessità e per la incompleta conoscenza dei fenomeni. Nei bacini con rilevante presenza di aree forestali, la formazione dell'evento di piena risente della presenza del bosco ma non è facile valutare l'entità di questa influenza a causa dei processi idrologici che regolano le dinamiche di trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi di piena. Alcune esperienze hanno mostrato che mentre le piene di minore entità in bacini di piccole dimensioni sono in parte mitigate dalla presenza del bosco, la risposta non è risultata altrettanto evidente nel caso di eventi più intensi e su bacini di maggiori dimensioni (Veltri e Ferrari, 2009). Alila *et al.* (2009) hanno messo in discussione la validità dei risultati ottenuti dagli studi sui bacini sperimentali in merito all'effetto delle utilizzazioni forestali e del disboscamento sugli eventi di piena, ipotizzando che mentre la deforestazione potrebbe non influenzare l'entità del deflusso in caso di eventi eccezionali, tuttavia questi eventi eccezionali potrebbero verificarsi più frequentemente proprio a causa della deforestazione.

Bisogna sottolineare che durante gli eventi di piena il processo fisico che assume il maggiore rilievo nel determinare la forma dell'idrogramma del deflusso è l'infiltrazione dell'acqua nel suolo. I suoli forestali dotati di una elevata capacità di infiltrazione per le caratteristiche che derivano dall'attività biologica delle piante e di tutti gli organismi vegetali e animali che sono parte integrante dell'ecosistema, riducono fino ad annullare lo scorrimento superficiale a vantaggio dell'immagazzinamento e dello scorrimento in profondità (Penna *et al.*, 2009).

Le perdite per intercettazione della copertura forestale hanno un ruolo significativo solo per eventi minori e limitatamente alla prima parte del fenomeno, mentre i volumi idrici interessati dall'evapotraspirazione in genere sono trascurabili durante il verificarsi delle precipitazioni. Strettamente legata a questi processi è la diminuzione dell'erosione superficiale che si ripercuote sul trasporto solido dei corsi d'acqua (Bagarello e Ferro, 2006; Cantore *et al.*, 1994; Garfi *et al.*, 2006; Iovino e Puglisi, 1990).

Tra ciclo dell'acqua e ciclo erosivo ci sono interazioni evidenti poiché l'acqua è il principale agente erosivo e vettore del materiale eroso. L'azione della copertura forestale si manifesta sia con la intercettazione della pioggia sia con il contenimento dei deflussi superficiali che limitano la perdita di suolo sui versanti. Sull'effetto antierosivo del bosco esiste una convergenza di

opinioni degli studiosi: la scarsa erosività dei suoli forestali e la conseguente limitazione della portata solida dei corsi d'acqua proveniente da bacini molto boscati sono fatti generalmente accettati. La copertura forestale proprio perché riduce al minimo l'erosione, ne rappresenta il più efficace freno (Smith e Wischmeier, 1962, in de Phlippis, 1970).

I processi di distacco delle particelle di suolo sono dovuti sia all'energia con cui le gocce d'acqua arrivano al suolo, sia alla erodibilità intrinseca dei suoli stessi, mentre il trasporto delle particelle per ruscellamento è connesso alla quantità di acqua che scorre in superficie, non riuscendo a penetrare nel suolo. Il bosco interviene in questo processo con un'azione di tipo meccanico e biologico, cioè proteggendo il suolo dall'azione battente della pioggia e migliorandolo nel contempo con il continuo apporto di sostanza organica che determina un aumento della stabilità della struttura (Lull e Reinhart, 1972; Swank e Crossley Jr., 1987).

Oltre al controllo dell'erosione superficiale il bosco svolge un ruolo significativo anche nel ridurre il rischio di frane superficiali (Sakals *et al.*, 2006), in quanto influenza sia i fattori idrologici che geo-meccanici che contribuiscono alla stabilità delle pendici (Preti, 2013). Da un punto di vista idrogeologico, la copertura forestale influenza il regime di umidità del suolo sia perché aumenta il tasso di traspirazione nei periodi fra due eventi piovosi e il tasso di evaporazione a seguito dell'intercettazione da parte delle chiome, sia perché favorisce la formazione di orizzonti superficiali del suolo ben drenati (O'Loughlin, 1974; Waldron e Dakessian, 1981; Ziemer, 1981; Watson e O'Loughlin, 1985; Alila *et al.*, 2009; Preti *et al.*, 2011).

Le radici creano dei percorsi idrologici collegati tra loro a formare una rete di deflusso dell'acqua nel suolo (Noguchi *et al.*, 2001). Da un punto di vista geo-meccanico la copertura forestale rinforza il suolo esplorato dal sistema radicale che migliora la stabilità della pendice indipendentemente dal suo contenuto di acqua (e.g. Selby, 1993; Nilaweera e Nutalaya, 1999; Abernethy e Rutherford, 2001; Schmidt *et al.*, 2001; Simon e Collison, 2002; Frei *et al.*, 2003; Gray e Barker, 2004; Fournier *et al.*, 2006; Reubens *et al.*, 2007). Studi di tipo inventariale su fenomeni franosi superficiali hanno evidenziato che questi sono meno frequenti in zone boscate rispetto a zone aperte (Rickli e Graf, 2009; Moser, 1980; Moser e Schoger, 1989; Fazarinc e Mikos, 1992; Markart *et al.*, 2007).

In merito all'erosione di massa (frane), che può manifestarsi anche con il distacco di un intero versante, la profondità interessata da questi fenomeni va ben oltre quella esplorata dagli apparati radicali. Purtroppo in questi casi il bosco non può esercitare alcuna azione di contenimento, ma alla sua presenza non può certo esser attribuito il peggioramento della stabilità del versante per effetto del peso del soprassuolo arboreo.

## 2.2 Elementi di criticità

I principali elementi di criticità che possono incidere sull'efficienza complessiva del bosco e in particolare sulla sua capacità regimante e di contrasto all'erosione dei suoli, sono legati all'interazione fra fattori climatici

e fattori di tipo antropico, che possono amplificarne grandemente le conseguenze.

In particolare i cambiamenti climatici in atto possono avere un effetto sulla suscettibilità dei boschi ad avversità biotiche, come malattie e infestazioni causate da insetti o funghi, e avversità abiotiche in particolare gli incendi.

