

**PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO
 AGGIORNAMENTO**

R02	Descrizione elaborato	Gruppo di lavoro
	<p align="center">RELAZIONE TECNICA GENERALE CON RIFERIMENTO AGLI ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DEI TERRITORI IN PROVINCIA DI NAPOLI</p>	<p>S.T.O. A.d.B. Sarno R.U.P. dr. geol. F. Baistocchi</p>
Luglio 2011	<p><u>CONSULENTI</u> C.U.G.R.I. Sede di Napoli - Responsabile scientifico Prof. Geol. R. de Riso</p>	<p>Commissario Straordinario ing. Pasquale Marrazzo</p>

**CONVENZIONE STIPULATA TRA IL C.U.G.R.I E L'AUTORITÀ DI
BACINO DEL SARNO**

**Predisposizione di un Piano per la riduzione del rischio da frana da
colata rapida di fango in ambito territoriale della provincia di Napoli,
con particolare riguardo agli aspetti geologici e geomorfologici**

*Relazione illustrativa con riferimento ai comuni di Gragnano,
Castellammare, Casola di Napoli, Pimonte, Palma Campania, Vico
Equense, Meta, Sorrento, Massalubrense, S. Antonio Abate, Lettere, S.
Agnello, Piano di Sorrento.*

*Gruppo di lavoro
Prof. Roberto de Riso
Prof. Antonio Santo*

*Collaboratori: Dr. Giuseppe Di Crescenzo
Dr. Paola I. Faillace
Dr. Biagio Palma*

INDICE

PREMESSA

1) ASPETTI GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICI E DISTRIBUZIONE DELLE COLATE RAPIDE NELL'APPENNINO CARBONATICO CAMPANO

2) METODOLOGIA ADOTTATA PER LA VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIBILITÀ ALL'INNESCO DI FRANE DA COLATA

3.1 Gli indirizzi della ricerca scientifica

3.2 Le carte tematiche

3.3. I parametri e le formule utilizzate per il calcolo degli indici di suscettibilità all'innescò

3.4 L'attribuzione dei "pesi"

3.5 Relazioni fra vegetazione e frane nel settore compreso fra Gragnano e Vico Equense

3) METODOLOGIA ADOTTATA PER LA VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIBILITÀ ALL'INVASIONE

4) I LIVELLI DI SUSCETTIBILITÀ ALL'INNESCO/INVASIONE DI COLATE RAPIDE NEI TERRITORI DEI COMUNI STUDIATI: CONFRONTO CON QUELLI DEL PAI 2002

5) OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

7) APPENDICE: LEGENDE DELLA CARTOGRAFIA PRODOTTA

1. PREMESSA

Nella presente relazione si illustrano i risultati conseguiti dal Gruppo di lavoro coordinato dallo scrivente (Prof. R. de Riso) in seguito alle attività di rivisitazione /aggiornamento dei dati di base (geologico-geomorfologici) e di sintesi (pericolosità/suscettibilità) relativi a 12 comuni della provincia di Napoli interessati da colate rapide di fango (così come previsto dalla convenzione in oggetto).

In particolare nel capitolo 2) che segue ci si soffermerà preliminarmente sull'assetto geologico-geomorfologico del territorio dell'Appennino carbonatico campano (e della Penisola Sorrentina in particolare) e sulla distribuzione e caratteristiche dei fenomeni di colata rapida che hanno interessato tali territori. Il tutto alla luce sia della cartografia prodotta per il PAI dell'Autorità di Bacino sia di quella aggiornata/integrata redatta nell'ambito degli obiettivi previsti dalla Convenzione con il CUGRI.

Nei capitoli 3) e 4) si descrivono le metodologie prodotte per la redazione delle carte di suscettibilità all'innesco e all'invasione, le quali costituiscono il contributo originale e i documenti di riferimento per gli opportuni confronti fra le situazioni prospettate nei comuni studiati e quelle definite in precedenza dal PAI dell'Autorità di Bacino del Sarno (paragrafo 5).

2. ASPETTI GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICI E DISTRIBUZIONE DELLE COLATE RAPIDE NELL'APPENNINO CARBONATICO CAMPANO

Nel contesto dell'Appennino carbonatico campano le aree più frequentemente interessate da fenomeni di colata rapida sono quelli della Penisola Sorrentina-Monti Lattari, dei Monti di Avella e del Partenio, dei Monti di Sarno-Pizzo D'Alvano (Fig. 1).

Tali rilievi infatti sono stati ricoperti durante le varie eruzioni vulcaniche del Somma -Vesuvio (Pleistocene sup.-Olocene) da depositi piroclastici (ceneri, pomice e sabbie) dello spessore variabile da 0,5 ad alcuni m.

Nella letteratura scientifica (Rolandi et al., 1993a; 1993b; Rolandi, 1997; Di Vito et alii, 1999) le citate eruzioni sono datate 17ky (Sarno), 8,0 ky (Ottaviano-Mercato), 3,7 ky (Avellino) 472 d.C. (Pollena). Tali eruzioni hanno avuto un asse di dispersione in direzione prevalente dei rilievi posti a NE rispetto al Somma-Vesuvio (Fig.1).

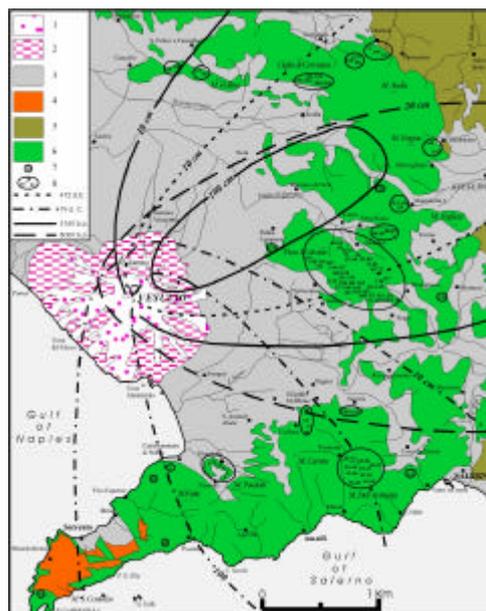


Fig. 1 - Carta geologica e distribuzione dei principali depositi da caduta del Somma- Vesuvio: 1) Lave e (2) depositi piroclastici prossimali del distretto del Somma-Vesuvio; 3) depositi piroclastici ed alluvionali; 4) flysch miocenici della Penisola sorrentina; 5) depositi terrigeni mio-pliocenici; 6) Calcari e dolomie mesozoici; 7) ubicazione di frana da colata rapida (singola), gruppo di frane (8).

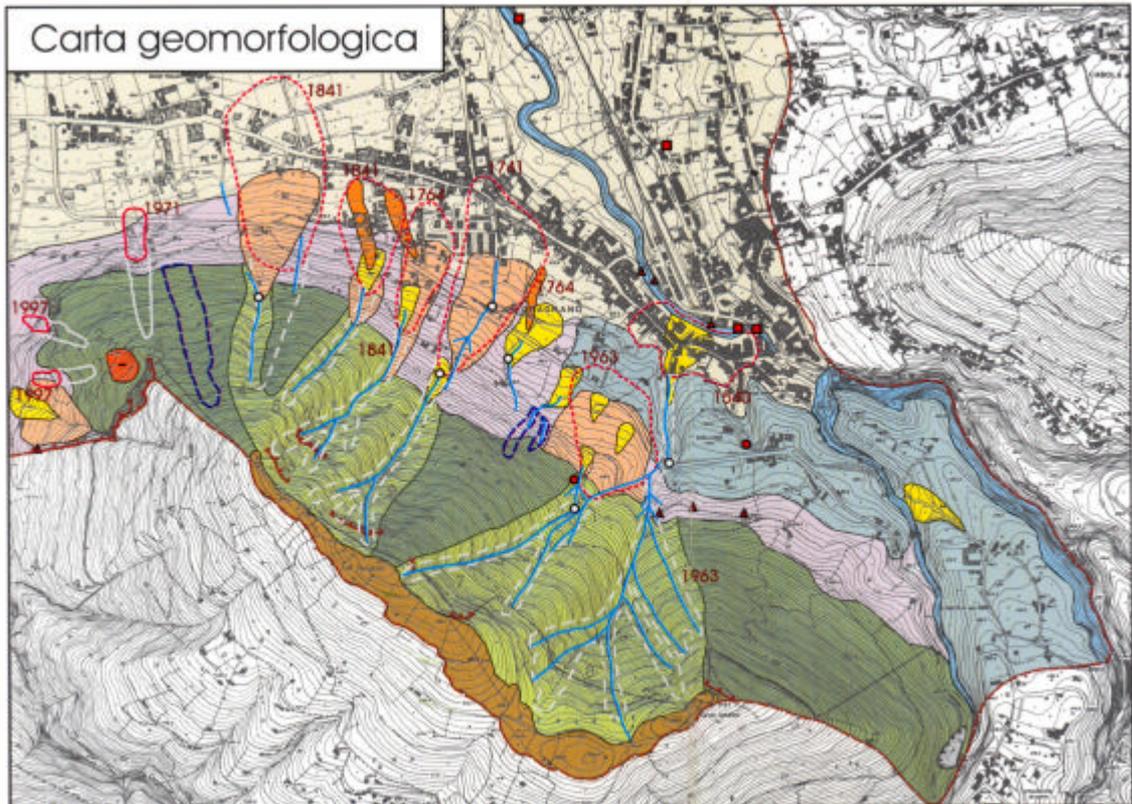


Fig. 3. Carta geomorfologia del versante settentrionale di M. Pendolo. Le linee in bianco indicano le colate che hanno colpito più volte il centro abitato di Gragnano. Come si può rilevare, già a partire dal 1700 si hanno testimonianze di colate rapide di fango e nei tre secoli successivi si sono avuti almeno altri nove fenomeni tra i quali le frane del 1841, del 1935 e del 1971 che provocarono, nel complesso, oltre 100 vittime (de Riso et al., 2004)

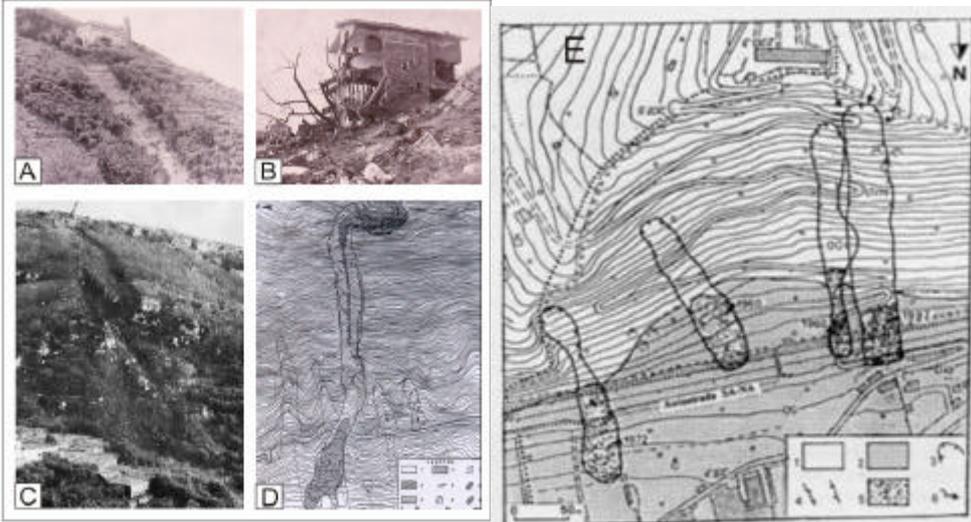


Fig. 4. Alcune delle frane storiche che hanno interessato i Monti Lattari e : A) frana dello Scrajo (1966), che colpì il Comune di Vico Equense nella zona del Convento di San Francesco ed invase la ferrovia Circumvesuviana e la Statale Sorrentina provocando 3 vittime; B) frana di M. Pendolo a Gragnano (1971), che distrusse l'Hotel La Selva provocando delle vittime; C) colata di Mitigliano (1973) nel Comune di Massalubrense, che distrusse una casa e provocò la morte di dieci persone (Civita et al., 1975); D) colata di Palma Campania (1986), che distrusse una casa provocando tre vittime (Vallario, 1992); E) le quattro frane che negli anni 1960, 1972, 1997 hanno interessato l'autostrada Napoli-Salerno nel Comune di Pagani (collina di San Pantaleone) provocando due vittime (Di Crescenzo & Santo, 1999)

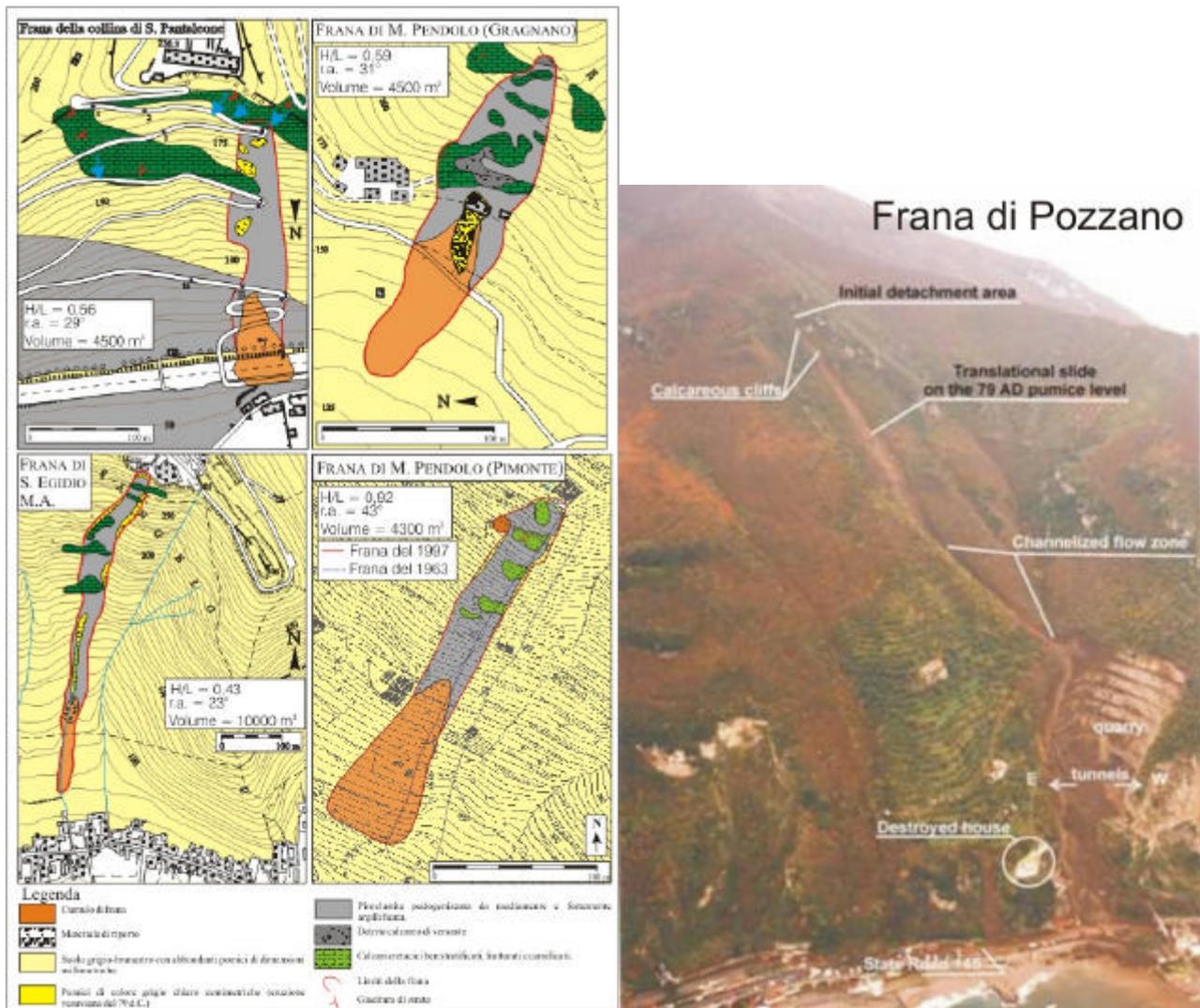


Fig.5 . Con l'evento alluvionale del Gennaio 1997 che interessò l'intera regione Campania, sui Monti Lattari si innescarono alcune centinaia di colate rapide. Tra queste, la frana di Pozzano fu l'evento più importante, in quanto mobilitò circa 40.000m³ di terreno, distrusse una casa ed invase la sottostante Statale Sorrentina provocando quattro vittime (Di Crescenzo & Santo 1999; Calcaterra & Santo 2004).

3. METODOLOGIA ADOTTATA PER LA VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIBILITA' ALL'INNESCO DI FRANE DA COLATA RAPIDA

È il caso di sottolineare preliminarmente che il termine “suscettibilità” deve intendersi come “pericolosità” in senso spaziale cioè senza riferimento ai tempi di ritorno che, nel caso di eventi rapidi e facilmente “cancellabili” risulta assai difficile definire, a meno di situazioni particolari in cui si disponga di una serie di dati storici derivanti da ricerche di archivio.

3.1 Gli indirizzi della ricerca scientifica

I metodi proposti in letteratura, di impostazione essenzialmente geologico-geomorfologica, per la valutazione e la redazione di carte della pericolosità da frana, possono essere suddivisi in metodi qualitativi e quantitativi (Fig. 6). I primi si basano essenzialmente sulla individuazione di ambiti geomorfologici ritenuti, sulla base di valutazioni qualitative, suggerite dalle esperienze dei rilevatori, più o meno esposti alla instaurazione di distacchi della coltre piroclastica. I secondi elaborano in chiave statistica le correlazioni esistenti fra parametri stratigrafici e geomorfologici (ed eventualmente altri) e predisposizione al dissesto dei versanti.

Focalizzando l'attenzione sui soli studi inerenti la “franosità potenziale” in terreni piroclastici, si

ricordano, tra quelli rivolti a territori campani quelli di Pareschi et alii (1998) e Amanti et alii (1998), che hanno trattato per primi tale argomento successivamente all'evento catastrofico di "Sarno" in Campania.

