



## La carta della suscettibilità potenziale da frana dei versanti

Luigi Fanizzi, Ecoacque® - Email: info@ecoacque.it

La presente nota, perseguente i normali obiettivi di cui al *DPCM 29 settembre 1998* (individuazione delle aree a rischio idrogeologico), è finalizzata, in particolare, alla realizzazione della *carta della suscettibilità potenziale da frana dei versanti*, attraverso la stima della propensione al dissesto, partendo dall'analisi dei principali fattori predisponenti, correlati ai fenomeni d'instabilità dei versanti (**frana** = rapido spostamento di una massa di roccia, terreno residuale o sedimenti, adiacenti ad un pendio, con movimento del centro di gravità della massa stessa verso il basso e verso l'esterno; K. Terzaghi, 1950). La propensione al dissesto, è qui definita in termini di pericolosità relativa, ovvero come grado d'instabilità di un versante, rispetto ad un altro, senza esprimere la probabilità di accadimento del fenomeno, in termini assoluti, né in senso temporale. Nella valutazione diretta si applicano metodi che forniscono una descrizione in termini qualitativi della pericolosità di frana, a differenza di quella indiretta che si avvale, invece, di modelli statistici o deterministici per individuare le aree predisposte a franamento. Negli ultimi decenni, la crescente popolarità del software Open Source QGIS Lyon, ha portato ad un incremento di studi valutativi del tipo diretto. I Sistemi Informativi Geografici, computerizzati, di questo tipo, infatti, sono estremamente adattabili a questi utilizzi: i fattori che influenzano la suscettibilità di frana possono essere facilmente combinati con una carta della stabilità dei versanti (C. Cencetti et Al., 2010). I metodi proposti, in letteratura, per la rappresentazione cartografica della suscettibilità, si differenziano soprattutto per le regole di decisione utilizzate. In nota, è stata considerata la proposta di P. Aleotti & R. Chowdhury (1999), che

hanno classificato la procedura della Metodologia Euristica adottata come: *metodo secondo il quale la suscettibilità da frana è determinata mediante la sovrapposizione di carte tematiche riportanti i fattori significativi predisponenti il dissesto*.

I fattori predisponenti possono essere, essenzialmente, di due tipi (K. Terzaghi, 1950, op. cit.):

### Fattori interni

- **Assetto Geostrutturale** (1. litologia, 2. pendenza dei versanti, 3. esposizione, 4. giacitura degli strati, 5. erodibilità e coltre detritica);
- **Circolazione idrica potenziale nel pendio** (6. permeabilità).

### Fattori esterni

- **Clima** (7. precipitazioni piovose ed anomalie pluviometriche);
- **Azioni antropiche** (8. uso del suolo);
- **Sismicità** (9. intervalli di risposta sismica zonale).

La metodologia euristica di riferimento proposta prevede, dapprima, il raggruppamento degli elementi dei singoli tematismi, in classi, per ottenere una rappresentazione aggregata del territorio in esame; ad ogni classe viene attribuita, quindi, una magnitudo (*peso*), in funzione del ruolo esercitato nella produzione di un dissesto. Nelle operazioni successive, di sovrapposizione degli effetti, si effettua una combinazione (*somma algebrica*) delle magnitudo attribuite, fino ad ottenere un punteggio finale, che rappresenta l'influenza complessiva che i fattori considerati hanno sulla stabilità del versante. Questo valore ricadrà in un intervallo definito cui corrisponderà una classe d'instabilità potenziale.

## Attribuzione dei pesi

### Litologia

Per litologia, non s'intendono unicamente le caratteristiche della natura dei terreni (sedimentari, vulcanici, metamorfici) ma, anche, le caratteristiche fisico-meccaniche ad essi relative (compattezza, grado di cementazione, stratificazione e scistosità). Per l'attribuzione dei pesi, si farà riferimento alle principali esperienze metodologiche riportate in bibliografia. La scala dei valori, da applicare, va da **1** a **10**; i valori più bassi corrispondono ai termini litologici più resistenti, compatti, poco alterati, mentre quelli più alti ai termini litologici più fragili, alterabili e sciolti (cd *erodibili*). In Tabella sono indicati i pesi concernenti le più comuni classi litologiche (*Linee Guida P.A.I. - Attività d'individuazione e di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia - Regione Autonoma della Sardegna, Assessorato LL.PP., Cagliari, 2000*).

