

Geologia dell'Ambiente

Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale



Supplemento al n. 2/2012

ISSN 1591-5352

Poste Italiane S.p.A. - Spedizione in Abbonamento Postale - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n° 46) art. 1 comma 1 - DCB Roma

Atti del convegno nazionale
DISSESTO IDROGEOLOGICO
**Il pericolo geoidrologico
e la gestione del territorio in Italia**
Roma, 10 giugno 2011
a cura di Luciano Masciocco



COMITATO SCIENTIFICO

Roberto AJASSA
Giuseppe BASILE
Marcello BENEDINI
Giorgio CESARI
Domenico Antonio DE LUCA
Francesco FACCINI
Antonello FIORE
Mauro FORNARO
Giuseppe GISOTTI
Giancarlo GUADO
Fausto GUZZETTI
Ugo MAJONE
Luciano MASCIOCO
Franco ORTOLANI
Luigi PENNETTA
Maurizio POLEMIO
Sergio STORONI RIDOLFI
Massimo VELTRI
Andrea VITTURI

RESPONSABILE ORGANIZZATIVO

Luciano MASCIOCO

COMITATO ORGANIZZATORE

Marcello BENEDINI
Giorgio CESARI
Giuseppe GISOTTI
Fausto GUZZETTI
Luciano MASCIOCO
Maurizio POLEMIO

SEGRETERIA SCIENTIFICA

Lucia BAIMA
Caterina CAVIGLIA
Enrico DESTEFANIS
Vittoria DRAGONE

ENTI PATROCINATORI

Anno Internazionale del Pianeta Terra
Associazione Georisorse e Ambiente
Associazione Italiana di Geografia Fisica e Geomorfologia
Associazione Italiana di Geologia Applicata e Ambientale
Consiglio Nazionale dei Geologi
Coordinamento delle Associazioni Tecnico-scientifiche per l'Ambiente e il Paesaggio
Dipartimento di Scienze della Terra Università degli Studi di Torino
EuroGeoSurveys
Federazione Italiana Dottori in Agraria e Forestali
Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare
Ordine degli Agronomi della Provincia di Roma
Ordine degli Architetti della Provincia di Roma
Ordine dei Geologi del Lazio
Ordine dei Dottori Agronomi e dei Dottori Forestali di Roma
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
Società Geologica Italiana

CON IL SOSTEGNO DI
Geobrugg Italia S.r.l.
Gruppo Officine Maccaferri
Prati Armati® S.r.l.



Roma, 10 giugno 2011
Aula convegni del CNR - Piazzale Aldo Moro, 7

Convegno Nazionale

DISSESTO IDROGEOLOGICO Il pericolo geoidrologico e la gestione del territorio in Italia

Organizzato da

SIGEA (Società Italiana di Geologia Ambientale)
CNR-IRPI (Istituto di Ricerca sulla Protezione Idrogeologica)
All (Associazione Idrotecnica Italiana)

PRESENTAZIONE

Il Convegno è indirizzato in modo particolare ai tecnici e ai ricercatori (geologi, ingegneri, architetti, agronomi, forestali, ecc.) interessati alla problematica del dissesto idrogeologico, per fornire un quadro aggiornato sulla gestione del nostro territorio, in gran parte soggetto ai pericoli di frana e inondazione. A tal fine si prevede il coinvolgimento dei "decisori" (politici e amministratori pubblici), del personale tecnico delle istituzioni pubbliche competenti nonché delle imprese che operano in questo settore.

Il convegno si concentra inizialmente sui fenomeni franosi e alluvionali che continuano a colpire il nostro Paese, sull'occupazione da parte dell'uomo delle zone pericolose, sugli interventi strutturali per ridurre la vulnerabilità dei beni esposti (e di conseguenza il rischio idrogeologico) e sulla gestione dell'emergenza. Particolare attenzione sarà rivolta agli interventi non strutturali utili alla prevenzione del rischio idrogeologico. Nella seconda parte del convegno si intende focalizzare la discussione su alcuni argomenti specifici. Da un lato, si vuole valutare l'opportunità che anche in Italia, come in altri Paesi, si adottino forme di assicurazione sui beni esposti al rischio idrogeologico, con possibili ripercussioni positive sia sulla spesa pubblica in materia di difesa del suolo sia sulla responsabilizzazione della popolazione. D'altro canto si vogliono individuare, alla luce dell'entrata in vigore del d.lgs. 152/2006 e s.m.i. e del Decreto Legislativo n. 49/2010, attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni, le competenze pubbliche in materia di difesa del suolo e possibilmente invitare le istituzioni pubbliche a illustrare le attività, i programmi e le problematiche riguardanti la corretta gestione del territorio, nonché esempi di buone pratiche.

Altro argomento è quello della rilevanza dei fondi destinati agli interventi in materia di difesa del suolo, anche in considerazione degli Accordi di Programma tra il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e le Regioni. Si vuole infine ricordare che il corretto uso del territorio non dipende solo dall'esistenza di buone leggi, ma soprattutto sulla loro corretta applicazione da parte delle Amministrazioni Locali, dei tecnici abilitati e dei cittadini: senza la collaborazione virtuosa tra tali soggetti, sarà difficile ridurre il rischio idrogeologico nel nostro Paese.