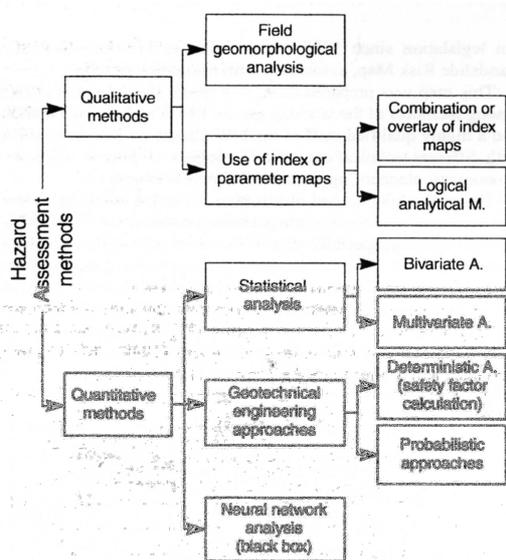


Fig. 6 - Metodi di classificazione del rischio da Frana (da Aleotti & Chowdury, 1999)

Pareschi et alii (1998, 2002) hanno effettuato la zonazione della pericolosità delle colate di fango in scala 1:25000 in alcuni contesti carbonatici (bacini dei torrenti Clanio ed Acqualonga) mediante considerazioni geomorfologiche e attraverso la correlazione di due parametri principali, ovvero le pendenze dei versanti (ottenute con un DTM) e la stima degli spessori delle coperture.

Lo studio di Amanti et alii (1998), anch'esso eseguito in scala 1:25.000, è basato sull'analisi statistica di una serie di eventi (84 fenomeni franosi) avvenuti nell'area test di Sarno. Il metodo considera un insieme di fattori che possono condizionare l'innesco di colate rapide quali: pendenza dei versanti (S), spessore delle coltri piroclastiche e detritiche (T), distanza dalle linee di impluvio (D), uso del suolo (L) ed ordine gerarchico del bacino idrografico (B).

Esso valuta l'indice di suscettibilità mediante la formula: $I = [S^{(1+T+D)} \cdot L \cdot B]$. De Riso et alii, 2004; Calcaterra et al (2003), Di Crescenzo et alii, 2008 modificano in parte il metodo di Amanti et al (1998) e, utilizzando carte tematiche in scala 1:5000, lo applicano in tre diversi contesti: rilievi carbonatici mesozoici; aree vulcaniche del Somma-Vesuvio e flegree; Isola d'Ischia.

Sirangelo and Braca (2004) propongono un modello idrologico denominato FLAIR, (Forecasting of Landslides Induced by Rainfalls) che correla le piogge e l'innesco delle colate rapide di fango avvenute a Sarno (Campania) nel 1998 e che, integrato ad un modello probabilistico, permette di ottenere una valutazione della pericolosità all'innesco.

In Abbattista et alii (2005) si descrive un metodo per la valutazione della suscettibilità da frana nell'area di Cervinara (Campania). Il metodo prevede uno studio multidisciplinare integrato (geologico, geomorfologico, idrogeologico e dell'uso del suolo) su scala 1:10.000 con la distinzione tra parametri discriminanti e fattori predisponenti e la successiva suddivisione dell'area di studio in macroaree. La suscettibilità viene valutata attribuendo dei pesi ai fattori predisponenti ed individuando una funzione per la correlazione dei fattori stessi.

Tra i metodi quantitativi si ricordano, tra gli altri, quello matematico empirico monodimensionale di Del Furia & Valentini (2004) applicato nell'ambito del bacino del fiume Sarno e quello previsionale deterministico su base fisica (Shalstab) descritto da Montgomery & Dietrich (1994) ed applicato nell'area flegrea da Calcaterra et alii (2004) in due zone della Conca di Agnano (Campi Flegrei).

La metodologia qui proposta per la suscettibilità all'innesco di colate rapide di fango utilizza un criterio prettamente geologico e geomorfologico semiquantitativo tarato su una casistica di circa 200 frane censite nell'ambito campano (Di Crescenzo et alii, 2008).

Essa prevede, come primo passo, la redazione di una serie carte tematiche in scala 1:5000 (carta geologica, carta geomorfologica, carta degli spessori delle coperture piroclastiche, carta delle acclività,) nelle quali sono stati individuati i fattori ritenuti più significativi all'innesco di colate rapide di fango.

I singoli fattori sono stati georeferenziati e ad essi è stato attribuito un "peso" a seconda dell'influenza relativa che esso ha sull'innesco.

Successivamente le carte tematiche, "pesate", vengono incrociate attraverso l'applicazione di un GIS che permette anche il calcolo dell'indice di instabilità (Fig. 7) ottenuto tramite un'espressione matematica che modifica quelle proposte da Amanti et al. (1998) e da Calcaterra et al. (2003).

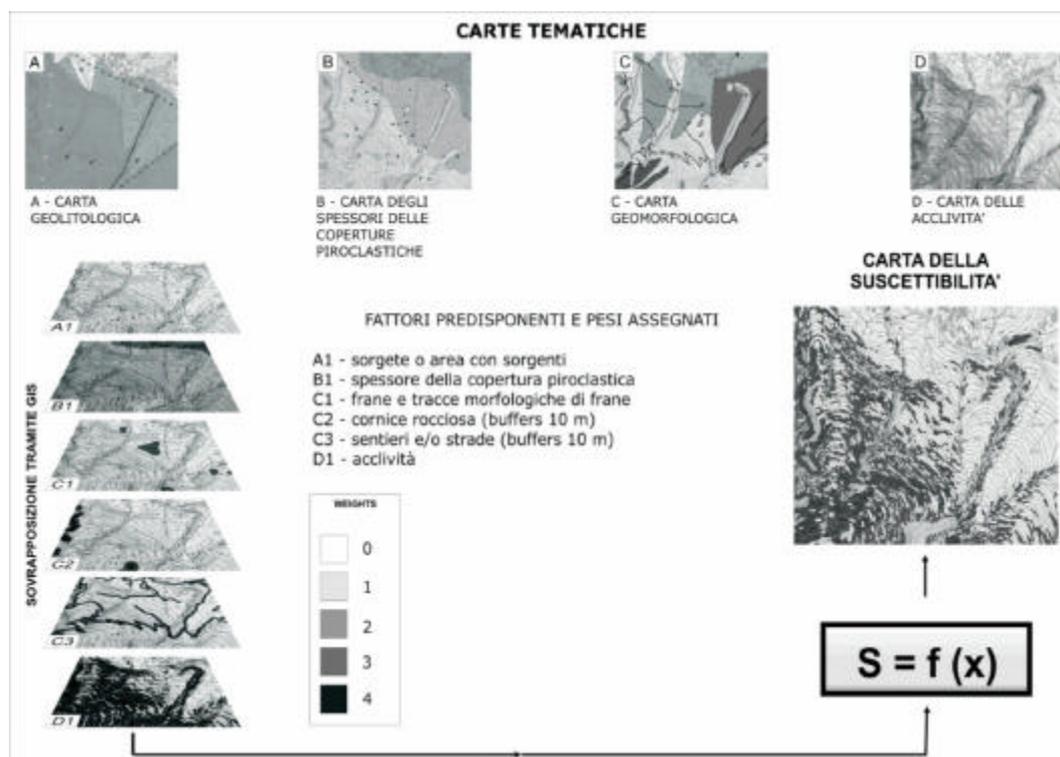


Fig. 7: metodologia adottata per la definizione della suscettibilità all'innesco

3.2 Carte tematiche

I rilievi di campo sono stati effettuati su carte topografiche in scala 1:5000 e integrati da analisi accurate di foto aeree e ortofoto recenti. Ciò ha consentito di allestire 4 carte tematiche (carta geologica, carta geomorfologica, carta delle frane e carta degli spessori delle coperture piroclastiche) i cui elementi fondamentali sono stati poi opportunamente digitalizzati e georeferenziati in modo da poter essere trattati facilmente in ambito GIS (Arcgis 8.3).

La **carta geolitologica** è stata realizzata tenendo conto della Cartografia Geologica dell'A.d.B. Sarno - Progetto CARG – 2003 rivisitato alla luce di un rilevamento geologico di campo (scala 1:5000) supportato sia dalla interpretazione di foto aeree (IGM volo 1998) e ortofoto (1998) che dalle risultanze di pubblicazioni recenti.

La **carta geomorfologica** è stata elaborata prendendo come riferimento la legenda ad indirizzo applicativo proposta dal Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologica (1993). L'allestimento di tale carta ha tenuto conto dell'interpretazione di foto aeree (IGM volo 1998) e

ortofoto (1998) e dei contributi scientifici (Migale e Milone, 1998; Del Prete & Mele, 1999; de Riso et alii, 2004).

Nella **carta delle frane** sono stati rappresentati gli eventi di età accertata e quelli storici (nel secondo caso i limiti dell'area in frana ovviamente sono meno attendibili). Sono stati cartografati, infine, alcune tracce di frane la cui età non è nota e, con simbolo unico, vari piccoli dissesti non delimitabili alla scala della carta.

La **Carta degli spessori della copertura piroclastica** è stata realizzata ex novo, effettuando un rilevamento geologico di base (scala 1:5000) supportato dalla interpretazione di foto aeree (IGM volo 1998) e di ortofoto (1998) nonché dall'analisi di pubblicazioni scientifiche (de Riso et alii, 2004). In questo modo nel territorio sono state distinte cinque classi di spessore delle coperture.

Tutte le carte tematiche sono state digitalizzate mediante l'utilizzo dei programmi CAD per ottenere mappe con dati vettoriali.

E' stata redatta inoltre, ex novo, la **Carta delle acclività** mediante l'ausilio di un software (Arcgis) dotato di un apposito modulo per il calcolo della pendenza partendo dai valori altimetrici e da una rappresentazione digitale della morfologia del territorio (DTM).

3.3 I parametri e la formula utilizzata per il calcolo dell'Indice di suscettibilità all'innesco

La scelta dei fattori utili è scaturita dall'analisi geomorfologica di dettaglio compiuta su 172 fenomeni franosi avvenuti nell'ultimo decennio in Campania e per i quali si sono potuti misurare con buon precisione i parametri morfometrici più significativi (Di Crescenzo & Santo, 2005). Sono stati considerati ai fini dell'analisi della predisposizione all'innesco di frane di colata rapida:

S = acclività del versante

T = spessore delle coperture piroclastiche

C = sentieri e/o strade ubicati nei settori medio-alti dei versanti

Sp = sorgenti o aree con sorgenti per lo più di origine carsica

Lme = impronte di antiche frane riconosciute anche da fotografie aeree

Rc = cornici morfologiche in roccia

L = impronte di frane censite

L'acclività (S) e lo spessore della coltre piroclastica (T) sono stati calcolati mediante i metodi statistici di frequenza (Fig. 8a, 8b e 8c¹), così come buona parte degli altri parametri considerati come fattori peggiorativi per la stabilità. In particolare per quanto riguarda la pendenza si sottolinea l'appartenenza della maggior parte delle nicchie di distacco a classi di acclività comprese tra 35° e 45°.

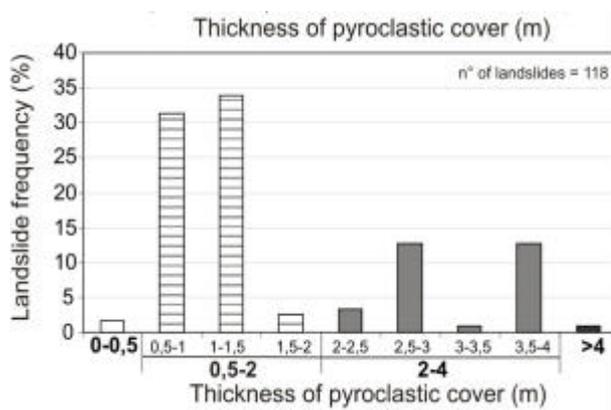


Fig. 8a

¹ Il numero di frane indicate in parentesi si riferisce a quelle delle 172 censite che hanno consentito di rilevare i dati rappresentati

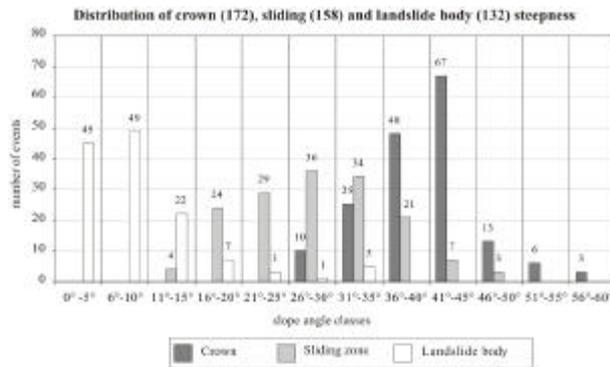


Fig. 8b

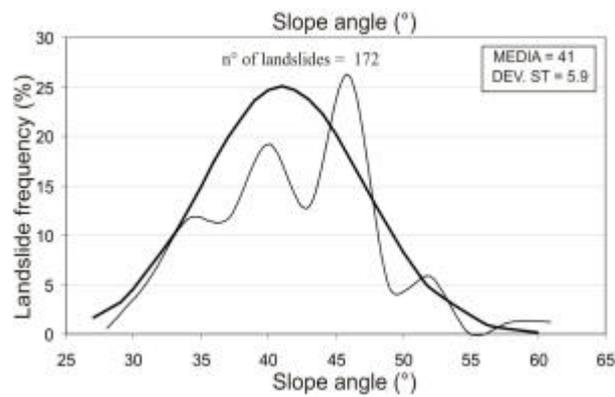


Fig. 8c

L'influenza delle cornici litologiche (Rc) e dei sentieri (C) è evidenziata da diversi Autori (Calcaterra et al, 1997; Brancaccio et al, 1999; Celico & Guadagno, 1998; Di Crescenzo & Santo, 1999; Guadagno et al, 2000; Ayalew L. & Yamagishi H., 2005). In particolare Di Crescenzo & Santo (2005), su un campione di 187 frane evidenziano che più di un centinaio si manifestano ad una distanza dai sentieri e dalle balze inferiore a 10 m (Fig. 9).

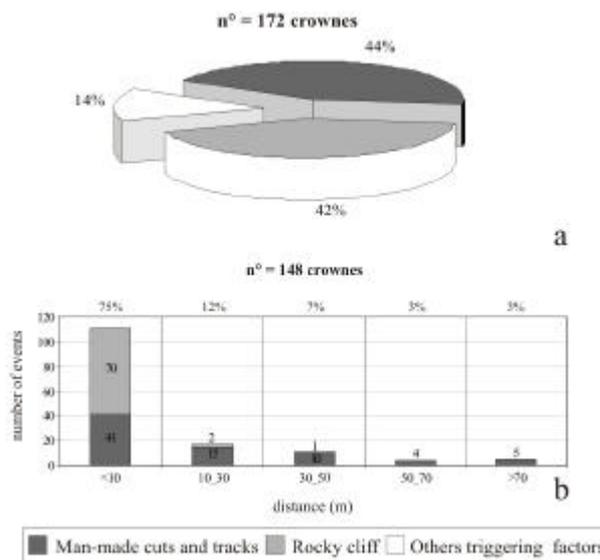


Fig. 9

Un altro fattore molto importante è la presenza sul versante di antiche frane o tracce di frane. Infatti che in alcune aree (M. Pendolo a Gragnano, Collina di S. Pantaleone, Tramonti, Vico Equense etc.)

si assiste ad una ciclicità degli venti franosi con periodi di ritorno in alcuni casi di pochi decenni (Migale & Milone, 1998; Del Prete & Mele, 1999; de Riso et al, 2004; Cascini et al., 2000).

Per quanto riguarda le sorgenti è il caso di ricordare che durante i periodi di intense precipitazioni, si sono attivate sorgenti carsiche di alta quota impostate nei settori più fratturati dei calcari (Celico & Guadagno, 1998). Esse possono indurre travasi nella coltre piroclastica con effetti sfavorevoli sulla stabilità della coltre a causa dei forti gradienti in gioco e dei contrasti di permeabilità degli orizzonti eruttivi.

La suscettibilità all'innescò (I) delle colate rapide di fango viene calcolata con una funzione che mette in relazione i fattori descritti precedentemente, tramite un Gis (Di Crescenzo et alii, 2008):

$$I = S^{(2T+1)} (C+Sp+Lme+Rc+L+1)$$

dove:

S = attività del versante

T = spessore delle coperture piroclastiche

C = sentieri e/o strade ubicati nei settori medio-alti dei versanti

Sp = sorgente o area con sorgenti per lo più di origine carsica

Lme = impronte di antiche frane riconosciute da fotografie aeree

Rc = cornice morfologica in roccia

L = impronte di frane censite

L'espressione, rispetto a quelle proposte da altri Autori (Amanti et al, 1998; Calcaterra et al, 2003), presenta alcune differenze che possono così essere sintetizzate:

- i fattori utilizzati sono stati incrementati con l'inserimento di altri ritenuti più significativi quali ad esempio la presenza di tagli antropici (sentieri e strade) e naturali (cornici litoidi), sorgenti e presenza di frane pregresse;
- la relazione matematica è stata rivista alla luce di una quantità ben maggiore di dati inerenti un territorio molto vasto (buona parte dei massicci carbonatici campani);

Rispetto ai parametri contemplati nella relazione di Amanti et alii, (1998) non è stato considerato quello relativo all'uso del suolo (L) tenendo conto di nostre precedenti esperienze scientifiche. Infatti si è constatato che gli inneschi avvengono sia in presenza di vegetazione di "alto fusto" che di "basso fusto" (macchia) (Fig. 10).

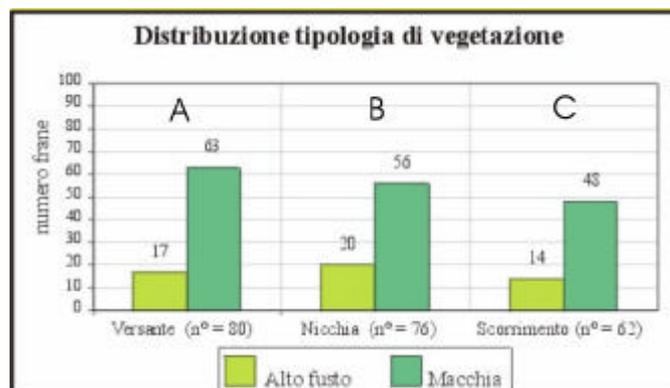


Fig. 10: in A è rappresentato il numero delle frane ove la vegetazione è distribuita in maniera uniforme su tutto il versante; in B e C sono indicati i casi di frane ove è stato osservato una diversa distribuzione delle tipologia vegetazionali nelle zone di nicchia e di scorrimento (Di Crescenzo, 2003).

