

Alessia Amorfini^(*), Antonio Bartelletti^(*), Luca Zocco Pisana^(*)

DISSESTO IDROGEOLOGICO E SOPRASSUOLI BOSCHIVI: IL CASO DI CARDOSO E FORNOVOLASCO, NELLE ALPI APUANE, DURANTE GLI EVENTI ALLUVIONALI DEL 19 GIUGNO 1996^(**)

Riassunto: vengono analizzati, sulla base di cartografie tematiche (realizzate anche da rilievi diretti), i rapporti areali tra copertura boschiva e dissesti idrogeologici, verificatisi durante gli eventi alluvionali del 19 giugno 1996, nella zona compresa tra la valle del torrente del Cardoso e l'alto bacino della Tùrrite di Gallicano, nelle Alpi Apuane. La sintesi valutativa dei fenomeni franosi ha individuato, in una serie di fattori concatenati di natura idrogeologica, geomorfologica e d'uso del suolo, la ragione dei numerosi dissesti determinatisi nell'area presa in esame. Il rischio idrogeologico assume, nell'occasione, valori di prima "magnitudo", sia per l'eccezionalità dell'evento limite, sia per la vulnerabilità intrinseca delle tipologie di suoli e soprassuoli specificamente presenti.

Parole chiave: substrato, suolo, dissesti, castagneti, Alpi Apuane

PREMESSA

Lo studio che segue è stato condotto nel cuore dell'area colpita dagli "eventi alluvionali del 19 giugno 1996". Si tratta di una zona, dal rilievo accentuato e notevolmente acclive nei versanti, posta a cavallo della displuviale principale che attraversa il settore centro-meridionale delle Alpi Apuane, proprio all'altezza delle testate vallive del torrente del Cardoso (ad Ovest) e della Tùrrite di Gallicano (ad Est). In questo piccolo comprensorio, di appena 16 km² di superficie, si sono registrati circa il 75% dei dissesti idrogeologici relativi all'evento sopra detto. Non a caso l'area, con i suoi 300 episodi di frana, rappresenta il "cratere" dell'alluvione in parola, anche in relazione all'entità dei danni alle cose e alle persone.

La "Carta delle isoiete" dell'evento del 19 giugno (AA.VV., 1996), mostra un andamento concentrico delle stesse in tutta l'area di studio, con valori sempre superiori ai 300 mm di pioggia giornaliera (con punte prossime ai 500 mm). Pertanto, a scala globale, si può assumere che l'intensità delle precipitazioni qui verificatesi sia analoga e confrontabile su tutto il territorio, nonostante l'emergere - dal confronto tra pluviogrammi - di alcune differenze negli andamenti orari delle stazioni attivate. L'"afflusso meteorico" non si è dunque tradotto in fattore determinante per spiegare la diversa distribuzione e concentrazione dei dissesti nelle varie zone dell'area considerata. Ciò non toglie che l'intensità delle precipitazioni sia stata, nell'occasione, la "causa immediata" degli stessi fenomeni franosi.

L'area in studio presenta una struttura assai complessa e una costituzione litologica molto varia (vedi Fig. n. 1). Vi affiorano infatti, sia rocce metamorfiche del "Complesso delle Alpi Apuane", sia rocce non metamorfiche della 'Falda Toscana', tettonicamente sovrascorse sul precedente 'Complesso'.

Per gli scopi del presente lavoro, è sufficiente rilevare che la porzione sud-occidentale dell'area studiata è principalmente costituita (24,25 %) da un'alternanza, da decimetrica a metrica, di metarenarie e ardesie ("Pseudomacigno"), mentre nella porzione nord-orientale prevalgono nettamente formazioni calcaree e dolomitiche (46,25 % della superficie totale), sia metamorfiche (Massiccio delle Panie), sia non metamorfiche (M. Forato, ecc.).

La caratterizzazione idrogeologica delle formazioni presenti - in base al tipo e grado di permeabilità - sottolinea come il bacino idrografico del torrente Cardoso sia interessato da litologie a permeabilità secondaria di grado basso o, addirittura, impermeabili. Al contrario, nell'alto bacino della Tùrrite di Gallicano prevalgono formazioni di natura carbonatica a permeabilità secondaria crescente, con grado variabile da elevato a buono.

TIPOLOGIE DI DISSESTI

I dissesti verificatisi a seguito dell'evento alluvionale in parola sono stati classificati, come tipologia, facendo tesoro delle varie cartografie geomorfologiche prodotte nei mesi immediatamente successivi al 19 giugno 1996.¹ Ne è seguita, da

parte nostra, una verifica puntuale sul territorio, con rilievi eseguiti soprattutto nel periodo settembre-ottobre 1996. La classificazione adottata è quella di Varnes (1958 e lavori successivi), non senza alcune modifiche e necessarie semplificazioni.