Comitato scientifico

Mario Bentivenga, Aldino Bondesan,
Giancarlo Bortolami, Aldo Brondi,
Felice Di Gregorio, Giuseppe Gisotti,
Giancarlo Guado, Gioacchino Lena,
Giacomo Prosser, Giuseppe Spilotro

Consiglio Direttivo nazionale 2010-2013

Davide Baioni, Domenico Bartolucci,
Federico Boccalaro, Giancarlo Bortolami,
Paolo Cortopassi, Antonio Fiore (*Tesoriere*),
Fabio Garbin (*Segretario*), Francesco Geremia,
Giuseppe Gisotti (*Presidente*), Maria Grotta,
Gioacchino Lena (*Vice Presidente*),
Massimo Massellani, Vincent Ottaviani,
Andrea Vitturi, Francesco Zarlunga

Comitato di redazione

Federico Boccalaro, Giorgio Cardinali,
Giovanni Conte, Gioacchino Lena,
Paola Mauri, Maurizio Scardella

Direttore responsabile

Giuseppe Gisotti

Procedura per l'accettazione degli articoli

I lavori sottomessi alla rivista dell'Associazione,
dopo che sia stata verificata la loro pertinenza con
i temi di interesse della Rivista, saranno sottoposti
ad un giudizio di uno o più Referees.

Redazione

SIGEA: tel./fax 06 5943344
Casella Postale 2449 U.P. Roma 158
info@sigeaweb.it
www.sigeaweb.it

Progetto grafico e impaginazione

Fraserighe
tel. 0774 554497 - fax 0774 2431193
info@fraserighe.it
www.fraserighe.it

Pubblicità

SIGEA

Stampa

Realizzato per print on demand

Abbonamento annuale: Euro 30,00

Sommario

Premessa	5
LUCIANO MASCIOTTO	
Saluto agli intervenuti	6
GIUSEPPE GISOTTI	
Il rischio idrogeologico in Italia e il ruolo della ricerca scientifica	7
FAUSTO GUZZETTI, MAURIZIO POLEMIO	
Saluto dell'Associazione Idrotecnica Italiana	9
MARCELLO BENEDINI	
PRIMA SESSIONE	
LO STATO DELLE COMPETENZE IN MATERIA DI DIFESA DEL SUOLO ALLA	
LUCE DELL'ATTUALE NORMATIVA: ATTIVITÀ, PROGETTI, PROBLEMATICHE	
Urbanistica e rischio idrogeologico	13
PAOLO BERDINI	
Dal Piano di assetto idrogeologico al Piano di gestione del rischio di	
alluvioni ai sensi della direttiva 2007/60/CE	15
CARLO FERRANTI, VALENTINA VITALE	
SECONDA SESSIONE	
LE CAUSE DEL DISSESTO IDROGEOLOGICO IN ITALIA - CASI DI STUDIO	
The December 2009 and October 2010 Meteorological Events	
in Northern Tuscany (Italy)	24
GIACOMO D'AMATO AVANZI, YURI GALANTI, ROBERTO GIANNACCHINI	
L'evento alluvionale del 22 ottobre 2008 nel comune di Capoterra	
(Sardegna Meridionale)	28
MARIA RITA LAI, ANTONIO SAU	
Relazioni tra maree eccezionali, "Acqua Alta" ad Ischia Porto e recenti	
dissesti delle fasce costiere	37
VALERIO BUONOMO, FRANCO ORTOLANI, SILVANA PAGLIUCA	
Sprofondamenti connessi a cavità di origine antropica in Puglia	41
ANTONELLO FIORE, MARIO PARISE	
L'influenza della piovosità e dell'antropizzazione sulla serie storica	
delle piene catastrofiche (Calabria sud-occidentale)	46
OLGA PETRUCCI, ANGELA AURORA PASQUA, MAURIZIO POLEMIO	
La pericolosità geomorfologica dei bacini di Briga e Giampilieri	
(Messina) in seguito all'evento del 1 Ottobre 2009	50
PUGLISI C., CAMPOLO, FALCONI L., LEONI G., LUMACA S.	
La frana di Sapri (23 novembre 2010) lungo la SS 18 Tirrenica inferiore:	
esempio di fenomeno eccezionale lungo versanti carbonatici	54
ROMEO MARIANO TOCCACELI	

In copertina: Soil slip presso Dogliani – alluvione Piemonte 1994. Foto di L. Masciocco.

Il dissesto idrogeologico in Calabria: dati disponibili e loro possibili applicazioni 59

OLGA PETRUCCI, ANGELA AURORA PASQUA

TERZA SESSIONE

MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO - INTERVENTI STRUTTURALI

La grande frana di San Fratello (ME) del 14 febbraio 2010 67

BASILE GIUSEPPE, CAFISO FABIO, LO MONACO PIETRO, PANEBIANCO MARINELLA

Consolidamento idrogeologico e ripristino della viabilità interrotta ad Aliano (MT) 73

NEDO BIANCANI

La regimazione delle acque superficiali: il caso di Lavacchio (MS) 76

PAOLO CORTOPASSI

Un esempio di gestione dei rischi idrogeologici lungo l'asta terminale del fiume Fortore attraverso interventi di tipo strutturale e non strutturale 81

FEDELE CUCULO, ALBERTO DI LUDOVICO, ANTONIO DI LUZIO, ANNUNZIATA DI NIRO, ORLANDO EMANUELE, PIETRO FARACE, SERGIO GASPARRELLI, MARIA PINA IZZO

Un Rilevato Paramassi nella frazione Cretaz a Cogne (AO). Una terra rinforzata con il sistema Terramesh verde di Officine Maccaferri 86

GIANLUCA UGUCCIONI

Barriere flessibili per frane superficiali, test in vera grandezza, modellazione ed esperienze in Italia 91

JUAN PABLO ESCALLON, CORINNA WENDELER, LOUIS BUIGNON, GUIDO GUASTI, ALBERTO CAPRINALI

Mitigazione e prevenzione del rischio idrogeologico 89

CATELLO MASULLO, ANDREA MASULLO

La protezione superficiale dei suoli come prevenzione dall'erosione e contributo alla manutenzione di frane stabilizzate 103

CLAUDIO ZAROTTI, TIZIANA VERRASCINA

QUARTA SESSIONE

PREVENZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO - PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

Rischio idraulico e pianificazione in provincia di Venezia 111

ANDREA VITTURI, VALENTINA BASSAN, CHIARA FASTELLI

Delimitazione delle aree a rischio da colate detritiche in Friuli Venezia Giulia 115