Descrizione litologica	Peso
Graniti, grandioriti massicci privi di copertura ed alterazione.	<b>1</b>
Basalti, dolomie, dolomie calcaree e calcari dolomiti, gneiss massicci e con giunti di fratturazione radi.	<b>2</b>
Rioliti massicce, trachiti, fonoliti, calcari, calcari marnosi, anfiboliti, ignimbriti.	<b>3</b>
Alluvioni prevalentemente sabbiose.	<b>4</b>
Alluvioni ghiaiose recenti ed attuali degli alvei fluviali, alluvioni ghiaiose antiche e terrazzate, depositi alluvionali prevalentemente <i>limoso-argillosi</i> , gneiss con elevata densità di giunti di fratturazione, andesiti.	<b>5</b>
Depositi lagunari, lacustri e palustri, marne, calcescisti, micascisti ed argilloscisti	<b>6</b>
Sabbie, anche grossolane con livelli ghiaiosi ed intercalazioni di arenarie, arenarie, arenarie conglomeratiche, tufi, tufi conglomeratici	<b>7</b>
Depositi argillosi, sabbie eoliche, graniti, grandioriti alterati con potenti coperture di sabbioni arcoscici.	<b>8</b>
Detrito di falda, con detritici e conoidi di deiezione.	<b>9</b>
Roccia incoerente a struttura caotica ( <i>argille scagliose</i> ).	<b>10</b>

### Pendenza dei versanti

La pendenza dei versanti è un fattore molto importante in quanto maggiore è l'inclinazione

di un pendio, maggiore è la tendenza al dissesto, per effetto della gravità, dell'azione degli agenti atmosferici, senza la protezione della vegetazione che non riesce ad insediarsi. Si può ritenere che le classi di pendenza siano cinque, considerando che le pendenze locali, superiori a **35°**, risultano caratterizzate, generalmente, da substrato roccioso coerente affiorante (assenza, cioè, di copertura) o, addirittura, interessate da versanti instabili come i complessi rocciosi falesici (attivi o passivi: granitici, calcarei, arenacei ovvero arenitico argillosi). In Tabella sono indicati i pesi relativi, compresi nella scala di valori da **1** a **10**.

Descrizione acclività	Peso
Classe: 0% ÷ 10% Terreni pianeggianti	<b>2</b>
Classe: 11% ÷ 20% Terreni a bassa pendenza	<b>4</b>
Classe: 21% ÷ 35% Terreni a media pendenza	<b>6</b>
Classe: 36% ÷ 50% Terreni a forti pendenza	<b>8</b>
Classe: > 50 % Terreni a fortissima pendenza	<b>10</b>

### Esposizione dei versanti

L'esposizione influisce sui processi di trasformazione dei versanti, in quanto i versanti esposti a nord sono quelli più freddi ed umidi (con cicli giornalieri, non solo stagionali), mentre quelli esposti a sud hanno condizioni più miti. I parametri connessi a tale fattore, come l'esposizione alla luce solare ed all'essiccazione dei terreni, dovuta ai venti, sono strettamente legati al grado di umidità dei terreni. Nella successiva tabella si riporta la classificazione in base all'esposizione dei versanti. In essa sono indicate 8 classi più una classe, speciale, per le aree di pianura (*senza esposizione*).

Descrizione esposizione	Peso
Nord	<b>1,1</b>
Nord – Est (immersione 315° N)	<b>2,3</b>
Est (immersione 270° N)	<b>3,4</b>
Sud – Est (immersione 225° N)	<b>4,5</b>
Sud (immersione 180° N)	<b>5,6</b>
Sud – Ovest (immersione 135° N)	<b>6,8</b>
Ovest (immersione 90° N)	<b>7,9</b>
Nord – Ovest (immersione 45° N)	<b>9</b>
Aree di pianura	<b>10</b>



## Giacitura degli strati

Tramite la definizione degli angoli  $\varphi$  (pendenza od inclinazione reale degli strati) ed  $\alpha$  (angolo fra la direzione di immersione degli strati e la direzione di massima pendenza del pendio), i rapporti angolari esistenti fra pendio e stratificazione vengono raggruppati in **10** classi significative a descrivere il reale contributo dell'assetto geologico alla stabilità del pendio stesso. Per l'attribuzione dei pesi, di cui alla successiva tabella, si è considerata la condizione più sfavorevole per la stabilità di un pendio, quella relativa ad una stratificazione a franapoggio (**Figura 1**) o traverpoggio (**Figura 2**), cioè con strati che immergono con angoli più o meno acclivi, nella direzione del pendio stesso, con potenziale possibilità di scivolare, graviticamente, sul suo substrato (*Ufficio Cartografico Regione Emilia Romagna, G. Riga, 2008*).

