

INCENDI E DISSESTO IDROGEOLOGICO

Le stime del Corpo Forestale dello Stato e quelle dell'ISTAT riportano, come danno economico conseguente agli incendi boschivi, la valutazione degli alberi e del legname distrutti. Invece tale danno risulta irrisorio rispetto a quello, ben maggiore anche se di difficile quantificazione, prodotto sull'ambiente naturale, in particolare su quello geologico. Infatti solo alcuni impatti, tra quelli conseguenti agli incendi, risultano immediatamente eviden-

ti, come la perdita del manto boschivo; numerosi altri avranno luogo nel medio e lungo periodo e tra questi vanno classificati gli impatti di tipo idrogeologico. Gli impatti, tutti negativi, risultano infatti i seguenti:

- *alterazione delle caratteristiche chimico-fisiche del suolo;*
- *erosione accelerata dei suoli;*
- *diminuzione della capacità di infiltrazione;*
- *aumento del coefficiente di scorrimento e del rischio alluvione;*
- *aumento del rischio frane.*

I primi due sono impatti di tipo geopedologico, che

*Una grave
e spesso sottovalutata
conseguenza
degli incendi*



avvengono nel breve periodo; gli altri tre riguardano il dissesto idrogeologico, si estrinsecano nel medio e lungo periodo e, a parte la capacità di infiltrazione, non risultano facilmente valutabili in sede quantitativa e, forse anche per questo, non hanno finora attratto, come conseguenza degli incendi, l'attenzione se non sporadica di altri ricercatori. Tutti gli impatti elencati risultano legati tra loro tramite un processo consequenziale: con il termine "geologico" si intende comprenderli nel loro insieme.

Alterazione delle proprietà chimico-fisiche del suolo

Il calore sviluppato dagli incendi boschivi, con temperature che possono superare i 500°C, altera sensibilmente le proprietà di un suolo. La letteratura riporta valori di temperature misurati sul campo, a livello del suolo, molto variabili, anche in funzione della diversa

vegetazione bruciata: i dati vanno da 170°C per incendi di stoppie fino ai 850°C per incendi di foreste (Masson 1949, De Bano *et al.* 1979, Rasmussen *et al.* 1986). Inoltre da tempo sono note le ricerche di De Bano *et al.* 1976, nella California meridionale, sulla formazione di uno strato idrorepellente subsuperficiale durante incendi con temperature medie oltre i 400°C; tale strato risulta costituito da sostanza organica migrata verso il basso dopo un processo di pirolisi. Giovannini *et al.* (1988), in una ricerca effettuata nella Foresta demaniale di Villasalto (Cagliari), hanno evidenziato come l'incendio provochi la formazione di un analogo strato idrorepellente subsuperficiale, capace di favorire l'imbibizione e l'erosione di quello soprastante. Le analisi termodifferenziali, condotte su campioni di suolo, hanno mostrato due caratteristiche reazioni termiche:

- una reazione esotermica tra 220° e 460°C dovuta alla combustione della sostanza organica;
- un reazione endotermica tra 550° e 700°C dovuta alla perdita degli ossidrilici da parte delle argille.

Anche le caratteristiche fisiche vengono stravolte: il suolo non è più plastico, la porosità risulta fortemente diminuita, i singoli granuli diventano duri e non più collegati tra loro, perdono la loro coesione, con aumento della disponibilità ad essere erosi.

Quanto al chimismo, da un punto di vista generale, è pur vero che incendio e ceneri incrementano la disponibilità di elementi minerali semplici ed assimilabili, come fosforo, potassio, calcio e magnesio. In realtà l'incendio trasforma i sistemi organici complessi della vegetazione in sistemi inorganici più facilmente solubili e quindi più facilmente assimilabili da parte del terreno, per alcuni versi rendendo più fertile nell'immediato il suolo. Ma, a parte il gravissimo impoverimento delle biocenosi (Martini, 1992), occorre anche considerare che tali elementi verranno con molta probabilità dilavati ed asportati dalle intense piogge autunnali tipiche di molte regioni italiane, soprattutto nelle aree a media-elevata pendenza dei versanti. Quindi l'incendio, visto nel complesso delle sue interazioni, rappresenta comunque un danno per i terreni percorsi.