CHIARA CALLIGARIS, LUCA ZINI, FABRIZIO KRANITZ, PAOLO MANCA

Monitoraggio e modellistica dell'innescio di frane superficiali su versanti vegetati in Toscana 119

FEDERICO PRETI, ANDREA DANI

Stato dell'arte della dendrocronologia applicata ai movimenti di versante 124

ROSANNA FANTUCCI

Proposta di una metodologia di analisi del rischio territoriale 128

EMANUELE LORET, FRANCO MEDICI, CARLO TESTANA

Shallow landslides susceptibility assessment: application and comparison of physically based models in an area of Oltrepo Pavese	132
CLAUDIA MEISINA, DAVIDE ZIZIOLI	
Dal dissesto idrogeologico al <i>disastro antropologico</i>	138
ORAZIO PATTI	
Modellizzazione della suscettibilità all'erosione e al dissesto idrogeologico nel Rio San Girolamo di Capoterra (Sardegna SW)	143
FRONGIA P., PIRAS G., SCIONIS N.	
SESSIONE POSTER	
Fragilità territoriale e rischio da frana: l'esempio della frana di contrada Vivara (Trivento, Molise)	149
AUCELLI P. P. C., BARANELLO S., BRACONE V., DI LALLO G., DI LISIO A., DI PAOLA G., D'UVA L., ROSSKOPF C. M., SCAPILLATI N.	
Piogge intense e dissesto idrogeologico in piemonte	156
LUCIA BAIMA, SECONDO BARBERO, MANUELA BASSI, C. CAVIGLIA, E. DESTEFANIS, LUCIANO MASCIOTTO	
Studio della frana di contrada Barba a Sant'Angelo di Brolo (Messina)	160
BASILE GIUSEPPE, CAPPOTTO FILIPPO	
L'emergenza Nebrodi 2010 in Sicilia	164
GIUSEPPE BASILE, MICHELE ORIFICI, MARINELLA PANEBIANCO	
Modello sperimentale di allerta e relative procedure operative per le aree della provincia di Messina vulnerate dall'evento del 1° ottobre 2009	168
GIUSEPPE BASILE, MARINELLA PANEBIANCO	
Ingegneria naturalistica per la difesa del suolo e la protezione ambientale	172
FEDERICO BOCCALARO	
Gli effetti sull'ambiente naturale del sisma del 6 aprile 2009	178
GIANCARLO BOSCAINO, GIORGIO PIPPONZI	
Importanza della gestione e manutenzione delle opere di difesa da caduta massi	183
OSVALDO CARGNEL	
L'effetto degli incendi sulla stabilità dei versanti	189
ANDREA CHINES	
La Frana di Castagnola (Comune di Framura, Provincia della Spezia)	193
MARCO DEL SOLDATO	
Indici di instabilità atmosferica e distribuzione degli eventi pluviometrici estremi in Italia	197
SALVATORE GABRIELE, FRANCESCO CHIARAVALLI, ANTONELLO MUTO, GIUSEPPE MUSSO	
Cause dell'evento alluvionale del 19 ottobre 2010 nel bacino del Torrente della Grazia (Tropea, Calabria)	201
FABIO LETTO	
I dissesti di Fiumefreddo Bruzio (Calabria)	206
GIOACCHINO LENA, GIUSEPPINA LEPERA, GAETANO OSSO	

Determinazione su base geomorfologica della suscettibilità alla <i>gully erosion</i> mediante GIS ed analisi statistica bivariata PAOLO MAGLIULO, RENATO DI PALMA	214
Predire la morfologia fluviale nella riqualificazione fluviale La metodologia VALURI ANDREA NARDINI, SARA PAVAN	219
Analisi di dati SAR satellitari e GPS come approccio preliminare alla gestione del rischio idrogeologico FABIO NICOTERA, GIOVANNI MARCO BOSETTI	223
Impatto dei recenti tsunami oceanici in relazione alla morfologia della zona costiera FRANCO ORTOLANI, SILVANA PAGLIUCA	228
L'evento idrogeologico del 1° marzo 2011 di Mili San Pietro (Messina Sud) lancia l'allarme alvei-strada FRANCO ORTOLANI, PEPPE CARIDI, SILVANA PAGLIUCA	235
Il dissesto idrogeologico in ambiente carsico MARIO PARISE	242
Indagine geofisica su movimento franoso lungo una strada comunale GABRIELE PALUMMO, MONICA RONTINI	247
Differenti scenari di pericolosità da frana: guida all'analisi territoriale ed alla restituzione dei dati PENNETTA MICLA, BAISTROCCHI FEDERICO, ELIO LO RUSSO, LEONARDO PAGE	254
Stima dell'erosione dei suoli nel territorio della regione Abruzzo PICCINI CHIARA, MARCHETTI ALESSANDRO, SANTUCCI SERGIO, CHIUCHIARELLI IGINO, FRANCAVIGLIA ROSA	257
Variabilità climatica e ricorrenza delle calamità idrogeologiche in Puglia POLEMIO MAURIZIO, LONIGRO TERESA	262
Analisi della tipologia di trasporto nei sistemi bacino-conoide della Campania VITTORIA SCORPIO, DAUNIS-I-ESTADELLA P., V. DI DONATO, J.A. MARTÍN-FERNANDEZ, P. ROMANO, N. SANTANGELO	267
Modificazioni geoambientali (naturali e antropogeniche) e rischio costiero nella Baia di Sapri (Cilento) FRANCESCO CORTESE, ROMEO MARIANO TOCCACELI	271
L'utilizzo di invasi per la mitigazione del rischio idrogeologico TOJA M., DI MARTINO L., RICCA G., MASCIOTTO L., COLASUONNO A.	276
La dimensione territoriale del riassetto idrogeologico ALESSANDRA VALENTINELLI, MARCO ZUMAGLINI	281
Un grande movimento franoso in alto Molise: la frana di "Colle Lapponi - Piano Ovetta" nel comune di Agnone (IS) MAURO SALZANO	286