Nella regione mediterranea l'incidenza degli incendi forestali e l'entità delle superfici interessate dal passaggio del fuoco costituiscono un problema vasto e complesso con conseguenze di ordine ecologico, economico e sociale. Gli incendi modificano i processi attraverso i quali il bosco interviene sul ciclo dell'acqua, in particolare l'intercettazione della pioggia e l'evapotraspirazione, distruggendo o alterando la copertura delle chiome, e l'infiltrazione dell'acqua nel suolo a seguito della formazione di uno strato idrorepellente (Iovino *et al.*, 2005).

Sul suolo il passaggio del fuoco determina alterazioni di tipo fisico con la formazione di strati idrorepellenti e ripercussioni sull'idrologia e sull'erosione dei versanti a seguito della sensibile variazione della capacità di infiltrazione. Questo fenomeno già notato da Pelishek *et al.* (1962), è stato ampiamente spiegato da De Bano (1971) e da De Bano *et al.* (1970, 1979).

Esso deriverebbe dalla formazione di uno strato idrofobico - più o meno spesso e profondo a seconda dell'intensità e della durata dell'incendio - dovuto alla mobilitazione lungo il profilo del suolo, e alla successiva condensazione, di sostanze idrorepellenti di origine organica normalmente presenti nella lettiera (Scott e Van Wyk, 1990). I contributi forniti da molti ricercatori hanno attribuito i fenomeni di erosione accelerata, verificatasi a seguito del passaggio del fuoco, a repentini aumenti di deflusso superficiale (Scott, 1993; Emmerich e Cox, 1994; Cerdà, 1998; Prosser e Williams, 1998).

Numerosi studi sulle perdite di suolo dopo il passaggio del fuoco in ambiente mediterraneo hanno accertato l'entità del fenomeno in relazione ai processi di degrado nel breve e nel lungo termine in confronto ai tassi di erosione rilevati su terreni adiacenti non percorsi dal fuoco (Shakesby, 2011).

Nelle aree mediterranee dopo il fuoco sono stati rilevati deflussi e quantità di trasporto solido di circa 1-4 volte superiori rispetto a zone adiacenti non percorse dal fuoco (e.g. Béguin, 1992; Ballais, 1993; Martin *et al.*, 1993; Badía e Martí, 2000; Lasanta e Cerdà, 2005).

Il deflusso annuale tende però nel tempo a diminuire e analogamente avviene per le portate di piena che aumentano, ma solo temporaneamente, dopo l'incendio (Cosandey *et al.*, 2005).

Tra gli impatti di tipo antropico, le diverse forme di trattamento selvicolturale possono determinare variazioni più o meno significative nelle componenti del bilancio idrologico (intercettazione e traspirazione) le quali, regolando la capacità di immagazzinamento idrico dei suoli, si ripercuotono sulla trasformazione degli afflussi in deflussi (Sidle *et al.*, 2006). I volumi di deflusso aumentano proporzionalmente in relazione al tipo di trattamento selvicolturale e all'intensità del taglio (Lagergren *et al.*, 2008; Simonin *et al.*, 2007; Magnani *et al.*, 2005). L'ampia letteratura sull'argomento

riguarda prevalentemente gli effetti del taglio raso in bacini forestali degli Stati Uniti Occidentali (Colpi e Fattorelli, 1982) nei quali la risposta idrologica a questo tipo di trattamento, pur essendo risultata altamente variabile e per la maggior parte non prevedibile, è consistita sempre in un aumento dei deflussi (per diminuzione significativa dell'intercettazione e della traspirazione e aumento, poco influente, della evapotraspirazione dagli strati più superficiali del suolo) avvenuto proporzionalmente alle percentuali di copertura eliminata.

In boschi misti degli Appalachi (USA), il taglio raso ha determinato un incremento del deflusso del 28% nel primo anno e il ritorno progressivo alla situazione di partenza nell'arco di cinque anni (Swank *et al.*, 2001). Sempre in merito a quest'ultimo aspetto in un bacino australiano boscato con *Eucalyptus regnans* sottoposto a taglio di maturità è stato dimostrato come il ripristino dei deflussi ai livelli precedenti al taglio richieda diversi anni per la progressiva chiusura delle chiome del nuovo soprassuolo (Cornish e Vertessy, 2001).

In Italia il taglio raso nelle fustaie è vietato dalle legislazioni nazionale e regionali; tuttavia i dati riportati in letteratura hanno una loro valenza perché, confermando gli effetti che tale trattamento determina sull'idrologia dei versanti e sull'erosione superficiale dei suoli, evidenziano come vi possano essere delle criticità nelle utilizzazioni dei boschi cedui, se non opportunamente pianificate e realizzate in relazione ai diversi contesti ambientali. La ceduzione determina alterazioni sensibili del bilancio idrico, a seguito delle modificazioni che subiscono i processi traspirativi; la copertura arborea viene drasticamente ridotta e conseguentemente si ha un aumento del contenuto di acqua nel suolo che può determinare un incremento del deflusso superficiale e una maggiore suscettibilità dei suoli all'erosione. Questi fenomeni possono assumere un'entità diversa in funzione delle condizioni climatiche, delle dimensioni e forma delle singole tagliate, della loro distribuzione nello spazio e nel tempo, della pendenza dei versanti, delle caratteristiche dei suoli e della maggiore o minore erodibilità di questi. Gli effetti del taglio si accentuano ulteriormente in stazioni già degradate e dove il suolo è reso ancora più vulnerabile dai fenomeni di costipamento e di alterazione degli orizzonti superficiali, spesso causati dalle attività di concentramento ed esbosco (Murphy e Jackson, 1989; Iovino, 2005). La meccanizzazione, infatti, può determinare danni al suolo a seguito del rimescolamento degli orizzonti minerali e organici e l'eventuale trasferimento o asportazione di questi ultimi, come conseguenza dello strascico dei tronchi (Marchi e Piegai, 2001). Inoltre, si ha compattamento del suolo per la pressione esercitata dai trattori e dal rimorchio, oltre che per lo strascico del materiale legnoso e la creazione di solchi causati dal passaggio e dall'affondamento dei mezzi meccanici. Tali processi modificano le condizioni di drenaggio e di infiltrazione dell'acqua, con conseguente ruscellamento ed erosione diffusa e incanalata sui versanti, che si manifestano soprattutto nei tratti di suolo più disturbati, dove si perde l'azione protettiva degli orizzonti organici

(Cambi *et al.*, 2015; Corona *et al.*, 1996; Brown *et al.*, 2005).