Erosione accelerata dei suoli

Il manto boschivo esercita una forte azione conservativa sul suolo. La scomparsa, o la drastica riduzione di tale copertura a seguito di un incendio, rendono il suolo estremamente vulnerabile all'erosione. Le gocce di pioggia esercitano la massima azione di impatto (*splash erosion*); il suolo viene frantumato e separato in particelle; la fragile e preziosa componente humifera fluidificata ed asportata; i pori del terreno occlusi. L'entità

dell'erosione dipende molto dal grado di acclività del versante: in terreni a debole pendenza si avrà soprattutto erosione laminare (*sheet erosion*), in terreni a media e forte pendenza si instaurerà una erosione in rivoli (*rill erosion*) ed incanalata (*gully erosion*). Poiché il 70% dei territori italiani risultano collinari e montani, ed in particolare i boschi insistono su tali tipi di territorio, appare evidente l'ulteriore gravità del fenomeno sotto il profilo geomorfologico.

Purtroppo in Italia, nel quadro europeo, mancano adeguate ricerche quantitative circa l'entità della erosione dei suoli percorsi da incendi. Soltanto Giovannini & Lucchesi (1992) riportano i seguenti dati sperimentali (Tab. 1), relativi ad alcune parcelle di m 4x17 con pendenza del terreno del 27%.

Interessanti risultati, in tempi recenti, sono stati ottenuti in Spagna (Brown 1990, Lopez Bermudez *et al.* 1991), in Israele (Lavee *et al.* 1991) ed in Portogallo (Shakesby *et al.* 1993). Quest'ultimo gruppo di ricerca ha evidenziato, nel Bacino di Agueda, nel Portogallo settentrionale, caratterizzato da una piovosità media di 1700 mm/anno, la notevole differenza di erosione nei suoli a seconda che si tratti di zone incendiate "giovani" (incendio avvenuto da 0-2 anni), zone "vecchie" (3-4 anni) e zone "mature" (non bruciate). L'erosione del suolo è stata determinata mediante due diversi parametri, il suolo rimosso (*splash detachment*) e la perdita totale di suolo (*soil loss*).

Il suolo rimosso è stato misurato in termini di quantità di sedimento per unità di area per unità di pioggia (mg/m²/mm); l'erosione è risultata minima per le zone

EROSIONE DEL SUOLO (tab.1)
(g/m²/anno)

	(g/m ² /anno)
A - Parcella ricoperta da vegetazione originaria	3
B - Parcella percorsa da fuoco leggero	14
C - Parcella percorsa da fuoco forte	148
D - Parcella con vegetazione tagliata	9

Come si nota, nella parcella D l'erosione è minima malgrado il taglio della vegetazione; un'erosione quindici volte maggiore si verifica laddove passa un fuoco forte a causa della formazione dello strato idrorepellente e della fragilità assunta dal suolo dopo l'incendio.

“mature” (9-29), medio-bassa nelle zone bruciate da 3 o 4 anni (96-119), fortissima nelle zone appena percorse da incendi (1248-1717).