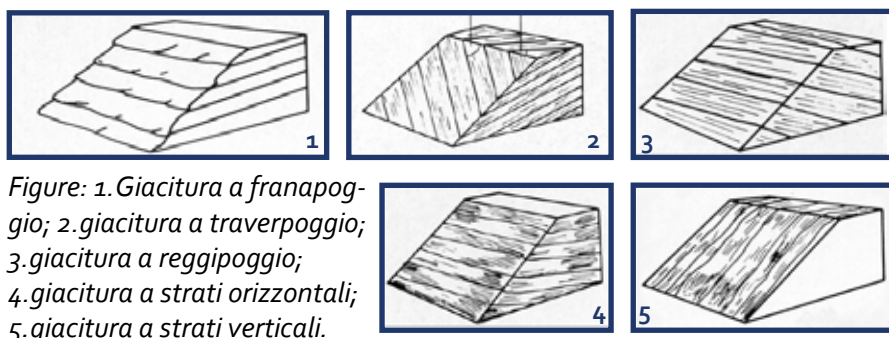


Figure: 1. Giacitura a franapoggio; 2. giacitura a traverpoggio; 3. giacitura a reggipoggio; 4. giacitura a strati orizzontali; 5. giacitura a strati verticali.

Descrizione giacitura	Peso
Strati a reggipoggio e rocce massive prive di stratificazione e terrazzi alluvionali.	1
Strati orizzontali ( $\varphi = 0^\circ \div 5^\circ$ ) e strati a traverpoggio ( $\varphi = 5^\circ \div 30^\circ$ ed $\alpha = 60^\circ \div 90^\circ$ ).	2
Strati a franapoggio ( $60^\circ < \varphi < 85^\circ$ ) e strati a traverpoggio ( $\varphi = 30^\circ \div 60^\circ$ ed $\alpha = 60^\circ \div 90^\circ$ ).	3
Strati verticali ( $\varphi = 85^\circ \div 90^\circ$ )	4
Strati a traverpoggio ( $\varphi = 5^\circ \div 30^\circ$ ed $\alpha = 10^\circ \div 60^\circ$ )	5
Strati a traverpoggio ( $\varphi = 30^\circ \div 60^\circ$ ed $\alpha = 10^\circ \div 60^\circ$ )	6
Strati a franapoggio ( $5^\circ < \varphi < 30^\circ$ ) e strati a traverpoggio ( $\varphi = 5^\circ \div 30^\circ$ ed $\alpha = 0^\circ \div 10^\circ$ )	7
Strati a reggipoggio con fessurazione a franapoggio	8
Strati a franapoggio ( $30^\circ < \varphi < 60^\circ$ ) e strati a traverpoggio ( $\varphi = 30^\circ \div 60^\circ$ ed $\alpha = 0^\circ \div 10^\circ$ )	9
Strati fortemente piegati, fratturati, rovesciati e con giacitura caotica.	9,5
Unità litologiche prive di stratificazione ed in condizioni di massima caoticità ed eterogeneità	10

**N.B.:** Nelle summezionate assunzioni, si è ipotizzata assente la presenza di una falda superficiale ( $< 3$  m) o, comunque, poco al di sotto della superficie ( $\leq 10$  m) che porterebbe, in caso contrario, ad un aggravio del valore del peso, relativamente ai materiali litoidi non coesi. In caso di presenza di falda, quindi, **per depositi sciolti, più o meno compattati**, i pesi andranno moltiplicati per specifici **fattori correttivi ( $F_c$ )**, così come di seguito tabellati, in funzione della natura del deposito e con valore finale, del relativo peso, comunque, non superiore a **10**.