Se si fa riferimento agli studi condotti dall'Autorità di Bacino NW della Campania per la redazione del PAI (in particolare nei contesti dei massicci calcarei della zona di Lauro -Fig. 11A -e dei Monti di Avella Fig.-11B) si può osservare che le frane hanno interessato soprattutto versanti caratterizzati dalla presenza di boschi di latifoglie o di macchia mediterranea.

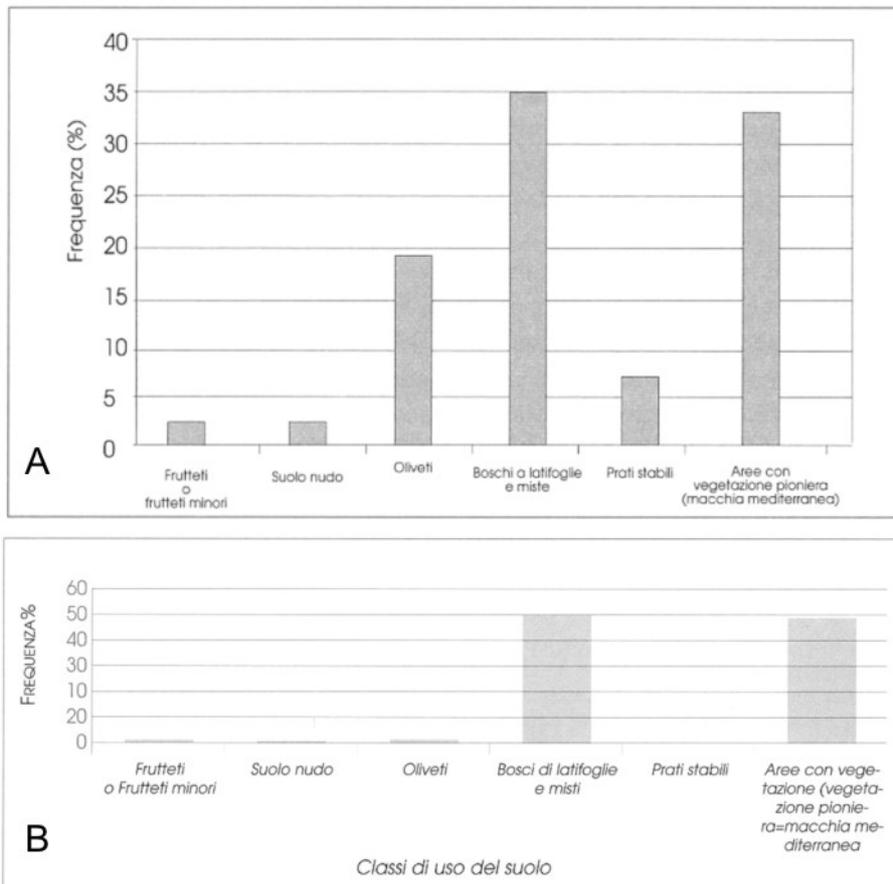


Fig. 11: Distribuzione della vegetazione nel territorio ricadente nell'Autorità di Bacino NW (Piano Stralcio, PAI 2004)

Anche l'ordine gerarchico del bacino di appartenenza è sembrato poco significativo in quanto l'analisi dei bacini idrografici interessati dalle frane ha evidenziato che la maggior parte dei canali in cui esse si sono sviluppate presentano un ordine gerarchico che va da 1 a 2 (Cascini et al, 2000).

3.4 L'attribuzione dei "pesi".

L'attribuzione dei pesi (scores) ai vari parametri è stata effettuata seguendo un criterio semi-quantitativo in linea con analoghi indirizzi presenti nella Letteratura Scientifica (Amanti et al., 1998; Calcaterra et al., 2003, Anbalagan, 1992; Turrini et al, 1998; Turrini & Visintainer, 1998). I valori prescelti sono compresi tra 0 e 4 a seconda della maggiore o minore influenza che il fattore ha sull'innesco e valutata su una casistica di 187 colate rapide (Fig. 12).

Nel caso delle acclività, si è constatato che la maggior parte delle nicchie di frana sono ubicate su versanti con valori di acclività compresi tra 30° e 50° (Amanti et al, 1998; Calcaterra et al, 2003; Di Crescenzo & Santo, 1999; 2005). A questo range è stato attribuito un valore pari a 3 mentre alle pendenze inferiori valori via via decrescenti. Il peso maggiore (4) è stato attribuito alla classe meno rappresentata marcata da acclività superiori a 50°. Tale acclività rappresenta di fatto un valore limite per la conservazione naturale del materiale piroclastico di copertura (Guadagno, 1991).

Per le coperture piroclastiche, si è constatato che buona parte delle frane si imposta in aree con spessori compresi tra 2m e 4m (Amanti et al, 1998; Di Crescenzo and Santo, 1999; de Riso et al, 2003). Il peso 0 è stato dato alla classe 0-0.5m perché non interessata da un numero di inneschi statisticamente significativo in aree con substrato affiorante o con coperture discontinue.

E' da evidenziare che per quanto concerne alcuni fattori (cornici litologiche, sentieri, frane e sorgenti) nella fase di digitalizzazione è stato considerato un intorno significativo o buffer di ampiezza compresa tra 5 e 20 m.

Nella valutazione dell'indice di suscettibilità all'innesco si è tenuto infine conto della accertata presenza sul versante di frane storiche e/o di tracce di frane (individuate da fotointerpretazione). Infatti si è potuto constatare su un campione di 187 frane che circa l'88% ricade in aree interessate dalla presenza di tracce di antiche frane (in particolare il 50,3% in prossimità di frane certe, in quanto documentate storicamente, e il 38,3% in prossimità di tracce di frane desunte da fotointerpretazione).

L'algoritmo proposto è stato testato in più aree campione (Di Crescenzo et alii, 2008) e si è potuto constatare la corrispondenza fra l'ubicazione delle frane osservate e le aree classificate ad alta suscettibilità. Allo scopo di rendere la carta più leggibile, il valore dell'indice di suscettibilità è stato normalizzato, moltiplicato per 1000 e diviso in 5 differenti classi (Tab. 1).

SUSCETTIBILITA'	CLASSI DI SUSCETTIBILITA'
nessuna	I<1
basso	1<I<50
medio	50<I<150
alto	150<I<600
molto alto	I>600

Tab. 1- Classi di suscettibilità utilizzate per la redazione della carta di suscettibilità

TEMATIC BASIC MAP	WEIGHT	TEMATIC BASIC MAP	WEIGHT	BUFFERS		
SLOPE MAP		GEOLOGICAL MAP				
Slope angle	0° - 15°	0	2	Automatic rating 5 meters		
	15° - 27°	1	2	Automatic rating 5 meters		
	27° - 35°	2				
	35° - 45°	3	GEOMORPHOLOGICAL MAP			
	45° - 55°	3	Rocky cliffs	3	Automatic rating 10 meters	
	> 55°	4	Man-Made Cuts	3	Automatic rating 10 meters	
PYROCLASTIC COVER THICKNESS MAP			4	Manual rating		
Thicknes	0 m	0		Landslides	4	Manual rating
	0 m - 0,5 m	0		Landslides morphological evidence	3	Manual rating
	0,5 m - 2 m	3	POTENTIAL ZONE OF TRIGGERING MAP			
	2 m - 4 m	2	Potential zone of triggering	3		
	> 4m	2				

Fig. 12: attribuzione dei pesi ai diversi fattori geologici e geomorfologici

3.5 Relazioni tra vegetazione e frane nel settore compreso tra Gragnano e Vico Equense

Nel capitolo precedente si è sottolineato di non aver considerato l' "uso del suolo" nella formula rappresentativa degli indici di stabilità in quanto a tale conclusione si è giunti alla luce dei molteplici casi osservati in vaste aree del territorio campano (Figg.8-11 nel paragrafo 3.3).

Questo assunto viene sostanzialmente confermato dal confronto fra la carta delle ubicazioni delle frane da noi censite nel territorio di competenza, con l'elaborato redatto dal gruppo di lavoro coordinato dall'Ing. De Nardo (recante la distribuzione delle varie tipologie vegetazionali nelle aree di versante, cioè quelle con acclività superiore a 27° da noi considerata critica).

I risultati di tali confronti sono riportati nei diagrammi di fig. 13 e 14 ove si evince che nei comuni di Casola, Pimonte, Gragnano, Castellammare di Stabia, le tipologie vegetazionali più coinvolte sono il ceduo castanile e misto, l'alta macchia e subordinatamente l'area agricola.

Se ci si riferisce alla situazione offerta dagli eventi più recenti e cioè ad un numero più limitato di eventi (dunque statisticamente meno significativi) e si confrontano le % di eventi censiti e

l'estensioni areali (in %) delle tipologie vegetali presenti (con riferimento esplicito al gruppo di comuni prima indicati e, separatamente al comune di Vico Equense, si può evidenziare:

-la conferma per i comuni di Casola, Pimonte, Gragnano, Castellammare di Stabia di una buona corrispondenza (Figg.15 e 16) fra frequenza delle frana ed estensione % con riferimento al ceduo castanile e all'alta macchia (in buon accordo con quanto rappresentato nelle precedenti Figg. 13 e 14).

-il coinvolgimento delle aree agricole, in particolare per il comune di Vico Equense (Fig. 17 e 18), ma in maniera non trascurabile anche negli altri comuni considerati (Fig. 15 e 16).

Quest'ultima indicazione (cioè il coinvolgimento delle aree agricole) può essere interpretata come effetto di situazioni locali indotte soprattutto da attività antropiche improprie (terrazzamenti con scarsa o nulla regimazione delle acque superficiali; in molti casi abbandono totale di aree precedentemente messe a coltura). Inoltre è da sottolineare che nella delineazione di questo scenario incide, probabilmente in maniera eccessiva, un numero non trascurabile di frane di piccolo volume.

Si può pertanto concludere che, in linea con quanto noto anche in altri ampi territori carbonatici campani, le frane si sviluppano con maggior frequenza nelle zone boschive a ceduo, di alta macchia e, localmente, di area agricola. Ciò induce a sottolineare che l'effetto protettivo complessivo della copertura boschiva, alla prova dei fatti, è fortemente condizionato nelle aree di versante, ove la copertura è ampiamente presente, da fattori naturali ed antropici quali: pendenze, spessori delle coperture, piste montane, sorgenti.

L'argomento è di notevole complessità e tuttora dibattuto in ambito scientifico per le molteplici competenze coinvolte. In effetti:

-Non considerare il fattore "uso del suolo", come nell'approccio geomorfologico-statistico da noi seguito nella redazione della carte della suscettibilità all'insacco, potrebbe talora comportare un ampliamento delle aree a suscettibilità elevata (localmente non giustificato ma, in ogni caso a vantaggio di sicurezza per le esigenze di Protezione Civile).

- L'assegnazione all'uso del suolo di un ruolo in positivo, e la conseguente sua quantizzazione, deve poter contare su dati che solo una costosa (per l'ampiezza delle aree) campagna di indagini in sito può fornire. Essa andrebbe rivolta, come suggerito da esperienze scientifiche in atto in "campi prova", ad evidenziare - tra l'altro - alcuni aspetti peculiari delle coltri piroclastiche (in particolare spessori e continuità orizzontale dei vari orizzonti eruttivi, e delle pomici in particolare) che governano le modalità dei flussi idrici sotterranei e le possibilità di approfondimento degli apparati radicali.

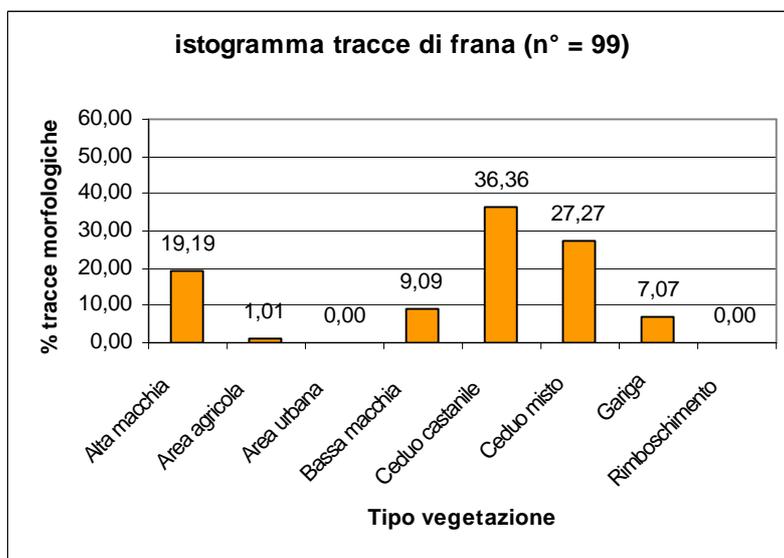


Fig. 13 Istogramma di frequenza delle "tracce di frana"/vegetazione nei territori comunali di competenza del gruppo geologico (escluso Vico Equense).

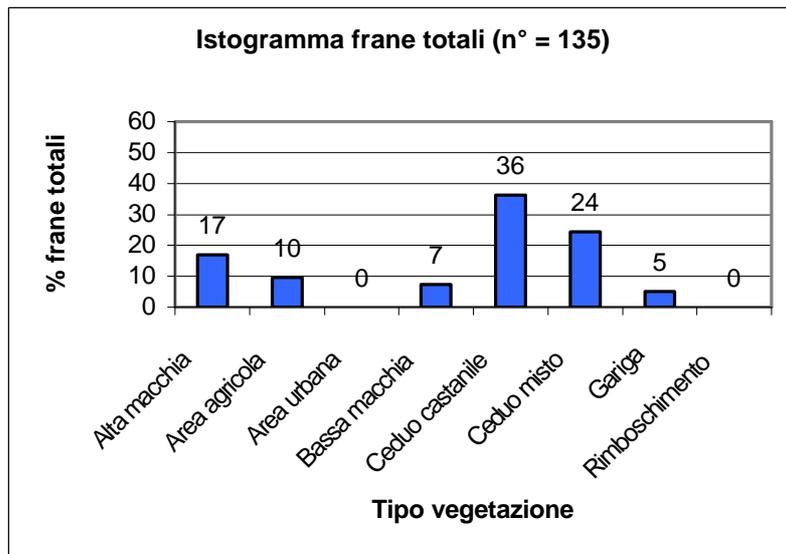


Fig.14 Istogramma cumulativo di frequenza delle frane e delle tracce di frane/vegetazione nei territori comunali di competenza del gruppo geologico (escluso Vico Equense).

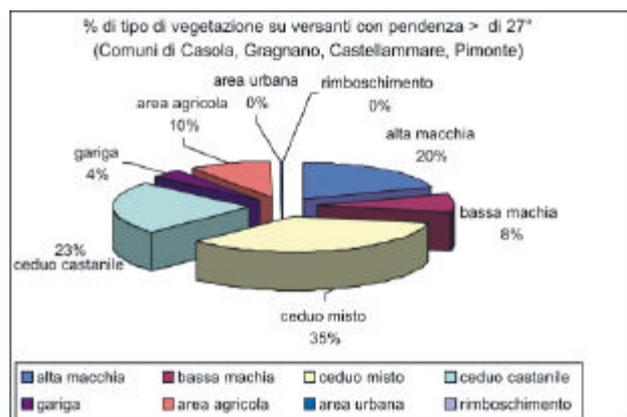
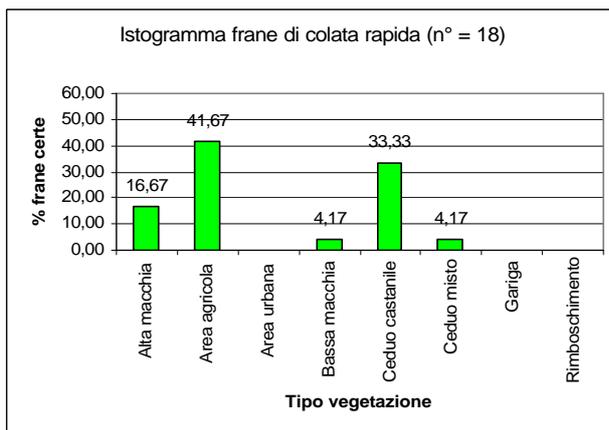


Fig. 15 e 16 (vedi testo)

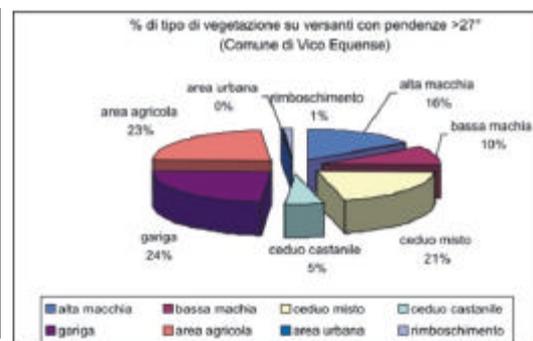
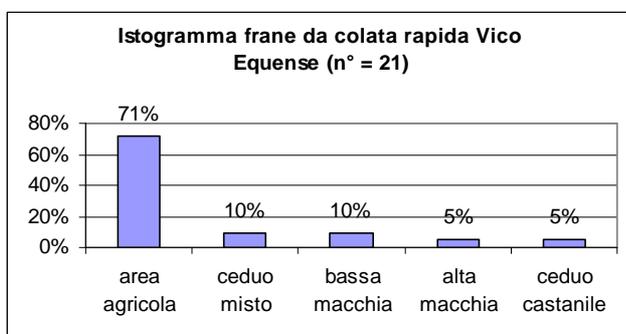


Fig. 17 e 18 (vedi testo)

4. METODOLOGIA ADOTTATA PER LA VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIBILITÀ ALL'INVASIONE

4.1 Gli indirizzi della ricerca scientifica

Le ricerche riguardanti il “*runout*” (distanza percorsa dal corpo di frana) possono essere raggruppate in tre categorie fondamentali. La prima comprende modelli empirici che trattano le modalità di avanzamento dei cumuli di frana (Cannon & Savage, 1988; Scheidegger, 1973; Corominas, 1997). La seconda include modelli analitici semplificati che descrivono il comportamento fisico del movimento del detrito di frana, inteso come unico punto di massa (Sassa, 1988; Hutchinson, 1988; Wang et alii, 2002). La terza prevede simulazioni numeriche con equazioni di conservazione di massa, momento e energia che descrivono la dinamica del movimento detritico e/o un suo possibile modello reologico (Sousa & Voight, 1991; Chen & Lee, 2000; Hungr, 1984; 1995; Takahashi, 1991).