Le criticità del governo a ceduo sopra evidenziate sono da tenere in particolare considerazione dato che ormai da alcuni decenni si sta assistendo in molte regioni dell'Italia peninsulare a una intensa attività di utilizzazione di questi boschi, soprattutto di quelli che si trovano in favorevoli condizioni di accessibilità con mezzi meccanici. Spesso ciò avviene anche in aree non ben servite da strade e piste, dove si realizzano tracciati non sempre adeguati che vengono abbandonati subito dopo l'utilizzazione. Tali tracciati, senza la necessaria manutenzione, danno origine a fenomeni erosivi e aumentano notevolmente il rischio di dissesto idrogeologico. La concentrazione della legna lungo gli impluvi per l'esbosco, altra pratica purtroppo spesso praticata, nel caso di eventi piovosi intensi contribuisce ad aumentare notevolmente i fenomeni di erosione localizzata e trasporto solido nei corsi d'acqua.

### 3. Quale selvicoltura?

Le attività selvicolturali sono riconosciute sia in ambito internazionale che nazionale quale strumenti fondamentali per la tutela attiva degli ecosistemi e dell'assetto idrogeologico e paesaggistico del territorio.

Queste attività oggi vanno inquadrare nel panorama più ampio della sostenibilità della gestione forestale. Lo strumento indispensabile per rendere concreta tale gestione è rappresentato dalla pianificazione forestale da sviluppare a livello comprensoriale e aziendale nella proprietà pubblica e in quella privata. Tanto più le condizioni strutturali dei boschi sono efficienti e la loro incidenza in termini di superficie nel contesto del bacino idrografico è elevata, tanto maggiore risulta l'influenza positiva sulla riduzione delle cause che contribuiscono all'insorgere dei fenomeni di dissesto idrogeologico e, conseguentemente, nella mitigazione del rischio.

In questo quadro di riferimento la messa a punto e l'applicazione di approcci selvicolturali che pongano in primo piano l'aumento della complessità strutturale delle fustaie e il miglioramento dei cedui, diventa uno strumento essenziale sia per aumentare la resilienza dei sistemi forestali nei confronti delle minacce abiotiche e biotiche, sia per rendere compatibile l'uso delle risorse forestali con la salvaguardia del territorio. In merito a quest'ultimo aspetto Dalla Fontana (1996), facendo riferimento a criteri di gestione forestale tendenti ad un recupero della naturalità dei boschi, afferma che interventi di modesta entità diffusi sul territorio anche se alterano, non necessariamente con effetti negativi, il ciclo dell'acqua, dei sedimenti e dei nutrienti sulle superfici interessate dalle utilizzazioni, non sono in grado di lasciare tracce significative sull'idrologia dei bacini idrografici di una certa dimensione.

Nel caso di boschi con una elevata complessità compositiva e strutturale, l'applicazione della selvicoltura sistemica (Ciancio e Nocentini, 1996; Ciancio, 1999) rappresenta la scelta più appropriata per favorire la conservazione di tutti quei processi che sostengono la diversità biologica, e migliorare la loro efficienza idrologica.

Per i boschi con diversi livelli di semplificazione strutturale e funzionale, a seguito delle forme di trattamento applicate nel passato, e per i rimboschimenti monospecifici di conifere realizzati nel secolo scorso su vaste superfici, la gestione deve tendere, invece, alla *rinaturalizzazione*, cioè a favorire l'aumento della diversità compositiva e strutturale, sostenendo i processi naturali di autorganizzazione del sistema (Nocentini, 2001).

L'aumento della complessità determina un migliore utilizzo dello spazio sia a livello ipogeo che epigeo. La maggiore densità radicale, il differente approfondimento delle radici e la distribuzione molto più articolata delle chiome nello spazio verticale, favoriscono un equilibrio temporale tra la fase di *input*, dovuta alle precipitazioni e all'infiltrazione, e di *output*, attribuita alla traspirazione e all'evaporazione.

Tali condizioni migliorano il bilancio idrico a livello di popolamento e garantiscono, inoltre, una maggiore stabilità degli strati superficiali del suolo con effetti positivi anche nei confronti dei fenomeni franosi superficiali. Nel caso dei cedui, per mitigare gli effetti negativi insiti in questa forma di governo e rendere più sostenibile la loro utilizzazione, è necessario mettere in atto una serie di accorgimenti. In particolare assumono importanza, specie in territori ad elevata vulnerabilità, alcune disposizioni di carattere gestionale, relative alle dimensioni e alla distribuzione nel tempo e nello spazio delle tagliate, al numero e alla forma distributiva delle matricine, all'allungamento del periodo intercorrente tra due utilizzazioni, alla regolamentazione del pascolo e alla predisposizione di misure contro gli incendi (Ciancio e Nocentini, 2004).

In tante realtà forestali italiane, le proprietà sono composte prevalentemente da boschi cedui e non è infrequente la presenza di vasti accorpamenti di particelle di una stessa classe cronologica.

In questi casi diventa prioritario: a) distribuire nello spazio le singole tagliate in modo da creare soluzioni di continuità; b) limitare l'ampiezza delle superfici di ogni singola tagliata in relazione alla pendenza dei versanti; c) aumentare l'intervallo tra due utilizzazioni contigue; d) mettere in atto alcuni accorgimenti pratici che possono contribuire in modo sostanziale all'attenuazione dell'impatto del taglio del ceduo.

Il rilascio sulla tagliata degli scarti di lavorazione, ad esempio, favorisce l'infiltrazione di acqua nel suolo e riduce l'erosione superficiale (Cantore *et al.*, 1994).

