

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA CAMPANIA

CONVEGNO

Sarno 10 anni dopo

Esperienze, insegnamenti, questioni aperte

Università di Napoli Federico II – Complesso di M. S. Angelo, Sala Rossa

***Esperienze professionali per la definizione della
susceptibilità ad innesco ed invasione di frane
da scorrimento-colata nei depositi
vulcanoclastici della Campania.***

Studi di compatibilità idrogeologica

Napoli, 5 maggio 2008

dr. Geol. Biagio PALMA

oltre ai notevoli progressi scientifici sui meccanismi di innesco/transito ed accumulo, le frane occorse nell'ultimo decennio in Campania hanno sicuramente contribuito anche allo sviluppo della **professione di geologo**

CONVEGNO "Sarno 10 anni dopo. Esperienze, insegnamenti, questioni aperte"
5 maggio 2008 – Sala Rossa, Complesso di Monte S. Angelo, Università di Napoli Federico II
Dott. Geol. Biagio Palma – IdroGeo S.r.l.



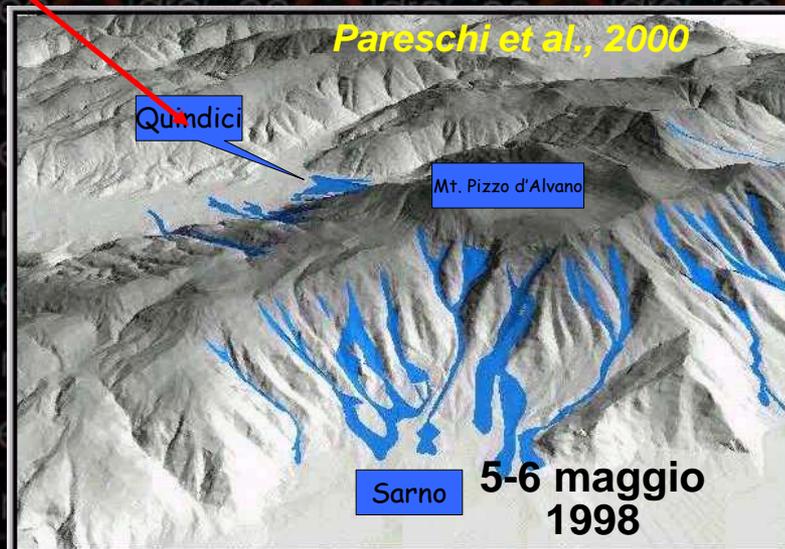
Alcuni degli eventi franosi occorsi in Campania tra gli anni 1996 e 1998



Calcaterra et al., 1999



Calcaterra & Guarino, 1999



Pareschi et al., 2000

Date significative

In particolare a seguito delle frane del 5-6 Maggio del P.zzo d'Alvano e M. Fellino viene varato il **D.L. 180/98 ("Decreto Sarno")**, che:

- da un forte impulso all'applicazione della legge 183/89 istituendo le Autorità per i bacini regionali ed i relativi organismi operativi
- definisce tempi, risorse e percorsi per l'elaborazione ed approvazione dei piani straordinari e stralcio per l'Assetto Idrogeologico

Pertanto, a seguito dell'entrata in vigore dei *PSAI*, i progetti delle opere consentite nelle aree a rischio da dissesto di versante devono essere accompagnati da uno **studio di compatibilità idrogeologica** da sottoporre a parere *dell'AdB competente*

Di seguito si sintetizzano i criteri per la redazione degli studi di compatibilità idrogeologica (da art. 39 delle Norme di Attuazione del PSAI AdB NW)

- relazione geologica ove vengono specificati gli aspetti geologico-stratigrafici, strutturali, geomorfologici, idrogeologici e geologico-tecnico
- Cartografia geotematica (carte geolitologica con relative sezioni, geomorfologia, delle frane, degli spessori delle coperture, ove esistenti) in scala di dettaglio $\geq 1: 5000$;
- Censimento delle frane in atto e pregresse (analisi storica e ricerche di archivio)
- descrizione dell'assetto stratigrafico-sedimentologico dei depositi di copertura per la definizione dei meccanismi deposizionali