I metodi empirici sono generalmente semplici e relativamente facili da usare se si dispone di un data base storico delle frane. Essi possono comunque essere utilizzati solo per una stima preliminare del profilo di avanzamento.

Un metodo molto semplice ed adottato da tempo in diversi contesti è quello che utilizza l'angolo di estensione (*angle of reach* o *fahrboschung*; Heim, 1882; 1938). Esso è dato dal rapporto di due grandezze (Fig. 6).

H: dislivello misurato dalla quota di impostazione della nicchia di frana (*qn*) e la quota assoluta dell'unghia del cumulo di frana (*qfc*);

L: distanza orizzontale misurata a partire dal coronamento della nicchia di distacco fino all'unghia del cumulo di frana.

In pratica quindi:

$$\text{Angolo di Estensione } (\gamma) = \arctg H/L = \arctg (qn-qfc)/L$$

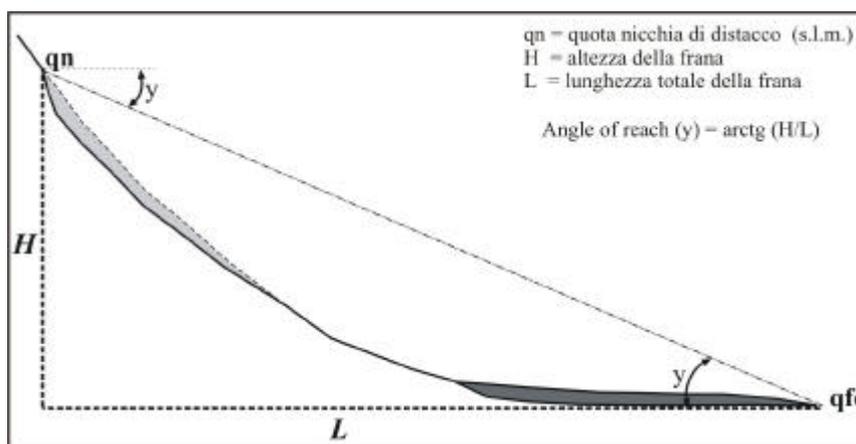


Fig. 19 - Rappresentazione schematica dell'angolo di Reach

Il valore dell'angolo di estensione fu successivamente correlato da Shreve (1968) e da Scheidegger (1973) ai volumi delle frane analizzate, in particolare Hsù (1975; 1978) dimostra,

sulla base di numerosi esperimenti, che esso diminuisce con l'aumentare del volume al di sopra del valore di 100.000 m^3 mentre si mantiene costante per valori più bassi.

Studi di dettaglio sui fattori che condizionano il runout hanno mostrato una correlazione lineare tra il volume e l'angolo di estensione per tutte le varie tipologie di frane già per volumi di 10 m^3 (Corominas, 1997; Legros, 2002; Finlay et alii, 1999). In particolare Corominas (1997) evidenzia come gli earth flows hanno una maggiore mobilità rispetto ai rock falls.

Eisbacher (1979) conferma il legame esistente tra l'angle of reach e il volume del materiale franato e sottolinea al contempo il forte condizionamento dovuto all'altezza di caduta (Dai & Lee, 2002), alle anomalie topografiche, alla forma delle particelle costituenti la massa franata e alla presenza di vegetazione (Skermer 1983).

Per quanto attiene più specificamente gli studi svolti sull'argomento da ricercatori che hanno lavorato nei contesti appenninici campani si possono ricordare Aleotti et alii (2001) che evidenziano la correlazione esistente per le frane di Sarno tra la distanza di transito e il grado di evoluzione del bacino (o la sua struttura gerarchica) e calcolano l'equazione della linea di energia che individua la posizione della fascia altimetrica critica di innesco e quella di runout.

Rolandi et alii (2001) assegnano, sulla base della distribuzione del rapporto H/L di alcune decine di frane dei vari contesti carbonatici campani, un valore di angolo di reach pari a circa 22° per le frane del tipo debris flows (assenza o subordinata presenza di acqua) e a 11° per quelle del tipo hyperconcentrated-flood flow (significativa presenza di acqua).

Calcaterra et alii, 2003 perimetrano le aree di invasione da frana per alcuni massicci carbonatici campani applicando i valori di angolo di reach calcolati su frane pregresse che avevano interessato i rilievi. Gli angoli risultavano più bassi (Fig. 20 e Tab.2) per frane incanalate (angoli mediamente compresi tra i 13° - 20°) e più alti per frane su versanti regolari (25° - 30°) come evidenziato in de Riso et alii, (2007).

Infine, un'analisi statistica del rapporto H/L delle numerose frane verificatesi nei diversi contesti carbonatici della Campania (area flegrea, Penisola sorrentina, M.ti di Avella, Pizzo D'Alvano, Fig. 21 A), ha evidenziato che in ambito flegreo e nella Penisola Sorrentina si riscontrano valori di angolo di Reach più alti rispetto, ad esempio, alla zona di Pizzo d'Alvano.

Di fatto nel presente studio sono stati adottati valori del reach angle di 18° per le frane incanalate e di 28° per le frane su versanti regolari (vedi anche cap. 5)



Fig. 20 - Esempio di frana non incanalata “sub triangolare” con alto valore (29°) dell’angolo di Reach (frana di Nocera del marzo 2005 a destra) ed esempio di alcune colate “incanalate” di Sarno del maggio 1998 con basso valore dell’angolo di Reach (15°).

N°	Frana da colata rapida	Sito	Data	Non incanalata	Incanalata	Altezza (m)	Distanza percorsa (m)	Reach angle (°)	Volume (m ³)
1	Scrajo	Vico Equense	23.11.66	X		220	300	36	10000
2	M. Pendolo	Gragnano	02.01.71	X		205	375	28	7500
3	S. Pantaleone	Pagani	06.03.72	X		90	180	26	5000
4	S. Costanzo	Mitigliano	16.02.73	X		200	272	36	9000
5	Palma Campania	Palma Campania	22.02.86	X		185	400	25	8000
6	S. Pantaleone	Pagani	10.01.97	X		135	240	29	4500
7	Pozzano	Castellammare di S.	10.01.97		X	440	750	30	40000
8	M. Pendolo	Gragnano	10.01.97	X		125	210	31	4500
9	M. Pendolo	Pimonte	10.01.97	X		125	135	43	4300
10	Corsara	Corbara	10.01.97		X	160	135	50	750
11	S. Egidio M. A.	S. Egidio	10.01.97	X		215	500	23	10000
12	Ospedaletto	Ospedaletto	10.01.97		X	250	450	29	10000
13	Vietri s. Mare	Molina di V.	05.05.98		X	570	1700	18,5	9000
14	V. Calabrici	Sarno	05.05.98	X		600	1800	18	274000
15	V. Tuoro	Sarno	05.05.98		X	850	3160	15	61000
16	V. Trave – Chirico	Sarno	05.05.98		X	755	2920	14,5	506000
17	V. S. Lucia	Sarno	05.05.98		X	830	3540	13	134500
18	V. Montagnelle	Sarno	05.05.98		X	450	1050	23	30000
19	V. Chivano	Sarno	05.05.98		X	490	1400	19	38000
20	V. Foresta	Bracigliano	05.05.98		X	610	3000	11,5	85500
21	V. S. Francesco	Quindici	05.05.98		X	650	2500	14,5	122000
22	V. Connola	Quindici	05.05.98		X	730	2800	14,5	264000
23	Monteforte Irp.	Morteforte Irp.	05.05.98	X		250	350	35,5	8000
24	Avella	Avella	05.05.98		X	500	1200	22,5	20000
25	Castello	Cervinara	11.12.99	X	X	475	2100	13	240000
26	Bracigliano	Bracigliano	Dic. 04	X		220	468	25	-
27	Nocera	S.E. M. Albino	4.3.05	X		295	530	29	33000
28	Avellino	M. Faliesi	4.3.05	X		200	400	27	15000

Tab.2 – Parametri morfometrici e angoli di reach delle principali colate rapide di fango (da Budetta & de Riso 2004 & de Riso et alii, 2007 mod.)

Dal grafico cumulativo di (Fig. 21 B) risulta che, indipendentemente dal volume mobilitato, la distribuzione dei punti sembra avere uno sviluppo di tipo lineare o, meglio ancora, secondo una funzione potenza. (Scotto di Santolo, 2000; Calcaterra et alii, 2003).

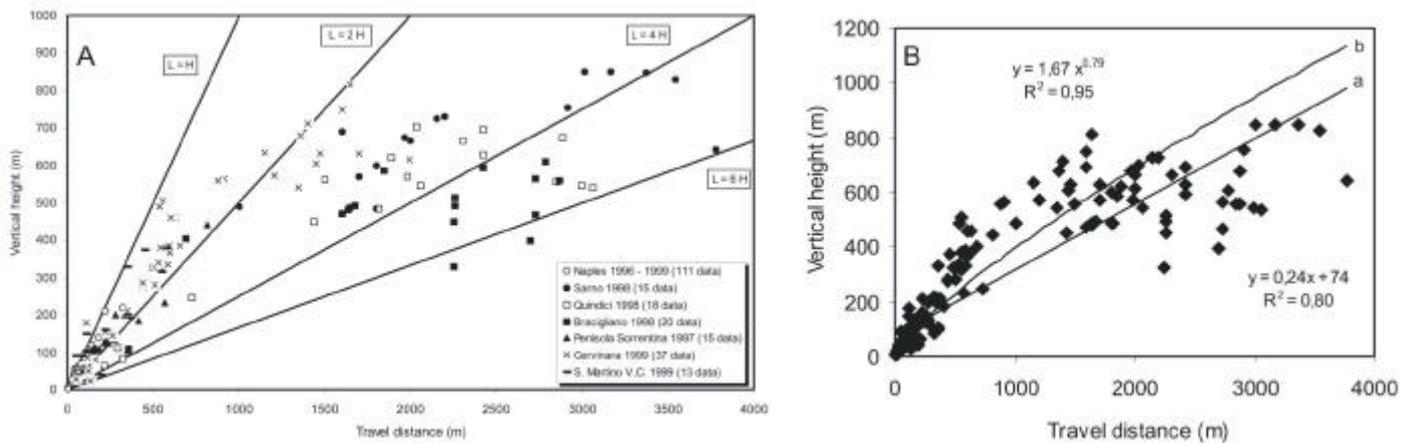


Fig. 21- Avanzamento delle colate rapide basato sul rapporto H/L per i vari contesti della Campania (A). Curve di migliore approssimazione per i valori di H/L: a= regressione lineare; b; funzione potenza (B).

5. I LIVELLI DI SUSCETTIBILITÀ ALL'INNESCO/INVASIONE DI COLATE RAPIDE NEI TERRITORI DEI COMUNI STUDIATI: CONFRONTO CON QUELLI DEL PAI 2002

Nelle Figg. 22 e 23 vengono riportate la carte della suscettibilità all'innesco del PAI 2002 e quella elaborata nel presente studio. Come si può notare le due carte presentano alcune differenze soprattutto sulle classi di suscettibilità bassa e nulla (S0-S1) e meno marcate per le classi a suscettibilità alta ed altissima (S3-S4).

Il grafico di fig. 24 riporta invece le % totali delle aree a diverso grado di suscettibilità (innesco, transito ed invasione) per l'intera area dei comuni studiati. Si può notare che le % dei territori ricadenti in classe di suscettibilità altissima (S4) non sono molto diverse, mentre lo sono per le altre classi (S1, S2, S3) che presentano sempre minore estensione (presente studio) rispetto al precedente PAI 2002.

Occorre ricordare, tuttavia, che anche se i valori di % di S4 sono molto simili, spesso le aree interessate non corrispondano; in generale si è notato che esistono differenze, tra i due studi, soprattutto nei limiti delle possibili zone di invasione sia di frane di incanalate che su versante aperto (vedi paragrafi successivi).

Di seguito verranno illustrate, per singoli comuni, le differenze più significative rispetto al PAI del 2002.