Per valutare l'influenza delle ceduzioni sull'idrologia e sull'erosione dei suoli non si può prescindere, inoltre, dalla scala a cui si considerano i fenomeni. Gli impatti relativi ad una singola tagliata vanno inquadrati in un contesto territoriale più vasto che è quello del bacino idrografico. Di conseguenza diventa fondamentale esaminare l'entità della superficie complessivamente utilizzata ogni anno e la distribuzione spaziale delle utilizzazioni all'interno dell'unità idrografica (Iovino, 2007). In molte realtà italiane, dove le condizioni socio-economiche rendono ancora conveniente l'utilizzazione dei cedui, tali accorgimenti rappresentano parametri di sostenibilità per la loro gestione. Dove, invece, i cedui, spesso di proprietà pubblica ma anche privata, non sono

più utilizzati e hanno superato il turno consuetudinario, la conversione in fustaia, seguendo opportuni algoritmi colturali, rappresenta la scelta da privilegiare, anche per attenuare i rischi di gravi danni connessi all'abbandono del bosco: in particolare il fuoco e il pascolo incontrollato con le relative conseguenze.

#### 4. Pianificazione forestale e tutela del territorio

I diversi approcci selvicolturali nella gestione dei boschi, le loro positività e le criticità evidenziate, richiedono una adeguata pianificazione delle diverse attività, ma soprattutto impongono di dare una concreta attuazione alla integrazione con altre forme di pianificazione.

Affinché la selvicoltura possa realmente contribuire alla tutela del territorio occorre che essa venga accuratamente pianificata in relazione alle caratteristiche dei singoli territori e agli strumenti di pianificazione di settore che su di essi incidono (es. pianificazione di bacino, pianificazione antincendio, pianificazione in aree protette etc.). Tali integrazione è prevista dalle norme in materia ambientale<sup>1</sup>, che tra le attività di pianificazione degli interventi destinati ad assicurare il risanamento idrogeologico del territorio, indicano esplicitamente le misure silvo-pastorali, di forestazione e di bonifica, anche attraverso processi di recupero naturalistico, botanico e faunistico.

La pianificazione forestale è un'arma preziosa per differenziare nel tempo e nello spazio questi interventi in modo da garantire, attraverso un'accurata lettura delle diverse situazioni stazionali, compositive e strutturali, il mantenimento dell'efficienza del bosco alle diverse scale spazio-temporali. Nel contempo consente di passare dalla scala di popolamento, che interessa la selvicoltura, alle diverse scale territoriali (proprietà, comprensorio, bacino idrografico) a cui si svolgono i processi ecologici, sociali ed economici. Inoltre, permette di individuare e sottoporre a tutela, differenziandone la gestione, le formazioni più vulnerabili ai processi degradativi (es. boschi posti in zone a elevato rischio di erosione, boschi ad elevato rischio di incendi, ecc.) e quelle strategiche per il normale deflusso dei corsi d'acqua (es. aree ripariali).

Nell'ambito del piano di bacino la pianificazione forestale rappresenta uno strumento per amplificare gli effetti positivi dei boschi sulla salvaguardia del territorio. Ciò può avvenire mediante: a) il miglioramento delle condizioni strutturali delle fustaie e dei soprassuoli di origine agamica in evoluzione (rinaturalizzazione); b) il miglioramento dei boschi cedui a regime e l'attenuazione dell'impatto delle loro utilizzazioni; c) la riduzione degli effetti delle pratiche associate alle utilizzazioni forestali (sistemi di esbosco, apertura di strade e piste forestali, ecc.); d) il contenimento dei fattori di degrado (incendi, eccessivo pascolamento, tecniche selvicolturali non sostenibili con la conservazione del suolo); e) l'aumento della superficie boscata (rimboschimenti artificiali e spontanei).

<sup>1</sup> Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

#### 5. Conclusioni

Il bosco è un sistema biologico complesso e adattativo che a sua volta interagisce con complessi sistemi economici e sociali. Il bosco in quanto ecosistema ha una elevata efficienza idrologica che gli deriva dal bilancio tra i flussi in entrata e quelli in uscita.

Questo meccanismo è alla base della stabilità fisica di un territorio perché riduce le cause di innesco dei fenomeni di degrado che aumentano il rischio idrogeologico. Migliorare la complessità dei boschi significa quindi aumentare il loro peso nell'ambito dei diversi fattori che intervengono nella riduzione delle cause di dissesto.

Nell'indeterminatezza che caratterizza il futuro, la migliore strategia per aumentare la resistenza e la resilienza dei boschi nei confronti dei cambiamenti delle condizioni ambientali è rappresentata dalla gestione forestale sistemica.

Questa si concretizza nel miglioramento dei boschi e nella rinaturalizzazione dei rimboschimenti, azioni che insieme all'aumento della superficie boscata e alla prevenzione e alla difesa dagli incendi boschivi, rappresentano gli interventi prioritari attraverso cui è possibile migliorare l'efficienza complessiva dei nostri boschi e la loro l'efficacia nella tutela del territorio.

Nell'immediato futuro il ruolo delle foreste nelle montagne mediterranee sarà ancora maggiore a causa della loro espansione su terreni abbandonati dall'agricoltura (Vicente-Serrano *et al.*, 2004), la cui colonizzazione contribuisce a una progressiva modifica del comportamento idrologico dei bacini (García-Ruiz *et al.*, 2005), analogamente a quanto avviene con i rimboschimenti creati artificialmente dall'uomo.

Le conseguenze sono la riduzione della torrenzialità dei corsi d'acqua e dell'erosione incanalata con una stabilizzazione degli alvei (Beguiria, 2006) e una diminuzione degli eventi di piena alla scala locale e regionale (Beguiria *et al.*, 2003).

La necessità di operare, sempre più pressante, per far fronte ai fenomeni di dissesto derivanti da una assenza di manutenzione e di cura del territorio montano e collinare, peraltro aggravati da fattori di tipo climatico, richiede di agire sulla base di una pianificazione che tenga conto dei molteplici valori e funzioni che oggi vengono riconosciuti al bosco. Tale approccio si traduce in una rivalutazione del ruolo della selvicoltura e della gestione forestale come strumento essenziale per raggiungere l'obiettivo.