I risultati di tale elaborazione sono sintetizzati nella allegata Tav. A - Carta dei dissesti.

La complessità dei fenomeni osservati ha indotto ad una interpretazione cartografica che distinguesse i processi di "erosione areale", distribuiti lungo l'interfluvio, da quelli di "erosione lineare", dovuti invece all'azione violenta delle acque incanalate.

In sintesi, si registra la seguente caratterizzazione di dissesti:

a) scorrimenti planari della copertura detritica su substrato roccioso

Relativamente ai fenomeni di "erosione areale", occorre sottolineare che i dissesti verificatisi rientrano, per gran parte, nella categoria degli scorrimenti planari della copertura detritica su substrato roccioso. In tale situazione, l'esistenza di una superficie di scivolamento, al contatto suolo/roccia madre - posta spesso in condizioni

di franapoggio per scistosità e/o stratificazione - ha favorito il movimento gravitativo della coltre di alterazione superficiale e, in casi più rari, anche di porzioni del substrato pedogenetico. In questo gruppo, sono stati pure inseriti i dissesti classificabili come colate di detrito (*debris flow*), che presentano caratteristiche paragonabili al tipo sopra detto e spesso associati o combinati con lo stesso, in modo da suggerire una loro comune considerazione.

Nell'area campiona, l'estensione di questa categoria di dissesti interessa circa 26 ha e risulta concentrata prevalentemente nei tratti torrentizi prossimi all'abitato di Cardoso, e, in particolare, lungo i versanti adiacenti al fosso della Capriola, tributario di destra del torrente di fondo che attraversa l'abitato.

b) frane di crollo

Un piccolo contributo ai processi erosivi di versante proviene pure dalle frane di crollo, che rappresentano - comunque - la categoria di dissesto meno diffusa, interessando solo una piccola superficie, pari a solo 1 ha, e riguardante principalmente limitate porzioni, sparse, di pareti calcaree

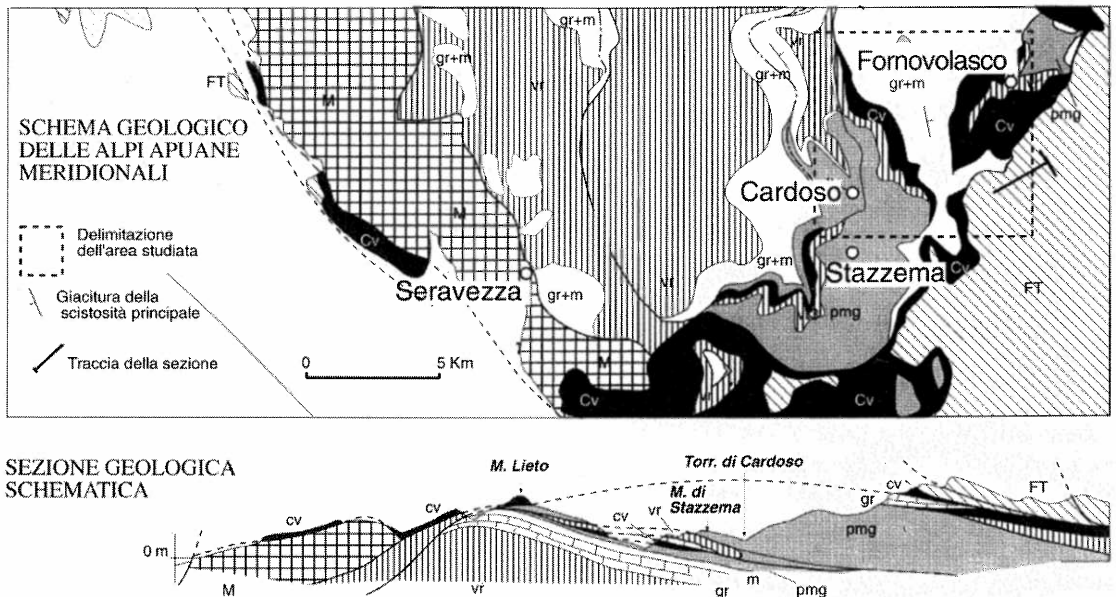


Fig. n. 1 - schema elaborato da L. Carmignani

Complesso metamorfico delle Alpi Apuane: vr - Verrucano s.l. (paleozoico-trias medio); M - Quarziti e filladi triassiche dell'Unità di Massa; gr - Dolomie e calcari dolomitici ('Grezzoni') (trias superiore); m - Marmi (giurassico inferiore); pmg - Calcari selciferi metamorfici, calcescisti ('Cipollini'), alternanza di metarenarie e filladi ('Pseudomacigno') (giurassico medio-terziario)

Falda Toscana: FT - Calcari triassici e giurassici del M. Procinto, M. Prana, M. Matanna [cv - Cataclasti prevalentemente ad elementi di dolomie triassiche ('Calcicare cavernoso')]

subverticali, sovente neppure ricoperte da vegetazione arborea.