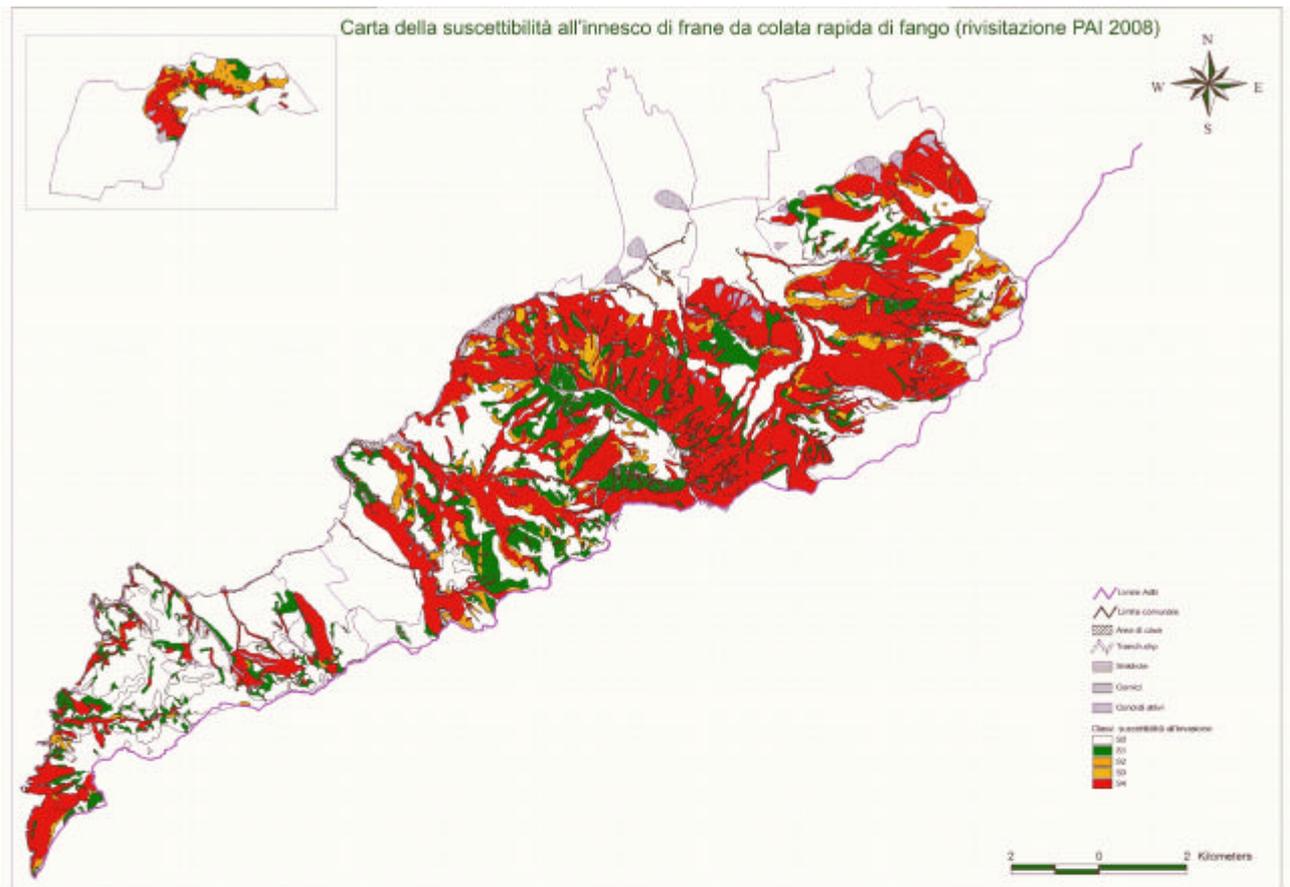


Fig. 22

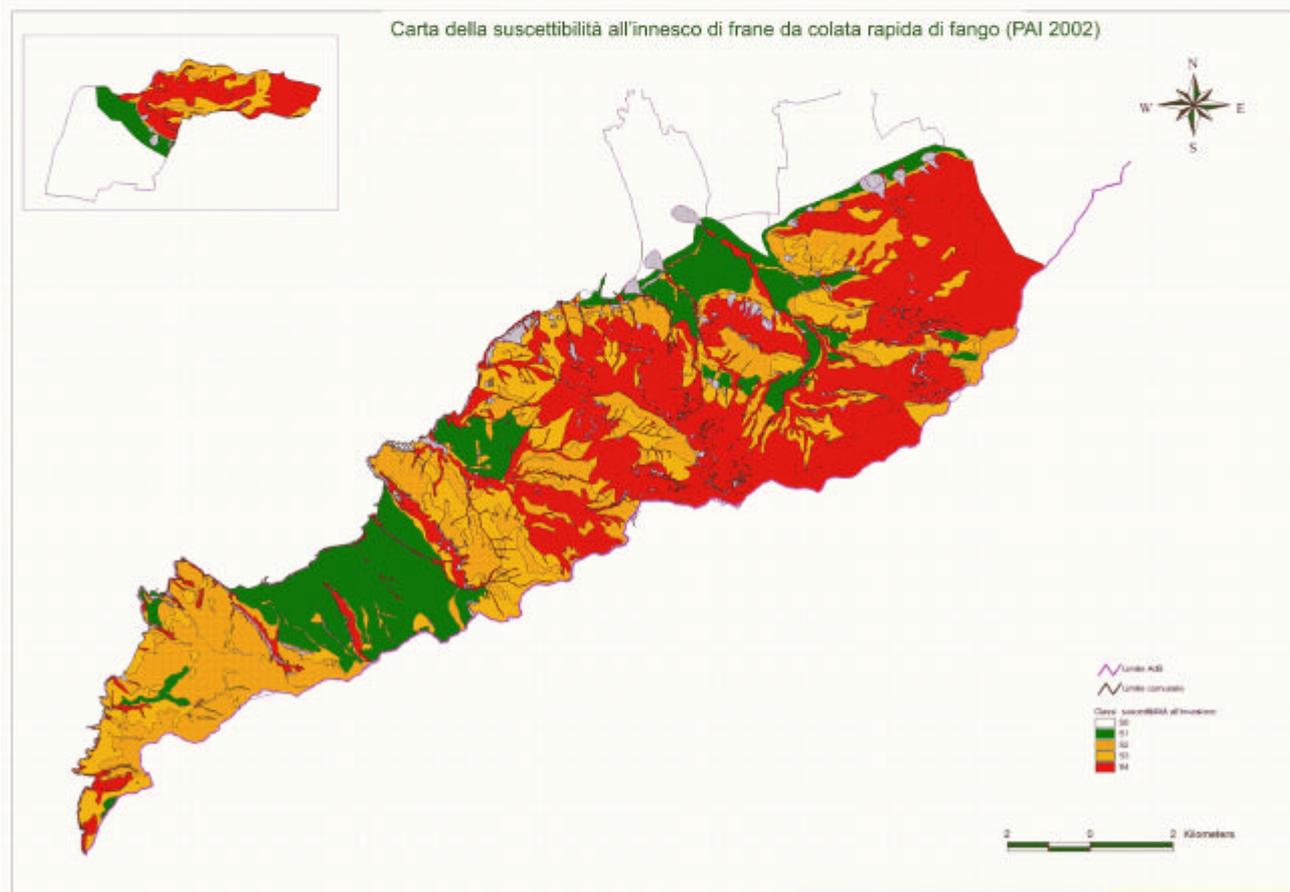


Fig. 23

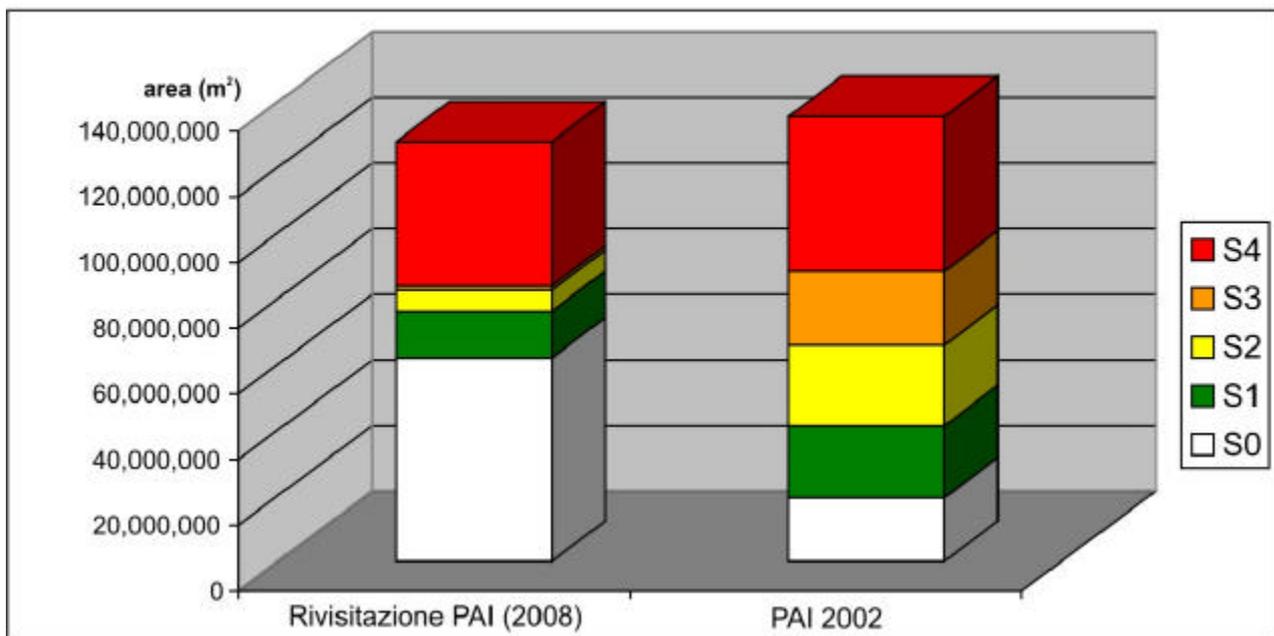
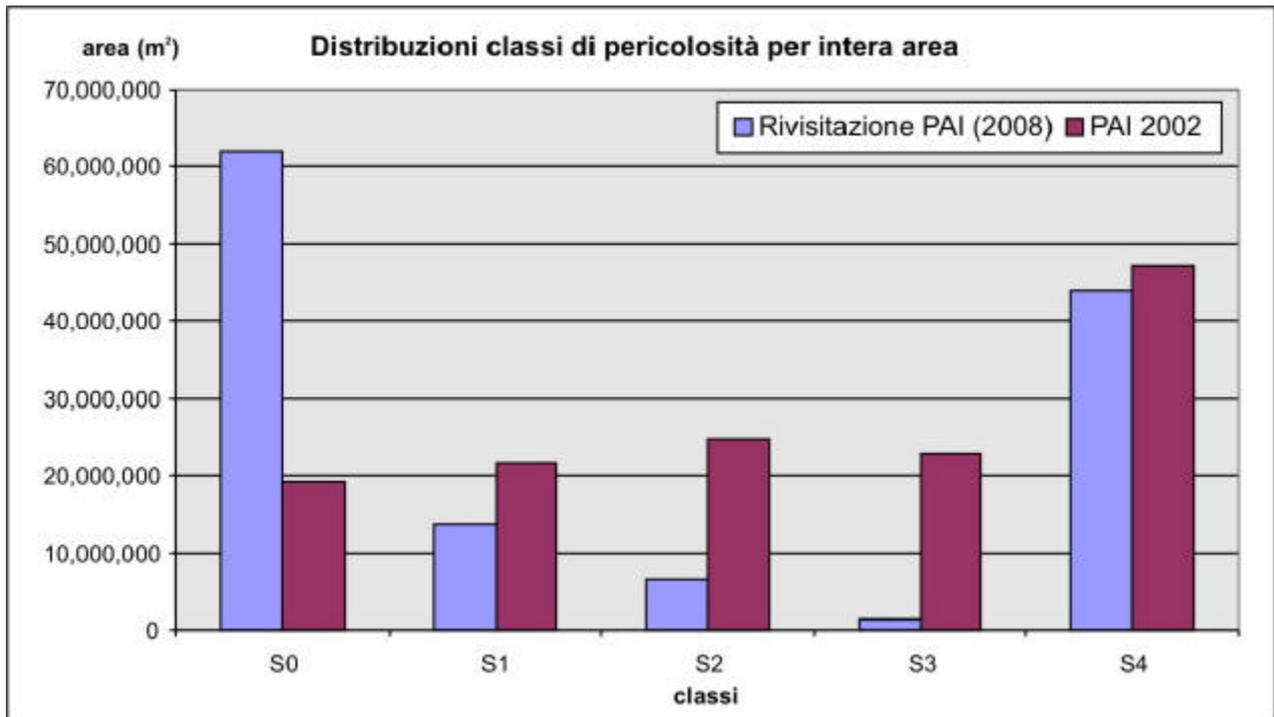


Fig. 24 Istogrammi di frequenza delle classi di suscettibilità (innesco transito ed invasione) per colata rapida di fango nell'intera area dei comuni studiati.

Castellammare di Stabia (fig. 25)

Nel territorio comunale di Castellammare di Stabia, sono state riscontrate due differenze fondamentali tra il PAI 2002 ed il presente studio. Tali differenze si riferiscono sia alle zone di potenziale innesco che a quelle di trasferimento e accumulo.

Per quanto riguarda il versante settentrionale del monte Faito, che limita a sud il comune in oggetto, molte delle aree classificate a pericolosità elevata e molto elevata nel 2002 sono state declassate a un grado di suscettibilità inferiore. Ciò in particolare è avvenuto per:

- le zone di crinale o di displuvio che per ragioni legate alle basse acclività nonché alle esigua presenza di copertura piroclastica sono state classificate a suscettibilità "nulla" e "bassa" o al massimo "media" laddove la pendenza ha valori leggermente più elevati;

- la zona di testata di alcuni impluvi (per esempio quello del Vallone Scururillo) e i ripiani morfologici (situati a quote elevate ma con coperture significative e bassi valori di acclività) che sono stati classificati a suscettibilità nulla o bassa.

Differenze più significative sono state registrate nella zona di trasferimento e accumulo della fascia pedemontana nella quale è possibile distinguere geomorfologicamente due zone e cioè:

- alla base dei versanti regolari privi di incisioni o con incisioni monocursali con piccoli bacini dove l'avanzamento calcolato sulla base dell'angolo di estensione (reach angle) ha portato la linea di massima invasione in molti casi più avanti in avanti rispetto a quanto indicato sul PAI 2002;
- nelle porzioni più distali delle conoidi di seconda generazione, incise da alcuni impluvi quali il Rivo S. Marco, il Rivo Cannetiello, il Rivo S. Pietro e il Rivo Cagnuolo, dove il possibile avanzamento delle colate è stato ridotto in maniera significativa.

Rispetto al PAI 2002 inoltre non sono state riscontrate aree definite a “*suscettibilità media*” (*frane a cinematica lenta*).

Nel territorio di Castellammare sono state differenziate infine le aree suscettibili a frane da crollo che corrispondono a pareti subverticali presenti sia sui versanti che su incisioni torrentizie nonché in corrispondenza della falesia versiliana che limita verso S-SE l'abitato di Castellammare. Quest'ultimo è stato storicamente interessato più di una volta da eventi alluvionali il che ha suggerito di evidenziare alcuni conoidi attivi, in certi casi completamente urbanizzati.

Si segnalano infine alcuni settori interessati in passato da sprofondamenti di origine carsica “Sinkhole” (vedi l'area di Pozzano).

Casola di Napoli (fig.25)

Nel territorio comunale di Casola è l'area sommitale di Monte Muto è stata ritenuta a suscettibilità da “bassa” a “media” anziché “molto alta” per effetto dei valori sostanzialmente bassi degli spessori della copertura piroclastica e delle acclività,. La zona di invasione, in gran parte coincidente con la fascia pedemontana del versante nord di Monte Muto, è stata fatta avanzare rispetto a quella indicata sul PAI 2002. L'avanzamento, sia pure caratterizzato da un passaggio graduale da una zona a suscettibilità da “molto alta” a “media”, è giustificato dal fatto che il versante, pur se privo di incisioni significative (versante aperto) è caratterizzato da pendenze e spessori delle coperture che raggiungono valori critici in zone anche molto alte in quota. Inoltre la presenza di sentieri e tagli antropici incidono negativamente sulla stabilità del versante come dimostrato dal fenomeno franoso innescatosi nel marzo 2005.

Non sono state riconosciute in tale territorio zone indicate nel PAI 2002 a con *suscettibilità media* (*frane a cinematica lenta*); sono state segnalate invece sia le conoidi attive che le pareti subverticali suscettibili rispettivamente a fenomeni di alluvionamento e crollo.

Gragnano (fig. 26)

Per il comune di Gragnano esistono differenze in termini di pericolosità più localizzate tra il PAI 2002 e i risultati ottenuti con il presente studio. Se si fa riferimento al versante settentrionale di M. Pendolo alcuni degli spartiacque o crinali sono stati declassati da una suscettibilità “molto alta” (PAI 2002) a bassa. Per quanto riguarda la zona di invasione posta alla base del versante si evidenziano due marcate differenze, in località V.ne dei Santi e Rosariello, dove la linea di massima invasione è stata spostata in avanti rispetto alla posizione riportata sul PAI 2002 mentre è stata fatta arretrare nel settore più orientale del versante. Tali cambiamenti possono essere spiegati con l'approccio metodologico utilizzato per la determinazione dell'area di invasione (reach angle) e anche con la presenza di alcune frane storiche e dei danni conseguenti ad esse.

Altra differenza da rimarcare riguarda i versanti degli impluvi spesso molto incisi impostati nelle conoidi di seconda generazione. In tali aree la fascia considerata, nel PAI 2002, a pericolosità “alta” e “molto alta”, è stata significativamente ridotta (vedi Rio Gragnano).

Anche nel comune di Gragnano non sono state riscontrate aree definite, nel PAI 2002, a *suscettibilità media (frane a cinematica lenta)*.

Nel territorio comunale di Gragnano sono state infine indicate un'area suscettibile a sprofondamenti e a deformazioni di origine carsica (sinkhole), nonché le zone esposte a crolli (cornici) e a fenomeni di alluvionamento (conoidei attivi).

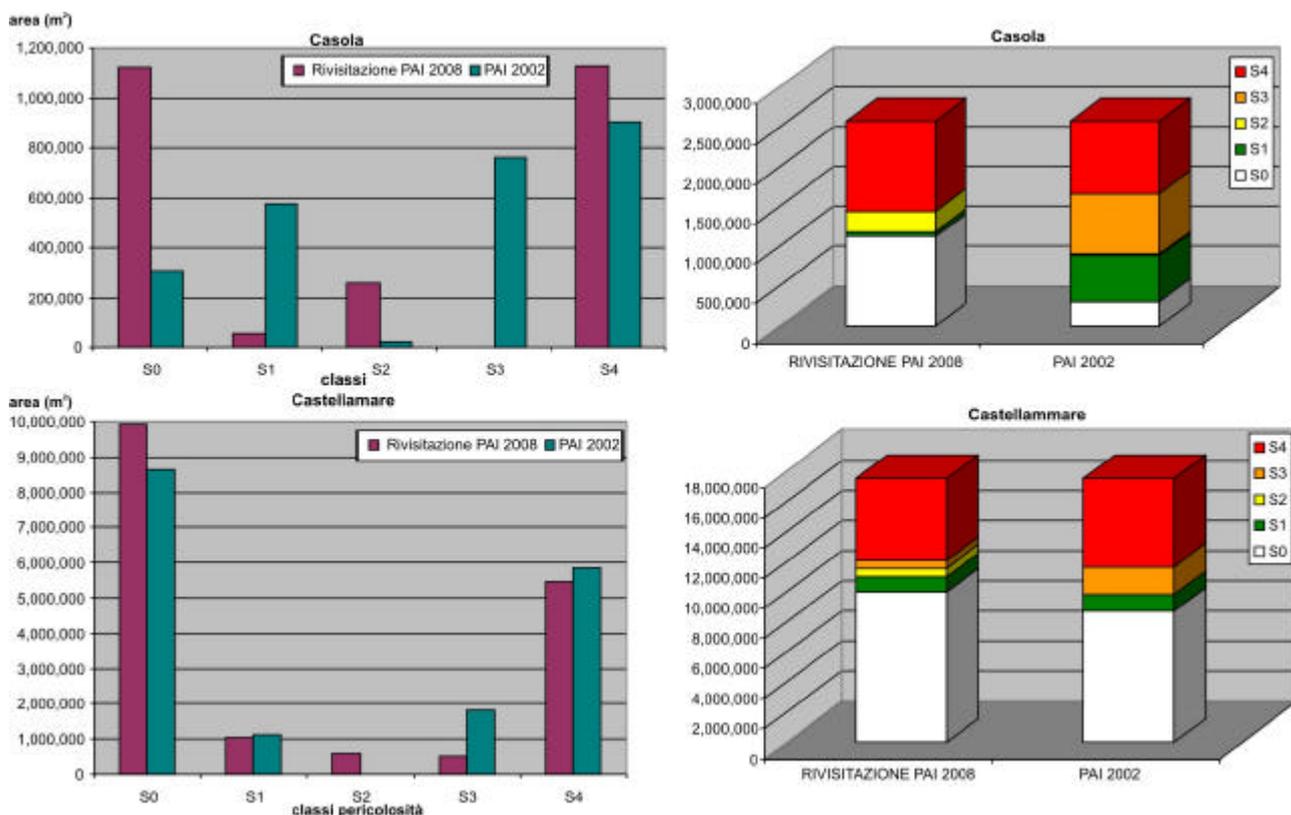


Fig 25.

Lettere e S. A. Abate (fig. 26)

Per quanto attiene al Comune di Lettere non sono state riscontrate sostanziali differenze tra il PAI 2002 e la nuova versione delle carte. Difatti le uniche differenze riscontrate sono:

- 1) presenza nel PAI 2002 di aree a *“Pericolosità media (frane a cinematica lenta)”* non individuate negli studi operati;
- 2) declassazione di alcune aree a *“Pericolosità elevata e molto elevata”* (PAI 2002) ad aree a *“Suscettibilità nulla”* in quanto interessate da settori di versante con acclività ridotta o crinali a debole pendenza;
- 3) estensione verso valle dell'area classificata a *“Suscettibilità altissima”* (corrispondente alla classe *“Pericolosità molto elevata”* nel PAI 2002), in quanto da verifiche operate avvalendosi degli angoli di estensione definiti per le frane attivatesi su versanti planari ed incanalati, il settore settentrionale del territorio comunale di Sant'Antonio Abate è potenzialmente esposto all'arrivo di flussi detritico-fangosi connessi ad eventuali frane attivatesi sui versanti carbonatici di Lettere.