#### SUMMARY

##### Silviculture and land protection

In a climatically unstable period such as the present one, intense rain phenomena are causing effects which more and more frequently have catastrophic consequences. Such effects are exacerbated, as territories are made particularly vulnerable by the excessive urbanization and by the abandonment of many hill and mountain areas. The role of forests in soil conservation

and in contrasting hydrogeological degradation has long been studied and is widely acknowledged both at the national and international level. However, silviculture for watershed and land protection is not always recognized as an effective means in policies and strategies aimed at mitigating these phenomena. In this paper, we first analyze the relationship between silviculture and the functioning of forest ecosystems. Then, we highlight the criticalities and opportunities relating to the different factors affecting land degradation and hydrogeological risk at the different scales. We conclude that if silviculture aims at increasing overall complexity of forest systems and is adequately planned and implemented, it can be an essential tool for watershed protection and land safety.

### BIBLIOGRAFIA CITATA E DI RIFERIMENTO

- AA.VV., 2006 – *Silvicoltura nelle foreste di protezione. Esperienze e indirizzi gestionali in Piemonte e Valle d'Aosta*. Compagnia delle foreste S.r.l., Arezzo, pp. 220.
- Abernethy B., Rutherford A.I., 2001 – *The distribution and strength of riparian tree roots in relation to riverbank reinforcement*. Hydrol. Process. 15, 63-79. <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.152>
- Alila Y., Kuras' P.K., Schnorbus M., Hudson R., 2009 – *Forests and floods: A new paradigm sheds light on age-old controversies*. Water Resources Research, 45, W08416. <http://dx.doi.org/10.1029/2008WR007207>
- Andréassian V., 2004 – *Waters and forests: from historical controversy to scientific debate*. Journal of Hydrology, 291: 1-27. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2003.12.015>
- Badía D., Martí C., 2000 – *Seeding and mulching treatments as conservation measures of two burned soils in the central Ebro valley, NE Spain*. Arid Soil Research and Rehabilitation, 13: 219-232.
- Bagarello V., Ferro V., 2006 – *Erosione e conservazione del suolo*. McGraw-Hill. Collana istruzione scientifica. Serie ambiente e territorio Milano. pp. 539.
- Ballais J.L., 1993 – *L'érosion consecutive a l'incendie d'août 1989 sur la Montagne Sainte-Victoire: trois années d'observation (1989-1992)*. Bulletin de l'Association de Géographes Français, Paris, 5: 423-437.
- Barneschi M., Preti F., 2004 – *Cap.15 Regimazione dei deflussi*. Materiale didattico del corso di Ingegneria Forestale A.A. 2003-2004, I Edizione.
- Beguiría S., 2006 – *Changes in land cover and shallow landslide activity: A case study in the Spanish Pyrenees*. Geomorphology, 74: 196-206. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2005.07.018>
- Beguiría S., López-Moreno J.I., Lorente A., Seeger M., García-Ruiz J.M., 2003 – *Assessing the Effect of Climate Oscillations and Land-use Changes on Streamflow in the Central Spanish Pyrenees*. Ambio, 32 (4): 283-286. <http://dx.doi.org/10.1579/0044-7447-32.4.283>
- Béguin E., 1992 – *Erosion mécanique après l'incendie de forêt du Massif des Maures de 1990: exemple du bassin versant de Rimbaud*. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies. Université de Provence.
- Berretti R., De Ferrari F., Dotta A., Haudemand J.C., Meloni F., Motta R., Terzuolo P.G., 2009 – *Le foreste di protezione diretta: definizione, cartografia ed analisi della attitudine dei popolamenti forestali a svolgere la funzione protettiva*. In: Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. A cura di Ciancio O., Taormina, 16-19 Ottobre 2008. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze. pp. 460-465.
- Borghetti M., Magnani F., 2009 – *Controllo dell'uso dell'acqua negli ecosistemi forestali*. In: Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. A cura di Ciancio O., Taormina, 16-19 Ottobre 2008. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze. pp. 442-446.
- Bosch J.M., Hewlett J.D., 1982 – *A review of catchment experiments to determine the effects of vegetation changes on water yield and evaporation*. Journal of Hydrology, 55: 3- 23. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-1694\(82\)90117-2](http://dx.doi.org/10.1016/0022-1694(82)90117-2)
- Brang P., Schönenberger W., Ott E., 2001 – *Forests as protection from natural hazards*. In: The Forests Handbook. Evans J. (Ed.), Blackwell Science, Oxford, 2: 53-81. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470757079.ch3>
- Brown A.E., Lu Zhang, McMahon T.A., Western Andrew W., Vertessy Robert A., 2005 – *A review of paired catchment studies for determining changes in water yield resulting from alterations in vegetation*. Journal of Hydrology, 310: 28-61. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.12.010>
- Cambi M., Certini G., Fabiano F., Foderi C., Laschi A., Picchio R., 2015 – *Impact of wheeled and tracked tractors on soil physical properties in a mixed conifer stand*. iForest (early view). <http://dx.doi.org/10.3832/IFOR1382-008> (online 2015-05-22).
- Cantore V., Iovino F., Puglisi S., 1994 – *Influenza della forma di governo sui deflussi liquidi e solidi in piantagioni di eucalitti*. L'Italia Forestale e Montana, 49 (5): 463-477.
- Cerdà A., 1998 – *Post-fire dynamics of erosional processes under Mediterranean climatic conditions*. Zeitschrift für Geomorphologie, 42, 373-398.
- Chauvin C., Renaud J.P., Rupe C., Leclerc D., 1994 – *Stabilité et gestion des forêts de protection*. Bulletin Technique Office National des Forêts, 27: 37-52.
- Ciancio O., 1999 – *Gestione forestale e sviluppo sostenibile*. In: Atti del Secondo Congresso Nazionale di Selvicoltura per il miglioramento e la conservazione dei boschi italiani. Venezia, 24-27 giugno 1998. Consulta Nazionale per le foreste ed il legno, Direzione generale per le risorse forestali montane ed idriche, Accademia Italiana di Scienze Forestali. vol. III: 131- 187.
- Ciancio O., Nocentini S., 2004 – *Il bosco ceduo. Selvicoltura Assestamento Gestione*. Accademia Italiana di Scienze Forestali. Firenze. pp. 721.
- Ciancio O., Nocentini S., 1996 – *Il bosco e l'uomo: l'evol-*