Descrizione depositi sciolti	$F_c$
Depositi sabbiosi	1,0
Depositi limosi	1,3
Depositi ghiaiosi	1,4
Depositi argillosi	1,5

## Erodibilità e coltre detritica

■ Uno dei parametri che riveste particolare importanza, risulta essere lo spessore di suolo (inteso come spessore della coltre detritica superficiale), in quanto è una variabile cruciale nella descrizione dei processi di infiltrazione d'acqua nei versanti. Nella costruzione di questo parametro, si è considerata, pertanto, la erodibilità ossia la degradabilità delle rocce e dei depositi sciolti; nel caso di questi ultimi, si è tenuto conto del grado di compattazione e cementazione dei materiali.

- **Erodibilità bassissima** (spessore della coltre detritica **0** m) - appartengono a questa classe le rocce coerenti eruttive e metamorfiche con elevate resistenze meccaniche (a pioggia, vento e movimenti di massa) e poco fratturate: graniti, porfidi, basalti, trachiti, tefriti e gneiss.
- **Erodibilità bassa** (spessore della coltre detritica **0** m  $\div$  **0,5** m) - sono quivi raggruppate le rocce carbonatiche con percentuali di carbonati superiori al 65%: calcari, calcari dolomitici, calcari marnosi, calcari metamorfici, calcareniti, brecce, conglomerati, puddinghe e travertini.
- **Erodibilità media** (spessore della coltre detritica **0,5** m  $\div$  **1,5** m) - in tale classe sono riunite le rocce

clastiche compatte e coerenti (cd rocce tenere): arenarie, tufi vulcani litoidi, conglomerati non carbonatici cementati, con spessori della coltre minori per pendenze minori del versante ( $s \cong 1,01 - 0,85 \tan \varphi$ ).

- **Erodibilità medio-alta** (spessore della coltre detritica 1,5 m ÷ 2 m) - il gruppo comprende le rocce metamorfiche alterabili in "argille", rocce stratificate e scistose, con intercalazioni argillose o degradabili in "argille": filladi, gneiss filladici, scisti s.l., argilliti, flysh arenaceo-marnosi o arenaceo-argillosi.
- **Erodibilità alta** (spessore della coltre detritica 2 m ÷ 4 m) - l'insieme comprende le rocce argillose od a cemento argilloso, pseudocoerenti, con percentuali di carbonati inferiori al 35%: argille, argilliti, marne argillose, "terre rosse", terreni eterogenei a struttura complessa a prevalente componente argillosa, galestri, scisti galestrini.
- **Erodibilità altissima** (spessore della coltre detritica > 4 m) - la classe riunisce tutte le rocce clastiche incoerenti: cataclasi (dolomie arenizzate, farinose, eccetera), ghiaie, sabbie limi, detriti di falda, morene sabbiose, sabbioni da disfacimento dei graniti, tufi e depositi piroclastici incoerenti, depositi di conoide, depositi lacustri e palustri, brecce di pendio incoerenti, depositi di colmata per bonifica, discariche, cumuli di frana.

Descrizione erodibilità - coltre detritica	Peso
Bassissima	1,5
Bassa	3,5
Media	5,0
Medio-Alta	6,5
Alta	8,5
Altissima	10

### Permeabilità

La permeabilità, sia delle rocce coerenti che di quelle incoerenti, è un fattore di importanza fondamentale in quanto le *sovrappressioni interstiziali* che si formano, in tali materiali sono fortemente destabilizzati. È stata

costruita la tabella della permeabilità delle rocce. Per l'attribuzione dei pesi, si sono raggruppate le varie litologie in quattro macroclassi.

Descrizione permeabilità	Peso
<b>Scarsa:</b> graniti, sieniti, dioriti, gabbri, porfidi, trachiti, lipariti, fonoliti, porfiriti, andesiti, basalti, tefriti, leucititi, rocce argillose, argilloscisti, terre rosse, gneiss micascisti, quarziti, filladi, anfiboliti, talcscisti.	2,5
<b>Mediocre:</b> dolomie, marne arenarie, tufi cementati, pomici, flysh ( <i>alternanza di argille e arenarie, argille e calcari</i> ).	5
<b>Buona:</b> morene e depositi glaciali, coltri eluviali e colluviali limoso sabbiose frammiste a ghiaia, conglomerati, brecce, sabbioni e sabbie cementate.	7,5
<b>Elevata:</b> tufi incoerenti, pozzolane, lapilli, rocce calcaree ( <i>c. dolomitiche e c. marnose</i> ), dune e depositi sabbiosi eolici, calcareniti, brecce calcaree, calcari organogeni, gessi, salgemma, sabbie, limi, ciottoli di depositi alluvionali di origine fluviale, lacustre o palustre, coni di deiezione, falde e coni di detrito, terrazzi fluviali.	10