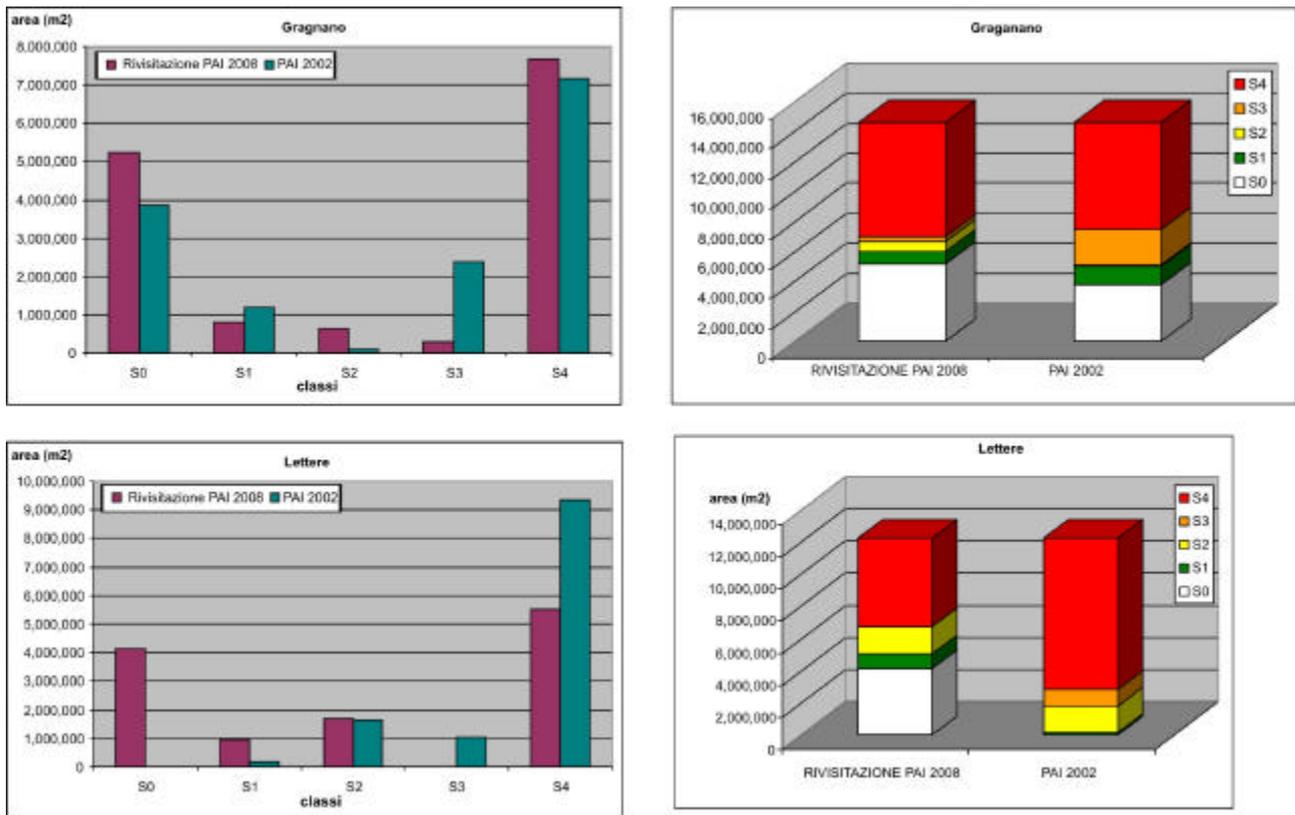


Fig. 26

Vico Equense (fig.27)

Le differenze sostanziali riscontrate nel territorio comunale di Vico Equense sono dovute alla declassazione di alcune aree definite nel PAI 2002 a *Pericolosità molto elevata o elevata* in aree a *“Suscettibilità bassa; possibilità di colate detritico fangose di limitate dimensioni e localizzate soprattutto lungo gli impluvi”* sul versante a sud-ovest del Monte Faito e su quello occidentale e orientale del Monte Comune.

Le motivazione sono da ricondurre, essenzialmente, alla diffusa presenza, in tali areali, di coltri detritico-piroclastiche discontinue con spessore minore di 0.5 m.

Non si è confermata l’esistenza di aree definite nel PAI 2002 come esposte a *“Pericolosità media (frane a cinematica lenta)”* (ad esempio nel settore sommitale del Faito, nelle località Capo Riva, San Salvatore, Patierno, Casola, Fornacelle etc.) per l’assenza di complessi geologici in grado di indurre meccanismi di deformazione lenta dei versanti.

Inoltre nella nuova perimetrazione sono stati classificati a *“Suscettibilità alta e altissima”* il versante meridionale di M.Bellalba e il versante occidentale di Punta Medico. In altri casi, come ad esempio in alcuni settori della frazione di Seiano e della frazione di Fornacelle, l’angolo di estensione ha consentito di trasformare aree perimetrate nel vecchio PAI a *“Pericolosità media (frane a cinematica lenta)”*, in aree a *“Suscettibilità alta o altissima”* in quanto potenzialmente ricettori di corpi di frana provenienti dai retrostanti versanti.

Si segnalano infine alcuni settori interessati in passato da sprofondamenti di origine carsica (*“Sinkhole”*) come nell’area delle doline della Jala, San Francesco, Sperlonga e Scrajo.

Palma Campania (fig. 28)

Il territorio comunale di Palma Campania, almeno per la parte ricadente nell’Autorità di Bacino del Sarno, presenta una sostanziale riduzione delle aree classificate a pericolosità *“alta”* e *“molto alta”* e

una distribuzione più articolata delle aree a diversa suscettibilità da innesco/transito e accumulo per frane da colata rapida. Questo avviene, soprattutto nella parte più interna dell'impluvio presente nel territorio comunale dove le zone a suscettibilità "alta" e "molto alta" sono state declassate a pericolosità "media" e, in misura più ridotta, a "bassa" e "nulla".

Riguardo alle zone di avanzamento anche in questo caso si registra un ampliamento verso valle delle aree suscettibili ad invasione poste alla base dei versanti regolari non incisi (versanti aperti). L'inverso è invece avvenuto a valle dell'impluvio presente nell'area, dove si passa gradualmente da un'area a suscettibilità "molto alta" ad una a suscettibilità "media". Si fa presente che anche in questo contesto non sono state individuate aree definite, nel PAI 2002 a *suscettibilità media (frane a cinematica lenta)*.

Meta (fig. 28)

Nell'ambito del territorio comunale di Meta non vi sono grosse differenze fra il vecchio e nuovo PAI. Infatti l'unica differenza degna di nota è evidente nel settore nord-occidentale del Monte Sant'Angelo a partire dalle due grosse cave che interrompono la continuità dei profili del versante. Qui, per l'esiguo spessore delle coltri detritico-piroclastiche in appoggio sul substrato carbonatico (classe <0.5 m discontinua), l'area è stata classificata a "*Suscettibilità bassa; possibilità di colate detritico fangose di limitate dimensioni e localizzate soprattutto lungo gli impluvi*".

In ogni caso si evidenzia come tale settore, per connotati litologici-strutturali-geomorfologici, è suscettibile, come purtroppo noto, a frane a cinematismo veloce in formazioni lapidee (crolli, ribaltamenti e scivolamenti di prismi carbonatici).

Anche per Meta di Sorrento le simulazioni sulla massima estensione delle frane da scorrimento-colata operate con l'*angle of reach*, hanno evidenziato come, a differenza di quanto previsto nel vecchio PAI, una ridotta fascia posta ai piedi del versante Sud-Ovest del Monte Sant'Angelo sia potenzialmente esposta all'invasione di corpi di frana da scorrimento-colata.

Piano di Sorrento (fig. 28)

Per quanto attiene l'abitato di Piano, grandi differenze sono emerse nell'area del Monte Vico Alvano. Difatti, mentre una porzione del suo versante orientale è stato declassificato a "*Suscettibilità media*" e "*Suscettibilità nulla*", l'intero settore settentrionale ed occidentale, precedentemente classificato a "*Pericolosità Bassa o trascurabile*" è stato considerato, per spessore delle coltri e acclività dei versanti, a *Suscettibilità alta ed altissima*. Inoltre, i versanti settentrionali dei Colli di Fontanelle in formazione complessa sono stati perimetrati, diversamente da quanto previsto nel vecchio PAI (aree a "*Pericolosità elevata*" e a "*Pericolosità bassa*"), come "*Settore di versante in flysch suscettibile all'innesco di frane a cinematismo lento*".

Massa Lubrense (fig. 28)

Anche per Massa la classe prevalente è quella dei "*Settore di versante in flysch suscettibile all'innesco di frane a cinematismo lento*", che rispetto alla vecchia perimetrazione presentano geometrie differenti. Inoltre, la nuova ripermetrazione ha consentito di modificare la geometria e la classificazione di limitati (in termini di estensione) ma numerosi settori del territorio comunale per la cui identificazione si rimanda alle figure di confronto.

Pimonte (fig.29)

Le differenze più importanti riscontrate nel comune di Pimonte rispetto al PAI 2002 riguardano, gli spartiacque o crinali a debole pendenza che sono stati classificati a pericolosità nulla o bassa. Se si fa riferimento, invece, alle aree di invasione è importante evidenziare come la linea che limita l'area a suscettibilità più alta sia stata modificata in particolare nella fascia pedemontana del versante settentrionale del M. Faito e di quello meridionale di M. Pendolo. In particolare, essa è stata

spostata in avanti in corrispondenza della frazione di Tralia localizzata allo sbocco di un impluvi. La linea di massima invasione è stata arretrata invece nel settore ad est di Tralia e sul versante meridionale di M. Pendolo.

A Pimonte non sono state riscontrate le aree a *suscettibilità media (frane a cinematica lenta) indicate nel PAI 2002*, e sono stati evidenziati i conoidi attivi e le pareti subverticali suscettibili a fenomeni di crollo.

Sant’Agnello (fig. 29)

Per il Comune Sant’Agnello, eccezion fatta per il settore sub pianeggiante costituito da una paleosuperficie ignimbratica (IC) su cui sorge il centro abitato, sono state riscontrate diffuse differenze rispetto al vecchio PAI.

Innanzitutto, è stata osservata la diffusa presenza di versanti in formazioni complesse con pendenze comprese tra i 12° ed i 25° (zona dei colli). Tali settori, precedentemente classificati a *“Pericolosità bassa o trascurabile”*, sono stati classificati, ovviamente, come *“Settore di versante in flysch suscettibile all’innescò di frane a cinematisimo lento”*. Inoltre, la fascia detritico-piroclastica posta ai piedi del versante orientale del Picco S. Angelo (frazioni di Trasaella, Tordara e Beltrano) è stata classificata, a differenza del vecchio PAI, a *“Suscettibilità alta o altissima”* in quanto potenzialmente esposta a ricevere flussi fangosi (da verifiche operate avvalendosi degli angoli di estensione definiti per le frane attivatesi su versanti planari).

Sorrento (fig. 29)

Per quanto attiene Sorrento, la classe prevalente, come peraltro già evidenziato nel vecchio PAI, è quella dei *“Settore di versante in flysch suscettibile all’innescò di frane a cinematisimo lento”*. Tali areali presentano, però, geometrie leggermente differenti rispetto al precedente PAI comprendendo anche dei settori che precedentemente erano stati classificati a *“Pericolosità elevata e molto elevata”*. Inoltre, la fascia detritico-piroclastica posta ai piedi del versante settentrionale del M.te Tore è stata classificata, a differenza del vecchio PAI, a *“Suscettibilità alta o altissima”* in quanto potenzialmente esposta a ricevere flussi fangosi (da *angle of reach*).

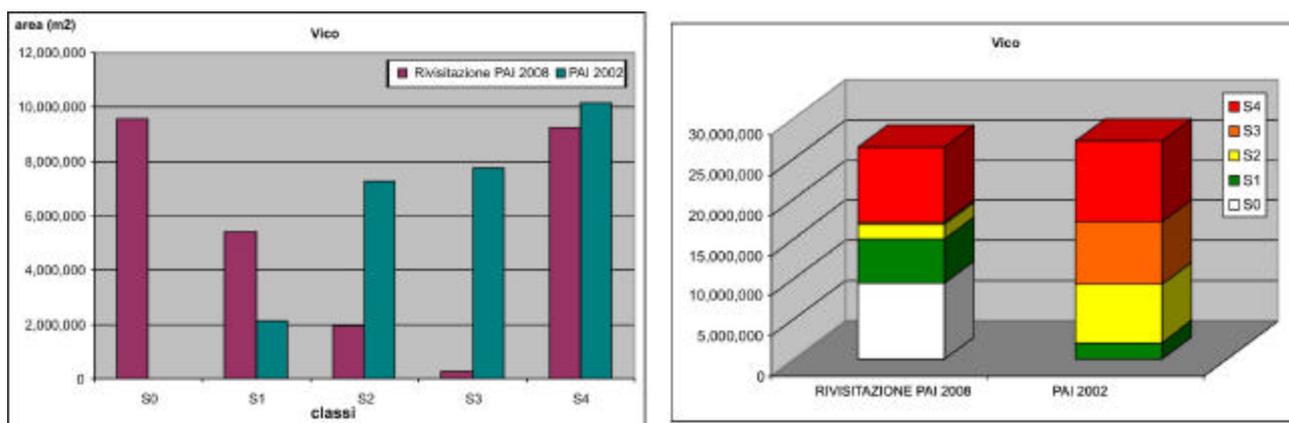


Fig. 27

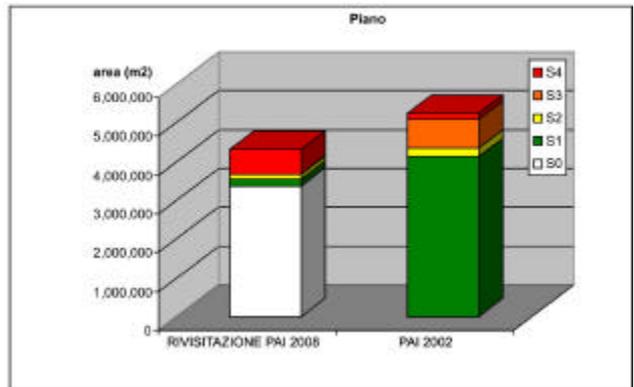
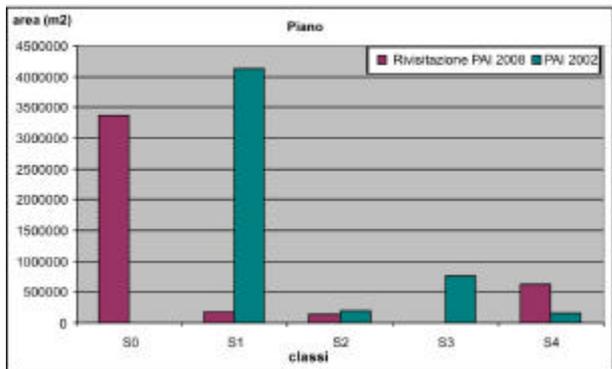
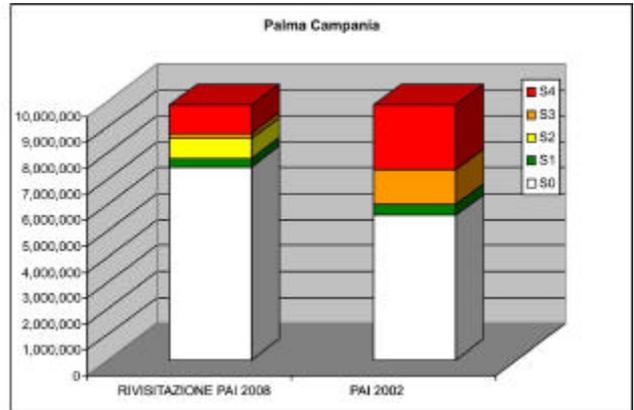
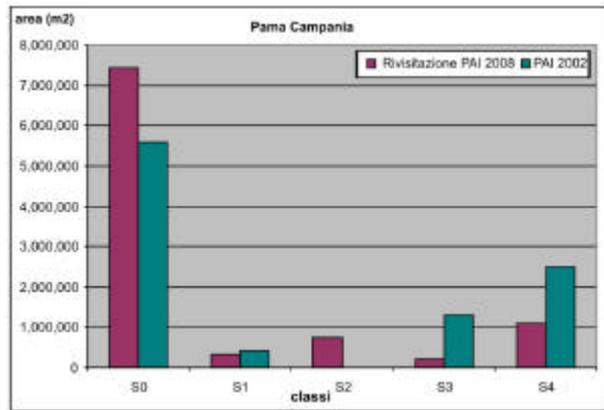
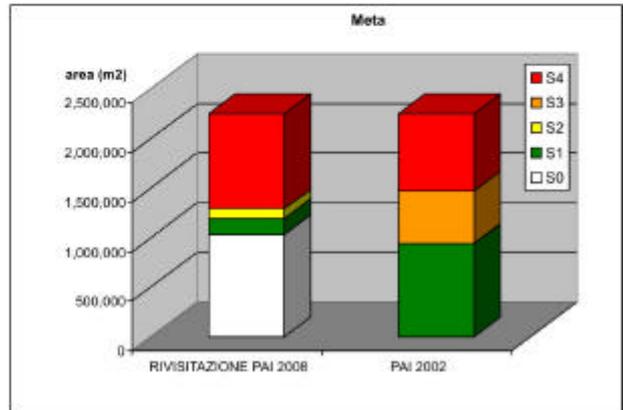
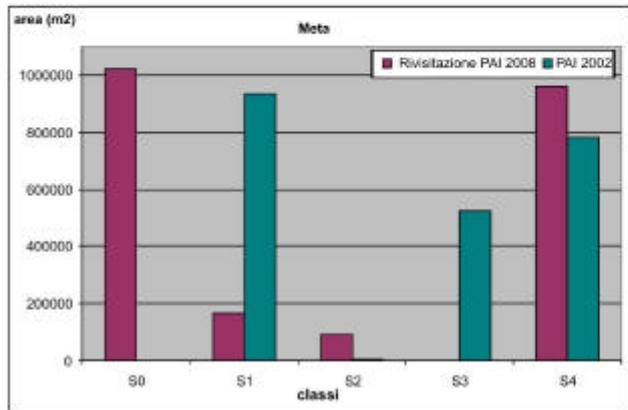
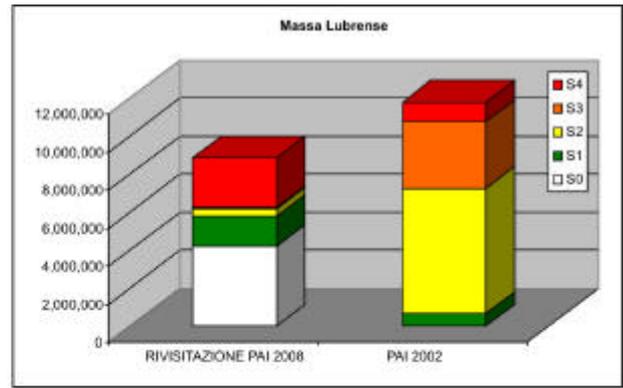
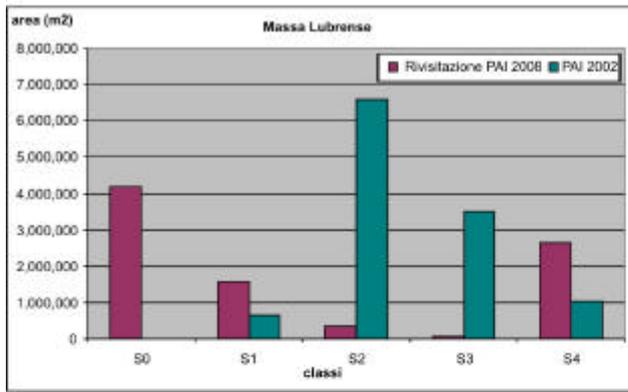