c) alvei con processi erosivi anche di sponda

Per quanto attiene invece i fenomeni conseguenti alle "erosioni lineari", si possono distinguere, per le acque incanalate, le asportazioni di detrito ed altri eventi simili, comunque più accentuati, associati a processi erosivi di sponda. In quest'ultimo caso, si tratta di una tipologia di dissesti che ha dunque interessato anche i limiti laterali degli alvei, mobilitando la modesta copertura del substrato roccioso. Tali fenomeni interessano, quasi per intero, le aste fluviali principali e secondarie del bacino del torrente di Cardoso, mentre sono meno diffusi nell'alta valle della Tùrrite di Gallicano. Il valore complessivo della superficie interessata raggiunge i 20 ha.

d) zone sovralluvionate

La cartografia tematica evidenzia pure le zone sovralluvionate in cui sono avvenuti i maggiori danni ad immobili, infrastrutture e persone. Lo spessore dei depositi è risultato variabile nei diversi tratti lungo l'alveo, superando spesso i cinque metri di altezza. E' rilevante, ai fini di una stima della competenza delle acque durante l'evento, sottolineare come siano stati mobilizzati notevoli volumi di detrito, con clasti di dimensioni ragguardevoli, in certi casi anche superiori al metro cubo. La superficie complessiva delle aree sovralluvionate ammonta a 11,5 ha.

e) mobilitazioni e colamenti

Infine, sono stati considerati i colamenti e le mobilitazioni di materiali litoidi incoerenti su falde detritiche. Tali fenomeni sono avvenuti ad alta quota, presso gli accumuli di detrito di falda, alla base di pareti rocciose, lungo tracce idrografiche evidenti, benché non perenni, in quanto intermittenti a regime occasionale. Essi hanno interessato clasti calcarei con matrice fine assai scarsa o, più spesso, addirittura assente.

Si tratta di dissesti sviluppati per superfici piuttosto vaste - dell'ordine di circa 15 ha - che hanno coinvolto materiali che solo parzialmente hanno contribuito al trasporto solido nella rete idrografica principale di fondovalle (almeno nel versante più disastrato di Cardoso).

Per altro, sono presenti accumuli detritici di falda che, posti lungo displuviali, non hanno prodotto, malgrado la loro incoerenza, alcun movimento significativo nel corso dell'evento del 19 giu-

gno 1996.

I FATTORI DI RISCHIO IDROGEOLOGICO

Che le Alpi Apuane fossero una zona soggetta a dissesti, in occasione di forti piogge concentrate in poche ore, è cosa conosciuta da tempo. Un'ampia letteratura sull'argomento riporta questa antica acquisizione e i dati che la sorreggono. Già si è letto, in termini spesso generali, sulla notevole acclività dei versanti e sull'instabilità delle coltri detritiche come fattori, diffusi in zona, di rischio idrogeologico. Del tutto trascurata, fino ad oggi, è stata invece l'analisi dei rapporti tra dissesti e condizione dei soprassuoli, con la puntuale valutazione della loro effettiva capacità di contenere la degradazione meteorica del rilievo.

Lo studio in parola - valutando le diverse risposte di vari luoghi e situazioni all'impatto con un evento limite - ha consentito di confrontare, oltre il piano teorico, il ruolo giocato nell'occasione da nuovi e vecchi fattori di rischio idrogeologico. Ovviamente, sono stati qui presi in considerazione soprattutto i "dissesti areali", coinvolgenti i versanti, facendo recitare un ruolo marginale agli eventi erosivi "lineari", particolarmente frequenti lungo le tracce dendritiche, di vario ordine, dei reticoli idrografici del torrente Cardoso e della Tùrrite di Gallicano.

Per una disamina più organica possibile dei fattori di rischio idrogeologico, conviene affrontare la questione per punti. Nel successivo paragrafo, sarà offerta una sintesi valutativa, che consenta di superare la frammentazione analitica del seguente articolato:

a) acclività dei versanti

La sovrapposizione tra la "carta delle pendenze" e la distribuzione dei dissesti convince sulla relatività (o comunque sul ruolo non primario) di questo fattore nell'innescare fenomeni franosi di versante, soprattutto a danno della coltre detritica. L'area considerata è molto acclive e, salvo limitatissime porzioni, è interessata da pendenze superiori al 30 % (16,7°).

Il ruolo giocato da questo fattore risulta già ridimensionato dal fatto che, malgrado le forti inclinazioni e la portata dell'evento, sono ancora rintracciabili vaste superfici di territorio rimaste immuni da frane di versante. Tuttavia, se ci si sposta sopra terreni a pendenza più accentuata, cresce moderatamente il numero dei dissesti cartografati.