- luzione del pensiero forestale dall'umanesimo moderno alla cultura della complessità. *La selvicoltura sistemica e la gestione su basi naturali*. In: Il bosco e l'uomo. A cura di Orazio Ciancio. Firenze, Accademia Italiana di Scienze Forestali. pp. 21-115.
- Colpi C., Fattorelli S., 1982 – *Effetti idrologici dell'attività primaria in montagna*. Dendronatura, pp. 57.
- Commissione Europea, 2013 – *Una nuova strategia forestale dell'unione europea: per le foreste e il settore forestale*. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle Regioni. 659 FINAL/2 pp. 18.
- Cornish P.M., Vertessy R.A. 2001 – *Forest age-induced changes in evapotranspiration and water yield in a eucalypt forest*. Journal of Hydrology, 242: 43-63.  
[http://dx.doi.org/10.1016/S0022-1694\(00\)00384-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-1694(00)00384-X)
- Corona P., Iovino F., Lucci S., 1996 – *La gestione dei sistemi forestali nella conservazione del suolo. II Parte: Strategie operative e pianificazione forestale*. Linea Ecologica, 4: 4-13.
- Cosandey C., Andressian V., Martin C., Didon Lescot J.F., Lavare J., Folton N., Mathys N., Richard D., 2005 – *The hydrological impact of the Mediterranean forest: a review of french research*. Journal of Hydrology, 301: 235-249.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.06.040>
- Dalla Fontana G., 1996 – *Il contributo della foresta alla mitigazione della vulnerabilità del territorio*. Parchi. Rivista del Coordinamento Nazionale dei Parchi e delle Riserve Naturali, 19:56-63.
- De Bano L.F., 1971 – *The effect of hydrophobic substances on water movement during infiltration*. Soil Science Society of America Journal, 35 (2): 340-343.  
<http://dx.doi.org/10.2136/sssaj1971.03615995003500020044x>
- De Bano L.F., Rice R.M., Conrad C.E., 1979 – *Soil Heating in Chaparral Fires: effects on soil properties, plant nutrients, erosion and runoff*. Berkeley, California, USDA Res. Paper PSW-145
- De Bano L.F., Mann L.D., Hamilton D.A., 1970 – *Translocation of hydrophobic substances into soil by burning organic litter*. Soil Science Society of America Journal, 34 (1): 130-133.  
<http://dx.doi.org/10.2136/sssaj1970.0361599500340010035x>
- De Philippis A., 1970 – *La copertura forestale e la difesa del suolo*. Istituto di Tecnica e Propaganda Agraria, Roma.
- Dudley N., Stolton S., 2003 – *Running pure: The importance of Forest Protected Areas to Drinking Water*. WWF and World Bank, Gland, Switzerland and Washington DC. pp. 103.
- Emmerich W.E., Cox Jr., 1994 – *Changes in surface runoff and sediment production after repeated rangeland burns*. Soil Science Society of America Journal, 58: 199-203.  
<http://dx.doi.org/10.2136/sssaj1994.03615995005800010029x>
- Fazarinc R., Mikos M., 1992 – *Feststoffmobilisierung als Folge der extremen Niederschläge in Slowenien*. Proc. Int. Symp. Interpraevent 1992, Bern. Vol. 1: 377-388.
- Ferrari E., Callegari G., Iovino F., Veltri A., 2002 – *Influenza della copertura forestale e impatto degli interventi selvicolturali sulla risposta idrologica in un bacino sperimentale della Calabria*. 28° Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche. Potenza 16/19 settembre 2002. Editoriale Bios Cosenza. Vol. V: 355-365.
- Ferrari E., Iovino F., Veltri A., 2004 – *Bosco e ciclo dell'acqua: aspetti metodologici ed applicativi*. In: Tecniche per la difesa dall'inquinamento. A cura di Giuseppe Frega. Editoriale Bios, Cosenza. pp. 645-660.
- Fourmier M., Stokes A., Coutand C., Fourcaud T., Mouliat B., 2006 – *Tree biomechanics and growth strategies in the context of forest functional ecology*. In: Ecology and Biomechanics: A Mechanical Approach to the Ecology of Animals and Plants. Herrel, A., Speck, T. (Eds.). CRC Taylor & Francis, Boca Raton.  
<http://dx.doi.org/10.1201/9781420001594.ch1>
- Frei M., Böll A., Graf F., Heinemann H.R., Springmann S., 2003 – *Quantification of the influence of vegetation on soil stability*. In: Proceedings of the International Conference on Slope Engineering, Hong Kong, Department of Civil Engineering. The University of Hong Kong, pp. 872-877.
- García-Ruiz J.M., Arnáez J., Beguería S., Seeger M., Martí-Bono C., Regúés D., Lana-Renault N., White S., 2005 – *Runoff generation in an intensively disturbed, abandoned farmland catchment, Central Spanish Pyrenees*. Catena, 59: 79-92.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2004.05.006>
- Garfi G., Veltri A., Callegari G., Iovino F., 2006 – *Effetti della ceduzione sulle perdite di suolo in popolamenti di castagno della Catena Costiera Cosentina (Calabria)*. L'Italia Forestale e Montana, 61 (6): 507-531.
- Gray D.H., Barker D., 2004 – *Root-soil mechanics and interactions. Riparian vegetation and fluvial geomorphology*. Water Sci. Appl., 8: 113-123.
- INFCA, 2007 – *Le stime di superficie 2005*. In: Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio. A cura di Tabacchi G., De Natale F., Di Cosmo L., Floris A., Gagliano C., Gasparini P., Salvadori L., Scrinzi G., Tosi V. MiPAF – Ispettorato Generale Corpo Forestale dello Stato, CRA - ISAFSA, Trento. [www.infca.it](http://www.infca.it)
- Iovino F., Puglisi S., 1990 – *L'aménagement des reboisements de protection. Un cas d'étude*. Contributo volontario presentato al X World Forest Congress Paris 1990. Proceedings. Vol. 2: 276.
- Iovino F., 2005 – *La gestione dei cedui di castagno nelle aree interessate da colate di piroclastiti in Campania*. In: Atti del convegno "Scritti in Onore di Orazio Ciancio". A cura di Corona P., Iovino F., Maetzke F., Marchetti M., Menguzzato A., Nocentini S., Portoghesi L. Firenze, 22/11, 2005, Accademia Italiana di Scienze Forestali. Firenze. pp. 267-284.
- Iovino F., 2007 – *Analisi dell'uso del suolo e linee operative di gestione forestale sostenibile per mitigare la vulnerabilità del territorio di Pizzo d'Alvano (Campania)*. Quaderni del Camilab, Laboratorio di Cartografia Ambientale e Modellistica Idrogeologica