Stato dell'arte della dendrocronologia applicata ai movimenti di versante

ROSANNA FANTUCCI
Geologi Associati Fantucci e Stocchi
e-mail: fantuccir@libero.it

La dendrocronologia è la scienza che si occupa dell'analisi degli anelli annuali di accrescimento delle piante e viene applicata in numerosi settori: archeologico, forestale, climatologico, ecologico e geologico. I principi su cui si basa sono i seguenti: a) possono essere esaminate solo le piante che producono ogni anno un anello distinto, dove è presente una stagione di accrescimento vegetativo ed una stagione di riposo (in genere invernale); b) principio dell'uniformitarismo (i processi naturali che hanno operato nel passato sono gli stessi del presente); c) alberi della stessa specie e nella medesima area geografica producono nello stesso intervallo di tempo serie anulari simili in funzione delle condizioni climatiche locali; d) principio del cross – dating: è possibile confrontare le sequenze anulari di alberi vissuti nella stessa area geografica e nello stesso intervallo di tempo. In base a questo principio si sono potute ricostruire cronologie molto lunghe (diverse migliaia di anni) in più parti del mondo. Alestalo (1971) fu il primo ad utilizzare la metodologia dendrocronologica per lo studio di diversi processi geomorfologici quali i movimenti di versante, i processi vulcanici, littorali, fluviali, glaciali, periglaciali ed eolici, chiamando questo tipo di ricerche "dendrogeomorfologiche". I principi dell'analisi dendrogeomorfologica e le sue principali applicazioni nei movimenti di versante sono stati riassunti più volte a partire dagli anni '80: Shroder (1980), Heikkinen (1994) and Stoffel et al. (2010). Un "evento geomorfologico", quale un dissesto franoso, può avere diversi effetti sulla vegetazione riportati nella Tab.1 (da Fantucci, 1997) e di seguito descritti: **1) Inclinazione del tronco:** le piante mostrano spesso tronchi incli-

MOVIMENTI DI VERSANTE	DISTURBI	REAZIONI
	<u>Inclinazione della pianta</u>	Curvatura del tronco Produzione di legno di reazione Anomalie di crescita (riduzioni, aumenti, eccentricità)
	<u>Abrasiono del cambio</u>	Sviluppo di cicatrice
	<u>Seppellimento del tronco</u>	Anomalie di crescita (riduzioni) Crescita di radici avventizie
	<u>Denudamento delle radici</u>	Anomalie di crescita (riduzioni)
	<u>Rotture nel tronco</u> <u>Rotture nelle radici</u>	Anomalie di crescita (riduzioni) Sviluppo di cicatrici Produzione di nuovi rami o radici
	<u>Denudamento di un'area</u>	Successione (ricolonizzazione)

(adattata da Shroder 1978,1980)

Tabella 1 – Elenco disturbi e reazioni sulla vegetazione indotti dai movimenti di versante (Fantucci, 1997)

nati, in modo differente a seconda della localizzazione all'interno del corpo di frana o nelle aree limitrofe. La pianta inclinata tende a recuperare la sua crescita apicale, se non viene ulteriormente disturbata, mostrando una tipica forma ad "S". Nel caso di molteplici movimenti, la pianta può presentare un tronco con inclinazioni complesse. L'inclinazione dell'albero induce una "reazione", con la produzione di un particolare "legno di compressione" sul lato a valle, di colore rossastro nelle conifere (gimnosperme) o "legno di tensione" di colore chiaro nelle latifoglie (angiosperme), sul lato a monte. Le piante inclinate mo-

strano quasi sempre improvvise riduzioni di accrescimento ed in alcuni casi eccentricità nel tronco (Fig.1). **2) Cicatrici per abrasione del cambio:** il cambio è la porzione della pianta, subito al di sotto della corteccia, dove vengono prodotte le cellule di accrescimento annuale; le cicatrici sono frequenti in frane tipo crolli e debris flow e gli alberi tendono a rimarginarle fino al completo ricoprimento con nuovo legno (Fig. 2 – Fantucci R, dati non pubblicati). **3) Il seppellimento parziale del tronco** è frequente nelle zone di accumulo dei corpi di frana; questo provoca riduzioni di accrescimento annuale e formazione di radici



Fig. 1 – Pianta con tronco eccentrico e legno di reazione (conifera)

Fig. 2 – Cicatrici da impatto (Fantucci R)

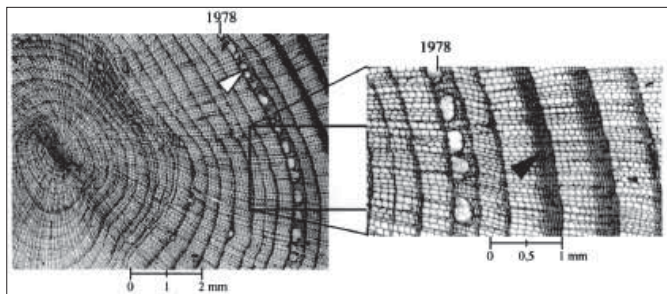


Fig. 3 – Seppellimento del tronco con radici avventizie (foto Schweingruber F)

Fig. 4 – Processo di denudamento e ricolonizzazione (ecesi) (Schweingruber F)