### Precipitazioni piovose ed anomalie pluviometriche

L'aggressività climatica esterna, connessa alle precipitazioni piovose, rappresenta, sicuramente, uno dei fattori più importanti nella valutazione della suscettibilità di frana di un pendio. Con lo scopo di individuare una correlazione di facile applicazione, fra piogge e soglie di potenziale innesco di dissesto, adatta alla realtà del territorio nazionale, si è scelto l'indice di Fournier, così come modificato da H.M.J. Arnoldus nel 1977 ( $F_{FAO}$ ), ricavabile dalla seguente relazione:

$$F_{FAO} = \frac{(\sum_{i=1}^{12} p_i^2)}{P}$$

dove:

**P [mm]** = precipitazione media annua;

**$p_i$  [mm]** = precipitazione media del mese **i-esimo**.

In letteratura si è evidenziato come  $F_{FAO}$  sia molto ben correlato con l'insorgenza e/o la riattivazione di dissesti idrogeologici ed è, quindi, in grado di fornire una valutazione sintetica della potenzialità di accadimento (Scrinzi et Al., 2006). Per la definizione dei pesi, pertanto, sono state utilizzate tre classi in funzione delle soglie proposte dallo Scrinzi (op. cit.).



Descrizione aggressività climatica piovosa (1/2)	Peso
$F_{FAO} < 100$	<b>3</b>
$100 < F_{FAO} < 150$	<b>6,5</b>
$F_{FAO} > 150$	<b>10</b>

Un indice pluviometrico utilizzato all'interno di modelli di previsione della suscettibilità al rischio frana, per essere effettivamente funzionale non deve tenere conto solo della semplice precipitazione media annuale ed, eventualmente, del suo valore medio mensile ma, anche e principalmente, della precipitazione giornaliera e delle anomalie legate all'evento. All'uopo si è pensato di utilizzare, quindi, l'indice di anomalia pluviometrica  $F_{AP}$ , che si basa sul rapporto tra la differenza dei valori di precipitazioni di massima intensità, nelle prime 3 ore (espressa in millimetri) e nelle successive 24 ore (sempre espressa in millimetri), normalizzati sui valori di pioggia giornaliera, di serie storiche di dati ( $n = 30$  anni). La formula, come scritta qui di seguito, rappresenta la media dei valori ( $I_a$ ), calcolati per ogni singolo evento, in una determinata stazione pluviometrica (G. Manzo, 2010):

$$I_a = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left[ \frac{(h_{(\max 24)_i} - h_{(\max 3)_i})}{h_{(\max 24)_i}} \right]$$

dove:

$I_a$  = indice di Anomalia Pluviometrica;

$n$  = numero di eventi analizzati in una data stazione pluviometrica;

$h_{\max 24}$  = valori di precipitazioni di massima intensità e breve durata nelle 24 ore;

$h_{\max 3}$  = valori di precipitazioni di massima intensità nelle 3 ore.

Per la definizione dei pesi, quindi, da mediare (media aritmetica), con quelli ottenuti dalla precedente Tabella, sono state utilizzate tre classi in funzione dell'indice di anomalia pluviometrica.

Descrizione aggressività climatica piovosa (2/2)	Peso
$0 < I_a < 0,42$	<b>3</b>
$0,52 < I_a < 0,80$	<b>6,5</b>
$0,42 < I_a < 0,52$	<b>10</b>

## Uso del suolo

La presenza di una copertura vegetale costituisce una protezione della superficie del terreno dall'azione degli agenti atmosferici ed un'azione di consolidamento, esercitata dall'apparato radicale. Un bosco ad alto fusto è, generalmente, un impedimento al dissesto idrogeologico (*massima impedenza*) mentre, invero, un terreno lavorato stagionalmente, arato con sistemazione ad esempio a "rittochino" è uno scarso impedimento all'erosione ed all'instabilità del pendio (impedenza minima o nulla). Nella successiva tabella si riportano, pertanto, le classi di uso del suolo che si ritengono presenti, generalmente, sul territorio nazionale; ad ogni classe è stato attribuito un peso, secondo le principali esperienze metodologiche riportate in bibliografia (*Linee Guida PAI, R. Sardegna, op. cit.*). Le classi relative all'uso antropico (tessuto urbano ed aree industriali) sono state genericamente valutate con peso relazionato alla scala dello studio senza poter considerare particolari situazioni locali; alle aree estrattive è stato riconosciuto un ruolo di degrado (in quanto modificano le condizioni di stabilità); alle reti stradali è stato attribuito un valore di impedenza minima, in quanto l'intaglio stradale è comunque un fattore di disturbo delle condizioni naturali. Nella stessa tabella sono indicati i valori di impedenza, ed i pesi ad esse corrispondenti, secondo la nomenclatura descrittiva, d'uso del suolo, di *Corine Land Cover* (M. Bossart et Al., 2000).