- Università della Calabria, Dipartimento di Difesa del Suolo, Volume 2, pp. 64.
- Iovino F., 2009 – *Ruolo della selvicoltura nella conservazione del suolo*. In: Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME), 16-19 ottobre 2008. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze. pp. 425-436.
- Iovino F., Menguzzato G., Nocentini S., 2005 – *Forest fire management in Italy and in the Mediterranean basin*. International Symposium on Forest Fires. Experience from the Italian Cooperation. Prevention and active fight in the Mediterranean. Reggio Calabria, Italy, 24-25 November 2004.
- ISPRA, 2013 – *Linee guida per la valutazione del dissesto idrogeologico e la sua mitigazione attraverso misure e interventi in campo agricolo e forestale*. ISPRA, Manuali e Linee Guida 85/2013 Tipografia Tiburtini S.r.l. Roma. pp. 98.
- Lagergren F., Lankrejer H., Kucera J., Ciencala E., Mölder M., Lindroth A., 2008 – *Thinnings effects on pine spruce forest transpiration in central Sweden*. Forest Ecology and Management, 255: 2312-2323. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2007.12.047>
- Lasanta T., Cerdà A., 2005 – *Long-term erosional responses after fire in the Central Spanish Pyrenees 2. Solute release*. Catena, 60: 81-100. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2004.09.005>
- Lull H.W., Reinhart K.G., 1972 – *Forests and floods in the Eastern United States*. USDA Forest Serv., Northeast. Forest Exp. Stn. Res. Pap. NE-226, pp. 94.
- Magnani F., Ripullone F., Borghetti M., 2005 – *Foreste e uso dell'acqua: fattori di controllo e possibilità di gestione*. Italian Journal of Agronomy, 1 (3): 603-608.
- Marchi E., Piegai F., 2001 – *Sistemi di utilizzazione forestale a basso impatto ambientale*. L'Italia Forestale e Montana, 56 (6): 477-490.
- Markart G., Perzl F., Kohl B., Luzian R., Kleemayr K., Ess B., Mayerl J., 2007 – *Analysis of flooding events and mass movements in selected communities of Vorarlberg*. 22<sup>nd</sup> and 23<sup>rd</sup> august 2005. BFW-Dokumentation 5/2007. pp. 45.
- Martin C., Bernard-allee P., Béguin E., Levant M., Quillard J., 1993 – *Conséquences de l'incendie de forêt de l'été 1990 sur l'érosion mécanique des sols dans le massif des Maures*. Bulletin de l'Association de Géographes Français, 70 (5): 438-447.
- Moser M., 1980 – *Zur Analyse von Hangbewegungen in schwachbindigen bis rolligen Locker - gesteinen im alpinen Raum anlässlich von Starkniederschlägen*. Proc. Int. Symp. Interpraevent 1980, Bad Ischl., 1: 121-148.
- Moser M., Schoger H., 1989 – *Die Analyse der Hangbewegungen im mittleren Inntal anlässlich der Unwetterkatastrophe 1985*. Wildbach Lawinenverbau, 53 (110): 1-22.
- Motta R., Haudemand J.C., 2000 – *Protective forests and silvicultural stability. An example of planning in the Aosta Valley*. Mountain Research and Development, 20: 180-187. [http://dx.doi.org/10.1659/02764741\(2000\)020\[0180:PFASS\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1659/02764741(2000)020[0180:PFASS]2.0.CO;2)
- Murphy G., Jackson R.J., 1989 – *Water regime changes resulting from soil disturbance through mechanisation of forest operations*. ECE/ILO/FAO Joint Committee on forest working techniques and training of forest workers. Louvan-la-Neuve.
- Negishi J.N., Sidle R.C., Noguchi S., Nik A.R., Stanforth R., 2006 – *Ecological roles of roadside fern (Dicranoptepris curranii) on logging road recovery in peninsula Malaysia: preliminary results*. Forest Ecology and Management, 224: 176-186. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2005.12.017>
- Nilaweera N.S., Nutalaya P., 1999 – *Role of tree roots in slope stabilisation*. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 57: 337-342. <http://dx.doi.org/10.1007/s100640050056>
- Nocentini S., 2001 – *La rinaturalizzazione come strumento di recupero dei sistemi forestali semplificati nell'Italia Meridionale*. L'Italia Forestale e Montana, 56 (5): 344-351.
- Noguchi S., Tsuboyama Y., Sidle R.C., Hosoda I., 2001 – *Subsurface runoff characteristics from a forest hillslope soil profile including macropores, Hitachi Ohta, Japan*. Hydrol. Process., 15: 2131-2149. <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.278>
- O'Loughlin C.L., 1974 – *A study of tree root strength deterioration following clear-felling*. Can. J. For. Res., 4: 107-113. <http://dx.doi.org/10.1139/x74-016>
- Pelishak R.E., Osborn Letey J., 1962 – *The effects of wetting agents on infiltration*. Proc. Amer. Soil. Sci. Soc., 26: 595-598. <http://dx.doi.org/10.2136/sssaj1962.03615995002600060023x>
- Penna D., Borga M., Dalla Fontana G., 2009 – *Distribuzione del contenuto idrico del suolo: analisi a scala di versante in ambiente alpino*. IX Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria Ischia Porto, 12-16 settembre 2009, Memoria n. 3-6.
- Preti F., 2013 – *Forest protection and protection forest: Tree root degradation over hydrological shallow landslides triggering*. Ecological Engineering, 61: 633-645. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.11.009>
- Preti F., Forzieri G., Chirico G.B., 2011 – *Forest cover influence on regional flood frequency assessment in Mediterranean catchments*. Hydrol. EarthSyst. Sci., 15: 3077-3090. <http://dx.doi.org/10.5194/hess-15-3077-2011> [www.hydrol-earth-syst-sci.net/15/3077/2011](http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/15/3077/2011)
- Prosser I.P., Williams L., 1998 – *The effect of wildfire on runoff and erosion in native Eucalyptus forest*. Hydrological Processes, 12: 251-265. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)10991085\(199802\)12:2<251::AID-HYP574>3.0.CO;2-4](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)10991085(199802)12:2<251::AID-HYP574>3.0.CO;2-4)
- Reubens B., Poesen J., Danjon F., Geudens G., Muys B., 2007 – *The role of fine and coarse roots in shallow slope stability and soil erosion control with a focus on root system architecture: a review*. Trees, 21: 385-402. <http://dx.doi.org/10.1007/s00468-007-0132-4>
- Rickli C., Graf F., 2009 – *Effects of forests on shallow landslides – case studies in Switzerland*. Forest Snow Landscape Research., 82 (1): 33-44.
- Sakals M.E., Innes J.L., Wilford D.J., Sidle R.C., Grant G.E., 2006 – *The role of forests in reducing hydrogeomorphic hazards*. Forest Snow Landscape Research., 80 (1): 11-22.