Fig. 5 – Variazione della struttura del legno sulle radici esposte all'aria a causa di processi erosivi (Gartner et al., 2001)

avventizie (radici secondarie provenienti dalla porzione sepolta del tronco); queste ultime possono essere datate fornendo un'età minima dei singoli episodi di "aggradazione" (Fig. 3). **4) Denudamento di un'area e ricolonizzazione:** i dissesti franosi provocano spesso il denudamento di una zona e l'accumulo di terreno a valle, che viene successivamente ricoperto dalla vegetazione; questo fenomeno è denominato anche "ecesi" e la dendrocronologia consente di stimare l'età minima di una frana mediante quella delle piante che l'hanno colonizzata, seppur con l'incertezza di qualche anno, necessario alla germinazione (Fig. 4 da Schweingruber F.). **5) Esposizione o danneggiamento degli apparati radicali:** l'esposizione parziale o totale all'aria ed il danneggiamento degli appa-

rati radicali indotti sia dai dissesti franosi o processi erosivi, provocano una rapida variazione della struttura del legno la quale diventa simile a quella di un tronco o ramo (Fig. 5 da Gartner et al., 2001), anche in questo caso l'evento è databile, con tecnologie più avanzate. **6) Eliminazione degli alberi limitrofi:** la morte di numerosi alberi a seguito di un dissesto franoso e la sopravvivenza di poche piante al margine del corpo di frana o sullo stesso deposito possono mostrare un improvviso aumento di crescita su queste ultime per la diminuita competizione e migliori condizioni locali (maggior luce, disponibilità di elementi nutritivi ed acqua). I campionamenti vengono effettuati normalmente con metodi "non distruttivi" prelevando dei campioni di legno denominati "carote", di diametro

di 0,5 cm, tramite il carotatore di Pressler (Fig. 6). Numerosi studi e test effettuati in sito hanno rilevato che la pianta è in grado di cicatrizzare il foro in uno o due anni, pertanto questo tipo di analisi può essere eseguito anche in zone di particolare pregio ambientale quali parchi naturali. I primi studi dedicati all'applicazione della dendrocronologia ai dissesti franosi risalgono agli anni '70 (Terasme, 1975; Orombelli e Gnaccolini, 1972 (primo esempio di studio dendrogeomorfologico in Italia); Shroder, 1978). Negli ultimi decenni l'attenzione degli studiosi è focalizzata prevalentemente su alcuni tipi di frane, quali le **colate di detrito (debris flow)**, particolarmente pericolose e diffuse in tutto il mondo: Clague and Souther 1982; Hupp, 1984; Van Asch and Van Steijn, 1991; Strunk, 1992; Baumann F. and Kaiser K.F. 1999; Santilli and Pelfini 2002; Stefanini M.C. and Ribolini A. 2003; May C.L. and Gresswell R.E. 2004; Stoffel M. et al. 2005; Bollschweiler M. et al. 2008. L'analisi di questo tipo di frane è basata sulla datazione delle cicatrici da impatto, sull'esame delle piante inclinate, con stress di crescita (improvvisi riduzioni, legno di reazione, presenza di dotti resiniferi) come pure sulla datazione delle radici avventizie, legate ai singoli eventi di aggradazione (Fig. 3). In questo genere di ricerche gli obiettivi principali sono quindi quelli della valutazione della frequenza e magnitudo degli eventi, la loro distribuzione spaziale (Fig. 7 da Bollschweiler et al., 2008) ed il rapporto con le precipitazioni; quest'ultimo ancora non molto approfondito. Ulteriori esempi di indagini sui dissesti franosi tipo **colate argillose (mud flow)**



Fig. 6 – Campionamento non distruttivo con carotatore di Pressler

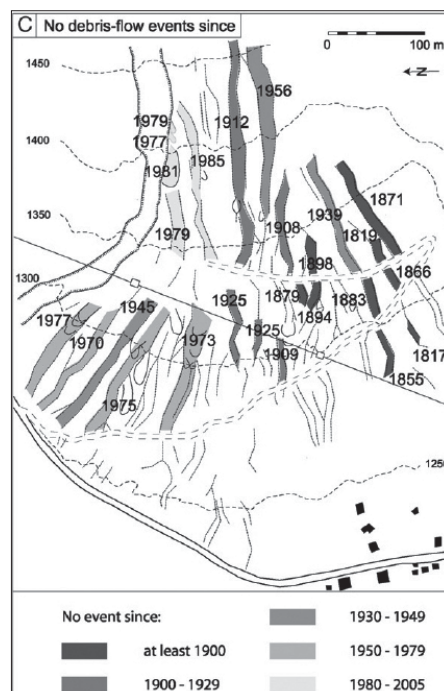


Fig. 7 – Mappa spazio temporale per studio di debris flows (Bollschweiler et al., 2008)

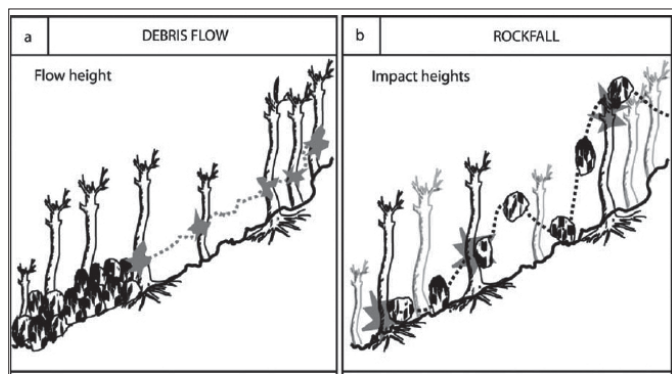


Fig. 8 – Cicatrici da impatto su tronchi causate da colate detritiche (a) e crolli (b) (Perret and Stoffel, 2006)

Fig. 9 – Curve di accrescimento su quercia con riduzioni intense e prolungate (9b), riduzione seguita da un recupero di crescita normale (10a) e pianta di controllo non affetta da stress (4b) (Fantucci and Sorriso Valvo, 1997)