DI SEGUITO SI ILLUSTRANO ALCUNI APPROCCI METODOLOGICI E FASI LAVORATIVI SEGUITE PER LA REDAZIONE DI STUDI DI **COMPATABILITA' IDROGEOLOGICA** SUDDIVIDENDOLI PER:

- Aree di innesco
 - Campo Pozzi di San Felice a Cancellò
 - Rete di adduzione idrica Collina dei Camaldoli (Comune di Napoli)
- Aree di invasione
 - Arteria stradale ai piedi del Vallone Sartania (Comune di Napoli)
 - Conoidi di Pignano e Migliano (Comune di Lauro)

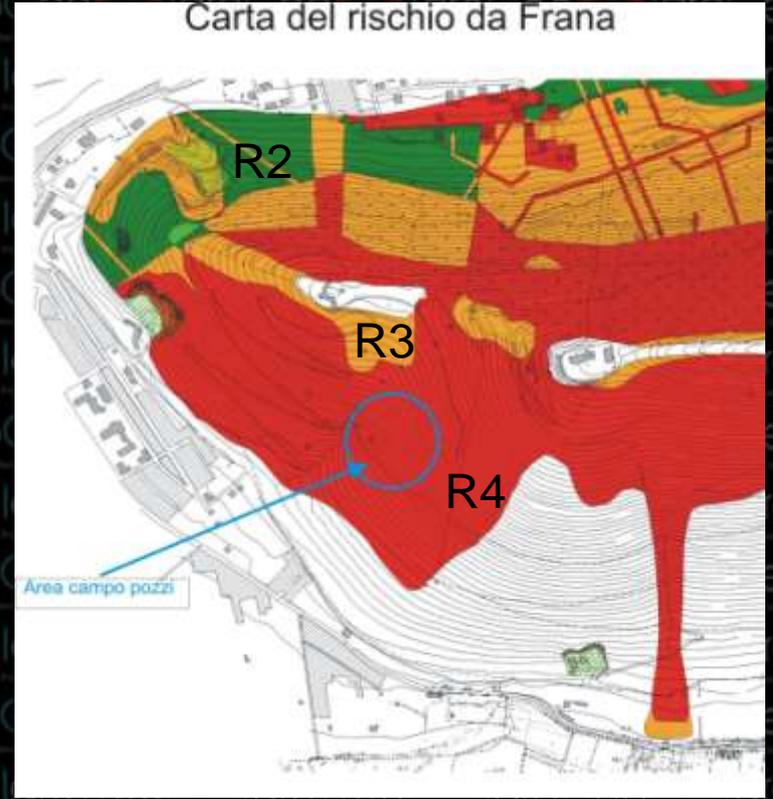
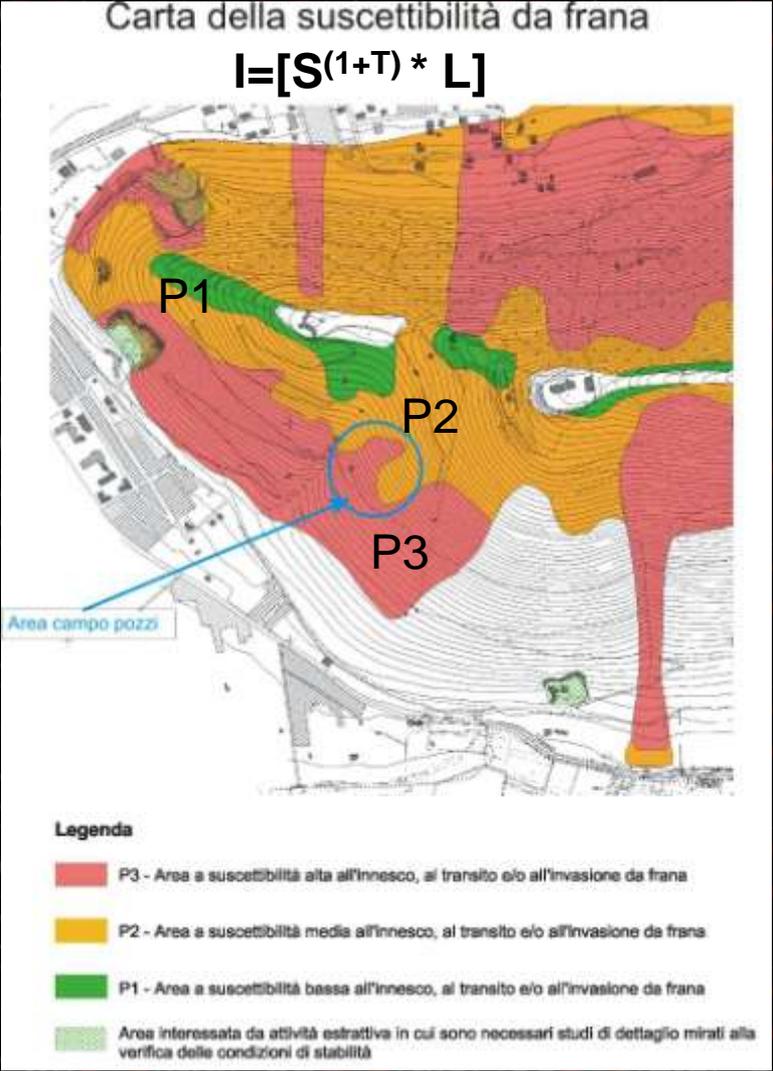
CONVEGNO "Sarno 10 anni dopo. Esperienze, insegnamenti, questioni aperte"
5 maggio 2008 – Sala Rossa, Complesso di Monte S. Angelo, Università di Napoli Federico II
Dott. Geol. Biagio Palma – IdroGeo S.r.l.