A titolo di conferma, si riporta il dato della presenza - nella fascia di acclività compresa tra il 31 e il 50 % (26,6°) - di ben il 41,3 % del totale delle "frane di scivolamento"; da confrontare con il valore del 58,7 % degli analoghi dissesti originatisi nella classe di pendenza superiore: quella tra il 51 e il 70 % (35,0°).

Per una valutazione puntuale di questi dati va precisato che la fascia di acclività qui considerata, "31-50", è presente sul 55% del territorio, mentre quella "51-70" insiste sul 38% dell'area in studio.

L'"acclività dei versanti" è, in sintesi, un fattore diffuso e, in ogni caso, necessario per lo spostamento gravitativo delle masse franose. Esso non ha, per altro, un effetto qualitativo e selettivo di particolare rilevanza, benché non vada del tutto sottovalutato il suo ruolo.

b) forma dei versanti

La verifica "a terra" del complesso dell'area disastata, sia nella zona di Cardoso che in quella di Fornovolasco, ha posto in evidenza come numerose erosioni areali abbiamo avuto comunque origine in zone caratterizzate da accenni, quasi impercettibili, di interfluvio. Si tratta di luoghi, posti lungo versanti appena incisi, normalmente non interessati da scorrimento di acque superficiali e spesso neppure evidenziabili sulle carte topografiche di dettaglio.

Non è il caso di parlare d'ordine primo del ramo corrispondente della rete idrografica, quanto piuttosto a tracce embrionali di evoluzione della stessa, che prefigurano situazioni future di maggiore complessità. Ciò assume un particolare significato al

di sopra di substrati impermeabili, di norma più disponibili allo sviluppo del reticolo, in cui è già elevata la frequenza areale dei segmenti fluviali. In altre parole, è come se l'evento del 19 giugno abbia, in certi luoghi, accelerato di colpo l'andamento evolutivo normale e progressivo della forma dei versanti, giocando sulla fittezza della rete idrografica, stante l'entità della forza erosiva in gioco.

Questo fattore, di difficile valutazione complessiva ed areale, ha avuto un'importanza soprattutto puntuale, nel determinare singoli dissesti idrogeologici. La forma dei versanti è stata associata ad altri fattori e principalmente nei due che seguono.

c) diffusione di substrati impermeabili

La zona di Cardoso e Fornovolasco annovera un largo spettro di formazioni rocciose a differente tipo e grado di permeabilità. Generalizzando, si può facilmente osservare come la porzione considerata di bacino idrografico della Tùrrite di Gallicano sia prevalentemente interessata da substrati carbonatici e comunque dotati di permeabilità secondaria crescente, di grado da buono ad elevato. Al contrario, gran parte della testata valliva del torrente del Cardoso si estende su rocce ("Pseudomacigno", filladi, ecc.) contraddistinte da condizioni di pressoché totale impermeabilità (cfr. Tav. B, Carta delle Unità Idrogeologiche).

Il rischio idrogeologico dei substrati non permeabili si gioca tutto nel mancato assorbimento idrico della roccia madre, nell'occasione di copiose precipitazioni, da cui un'infiltrazione e percolazione obbligata di acque meteoriche all'interno dei suoli. La fluidificazione per imbibizione risulta così facilitata, di modo che la coltre detritica può raggiungere più facilmente condizioni di instabilità rispetto a quanto avviene al di sopra di substrati carbonatici, notevolmente assorbenti.

Probabilmente, l'impermeabilità dei substrati si è palesato come fattore più rilevante, almeno su vasta scala, nella genesi dei dissesti del 19 giugno. Basterebbe infatti osservare il numero e la distribuzione delle frane al di sopra di Cardoso e di Fornovolasco per aver l'esatta percezione di ciò. Se la porzione di bacino della Tùrrite di Gallicano risulta appena scalfito da alcuni e radi dissesti, quello del torrente di Cardoso appare invece devastato e sconvolto lungo tutto lo sviluppo del reticolo idrografico. La differenza tra queste due valli non la determina l'acclività o il tipo di soprassuolo



Fig. n. 2
Mobilizzazione di detrito di falda nel versante occidentale della Pania della Croce (Stazzema)

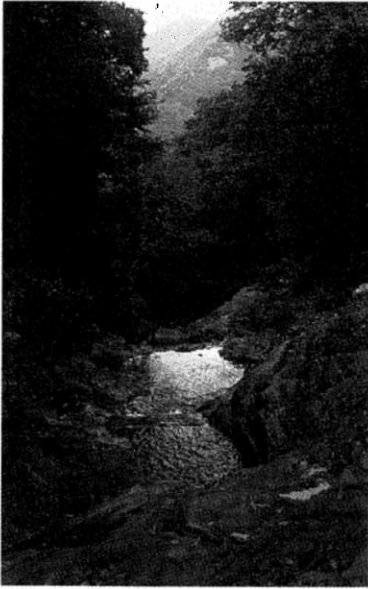


Fig. n. 3
*Alveo di
 torrente con
 accentuata
 erosione
 lineare
 nell'area di
 Pruno
 (Stazzema)*