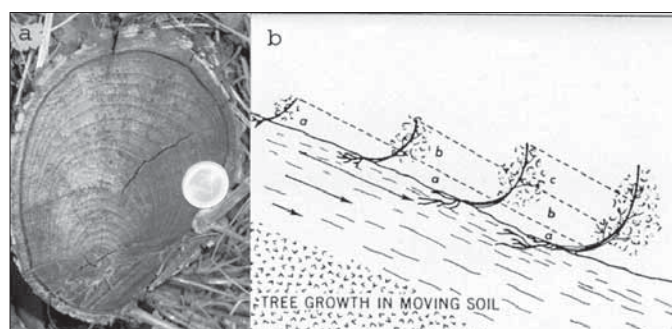
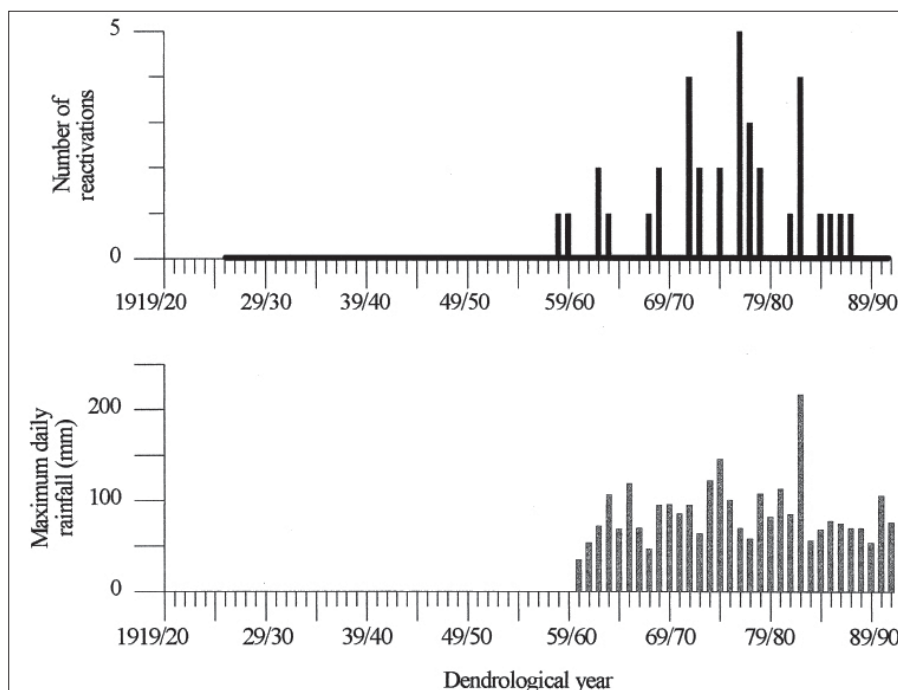
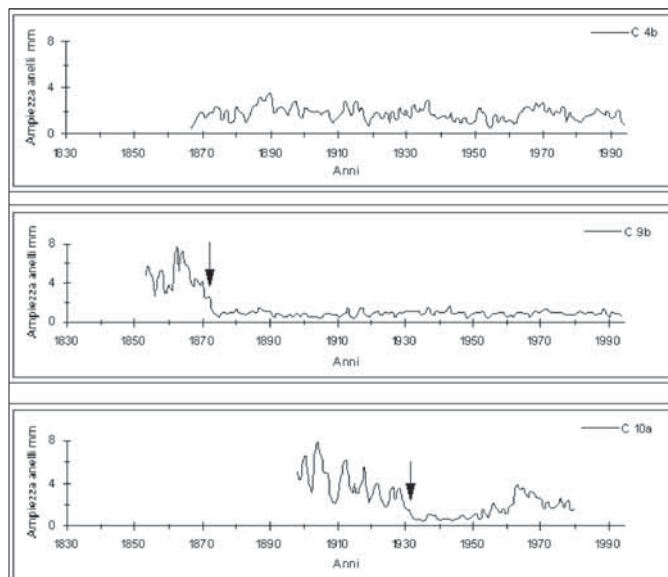


Fig. 10 – Esempio di correlazione tra precipitazioni e riattivazione di frane (Corominas and Moya, 1999)

Fig. 11 (a) Morfologia delle piante in presenza di creeping (Phipps, 1974) e conseguente (b) eccentricità nei tronchi (Fantucci R)

degli eventi storici ed alla ricostruzione di lunghe sequenze temporali (Stoffel et al., 2005; Perret et al., 2006; Luckman 2008). La determinazione dell'entità e della distribuzione spaziale dei crolli e la geometria delle traiettorie in una determinata area (Schneuwly and Stoffel, 2008), sino alla probabilità di impatto dei crolli sulla foresta (Moya et al., 2010), hanno un importante ruolo nelle ricerche attuali e future sulle mappe del rischio (Perret et al., 2006), come pure sul ruolo protettivo della foresta dalle frane di crollo (Ciabocco et al., 2009; Lundström et al, 2009). Altri esempi di dissesti franosi esaminati sono: gli **scorrimenti rotazionali** (Terasme, 1975; Jibson and Keefer, 1988; Begin and Filion, 1988; Burn and Friele, 1989), gli **scorrimenti traslativi** (Aipassa and Shimizu, 1988; Orombelli e Gnaccolini, 1980), le **deformazioni gravitative profonde** (Fantucci and Sorriso Valvo, 1997) e le **frane complesse** (Stefanini, 2004). Le ricerche dendrocronologiche hanno permesso di definire i periodi di attivazione e/o riattivazione dei dissesti franosi, negli intervalli di tempo esaminabili dalle piante campione, indicando alcune correlazioni anche con i terremoti (Begin and Filion, 1988; Fantucci and Sorriso Valvo, 1997; Carrara and O'Neill, 2003). Uno dei principali effetti sulla vegetazione esaminata, sopravvissuta ai movimenti del corpo di frana, è quello della riduzione di accrescimento, per intervalli di tempo ed intensità diverse. E' fondamentale verificare che le anomalie siano legate al dissesto e non ad altre cause, incluse quelle climatiche; ciò è possibile mediante il confronto degli alberi su frana, con quelli di "controllo" della stessa specie, provenienti da zone limitrofe stabili (Fig. 9 da Fantucci and Sorriso Valvo, 1997). Le datazioni dei momenti di attivazione/riattivazione dei dissesti franosi sono stati da sempre cor-