Descrizione uso del suolo	Peso
Impedenza massima: boschi di latifoglie, di conifere e boschi misti	<b>2</b>
Impedenza buona: brughiere, cespuglieti, aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione	<b>4</b>
Impedenza mediocre: tessuto urbano continuo o discontinuo, aree industriali e commerciali, aeroporti, frutteti, prati stabili, aree a pascolo naturale e prateria d'alta quota.	<b>6</b>
Impedenza minima: reti stradali, ferroviarie e spazi accessori, aree in costruzione, sistemi colturali partecellari complessi, ed aree con vegetazione rada.	<b>8</b>
Impedenza nulla: aree estrattive, seminativi in aree non irrigue, vigneti, aree prevalentemente occupate da colture agrarie, spiagge, dune, sabbie, rocce nude, falesie, rupi ed affioramenti, paludi, corsi d'acqua, canali, idrovie e bacini d'acqua.	<b>10</b>

### Intervalli di risposta sismica zonale

Gli effetti dei sismi, sulla stabilità di un pendio possono essere, essenzialmente, di tipo diretto (*crollo e liquefazione*) ovvero indiretto.

I primi determinano frane, direttamente, in corrispondenza sincrona all'evento sismico (con riattivazione di eventuali fenomeni preesistenti); i secondi, invece, si manifestano con un ritardo temporale variabile che può andare da alcune ore a giorni, rispetto all'accadimento dell'evento. Uno degli effetti diretti di una frana da crollo, anche di dimensioni modeste, può provocare l'innescò di fenomeni franosi di dimensioni maggiori, l'accumulo rapido di materiale sopra depositi detritici o sabbioso-limosi sciolti prossimi alla saturazione, infatti può determinare, ad esempio, l'attivazione, rispettivamente, di colate di detrito (*debris flow*) o di colate rapide di terra (*flow slide*).

In materiali coesivi possono essere riattivate frane preesistenti di scivolamento o colamento per meccanismi di carico non drenato innescati dal crollo (*Hutchinson & Bhandari, 1971*). Un altro degli effetti diretti del sisma, che assume particolare importanza in presenza di materiali granulari sciolti saturi, è il fenomeno della liquefazione dinamica.

Gli effetti indiretti generalmente determinano la riattivazione di frane preesistenti, anche di considerevoli dimensioni, in materiali coesivi, per effetti del carico ciclico sul regime delle pressioni interstiziali. Alcune ricerche (*Sassa, 1992*) hanno mostrato che l'applicazione di rapide deformazioni cicliche in speciali apparecchiature di taglio torsionale determinano in alcuni tipi di materiali coesivi una progressiva diminuzione della resistenza al taglio residua dopo un picco iniziale. Tale comportamento può spiegare il ritardo fra la scossa sismica e la riattivazione delle frane. I principali effetti consistono nella contemporanea coesistenza di un incremento delle forze destabilizzanti ed una riduzione delle

azioni resistenti dovute all'applicazione transitoria di una forza d'inerzia orizzontale (applicata al centro di massa), data dal prodotto fra il peso della massa potenzialmente instabile ed il coefficiente di accelerazione sismica zonale. Come correlazione tra le soglie di innescò potenziale di fenomeni franosi, legati alla sismicità della zona, si sono determinati i pesi in termini proporzionali ai parametri di risposta sismica zonale ossia agli intervalli di accelerazione ( $a_g$ ), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, attribuiti alle 4 zone sismiche, secondo le quali è stata suddivisa l'Italia, secondo lo studio di pericolosità di riferimento Nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004), previsto dall'OPCM 3274/03, adottato con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006.