(se preso in termini qualitativi), ma il tipo di rocce e, per derivazione, la loro diversa permeabilità.

d) giacitura a “franapoggio”

Gli esiti tettonici dell'area, su cui si modella spesso la morfologia fluviale dei fondovalle, propongono di frequente situazioni, lungo i versanti, con giacitura a “franapoggio” per stratificazione e/o scistosità di diverse formazioni rocciose (prima fra tutte lo pseudomacigno). Tali situazioni hanno rilievo soprattutto su piccola scala, come fattore puntuale d'innescio di fenomeni franosi, principalmente se associato alla presenza di substrati impermeabili.

Il modello più tipico di dissesto di versante è quello che ha visto - con le ingenti piogge dell'evento limite del 19 giugno - imbibirsi i terreni oltre il possibile, con la conseguente loro fluidificazione e/o scorrimento gravitativo in basso, grazie alla lubrificazione dell'interfaccia inclinato tra substrato roccioso impermeabile e coltre detritica instabile soprastante.

Nello studio sull'area di Cardoso e Fornovolasco non è stata prodotta una carta strutturale, principalmente per l'ampia scala di definizione del lavoro, tendente soprattutto ad una visione complessiva, areale e di sintesi, piuttosto che ad un'analisi di dettaglio sui singoli dissesti, a cui tale strumento offrirebbe altrimenti un supporto conoscitivo determinante.

e) differente profondità della coltre detritica

Fattore di indubbio valore, per la verifica della stabilità dei versanti e la valutazione del rischio

idrogeologico, è spesso la differente profondità della coltre detritica nelle varie situazioni locali. Alla prova dei fatti però, questo potenziale fattore si è rivelato di trascurabile importanza, in considerazione della relativa omogeneità dello spessore dei suoli dissestati in tutto il territorio sottoposto a studio.

Sui substrati carbonatici, anche ricoperti da vegetazione boschiva, la coltre detritica raggiunge qui profondità contenute, quasi mai superiori al metro, scendendo a pochi decimetri nei litosuoli. A chi osserva ancora in questi valori variazioni significative di profondità, si ricorda che tali terreni non hanno poi evidenziato una significativa diffusione di fenomeni di instabilità. In effetti, quasi tutti i dissesti si sono posti al di sopra di substrati silicei impermeabili, in cui i processi pedogenetici hanno prodotto coltri detritiche della potenza media variabile tra i 50 e i 120 cm.

La modesta escursione nei valori annulla l'effetto pratico di tale fattore, residuando la sua incidenza in situazioni del tutto puntuali, magari *ad adiuvandum* l'innescio di alcuni fenomeni di dissesto.

f) presenza di formazioni boschive “artificiali”

È questo un fattore di instabilità oltre modo complesso e di frequente ignorato per l'intrinseca difficoltà ad essere ponderato correttamente, stante l'elevato numero di variabili che vi entrano in gioco. In termini generali, lo si può assumere come fattore potenzialmente capace di contribuire alla diffusione, in larga scala, dei dissesti idrogeologici (o, comunque, a non contenerli più di tanto). In effetti, la presenza di formazioni boschive “artificiali” - in questo caso soprattutto castagneti - è di per sé indizio di minore difesa, rispetto ai boschi spontanei, nei confronti dell'erosione idrica superficiale, del contenimento delle portate solide dei corsi d'acqua, della capacità di regimazione dei deflussi idrici e, più in generale, per il contributo effettivo alla stabilità dei versanti.

Tuttavia, il fattore “presenza di formazioni boschive artificiali” non è stato determinante, al pari della “permeabilità dei substrati”, nella diffusione dei fenomeni franosi, benché vi abbia contribuito in una misura comunque non trascurabile. Prova ne è, dal confronto tra carta dei dissesti e carta forestale (o vegetazionale), la notevole estensione di frane nei castagneti su “Pseudomacigno” (Cardoso), rispetto alla più limitata diffusione di questi fenomeni in analoghe formazioni vegetazionali su rocce carbonatiche (Fornovola-

sco). Conferma indiretta di ciò si ricava pure da una qualche insorgenza di dissesti nei carpineti (o comunque nei boschi misti) vegetanti su substrato siliceo impermeabile, rispetto alla mancanza quasi assoluta in quelli localizzati su substrato carbonatico.

Quanto detto sopra è reso palese dai dati che seguono. Su rocce impermeabili, il castagneto occupa un'estensione territoriale di 398,30 ha (da confrontarsi con i 1600 ha dell'area presa in esame); le zone interessate dai dissesti areali del 19 giugno riguardano 32,73 ha, cioè l'8,2 % della zona coltivata a castagno. Di contro, il carpineto - su substrato impermeabile - presenta una superficie totale di 80,24 ha ed una superficie dissestata di 3,20 ha; pari soltanto al 4,0 %.