sono quelli di: Lionel and Jakson, 1977; Braam et al., 1987a; Fantucci and Mc Cord, 1995; sulle **colate di terra (earth flow)**: Bovis and Jones, 1992. Un secondo settore molto sviluppato di recente, prevalentemente da parte di ricercatori svizzeri, è quello sulla datazione delle **frane di crollo (rock fall)**. Le frane di crollo provocano cicatrici da impatto sul tronco e rami degli alberi a diverse altezze (Fig. 2 e Fig. 8 da Perret and Stoffel, 2006). I campionamenti

necessitano l'abbattimento degli alberi e la preparazione di sezioni complete dei tronchi per la datazione delle cicatrici le quali possono anche essere state completamente sigillate e quindi nascoste all'interno della pianta. Le prime ricerche in questo campo risalgono agli anni '70 - '80: Moss and Rosenfeld, 1978; Porter and Orombelli, 1980; Bednarz, 1986. Negli ultimi decenni il contributo della dendrocronologia sulle frane di crollo è stato finalizzato alla datazione

relati alle precipitazioni, sin nei primi studi; nell'ultimo decennio diversi ricercatori hanno cercato di approfondire questo importante punto (Fig. 10 da Corominas J. and Moya J., 1999), Paolini et al. (2005), Wieczorek et al. (2006), Paolini and Villalba (2010). I lenti movimenti superficiali (**creeping**) coinvolgono la vegetazione arborea, ma in modo diverso. Infatti, in questo caso, le piante vengono continuamente spinte verso valle e di conseguenza i tronchi si incurvano e non riescono a recuperare la loro crescita apicale, con conseguente produzione di una continua eccentricità nel tronco (Fig 11a da Phipps, 1974 – 11b Fantucci R, sezione di olmo – dati inediti). Si segnalano su questo argomento gli studi di Parizek and Woodruff, 1957; Denneler and Schweingruber, 1993.