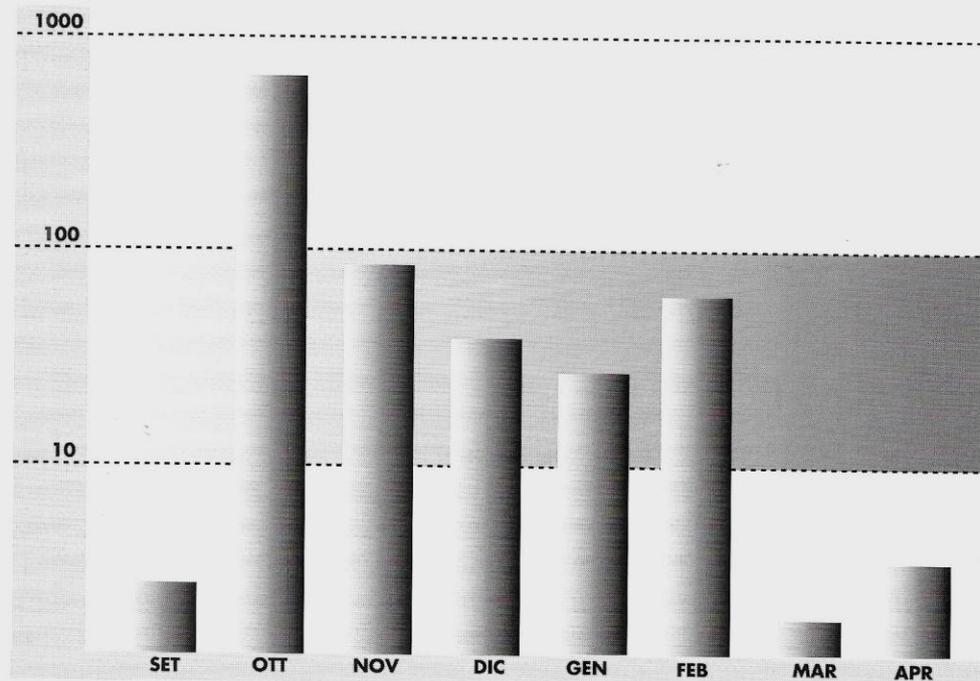
La perdita totale di suolo, misurata in $g/m^2/anno$, ha dato valori relativamente analoghi, con quantità minime per le aree non percorse da incendi e con valori notevoli (163), analoghi a quelli ottenuti in Italia, per le aree da poco incendiate. Sotto il profilo stagionale, i risultati ottenuti in paesi climaticamente più vicini all'Italia da Brown, Lopez Bermudez *et al.* e da Lavee *et al.* (op. cit.) confermano, in misura minore, i dati del più piovoso Portogallo: l'erosione di suolo più consistente avviene nei mesi subito seguenti l'incendio estivo, in coincidenza con temporali forti. Una media delle misure mensili effettuate, riportata in Fig. 1, dimostra lo stato di estrema vulnerabilità in cui si vengono a trovare i suoli di aree collinari e montane subito dopo un incendio boschivo di tipo “forte”.

La situazione dei suoli italiani appare inoltre più grave che in altri paesi europei. Occorre infatti considerare la composizione geolitologica, il clima e lo spessore dei suoli tipici delle nostre regioni. In quelle maggiormente interessate dal fenomeno in esame affiorano soprattutto rocce dure e compatte, come i graniti in Sardegna e Calabria od i calcari in Abruzzo e Liguria.

Il clima, in generale, appare caratterizzato da apporti consistenti in esigue unità di tempo. Tali situazioni litologiche e climatiche consentono una pedogenesi lentissima e, quindi, la formazione di suoli sottili e fragili: la loro erosione rappresenta, più che altrove, la gravissima perdita di una risorsa difficilmente ricostituibile.



Figura 1
Media di misurazioni mensili di erosione del suolo effettuate in Europa in parcelle boschive percorse da incendio.



Con il ripetersi periodico di incendi e di conseguenti cicli erosivi, affiorano man mano le rocce del substrato e si formano versanti e paesaggi di vere e proprie pietraie. In molti casi si attua un vero e proprio processo di desertificazione del territorio (Massoli-Novelli, 1986).

Diminuzione della capacità di infiltrazione

La capacità di infiltrazione risulta favorita dalla presenza di vegetazione: l'acqua si infila lungo gli apparati radicali e penetra meglio quando gocciola lentamente sul suolo in seguito all'azione di intercettazione della pioggia attuata dagli apparati foliari. L'infiltrazione è anche favorita dal lento scorrimento superficiale, causato dagli ostacoli frapposti dalla vegetazione: la base dei tronchi, rami spezzati, foglie cadute, ecc. Al contrario la perdita di vegetazione per incendio non solo diminuisce la capacità di infiltrazione per quanto ora descritto, ma anche per la presenza del già citato strato idrorepellente subsuperficiale, che favorisce lo scorrimento superficiale e l'erosione.

Leopold (1978) riporta dati sperimentali: in particelle di terreno con copertura vegetale del 40% la capacità di infiltrazione è risultata mediamente di 50 mm/ora mentre, in particelle spoglie, è di 7 mm/ora.

Ancora più preoccupanti i dati recenti ed accurati di Shakesby *et al.* (1993) per boschi incendiati del Portogallo: i valori della capacità di infiltrazione (mm/ora) sono risultati mediamente di 280 per boschi

non incendiati, di 70 per boschi incendiati da 3-4 anni, di 39 per boschi incendiati da 0-2 anni, con un minimo di 3 per un'area incendiata da due mesi.