La relativa maggiore vulnerabilità del castagneto rispetto ai boschi spontanei, si ripropone anche per i dati desunti da situazioni vegetazionali su substrato permeabile. In effetti, al di sopra di calcari e rocce similari, l'area coltivata a castagno occupa una superficie totale di 62,26 ha, mentre la parte che è stata interessata da dissesti è di 0,83 ha: ovverosia l'1,3 %. Al contrario, il carpineto (o bosco misto) - nonostante che rivesta ben 361,60 ha di territorio a substrato permeabile - ha avuto soltanto 1,27 ha di superficie interessata da frane di versante, da cui una percentuale risibile dello 0,3% [per le superfici cfr. Tav. C].

In sintesi, si può argomentare che, il 19 giugno 1996, il castagneto ha rappresentato un fattore di aggravamento dei fenomeni di dissesto, in quanto il tessuto vegetale di questa formazione mostra condizioni diffuse di instabilità e di scarsa coesione, tale da renderlo più vulnerabile di fronte ad eventi eccezionali. Altresì, il castagneto, oltre ad avere offerto una scarsa resistenza ai fenomeni erosivi in parola, ha pure contribuito, in maniera massiccia, al deleterio e devastante trasporto solido, soprattutto con tronchi di grosse dimensioni. È stato infatti stimato che, da questo soprassuolo, sia derivato oltre il 70 % delle piante fluitate, di diametro superiore ai 20 cm, e più dell'80 % del volume totale di legname trasportato dalle acque superficiali.

IL COMPORTAMENTO DEI CASTAGNETI

In materia di difesa del suolo, la "debolezza" dei castagneti, in confronto ai boschi spontanei, trova una serie innumerevole di ragioni. In primo luogo,

si può ricordare la condizione monofitica della stessa formazione, in cui la biodiversità scende a livelli minimi anche per l'utilizzo diffuso di *cultivar*, cioè di cloni utili soprattutto alle produzioni legnose o di frutti, e non certo a migliorare la stabilità dei versanti. Cosa ben diversa sono i boschi misti - ad *Ostrya carpinifolia* Scop. ed altre latifoglie - in cui la differenziazione inter- ed intraspecifica assume un rilievo notevole, quale esito di lunghissimi percorsi evolutivi che hanno selezionato ecotipi locali, perfettamente adattati alle diverse condizioni bioclimatiche delle Apuane.

Altra ragione riguarda l'impianto degli individui arborei che, nel caso del castagno (*Castanea sativa* Miller), è il risultato di pratiche agronomiche con fini produttivi, mentre per le fanerofite autoctone è l'esito di una continua e spontanea "competizione" naturale, che ha determinato, alla fine, la maggiore/migliore copertura/protezione dei versanti. A ciò si aggiunga poi il limitato ancoraggio assicurato dagli apparati radicali del castagno, con i suoi sviluppi piuttosto superficiali, per completare un quadro di "debolezza" strutturale e fisionomica della corrispondente formazione boschiva artificiale (Bartelletti, Amorfini e Zocco Pisana, 1997).

Oltre la questione "variabilità", i castagneti di Cardoso e dintorni hanno anche offerto, nell'evento del 19 giugno, un minor contributo alla difesa del suolo per il preoccupante stato di abbandono colturale in cui versano. La situazione è stata senza dubbio aggravata dal sovraccarico determinato, quasi ovunque, dalla biomassa in piedi (non più soggetta alle necessarie potature), nonché dalla diffusione di necromassa [anche conseguente agli effetti del cancro corticale prodotto da *Cryphonectria parasitica* Murr (Barr.)]. In sintesi, si tratta di condizioni vegetative non ottimali che - di regola - limitano l'efficacia della protezione idrogeologica di questi boschi "artificiali".

Per dare misura concreta del "peso" e del "volume" dei castagneti di Cardoso e Fonovolasco, si riportano i dati rilevati nell'area in esame, anche confrontati con i boschi misti della stessa zona. I valori medi, per ettaro, documentano qui per le aree a castagno un volume di 600 m³ (pari a circa 600 t), mentre in quelle a carpino nero dominante si raggiungono appena 200 m³ (≅ 200 t).

Ulteriore elemento di aggravio della stabilità dei versanti, conseguente all'abbandono colturale, lo si individua nel degrado storico a cui sono andate incontro tutte le sistemazioni rurali del suolo all'interno dei castagneti. Non è un fatto sconosciuto ai più la progressiva rovina che ha coinvolto, an-

che a Cardoso e Fornoalasco, le opere di terrazzamento dei versanti, quali lunette, gradoni, ciglioni, muretti a secco, ecc. In queste condizioni, è normale attenderci tempi di corruzione più rapidi che non in passato, con tutte le conseguenze che tale situazione porta dietro sé.