BIBLIOGRAFIA

- APIASSA M., SHIMIZU O. (1988), *Geomorphic process and natural revegetation on landslide scars in Teshio Experimental Forest, Hokkaido University*. Research Bulletins of the College Experiment Forests, 45 (3), 691-716.
- ALESTALO J. (1971), *Dendrochronological interpretation of geomorphic processes*. Fennia, 105, 1-140.
- BAUMANN F., KAISER K.F. (1999), *The Muletta debris fan, Eastern Alps: a 500 – years debris flow chronology*. Arctic, Antarctic, and Alpine Research, Vol. 31, no. 2, 1999, pp. 128-134.
- BEGIN C., FILION L. (1988), *Age of landslides along the Grande Rivière de la Baleine estuary, eastern coast of Hudson Bay, Québec (Canada)*. Boreas, 17, 289-298.
- BEDNARZ Z. (1986), *An example of the application of the tree-ring chronology of the Dwarf Mountain Pine (Pinus Mugo var Mugus Zenari) for the dating of geomorphological processes in the Tatra Mts.*. Dendrochronologia, 4, 75-77.
- BRAAM R.R., WEISS E.E.J., BURROUGHS P.A. (1987a), *Spatial and temporal analysis of mass movements using dendrochronology*. Catena, 14, 573-584.
- BOVIS M.J., JONES P. (1992), *Holocene history of earthflow mass movements in south-central British Columbia: the influence of hydroclimatic changes*. Can. J. Earth Sci., 29, 1746-1755.
- BURN C.R., FRIELE P.A. (1989), *Geomorphology, vegetation succession, soil characteristics and permafrost in retrogressive thaw slumps near Mayo, Yukon Territory*. Arctic, 42, 31-40.
- BOLLSCHWEILER M., STOFFEL M., SCHNEUWLY D.M. (2008), *Dynamics in debris-flow activity on a forested cone – a case study using different dendroecological approaches*. Catena 72: 67-78.
- CARRARA P.E., O'NEILL J.M. (2003), *Tree-ring dated landslide movements and their relationship to seismic events in southwestern Montana, USA*. Quaternary Research, 59: 25-35.
- CIABOCCO G., BOCCIA L., RIPA M. (2009), *Energy dissipation of rockfalls by coppice structures*. Nat Haz Earth Syst Sci 9: 993-1001.
- CLAGUE J.J., SOUTHER J.G. (1982), *The Dusty Creek landslide on Mount Cayley, British Columbia*. Can. J. Earth Sci., 19, 524-539.
- COROMINAS J., MOYA J. (1999), *Reconstructing recent landslides activity in relation to fall in the Lobregat River basin, eastern Pyrenees, Spain*. Geomorphology 30 (1999) 79-93.
- DENNELER B., SCHWEINGRUBER F.H. (1993), *Slow mass movement. A dendrogeomorphological study in Gams, Swiss Rhine valley*. Dendrochronologia, 11, 55-67.
- FANTUCCI R., MC CORD A. (1995), *Reconstruction of landslide dynamic with dendrochronological methods*. Dendrochronologia, 13, 33-48.
- FANTUCCI R. (1997), *La dendrogeomorfologia nello studio dei movimenti di versante: alcune recenti applicazioni in Italia*. Geologia Tecnica & Ambientale 2: 21-31.
- FANTUCCI R., SORRISO VALVO M. (1997), *Dendrogeomorphological analysis of a landslide near Lago, Calabria (Italy)*.
- GARTNER H., SCHWEINGRUBER F.H., DIKAU R. (2001), *Determination of erosion rates by analyzing structural changes in the growth pattern of exposed roots*. Dendrochronologia 19 (1) – 2001: 81-91.
- HEIKKINEN O. (1994), *Using dendrochronology for the dating of land surfaces*. In: Beck c. (ed.) *Dating in exposed and surface contexts*. Albuquerque, Unit of New Mexico Press, 213-235.
- HUPP C.R. (1984), *Dendrogeomorphic evidence of debris flow frequency and magnitude at Mount Shasta, California*. Environ. Geol. Water Sci., 6(2), 121-128.
- JIBSON R.W., KEEFER D. (1988), *Landslide triggered by earthquakes in the Central Mississippi valley, Tennessee and Kentucky*. U.S. Geological Survey Professional Paper 1336-C.
- LIONEL E., JACKSON JR. (1977), *Dating and recurrence frequency of prehistoric mudflows near Big Sur, Monterey County, California*. Jour. Research U.S. Geol. Survey, 5, 1, 17-32.
- LUCKMANN B.H. (2008), *Forty years of rockfall accumulation at the mount Wilcox site, Jasper National Park, Canada*. Earth Surf. Process Land. 1: 287-298.
- LUNDSTRÖM T., JONSSON M.J., VOLKWEIN A., STOFFEL M. (2009), *Reactions and energy absorption of trees subject to rockfall: a detailed assessment using a new experimental method*. Tree Physiol. 29: 345-359.
- MAY C.L., GRESSWELL R.E. (2004), *Spatial and temporal patterns of debris - flow deposition in the Oregon Coast Range, USA*. Geomorphology 57 (2004) 135-149.
- MOSS M.R., ROSENFELD C.L. (1978), *Morphology, mass wasting and forest ecology of a post-glacial re-entrant valley in the Niagara escarpment*. Geografiska Annaler, 60A, 161-174.
- MOYA J., COROMINAS J., ARCAS J.P. (2010), *Assessment of the rockfall frequency for hazard analysis at Solà d'Andorra (eastern Pyrenees)*. Tree Rings and Natural Hazards. A state-of-the-art: 161-176.
- OROMBELLI G., GNACCOLINI M. (1972), *La dendrochronologia come mezzo per la datazione di frane avvenute nel recente passato*. Boll. Soc. Geol. It., 91, 325-344.
- PAOLINI L., VILLALBA R., GRAU H.R. (2005), *Precipitation variability and landslide occurrence in a subtropical mountain ecosystem of NW Argentina*. Dendrochronologia 22 (2005) 175-180.
- PAOLINI L., VILLALBA R. (2010), *Rainfall up, mountain down? Tree Rings and Natural Hazards. A state-of-the-art: 121-127*.
- PARIZEK E.J., WOODRUFF J.F. (1957), *Mass wasting and the deformation of trees*. American Journal of Science, 25, 63-70.
- PERRET S., STOFFEL M., KIENHOLZ H. (2006), *Spatial and temporal rock fall activity in a forest stand in the Swiss Prealps – a dendrogeomorphological keys study*. Geomorphology 74 (1-3): 219-231.
- PHIPPS R.L. (1974), *The soil creep-curved tree fallacy*. U.S. Geological Survey Journal of Research 3: 371-377.
- PORTER S.C., OROMBELLI G. (1980), *Catastrophic rockfall of September 12, 1717 on the Italian flank of the Mont Blanc massif*. Z. Geomorph.N.F., vol. 24, 2, 200-218.
- SANTILLI M., PELFINI M. (2002), *Dendrogeomorphology and dating of debris flows in the Valle del Gallo, Central Alps, Italy*. Dendrochronologia 20/3 (2002) 269-284.
- SCHNEUWLY D.M., STOFFEL M. (2008), *Tree ring based reconstruction of the seasonal timing, major events and origin of rockfall on a case-study slope in the Swiss Alps*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 8, 203-211, 2008.
- SHRODER J.F. (1978), *Dendrogeomorphological analysis of mass movement on Table Cliffs Plateau, Utah*. Quaternary Research, 9, 168-185.
- SHRODER J.F. (1980), *Dendrogeomorphology: review and new techniques in tree-ring dating*. Progress in Physical Geography, 4, 161-185.
- STEFANINI M.C., RIBOLINI A. (2003), *Dendrogeomorphological investigations of debris - flow occurrence in the Maritime Alps (northwestern Italy)*. In: D. Rickenmann and C. Chen, eds., *Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction, and Assessment*. Millpress, Rotterdam, The Netherlands: 231-242.
- STEFANINI M.C. (2004), *Spatio-temporal analysis of a complex landslide in the Northern Apennines (Italy) by means of dendrochronology*. Geomorphology 63 (2004) 191 – 202.
- STOFFEL M., LIÈVRE I., CONUS D., GRICHTING M.A., RAETZO H., GARTNER H.W., MONBARON M. (2005), *400 Years of debris – flow activity and triggering weather conditions: Ritigraben, Valais, Switzerland*. Arctic, Antarctic, and Alpine Research, Vol. 37, (3), 387-395.
- STOFFEL M., BOLLSCHWEILER M., BUTLER D.R., LUCKMAN B. (2010), *Tree Rings and Natural Hazards. A state-of-the-art*. Springer 2010.
- STRUNK H. (1992) *Reconstructing debris flow frequency in the Southern Alps back to AD 1500 using dendrogeomorphological analysis*. Erosion, Debris Flows and Environment in Mountain Regions (Proceedings of the Chengdu Symposium, July 1992). IAHS Publ. no. 209, 1992.
- TERASME J. (1975), *Dating of landslide in the Ottawa river valley by dendrochronology - a brief comment*. Mass wasting Proceedings, 4th Guelph Symposium on Geomorphology, 153-158.
- VAN ASCH TH. W.J., VAN STEIJN H. (1991), *Temporal patterns of mass movements in the French Alps*. Catena, vol. 18, 515-527.
- WIECZOREK G.F., EATON L.S., YANOSKY T.M., TURNER E.J. (2006), *Hurricane – induced landslide activity on an alluvial fan along Meadow Run, Shenandoah Valley, Virginia (eastern USA)*. Landslides (2006) 3: 95-106.