La principale conseguenza della diminuzione della infiltrazione, a parte il connesso aumento del coefficiente di scorrimento che verrà poi discusso, risulta la progressiva diminuzione di afflussi alle falde sotterranee e la successiva riduzione della portata delle sorgenti ubicate in tali territori. Conferma viene dal ponderoso studio realizzato dalla Cassa per il Mezzogiorno 1979-1980 in Sardegna, tramite l'istituto di Mineralogia e Geologia dell'Università di Sassari, elaborando i dati di portata di gran parte delle sorgenti dell'isola: appare evidente, a parità di precipitazioni, la diminuzione di portata di gran parte delle sorgenti dei territori interni, da molti decenni soggetti al diffusissimo fenomeno degli incendi estivi di origine pastorale (Massoli-Novelli, 1986).

Aumento del coefficiente di scorrimento e del rischio alluvione

Conseguenza di quanto esposto per la diminuzione della infiltrazione delle acque meteoriche è l'aumento, in zone percorse da incendi boschivi, della percentuale di acque che scorrono superficialmente verso valle. La perdita del manto vegetale produce una diminuzione dei tempi di corrivazione, intesi come i tempi necessari alle acque meteoriche cadute nel bacino imbrifero per raggiungere una data sezione a valle partendo dai punti



più lontani nell'ambito del bacino stesso (Ciabatti, 1982). La maggiore velocità delle acque innalza il loro potere erosivo, aumenta di conseguenza il trasporto solido e può esercitare una più energica azione di scalzamento di versanti a precaria stabilità, con possibilità di insorgenza di fenomeni franosi.

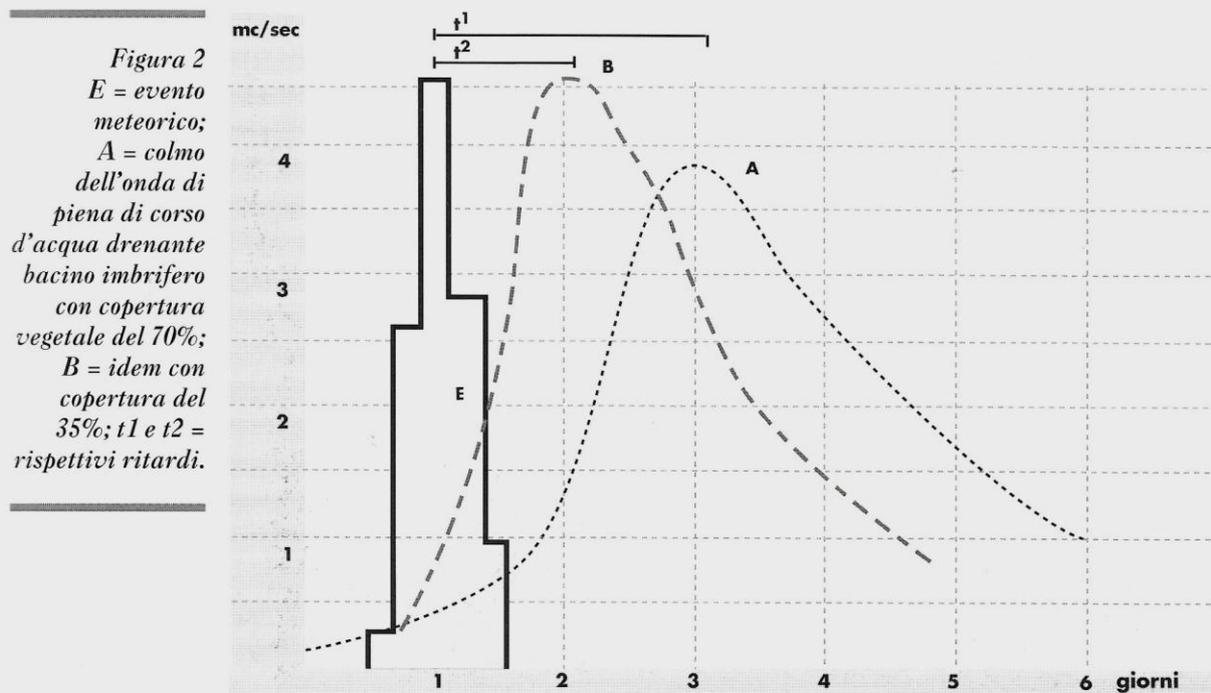
A parte il problema frane, poi discusso, il rischio geologico maggiore che consegue alla perdita del manto boschivo ed all'improvviso aumento, spesso notevole quando in presenza di versanti acclivi, del coefficiente di scorrimento superficiale, risulta il rischio alluvione. Anche in questo caso in Italia mancano adeguati dati sperimentali. Appare tuttavia lecito affermare che, in bacini imbriferi soggetti a periodici incendi, il regime dei corsi d'acqua risulta progressivamente modificato. Si instaura un aumento della torrenzialità, le piene diventano più impetuose e quindi caratterizzate da un maggiore potere erosivo, le acque di pioggia, in occasione di episodi meteorici di particolare intensità, non più regimentate dalla vegetazione, piombano nelle aste terminali dei corsi d'acqua tutti insieme e si genera così il rischio esondazione ed alluvione.