In un recente articolo, Sequi (1996) individua alcuni motivi di pericolosità idrogeologica del castagneto, in assenza di cure colturali, muovendo proprio dalla analisi dell'evento del 19 giugno nell'area di Cardoso. Si conviene, rispetto all'ipotesi di Sequi, sull'effetto negativo prodotto dall'aumento della biomassa per mancanza di potature e dal progressivo deterioramento delle sistemazioni del suolo. Tuttavia, più di un dubbio emerge riguardo alla tesi della minore tenuta del castagno come conseguenza di una sua "copertura" da parte di "rampicanti" e per la concorrenza di altre piante, successivamente insediatesi nell'intorno. Rilievi fitosociologici eseguiti in zona dimostrano che le fanerofite lianose, quali soprattutto l'edera (*Hedera helix* L.), non sono particolarmente diffuse nell'area, evidenziando un indice medio di abbondanza/dominanza pari soltanto a 1 (secondo la scala di Braun-Blanquet, 1964): un valore a cui partecipano spesso anche fusti striscianti sul terreno. Non è poi chiaro - secondo le ipotesi di Sequi - come nuovi frutici e giovani individui arborei, invasivi delle aree a castagno, possano concorrere con esemplari maturi e assestati, arrivando perfino "a ridurre progressivamente l'apparato radicale" di questi ultimi. Di vero c'è soltanto che i castagni senescenti realizzano un ancoraggio radicale sempre minore, a causa di evidenti ragioni di vitalità fisiologica, all'avanzare impietoso degli anni.

LA VULNERABILITÀ DEI SOPRASSUOLI BOSCHIVI

Al fine di ottenere una sintesi valutativa delle argomentazioni sopra esposte, è sembrato opportuno giungere alla definizione, per i soprassuoli, di classi a differente vulnerabilità, che interessano l'area di studio. In primo luogo, il territorio è stato suddiviso in unità che presentassero caratteristiche omogenee dal punto di vista fisico e biologico, ottenendo, dunque, una tipica "carta degli ecotopi". L'individuazione cartografica di queste unità omogenee ha consentito, quindi, la realizzazione di una correlazione topografica fra ecotopi e dissesti verificatisi in occasione dell'evento limite del 19 giugno 1996.

Sulla base del confronto fra ecotopi/dissesti e ecotopi/area di studio, è stato possibile proporre un modello di analisi che definisse categorie di vulnerabilità idrogeologica per ciascun ecotopo o gruppo di ecotopi.

In base a tali considerazioni, si è giunti, quindi, alla definizione di tre classi di vulnerabilità dei soprassuoli boschivi, rispettivamente di grado "basso", "medio" ed "alto". Per la mancanza di modelli specifici a cui far riferimento, sono state utilizzate, allo scopo, elaborazioni originali, a sviluppo semiempirico, non senza tener conto della entità/distribuzione dei dissesti osservati.

I risultati di tale elaborazione hanno condotto, dunque, alla seguente classificazione, valevole ovviamente per il territorio considerato e nel caso di eventi limite come quello del 19 giugno 1996:

soprassuoli ad alta vulnerabilità

*geolitologia*²: Gmp, vr₂, di, pmg, cp, P_{1t}

uso del suolo: boschi di castagno

pendenza: maggiore del 50 %

soprassuoli a media vulnerabilità

*geolitologia*²: Gmp, vr₂, di, pmg, cp, P_{1t}

uso del suolo: boschi misti a prevalenza di carpino nero (e quelli di castagno non compresi nella classe superiore)

pendenza: maggiore del 30%

soprassuoli a bassa vulnerabilità

geolitologia: ininfluenza

uso del suolo: Tutti i boschi, con esclusione di quelli delle classi precedenti

pendenza: ininfluenza

Per un maggior dettaglio analitico, la classe comprendente le aree ad alta vulnerabilità è stata, a sua volta, suddivisa in tre sottoclassi (sub-bacini a "media incidenza di dissesti", a "medio-alta incidenza" e ad "elevata incidenza"). La distinzione è stata operata, dopo aver individuato porzioni di versanti (cioè settori di bacino idrografico) di grandezza commensurabile, computando percentualmente l'estensione dei dissesti verificatisi nell'evento limite in parola in rapporto alla superficie complessiva degli stessi sub-bacini.

La "carta della vulnerabilità" dei soprassuoli (cfr. Tav. D) - elaborata con le definizioni di cui sopra - propone una lettura del territorio in esame piuttosto diversificata nelle due sub-aree del torrente del Cardoso e dell'alta valle della Tùrrite di Gallicano. Nel primo bacino idrografico, siamo in

presenza di vaste superfici con soprassuoli ad alta e media vulnerabilità, che sovrastano ed incombono sull'abitato del Cardoso. Nell'altro caso invece, si rintracciano limitate porzioni di territorio, qui classificato a "media vulnerabilità".