Fig. 28

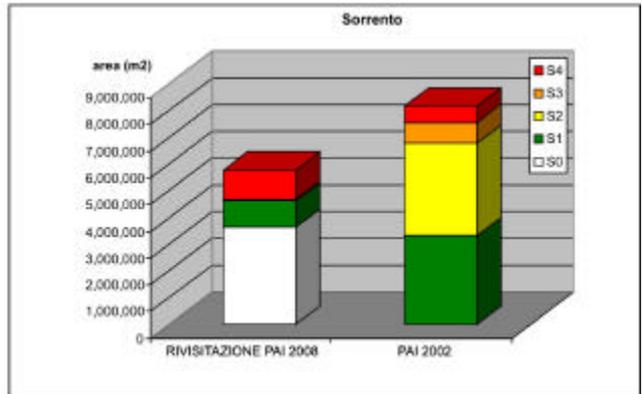
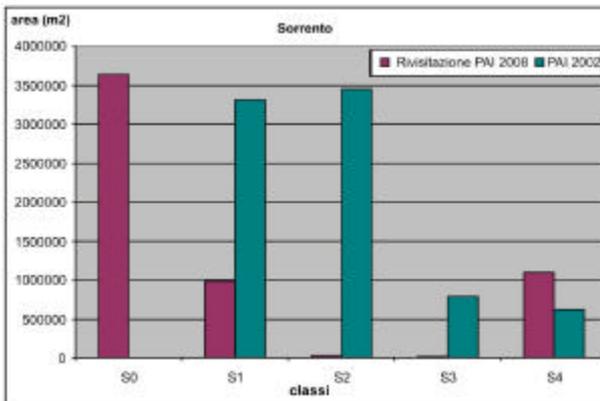
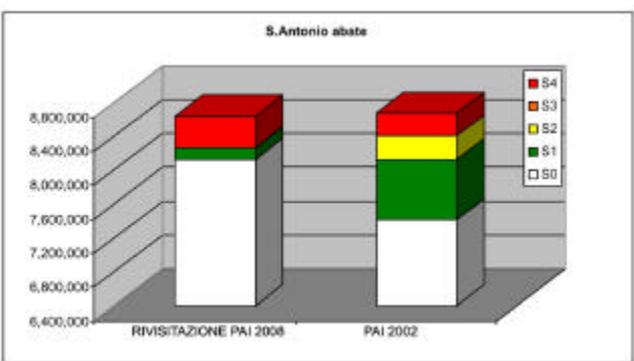
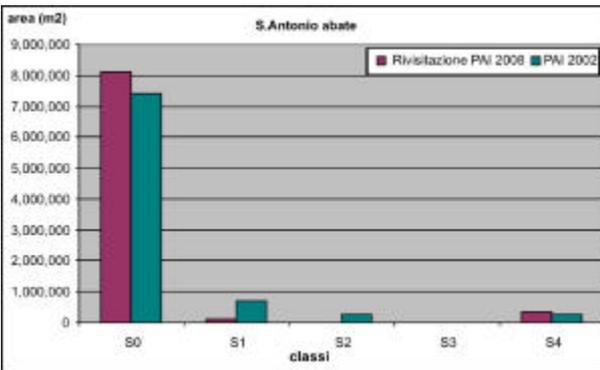
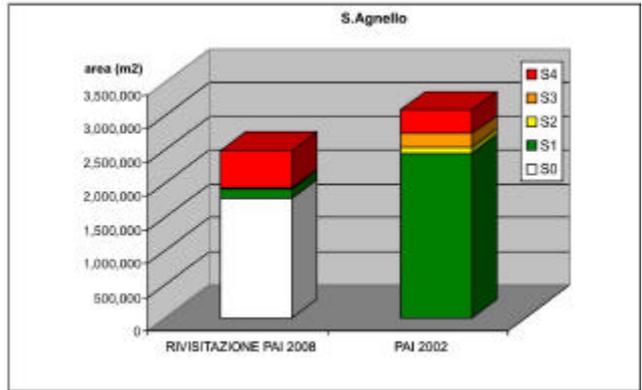
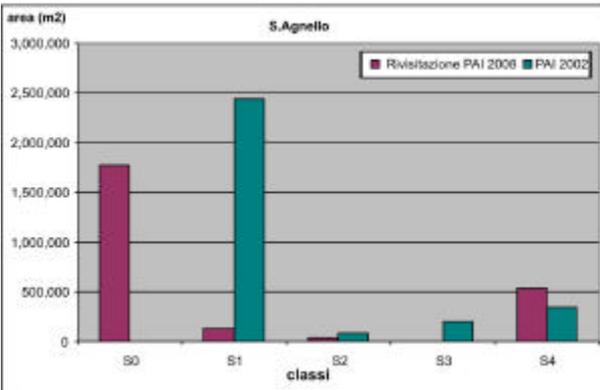
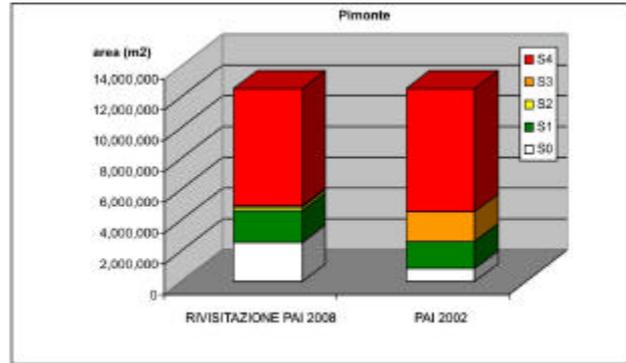
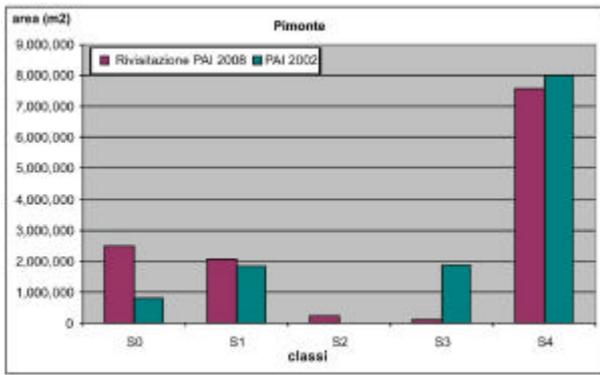


Fig. 29

6. OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

Gli eventi che hanno colpito nel 1998 i centri urbani attorno al Pizzo D'Alvano hanno dato un notevole impulso all'approfondimento in ambito scientifico dei fenomeni di colata rapida con il coinvolgimento di varie competenze (geologica, geotecnica, idraulica, podologico-agraria, urbanistica). A seguito di tali attività oggi si dispone di numerose informazioni anche di dettaglio sui connotati "geologici" rilevati su un numero significativo di eventi (almeno un centinaio) il che costituisce l'indispensabile base di partenza per ulteriori sviluppi della ricerca che sono di interesse scientifico ma anche legati ad esigenze di Protezione Civile, di Pianificazione territoriale, di indirizzi di progettazione di opere di mitigazione del rischio.

In questo senso devono essere inquadrare le varie proposte di redazione di elaborati cartografici tematici (carta della suscettibilità e/o pericolosità da frana e carte del Rischio da frana) di cui si occupano anche prestigiosi Enti Scientifici internazionali già dagli anni 70' (vedi il Servizio Geologico americano, il BRGM francese, etc.) e più di recente i vari progetti di monitoraggio in corso in siti rappresentativi con l'obiettivo più specifico di correlare le osservate variazioni di alcune grandezze fisiche del sottosuolo con le variazioni degli apporti meteorici.

Nell'un caso (metodologie di redazione di cartografia della pericolosità e del rischio) sussistono ancora margini di incertezza più o meno ampi peraltro insiti in ogni studio condotto su "area vasta" (di fatto eseguiti a scala variabile da 1:25000 a 1:5000 non sempre idonei per la valutazione dell'effettivo comportamento di siti puntuali). Tali incertezze, che possono evidentemente essere ridotte mediante attività di approfondimento/revisione periodica (vedi in proposito le iniziative delle diverse Autorità di Bacino operanti sul territorio) hanno ripercussioni più o meno importanti nella scelta delle priorità di intervento che di fatto viene demandata in ultima analisi alla sfera politica.

Nell'altro caso (progetti di monitoraggio) occorre attendere ancora un congruo periodo di tempo affinché i dati sperimentali man mano acquisiti possano costituire il riferimento attendibile per la previsione dell'evento ma anche un contributo decisivo all'analisi dei meccanismi di innesco e di evoluzione post rottura (argomento quest'ultimo con importanti ricadute sul complesso problema della stima dei volumi mobilitabili in futuro).

Napoli, 16 maggio 2008

Prof. Roberto de Riso

BIBLIOGRAFIA

- Abbattista F., D'Agostino G., Del Monaco G., Di Filippo L., Leoni G., Margottini C., Puglisi C., Romano P. & Spizzichino D. (2005) – La valutazione della suscettibilità da frana: applicazione alle colate rapide di Cervinara (AV). *Geologia Tecnica & Ambientale* 1/2005 pp. 26-40.
- Aleotti P. & Chowdhury R. (1999) - Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. *Bull. Eng. Geol. Env.* N° 58, pag. 21-44.
- Aleotti P.; Polloni G.; Canuti P., Iotti A. (2001) - Debris Flow Hazard and Risk Assessment Using Airborne Laser Terrain Mapping Technique (ALTM) – *Landslides*, 2001, pag. 19-26.
- Amanti M., Chiessi V., Conte G., Motteran G. & Ventura R. (1998) – Utilizzo di un GIS per la valutazione della suscettibilità del territorio Campano alle colate-rapide di fango. Un caso di studio alla scala 1:25000. Servizio Geologico Nazionale.
- Anbalagan R. (1992)– Landslide hazard evaluation and zonation mapping in mountainous terrain. *Engineering Geology*, 32, 269-277.
- Ayalew L. & Yamagishi H. (2005) – The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan. *Geomorphology* 65, 15-31
- Brancaccio L., Cinque A., Russo F. & Sgambati D. (1999)– Osservazioni geomorfologiche sulle frane del 5-6 maggio 1998 del Pizzo d'Alvano (Monti di Sarno, Campania). Estratto da “Studi geografici e geologici in onore di Severino Belloni”, Genova 1999, pag. 81-123.
- Calcaterra D., de Riso R. & Di Martire D. (2004) – Valutazione della suscettibilità da frana nella Conca di Agnano (Napoli) mediante applicazione di un modello su base fisica (SHALSTAB). I Workshop Modeci, Arcavacata di Rende, 30-31 marzo 2004.
- Calcaterra D., de Riso R. & Santo A. (2003) – Landslide hazard and risk mapping: experiences from Campania, Italy. *Proc. Intern. Conf. On Fast Slope Movements: Prediction and Prevention for Risk Mitigation*, vol. 1: 63-70. Naples: Patron Editore.
- Calcaterra D., Santo A., de Riso R., Budetta P., Di Crescenzo G., Franco I., Galiotta G., Iovinelli R., Napolitano P. & Palma B. (1997) – Fenomeni franosi connessi all'evento pluviometrico del Gennaio 1997 in Penisola Sorrentina - M.ti Lattari: primo contributo – Atti IX Congresso Nazionale dei Geologi, Roma 17-20 aprile 1997.
- Calcaterra, D. & Santo, A., (2004) - The January 10, 1997 Pozzano Landslide, Sorrento Peninsula, Italy. *Eng. Geol.* 75, 181 - 200
- Cascini L., Guida D., Romanzi G., Nocera G. & Sorbino G. (2000) – A preliminary model for the landslides of May 1998 in Campania Region. *Proc. 2nd Intern. Symp. On Hard Soil Rocks*. Balkema, Rotterdam, pp. 1623-1649.
- Celico P.B. & Guadagno F.M. (1998). L'instabilità delle coltri piroclastiche delle dorsali carbonatiche in Campania: attuali conoscenze. *Quaderni di Geologia Applicata*, 5-1; 75-133, Biologna.
- Chen H. And Lee C. F., 2000. Numerical simulation of debris flows. *Canadian geotechnical Journal* 37, 146-160.
- Corominas J. (1997) – The angle of reach as a mobility index for small and large landslide. *Canadian Geotechnical Journal*, 33, 260-271.
- Corominas J. (1997) – The angle of reach as a mobility index for small and large landslide. *Canadian Geotechnical Journal*, 33, 260-271.
- Cruden D.M. & Varnes D.J. (1996) - Landslide types and processes. In TURNER A.K. and SCHUSTER R.L. (eds.) - *Landslides: investigation and mitigation*. Nat. Res. Council., Transp. Res. Board Sp. Rep. 247, 36-75.
- Dai F.C., Lee C.F. & Ngai Y.Y. (2002)– Landslide risk assessment and management: an overview. *Engineering Geology* 64, 65-87.
- De Riso R. Budetta P., Calcaterra D., De Luca, Del Prete S., Di Crescenzo G, Guarino P., Mele R., Palma G, Santo A. & Sgambati D. (2004) – Fenomeni di instabilità dei versanti dei Monti Lattari e dell'area Flegrea (Campania). *Quaderni di Geologia Applicata*, 11 – 1.
- De Riso R., Budetta P. Calcaterra D. & Santo A. (1999) – Le colate rapide in terreni piroclastici del territorio campano. Convegno su “Previsione e prevenzione di movimenti franosi rapidi”, Trento 17-19 giugno 1999, GEAM.
- De Riso R., Budetta P., Calcaterra D., Santo A. (2005) – Riflessioni sul comportamento delle colate rapide non incanalate della Campania, alla luce delle conoscenze pregresse. Atti del Convegno Nazionale “La mitigazione del rischio da colate di fango” a Sarno e negli altri Comuni colpiti dagli eventi del maggio 1998. Napoli, 2 e 3 Maggio 2005 - Sarno 4 e 5 Maggio 2005.
- Del Furia L. & Valentini F. (2004) – Modello monodimensionale per la valutazione delle aree di probabile invasione da colata rapida di fango. *Quaderni di Geologia Applicata*, 11- 1
- Del Prete M. & Del Prete R. (1999) – Il caso di Quindici (Av) del 5 maggio 1998 nel quadro dei movimenti di massa distruttivi delle coltri piroclastiche della Campania occidentale. *Quaderni di Geologia Applicata*, 6, 1.

- Del Prete M., Guadagno F. M. & Hawkins A. B. (1998) – Preliminary report on the landslides of 5 May 1998, Campania, southern Italy. *Bull. Eng. Geol. Env.* (1998) 57, 113-129.
- Di Crescenzo G. (2003) - Le colate rapide in Campania nei contesti carbonatici: studio dei caratteri stratigrafici e morfometrici ai fini della valutazione delle zone di innesco-transito e del limite di massima invasione (runout). Dottorato di Ricerca in Geologia applicata e ambientale XV Ciclo con esame finale del 16.04.2003 presso l'Università degli Studi Federico II di Napoli
- Di Crescenzo G. & Santo A (1999) – Analisi geomorfologica delle frane da scorrimento-colata rapida in depositi piroclastici della Penisola Sorrentina (Campania). *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, vol. 22, pp. 57-72, 14
- Di Crescenzo G. & Santo A. (2005) – Nuovo contributo sul ruolo svolto dai livelli pomicei nelle aree di distacco delle frane di colata rapida dei massicci carbonatici campani. Convegno Nazionale La mitigazione del rischio da colate di fango a Sarno e negli altri Comuni colpiti dagli eventi del maggio 1998. Napoli, 2 e 3 Maggio 2005 - Sarno 4 e 5 Maggio 2005
- Di Crescenzo G. & Santo A. (2005) Debris slides–rapid earth flows in the carbonate massifs of the Campania region (Southern Italy): Morphological and morphometric data for evaluating triggering susceptibility. *Geomorphology* 66 pp.255-276.
- Di Crescenzo G., Melania De Falco M., Iervolino V., Rinaldi S., Santangelo N., Santo A. (2008)- Proposal of a new semiquantitative methodology for flowslides triggering susceptibility assessment in the carbonate slope contexts of Campania (southern Italy). In stampa su *Italian Journal of Engineering and Environment*.
- Di Vito M. (1999) - Distribuzione dei depositi dell'eruzione delle pomici di Avellino nell'area napoletana e ricostruzione del paleoambiente prima e dopo l'eruzione. *Atti del Seminario Internazionale di Ravello: l'eruzione Vesuviana delle Pomici di Avellino e la facies di Palma Campania*, Centro Europeo per i Beni Culturali, Ravello 15–17 Luglio, pp. 83– 91.
- Eisbacher G.H. (1979) – Cliff collapse and rock avalanches (sturzstroms) in the Mackenzie Mountains, north-western Canada. *Can. Geotech.J.*, Vol. 16.
- Finlay P.J., Mostyn G.R. & Fell R. (1999)– Landslide risk assessment: prediction of travel distance. *Can. Geotech. J.* 36; 556-562.
- Guadagno F. M. (1991) – Debris flow in the campanian volcanoclastic soils (Southern Italy). *Proc. Int. Conf. On "Slope stability engineering developments and applications"*, Institution of Civil Engineering, Thomas Telford, 113-121
- Guadagno F.M. & Perriello Zampelli S. (2000) – Triggering mechanism of the landslides that invested Sarno, Quindici, Siano and Bracigliano (southern Italy) on May 5-6, 1998. In: Bromhead EM, Dixon J, Jbsen ML (eds). *Proc. 8th Int. Symp. On Landslides*, June, Cardiff. Publ. 2. Thomas Telford, London, pp 671-676.
- Guadagno F.M., Martino S. & Scarascia Mugnozza G. (2003) - Influence of man-made cuts on the stability of pyroclastic covers (Campania, southern Italy): a numerical modelling approach. *Environmental Geology* (2003) 43:371–3.
- Heim A. (1882) – *Der Bergsturz von Elm*: *Deutsch. Geol. Gesell. Zeitschr.*, v. 34, p. 74-115.
- Heim A. (1932)– *Bergsturz und Menschenleben*. Fretz und Wasmuth, Zurich, 218 pp.
- Hsù K. J. (1978) – Albert Heim: Observations on landslides and relevance to modern interpretations. From "Rockslides and avalanches", chapter 1, Barry Voight Editor.
- Hsù K.J. (1975) - Catastrophic debris streams (Sturzstroms) generated by rockfalls. *Geol. Soc. Am. Bull.*, v. 86: 129-140.
- Hungr O. & Morgenstern N.R. (1984) – Experiment on the flow behaviour of granular materials at high velocity in an open channel. *Géotechnique* 34, No. 3, 405-413.
- Hungr O. (1995) – A model for the runout analysis of rapid flow slides, debris flows, and avalanches. *Can. Geotech. J.* 32: 610-623.
- Hungr O., Evans S.G., Bovis S.G., Hutchinson J.N. (2001) – A review of the classification of landslides of the flow tupe. *Environmental & Engineering Geoscience*, 7 (3), pp. 1-18.
- Hutchinson J. N. (1988) – General report: Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and idrogeology. *Landslides*, *Proceeding of the fifth international symposium on landslides*, 10-15 July 1988, Losanna, vol. 1, A. A. Balkema/Rotterdam/Brookfield.
- Legros F.(2002) – The mobility of long-runout landslides. *Engineering Geology* 63, 301-331.
- Lirer, L., Munno, R., Petrosino, P. & Vinci, A. (1993) *Tephrostratigraphy of the A.D. 79 Pyroclastic deposits in perivolcanic areas of Mt. Vesuvio (Italy)*. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 58, 133– 149
- Mele R. & Del Prete S. (1999) – Lo studio della franosità storica come utile strumento per la valutazione della pericolosità da frane. Un esempio nell'area di Gagnano (Campania). *Boll. Soc. Geol. It.* 118, 91-111, 15 ff, 3 tabb.
- Migale L.S. & Milone A. (1998)– Mud flows in pyroclastic of the Campania. First data from historical research. *Rassegna Storica Salernitana* 30, 15 (2): 235-271.