Descrizione aggressività sismica zonale	Peso
Zona 4	1,5
Zona 3	4
Zona 2	8
Zona 1	10

### Classi di instabilità potenziale

Sulla base della considerazione dei fattori descritti nelle pagine precedenti e delle esperienze metodologiche, si definiscono le classi di instabilità potenziale dei versanti a cui corrispondono intervalli di valori (Pesi P), derivati dalle operazioni metodologiche previste. I pesi ( $p_i$ ), così individuati, vengono sommati, algebricamente, fra loro, per individuare la predisposizione al potenziale danno, dell'area esaminata ( $\sum p_i$ ). Per comodità interpretativa di scala, i risultati ottenuti dalla somma, sono ricondotti ad una scala da 0 a 10, cioè il risultato algebrico è moltiplicato per 10 e diviso per la somma dei valori massimi dei pesi ( $\sum p_{max} = 90$ ):

$$p = \frac{10 \cdot \sum_{i=1}^9 p_i}{90}$$



Si propongono 5 classi di instabilità potenziale, con valore decrescente di gravità; la classe di maggiore instabilità è quella corrispondente a valori più alti dei pesi (ridotte quindi sono le qualità dei fattori considerati) mentre un pendio stabile è rappresentato dai valori più bassi (i fattori che contribuiscono hanno buone caratteristiche di tenuta).

Classe di instabilità	Descrizione	Pesi	
		da	a
1	Situazione potenzialmente stabile	0	2
2	Instabilità potenziale limitata	2	4
3	Instabilità potenziale media	4	6
4	Instabilità potenziale forte	6	8
5	Instabilità potenziale massima	8	10

## Bibliografia

- [1] J.N. Hutchinson e R.K. Bhandari (1971): "Undrained loading, a fundamental mechanism of mudflows and other mass movements", Vol. 21, Géotechnique, Ed. Ice, London, UK;
- [2] K. Sassa (1992): "Access to the dynamic of landslides during earthquakes by a new cyclic loading high-speed ring apparatus", Proc. 6<sup>th</sup> Int. Symp. on Landslides, Christchurch, Balkema, New Zealand;
- [3] G. Manzo (2010): "Applicazioni di tecniche gis e modelli di suscettibilità per la previsione del rischio da frana a scala regionale", Tesi di Dottorato di Ricerca in Scienze

della Terra, Settore Disciplinare: GEO-05, Università degli Studi, Firenze.

[4] C. Cencetti, P. De Rosa, A. Fredduzzi e A. Minelli (2010): "La valutazione della suscettibilità di frana tramite i metodi dell'Analisi Condizionale e degli Indici di Franosità: un'applicazione tramite GRASS al bacino del T. Ventia (Umbria settentrionale)", Geomatics Workbooks n° 9, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università degli Studi di Perugia, in Geomatics Workbook, Vol. 9, Ed. Politecnico Milano - Polo Reg. Como, in Fossat4G-it, Lugano;

[5] Aleotti P. & Chowdhury R. (1999): "Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives", Bulletin of Engineering Geology and the Environment, Cham, Switzerland;

[6] Terzaghi K. (1950). "Mechanism of landslides", Geological Society of America, Engineering geology Vol., Berkley, USA

[7] G. Riga (2008): "La microzonazione sismica", Ed. Dario Flaccovio, Palermo;

[8] H.M.J. Arnoldus (1977): "Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due sheet and rill erosion in Marocco", Annex IV, FAO, Soils Bulletin, Rome.

[9] G. Scrinzi, E. Gregori, F. Giannetti, D. Galvagni, G. Zorn, G. Colle G, M. Andrenelli (2006): "Un modello di valutazione della funzionalità protettiva del bosco per la pianificazione forestale: la componente stabilità dei versanti rispetto ai fenomeni franosi superficiali", Rivista Italiana Foresta, Ed. SISEF, Roma.

[10] M. Bossard, J. Feranec e J. Otahel (2000): "CORINE land cover technical guide – Addendum 2000", Technical report N° 40, Ed. European Environment Agency, Copenhagen.



**AIRMEC**  
AIR TECHNOLOGIES

Via Stazione – Tufo (AV)  
www.airmec.net – info@airmec.biz  
Tel./Fax (+39) 0825.998381

*Diamo forma all'aria*



- **Aspirazione, ventilazione, depurazione aria**
- **Trattamento delle superfici (impianti di verniciatura)**
- **Aspirazione fumi**
- **Scrubber/Filtro umido**