- Schmidt K.M., Roering J.J., Stock J.D., Dietrich W.E., Montgomery D.R., Schaub T., 2001 – *The variability of root cohesion as an influence on shallow landslide susceptibility in the Oregon Coast Range*. *Can. Geotech. J.*, 38: 995-1024.  
<http://dx.doi.org/10.1139/t01-031>
- Schönenberger W., 2000 – *Silvicultural problems in subalpine forests in the Alps*. In: *Forest in sustainable Mountain development: a state of knowledge report for 2000*. Price M.F., Butt N., (Eds.). CABI, Wallingford. pp. 197-203.
- Schönenberger W., Brang P., 2004 – *Silviculture in mountain forests*. In: Burley J., Evans J., Younquist J. (eds) *Encyclopedia of Forest Sciences*. Amsterdam, Elsevier, pp. 1085-1094.  
<http://dx.doi.org/10.1016/B0-12-145160-7/00228-3>
- Schönenberger W., 1998 – *Adapted Silviculture in Mountain Forests in Switzerland*. In: IUFRO Inter-Divisional Seoul Conference, Seoul. pp. 142-147.
- Scott D.F., Van Wyk D.B., 1990 – *The effects of wildfire on soil wettability and hydrological behaviour of an afforested catchment*. *Journal of Hydrology*, 121: 239-256.  
[http://dx.doi.org/10.1016/0022-1694\(90\)90234-O](http://dx.doi.org/10.1016/0022-1694(90)90234-O)
- Scott D.F., 1993 – *The hydrological effects of fire in South African mountain catchments*. *Journal of Hydrology*, 150: 409-432.  
[http://dx.doi.org/10.1016/0022-1694\(93\)90119-T](http://dx.doi.org/10.1016/0022-1694(93)90119-T)
- Selby M.J., 1993 – *Hillslope Materials and Processes*. 2<sup>nd</sup> ed. Oxford University Press, Oxford, pp. 451 S.
- Shakesby R.A., 2011 – *Post-wildfire soil erosion in the Mediterranean: Review and future research directions*. *Earth-Science Reviews*, 105: 71-100.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2011.01.001>
- Sidle R.C., Zeigler A.D., Negishi J.N., Rahim Nik A., Siew R., Turkelboom F., 2006 – *Erosion processes in steep terrain – truths, myths and uncertainties related to forest management in Southeast Asia*. *Forest Ecology and Management*, 224: 199-225.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2005.12.019>
- Simon A., Collison A.J.C., 2002 – *Quantifying the mechanical and hydrologic effects of riparian vegetation on streambank stability*. *Earth Surf. Process. Landf.*, 27: 527-546.  
<http://dx.doi.org/10.1002/esp.325>
- Simonin K., Kolb T.E., Montes-Helu M., Koch G.W., 2007 – *The influence of thinning on components of stand water balance in a ponderosa pine stand during and after extreme drought*. *Agricultural and Forest Meteorology*, 143: 266-276.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2007.01.003>
- Swank, W.T., Crossley D.A.Jr., 1987 – *Forest hydrology and ecology at Coweeta*. Springer, New York.
- Swank W.T., Vose J.M., Elliott K.J., 2001 – *Long-term hydrologic and water quality responses following commercial clearcutting of mixed hardwoods on a southern Appalachian catchment*. *Forest Ecology and Management*, 143: 163-178.  
[http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00515-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00515-6)
- Todini E., 1989 – *Il ruolo del bosco nel ciclo idrologico*. Materiale didattico, Bologna. pp. 131.
- Unione Europea, 2008 – *Programma Quadro per il Settore Forestale*. Versione 12 novembre 2008. pp. 130.
- Veltri A., Ferrari E., 2009 – *Influenza del bosco nella mitigazione delle piene*. In: *Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura*. A cura di Ciancio O. Taormina (ME), 16-19 ottobre 2008. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze. pp. 511-516.
- Vertessy R.A., Watson F.G.R., O'Sullivan S.K., 2001 – *Factors determining relations between stand age and catchment water balance in mountain ash forests*. *Forest Ecology and Management*, 143: 13-26.  
[http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00501-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00501-6)
- Vicente-Serrano S., Lasanta T., Romo M., 2004 – *Analysis of spatial and temporal evolution of vegetation cover in the Spanish Central Pyrenees: Role of human management*. *Environmental Management*, 34: 802-818.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s00267-003-0022-5>
- Waldron L.J., Dakessian S., 1981 – *Soil reinforcement by roots: calculation of increased soil shear resistance from root properties*. *Soil Sci.*, 132: 427-435.  
<http://dx.doi.org/10.1097/00010694-198112000-00007>
- Watson A., O'Loughlin C., 1985 – *Morphology, strength, and biomass of manuka roots and their influence on slope stability*. *N. Z. J. For. Sci.*, 15 (3): 337-348.
- Ziemer R.R., 1981 – *Storm flow response to road building and partial cutting in small streams of northern California*. *Water Resources Research*, 17: 907-917.  
<http://dx.doi.org/10.1029/WR017i004p00907>