CONCLUSIONI

Seguendo un conosciuto criterio analitico riguardo alla genesi dei fenomeni franosi - che vuole distinguere le loro cause in "preparatorie" (cioè pre-disponenti all'evento) ed in "immediate" (cioè determinanti) - si può concludere che i dissesti del 19 giugno 1996, nelle Alpi Apuane, hanno avuto come "causa immediata" l'eccezionalità dell'evento meteorico, mentre tra le "cause preparatorie" bisogna annoverare, quanto meno: a) la diffusione di substrati impermeabili o quasi (filladi paleozoiche e flysch terziario metamorfico); b) la giacitura a franapoggio per stratificazione e/o scistosità; c) l'acclività accentuata dei versanti (spesso superiore al 50 %); d) la presenza di formazioni vegetazionali "artificiali", riferibili soprattutto al castagneto. Mentre i fattori a), b) e c) sono più facilmente ponderabili e già ben evidenziati in questo come in altri eventi alluvionali, il quarto fattore ha invece assunto, nell'occasione, un rilievo del tutto particolare (anche se non risolutivo ed esclusivo). E' infatti lecito parlare di una crisi complessiva del castagneto di fronte all'eccezionalità dell'evento.

Se ai vizi d'origine delle fitocenosi "artificiali" a castagno, si aggiungono i guai dell'abbandono culturale, il quadro da preoccupante diviene drammatico. Il paesaggio storico delle "selve" ha raggiunto da decenni il suo limite critico, non

incardinando più un'economia montana di sussistenza, in cui il castagno giocava un ruolo centrale. L'evento del 19 giugno ha poi evidenziato elementi di fragilità e di aggravamento del dissesto, che impongono scelte chiare per il futuro di tale coltivazione arborea, soprattutto per il rischio idrogeologico connesso (Bartelletti e Nepi, 1996).

NOTE

(*) Consorzio del Parco delle Alpi Apuane, Servizio "ricerca e conservazione".

(**) Il presente lavoro deriva dallo "Studio per la definizione delle relazioni tra dissesti idrogeologici e copertura forestale nei bacini montani interessati dagli eventi alluvionali del 19 giugno 1996 nelle Alpi Apuane". Tale studio, eseguito dal Parco in collaborazione con la D.R.E.A.M. Italia S.c.r.l., per conto della Regione Toscana, ha visto anche la collaborazione di Roberto Giannini, Marcello Miozzo, Stefano Bracciotti, Alessandra Bichi, Claudio Fagarazzi, Fiamma Rocchi, Isabella Ronchieri.
¹ Puccinelli A., Careddio F., D'Amato Avanzi G., Pieroni A., Trivellini M. - Carta preliminare degli effetti causati dall'evento piovoso del 19 giugno 1996 nei bacini del fiume Veza della Turrite di Galliciano.

Comunità Montana "Alta Versilia" - Carta dei dissesti. Città Futura e GEODES - Carta dei dissesti della C. M. "Garfagnana".

Iacurto O., Priori A., Puglisi C. - "Indagine esplorativa sui costi per il risanamento dei fenomeni di frana occorsi in seguito alla crisi meteorologico-idraulica del 19 giugno 1996, nel Comune di Stazzema", ENEA.

² Gmp = Marne e argilloscisti varicolori; vr₂ = Micascisti e filladi; di = Radiolariti; pmg = "Pseudomacigno"; cp = "Cipollini"; P_t = Porfiroidi.

Ringraziamenti: gli Autori ringraziano i proff. Luigi Carmignani dell'Università di Siena e Massimo Coli dell'Università di Firenze per i suggerimenti offerti.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (1996) - *Carta delle isoiete. Evento del 19 giugno 1996*, Autorità di Bacino del Fiume Serchio e Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa, Firenze.
- BARTELLETTI A., AMORFINI A., ZOCCO PISANA L. (1997) - *Dissesto idrogeologico e nuovi assetti forestali nel Parco delle Alpi Apuane*, "Parchi", n. 20, pp. 16-18.
- BARTELLETTI A., NEPI C. (1996) - *L'alluvione in Versilia e Garfagnana del 19 giugno 1996*, inserto redazionale "Siac Notizie", 10 nn. 3-4, pp. 1-8.
- BRAUN-BLANQUET J. (1964) - *Pflanzensoziologie*, Berlin.
- SEQUI P. (1996) - *La corretta pratica della difesa del suolo*, "21^{mo} secolo - Scienza e tecnologia", 7 n. 3, pp. 8-11.
- VARNES D.J. (1958) - *Landslides types and processes*, H.R.B. Spec. Rep., Washington, pp. 20-47.