Evidentemente, e purtroppo, il rischio alluvione aumenta ulteriormente in presenza di aste terminali dei nostri fiumi così disastrose sotto il profilo urbanistico e della gestione del territorio. Tali concetti vengono espressi con le due curve di Figura 2, ove si nota che il colmo dell'onda di piena, in bacini imbriferi degradati da incendi frequenti, risulta più elevato e soprattutto anticipato rispetto agli analoghi dati di un bacino imbrifero non soggetto ad incendi frequenti.

Aumento del rischio frane

Tra i diversi fattori che predispongono e che determinano i fenomeni franosi (tipo di roccia, grado di acclività, caratteri geostrutturali, idrogeologia, clima, interventi antropici) viene posta in evidenza anche la scomparsa della vegetazione (Vallario, 1992). Infatti è dimostrato che un consistente manto boschivo costituisce un ostacolo notevole all'azione disagregatrice degli agenti atmosferici, mediante la copertura foliare e con l'azione di tenuta degli apparati radicali. La presenza di un bosco è indice di buona salute per quel territorio anche sotto il profilo della stabilità dei versanti.

Inoltre molte frane avvengono per alterazione degli equilibri idrici a livello subsuperficiale oppure all'interno del versante. Nell'ambito delle classificazioni delle frane comunemente adottate, alterazioni degli equilibri idrici risultano tra le cause determinanti di numerosi tipi di franamenti: innanzitutto gli scivolamenti o scorrimenti (*slides*) ma soprattutto i colamenti (*flow*). Poiché gli incendi boschivi, come espresso in precedenza, spezzano l'equilibrio naturale "vegetazione-suolo-sottosuolo", soprattutto sotto il profilo della circolazione idrica e della infiltrazione verso le falde sottostanti, appare evidente il contributo degli incendi diffusi e ripetuti al grave fenomeno della instabilità dei versanti, in particolare quando questi siano già morfologicamente e geologicamente predisposti. Gli esempi sono numerosi anche se raramente analizzati. In provincia di Roma, nel territorio di Bellegra, su terreni marnoso-arenacei miocenici, è stata documentata la consequenzialità tra ripe-



tuti incendi boschivi e l'instaurarsi, nell'inverno 1986, di una grossa frana di scivolamento sullo stesso versante; la frana è risultata lunga 600 m ed ha interessato una superficie di 40 ha (E. Di Loreto, comunic. person.). Analogamente in Sardegna, al confine delle province di Oristano e Nuoro, in territorio di Asuni, agli inizi degli anni '80, l'incendio di un bosco secolare di lecci su un versante costituito da scisti paleozoici e caratterizzato da notevole acclività portò, dopo tre anni, all'instaurarsi di una serie di piccole ma diffuse frane di scivolamento (R. Massoli-Novelli, ined.). Ancora nel Lazio, sul versante dei M.ti Lepini che scende sulla Pianura Pontina, in prossimità dell'abitato di Norma, in un ambiente geologico dato da lenti di detrito su substrato carbonatico, quattro distinte frane tipo "debris flow" si sono verificate, nell'ottobre 1993, proprio in corrispondenza di versanti percorsi da intensi incendi durante l'estate precedente; i movimenti detritici si sono attivati ad una quota media di 350 m s.l.m., ed una delle frane è arrivata fino alle acque del prezioso laghetto di Ninfa (S. Serangeli, comunic. person.). Altra frana tipo "debris flow" viene segnalata da A. Vallario in territorio di Nocera Inferiore (Salerno), sempre in conseguenza di incendi forti su versanti a notevole acclività.