- Montgomery, D. R. and Dietrich, W. E. (1994) - A physically based model for the topographic control of shallow landsliding, *Water Resour. Res.* 30(4), 1153–1171.
- Pareschi M. T., Santacroce R, Cavarra L., Favalli M., Giannini F., Sulpizio R., & Zanchetta G. (1998a) – Contributo alla zonazione della pericolosità e alla valutazione del rischio connessi allo scorrimento di colate di fango nel bacino dei torrenti Cranio e Acqualonga. Rischio idrogeologico nelle aree della Campania, Unità Operativa Valle del Cranio, Professional paper, 31 pp.
- Pareschi M. T., Santacroce R, Sulpizio R. & Zanchetta G. (2002) – Volcanoclastic debris flow in the Clanio Valley (Campani, Italy): insights for the assessment of hazard potential. *Geomorphology* 43, 219-231
- Rolandi G., Bellucci F., Colucci O. & Di Lascio M. (2001) – Caratteristiche di messa in posto dei depositi piroclastici da debris flow e da flood flow iperconcentrati, nelle zone dell'appennino campano adiacenti alla regione vulcanica del Somma.
- Rolandi, G. (1997). *The Eruptive History of Somma-Vesuvius Volcanism and Archeology in Mediterranean Area*. De Vivo and Cortini. Ed.
- Rolandi, G., Maraffi, S., Petrosino, P. & Lirer, L. (1993a) - The Ottaviano eruption of Somma-Vesuvius (8000 y b.p.): a magmatic alternating fall and flow-forming eruption. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 58, 43– 65.
- Rolandi, G., Mastrolorenzo, G., Barrella, A.M. & Borrelli, A. (1993b) - The Avellino plinian eruption of Somma- Vesuvius (3760 y b.p): the progressive evolution from magmatic to hydromagmatic style. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 58, 67–88.
- Rolandi, G., Munno R. & Postiglione C. (2003) - The A.D. 472 eruption of Somma volcano. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 129, 291-319.
- Sassa K. (1988) – Special lecture: Geotechnical model for the motion of landslides. *Landslides, Proceeding of the fifth international symposium on landslides, 10-15 July 1988, Losanna, vol. 1, A. A. Balkema/Rotterdam/Brookfield.*
- Scheidegger A. E. (1973) – On the prediction of the reach and velocity of catastrophic landslides. *Rock mechanics* 5, 231-236.
- Scheidegger A. E. (1973) – On the prediction of the reach and velocity of catastrophic landslides. *Rock mechanics* 5, 231-236.
- Scotto di Santolo A. (2000) – Analisi geotecnica dei fenomeni franosi nelle coltri piroclastiche della provincia di Napoli. Tesi di Dottorato di Ricerca in Ingegneria Geotecnica, relatore Prof. A. Evangelista.
- Shreve R.L. (1968a) – The Blackhawk landslide. *Geol. Soc. America Spec. Paper* 108, 47 p.
- Sigurdsson, H., Cashdollar, S. & Sparks, S.R.J. (1982) - The eruption of Vesuvius in A.D. 79: reconstruction from historical and volcanological evidence. *Am. J. Archaeol.*, 86.
- Sirangelo B. & Braca G. (2004) - Identification of hazard conditions for mudflow occurrence by hydrological model Application of flair model to Sarno warning system *Engineering Geology* 73 (2004) 267–276
- Skermer N. A., 1983. Discussion on paper “Nature and mechanism of the Mount St Helens rockslide-avalanche of 18 May 1980” *Geotechnique*, 35,; 357-362.
- Sousa J and Voight B. (1991). Continuum simulation of flow failures. *Geotechnique* 41, 515-538
- Takahashi T. (1991). Debris flow. *IAHR Monograph*, A.A. Balkema, Rotterdam.
- Turrini M. C. & Visintainer P. (1998) - Proposal of a method to define areas of landslide hazard and application to an area of the Dolomites, Italy. *Engineering Geology* 50 (1998) 255–265
- Turrini M.C., Bernardinello D. & Visintainer P. (1998) – Esempi di metodi cartografico-numeric per la zonazione della pericolosità da frana ad applicazioni ad aree dolomitiche. *Mem. Soc. Geol. It.*, 53, 295-310, 9 ff, 9 tabb.
- Wang F.W., Sassa K & Wang G. (2002) – Mechanism of long-runout landslide triggered by the August 1998 heavy rainfall in Fukushima Prefecture, Japan. *Engineering Geology* 63, 169-185.

APPENDICE

LEGENDE DELLA CARTOGRAFIA PRODOTTA

CARTA GEOLOGICA

DEPOSITI DETRITICI E VULCANICI QUATERNARI

- 3** **Depositi di origine antropica**
- 12** **Depositi di spiaggia recente (Olocene - attuale)**
Sabbie sciolte con granuli di origine calcarea o vulcanica, talvolta laminate. Possono essere associati a cordoni costieri (G22, S3-2-1).
- 7** **Depositi alluvionali recenti (Olocene - attuale)**
Ghiaie e sabbie poligeniche in banchi e strati con matrice sabbioso-limosa; limi, sabbie fini ed argille con intercalati livelli piroclastici (b321, Dce, ela-b-e-bs)
- 11** **Depositi piroclastici e vulcanoclastici dell'area Somma-Vesuvio e delle aree circostanti la Piana Campana (Pleistocene sup - attuale)**
Depositi da caduta e da flusso, prevalentemente cenere, pomice e scorie, variamente cementate e legate all'attività post-Ignimbrite Campana, a partire dalle pomice di Base fino all'attività recente (CV, [PV, LPV2-5, LPV8, LPV11B, LPV13B, LPV17,LPV20B, LPV23B, PMX, PSP, PPL1-2, PPM, PAV1-2, PMR1-2, PVR1-2, PPB1-3,ASV, PP, PR, P1-2, PTM).
- 8** **Depositi di versante eluvio-colluviale (Pleistocene sup - Olocene)**
Ghiaie, sabbie e sabbie limose costituite da materiale piroclastico rimaneggiato e subordinato detrito calcareo, accumulatosi come detrito di falda e di conoide; colluvioni vulcanoclastiche. Talora includono accumuli di frana di tipo colata con frammenti litoidi in matrice cineritica (D3, Dc2a, C)
- 7** **Detrito di versante (Pleistocene sup - attuale)**
Detriti di falda più o meno incoerente con clasti prevalentemente calcarei eterometrici, in matrice arenacea e/o piroclastica, in parte derivanti da detriti di frana di tipo colata. Breccie più o meno cementate (D2b, D1 b-a, br).
- 9** **Ignimbrite Campana (Pleistocene sup)**
Pomice grigie e depositi da flusso piroclastico grigio-scuro legati all'eruzione dei Campi Flegrei (IGC)
- 2** **Depositi alluvionali terrazzati (Pleistocene medio - Olocene)**
Ghiaie e breccie poligeniche in banchi a matrice sabbioso-limosa, sabbie, argille e limi argillificati. (b2-1)
- 6** **Depositi di conoide alluvionale antichi (Pleistocene sup)**
Conglomerati e ghiaie con clasti carbonatici in matrice piroclastica (CSZ, OVE, CGN)

Breccie e depositi di conoide antichi (Pliocene-Pleistocene)

Breccie e conglomerati a clasti carbonatici eterometrici, ben cementate e con scarsa matrice, spesso interessati da discontinuità di natura tettonica (BPI, BPI1-2, AGE, BMF).

DEPOSITI TERRIGENI TERZIARI

Depositi arenacei e marnosi (Miocene)

Arenarie arcose, arcose-litiche e quarzoso-feldspatiche stratificate grigiastre, bruno-giallastre, talora alterate, con intercalazioni di calcareniti a macroforaminiferi, marne, siltiti, peliti (Unità dell'isola di Capri, Lattari e Picientini) (ABT, UAC, ADD, ADM, ADN)

Breccie poligeniche (Miocene sup - Pliocene)

Breccie, megabreccie e conglomerati con clasti poligenici (carbonatici, subordinatamente arenacei) ed eterometrici in matrice sabbiosa color ocra (Unità dei Monti Lattari e Picientini) (MBO, BPC)

Depositi calcareo-marnosi, marnosi e calcarenitici (Paleocene - Miocene)

Alteranze prevalentemente di natura torbiditica di calcari marnosi, marne talora silicizzate, calcilutiti e argille marnose stratificate; calcareniti e calciruditi bioclastiche. (Unità del Complesso Sicilide, di Monte Serrone, subordinatamente Unità Monti Lattari) (MSA, ac, UCP, CDR)

DEPOSITI DI PIATTAFORMA CARBONATICA

Depositi di piattaforma carbonatica (Cretacico-Oligocene)

Calcilutiti, calcareniti e calciruditi fossilifere (rudiste, lamellibranchigasteropodi, alghe, foraminiferi), grigi-avani, stratificati e talora dolomitici; possono essere presenti livelli piùmarnosi con liste e noduli di selce. Breccie e conglomerati calcarei stratificati e più o meno gradati, possono essere a loro eteropici. (Unità dell'isola di Capri, Monte Faito, Monti Lattari e Picientini) (CSS, CPC, SPC, RT, CBL, MFR, T, CMT1 -2, CMN)

Marne ad orbitoline (Aptiano)

Marne verdi e calcari marnosi nodulari ricche in orbitoline (Unità dei Monti Lattari) (MOF)

- Sargenti
- Faglia, tratteggiata se presunta
- Sovrascorrimento
- < Giacitura di strato

CARTA GEOMORFOLOGICA

FORME TETTONICHE E STRUTTURALI



Ripiani morfologici e crinali a debole pendenza



Cornice sommitale o intermedia di versante a controllo strutturale o cornice di morfoselezione su rocce carbonatiche

FORME FLUVIO-TORRENTIZIE E DI VERSANTE LEGATE AL DILAVAMENTO



Settore di versante regolare (area di interbacino e "faccette triangolari") caratterizzato da poche incisioni: con coperture piroclastiche generalmente continue (a); con coperture piroclastiche di spessore inferiore a 0.5 m discontinue (b)
(Possibile area di innesco di frane da colata rapida di fango di tipo subtriangolare)



Area di bacino inciso caratterizzato da vario grado di gerarchizzazione con coperture piroclastiche generalmente continue (a); con coperture piroclastiche di spessore inferiore a 0.5 m discontinue (b)
(Possibile area di innesco di frane da colata rapida di fango di tipo incanalato)



Scarpata di erosione fluviale impostata prevalentemente su rocce detritiche o detritico-piroclastiche, con pendenze $>45^\circ$, potenzialmente sede di frane da scorrimento e crollo



Scarpata di erosione fluviale impostata prevalentemente su rocce carbonatiche con pendenze $>45^\circ$, potenzialmente sede di frane da scorrimento e crollo



Versante fluvio-denudazionale in complessi terrigeni miocenici (Flysch)



Piana alluvionale



Lobo di conoide detritico-piroclastico di età storica



Conoide detritico-piroclastica attiva costituita almeno in parte da frane di tipo colata detritico-fangosa, di età storica



Conoide detritico-piroclastica incisa, terrazzata e inattiva costituita prevalentemente da clasti da fortemente a debolmente cementati (Pleistocene sup-Olocene)



Conoide detritico-alluvionale inattiva costituita da clasti cementati (Pleistocene medio-inf.)



Concavità morfologica (hollow)



Vallecola a conca



Impluvio molto inciso



Impluvio poco inciso



Impluvi, sedi di possibili fenomeni di incanalamento per frane da colata rapida di fango

FORME DI VERSANTE LEGATE PREVALENTEMENTE ALLA GRAVITÀ

 Accumulo detritico colluvionale alla base dei versanti

FORME LEGATE A PROCESSI MARINI

 Depositi di spiaggia

 Falesia

 Paleofalesia

FORME DI ORIGINE COMPLESSA: PER AGGRADAZIONE PIROCLASTICA, PROCESSI CARSICI ED ANTROPICI

 Terrazzi di aggradazione piroclastica (Tufo Grigio Campano)

 Sentieri, mulattiere e strade montane

 Alveo strada

 Cava

 Parete subverticale legata ad attività estrattiva

 Dolina da crollo

 Anomalia del reticolo idrografico (gomito fluviale), punto di possibile deviazione del flusso fangoso

 Punto di crisi in corrispondenza di strutture e infrastrutture suscettibili al transito/invasione di frane da colata rapida di fango del tipo incanalato

LEGENDA CARTA DEGLI SPESSORI



Substrato affiorante: calcari e breccie (A); Ignimbrite Campana (B)

Classe A: < 0.50 m



Coperture di limitato spessore discontinue e costituite da terreni piroclastici sciolti e talora pedogenizzati. I terreni di questa classe sono generalmente presenti nei settori medio-alti dei versanti.

Classe B: 0.50 - 2.00 m



A) Coperture generalmente continue, costituite da terreni piroclastici sciolti (limo-sabbioso-argilloso) e localmente pedogenizzati. Si rinvengono talora livelli di pomici discontinui, in sede o rimaneggiati. I terreni di questa classe sono prevalentemente presenti nei settori medio-alti dei versanti.

Sui versanti terrigeni lo spessore generalmente non supera il metro.

B) Nei territori della penisola Sorrentina sono presenti, localmente, settori che pur presentando coltri piroclastiche continue, possono avere spessori inferiori a 0.50 metri.

Classe C: 2.00 - 5.00 m



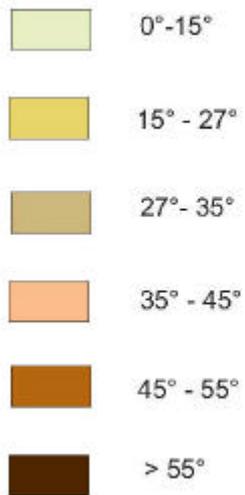
Terreni piroclastici prevalentemente rimaneggiati e pedogenizzati nella porzione più superficiale con intercalazioni di lenti decimetriche di pomici e livelli di ghiaie di natura calcarea. I terreni di questa classe sono generalmente presenti nei settori medio-bassi dei versanti.

Classe D: > 5 m



Terreni piroclastici prevalentemente rimaneggiati e pedogenizzati nella porzione più superficiale con intercalazioni di lenti decimetriche di pomici e livelli di ghiaie di natura calcarea. I terreni di questa classe sono generalmente presenti nei settori bassi dei versanti.

LEGENDA CARTA DELLE ACCLIVITA'



Legenda della 'Carta della Suscettibilità all'innesco di frana da colata rapida di fango'

	Suscettibilità NULLA
	Suscettibilità BASSA; possibilità di colate detritio-fangose di limitate dimensioni e localizzate soprattutto lungo gli impluvi
	Suscettibilità MEDIA
	Suscettibilità ALTA
	Suscettibilità ALTISSIMA
	Parete subverticale, falesia o scarpata suscettibile all'innesco di frane da crollo in roccia lapidea
	Settore di versante in flysch suscettibile all'innesco di frane a cinematismo lento. Localmente, dove presenti coperture piroclastiche, si possono innescare colate rapide di modeste dimensioni.
	Conoide alluvionale e/o detritico suscettibile a fenomeni di trasporto solido
	Area suscettibile a sprofondamenti e a deformazioni di versante di origine carsica (doline da crollo, sinkhole, trench).
	Area di cava

Legenda della 'Carta della Suscettibilità all'innescò-transito-invasione di frana da colata rapida di fango'

	Suscettibilità NULLA
	Suscettibilità BASSA; possibilità di colate detritio-fangose di limitate dimensioni e localizzate soprattutto lungo gli impluvi
	Suscettibilità MEDIA
	Suscettibilità ALTA
	Suscettibilità ALTISSIMA
	Parete subverticale, falesia o scarpata suscettibile all'innescò di frane da crollo in roccia lapidea
	Settore di versante in flysch suscettibile all'innescò di frane a cinematismo lento. Localmente, dove presenti coperture piroclastiche, si possono innescare colate rapide di modeste dimensioni.
	Conoide alluvionale e/o detritico suscettibile a fenomeni di trasporto solido
	Area suscettibile a sprofondamenti e a deformazioni di versante di origine carsica (doline da crollo, sinkhole, trench).
	Area di cava