Episodi di questo tipo risultano molto diffusi ma sono poco identificati e raramente segnalati. Questo perché si tratta di impatti negativi a medio-lungo termine rispetto all'evento dell'incendio e la loro consequenzialità; assieme ad altre cause predisponenti, non è facile da valutare.

Conclusioni

Il nostro Paese soffre purtroppo di molti e gravi rischi di tipo geologico: terremoti, attività vulcanica, erosione dei suoli, frane, alluvioni.

I primi due risultano rischi geologici veramente "naturali"; al contrario erosione dei suoli, frane ed alluvioni risultano fenomeni naturali ove è notevole l'esaltazione del rischio ad opera di attività antropiche irrazionalmente attuate, per incuria, per interesse, per errati o mancati interventi nell'ambito della "casa comune" di tali tre fenomeni: il bacino imbrifero.

La recente, tanto lungamente attesa, legge sulla "Difesa del Suolo", n. 183 del 18.5.1989, che doveva portare a gestioni del territorio coordinate ed efficaci, stenta a decollare. Al contrario gli incendi boschivi continuano ad aumentare, e nella estate 1993, sono stati raggiunti apici storici; le perdite maggiori di boschi hanno colpito regioni, come la Sardegna, la Calabria, l'Abruzzo, che ne possiedono meno di altre, con probabili, future, gravi ripercussioni, sul già precario equilibrio dei nostri bacini imbriferi.

BIBLIOGRAFIA

CASSA PER IL MEZZOGIORNO, 1979-1980: *Risorse idriche sotterranee in Sardegna*. Istit. Mineral. e Geol. Univ. Sassari.

CIABATTI M., 1982: *Elementi di idrologia superficiale*. Coop. Libreria Univ., Bologna.

DE BANO L.F., SAVAGE S.M., HAMILTON D.A., 1976: *The translocation of heat and hydrophobic substances during burning*. Soil Sc. Soc. Am. Journ., 40.

DE BANO L.F., RICE M.R., CONRAD C.E., 1979: *Soil heating in chaparral fires: effects on soil properties, plant nutrients, erosion and runoff*. Res. Paper PSW 145. USDA, Forest Serv., Berkeley.

GIOVANNINI G., LUCCHESI S., GIACHETTI M., 1988: *Effects of heating on some physical and chemical parameters related to soil aggregation and erodibility*. Soil Science, 146.

GIOVANNINI G., LUCCHESI S., 1992: *La sequenza incendio - degradazione - erosione del suolo*. Sviluppo, 3, Cassa di Risparmio di Calabria e Lucania.

LAVEE H., BENYAMINI Y., KUTIEL P., SEGEV M., 1991: *Infiltration, runoff and erosion processes as influenced by forest fires in the Carmel Mountains, Israel*. European Soc. for Soil Conservation: Conference on Soil Erosion and Degradation, Barcelona and Valencia.

LEONE V., 1994: *Incendi boschivi: emergenza o disastro annunciato?* Cellulosa e Carta, 1, Roma.

LEOPOLD L.B., 1978: *L'acqua*. Zanichelli Ed., Bologna.

LOPEZ BERMUDEZ F., ROMERO-DIAZ A., MARTINEZ-FERNANDEZ J., 1991: *Soil erosion in a semi-arid Mediterranean environment*. In: Soil erosion Studies in Spain. Geoforma Ediciones.

MARTINI E., 1992: *Boschi in fiamme: perché, come, che fare?* SAGEP Editrice, Genova.

MASSOLI-NOVELLI R., 1986: *Ecologia in Sardegna*. Edizioni della Torre, Cagliari.

MASSON H., 1948: *La temperature du sol au cours d'un feu de brousse au Senegal*. Agr. Trop. Nogent, 3, 194-212.

RASMUSSEN P.E., RICKAMIN R.W., DOUGLAS C.L., 1986: *Air and soil temperatures during spring burning of standing wheat stubble*. Agron. Journ. 78, 261-263.

SHAKESBY R.A., COELHO C.O.A., FERREIRA A.D., TERRY J.P., WALSH R.P.D., 1993: *Wildfire impacts on soil erosion and hydrology in wet Mediterranean forest, Portugal*. Wildland Fire, 2(3).

VALLARIO A., 1992: *Frane e Territorio*. Liguori Edit., Napoli.