Campo Pozzi di San Felice a Cancellò (CE)



FASE 1

Esame delle carte di pericolosità e rischio e criteri adottati per la loro stesura

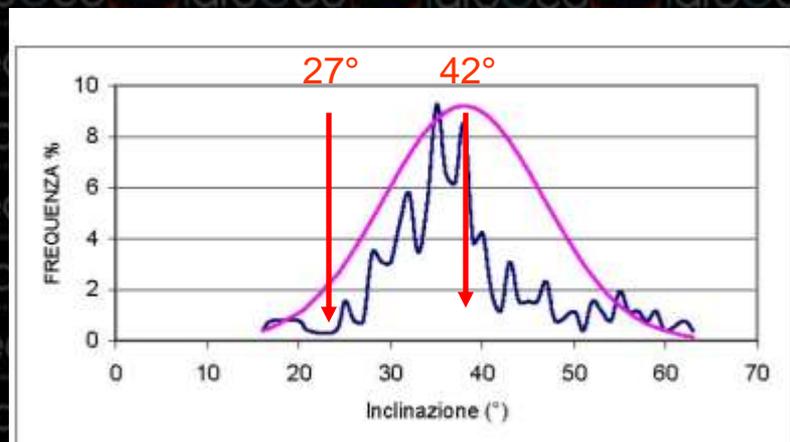


Legenda

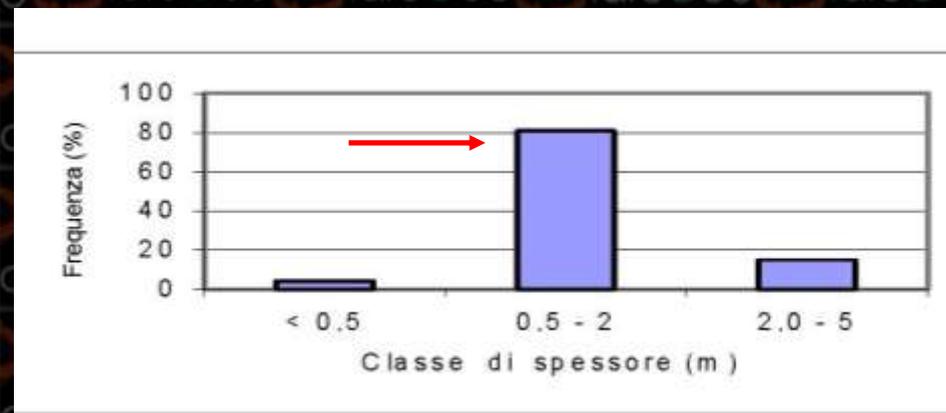
- R4 - Rischio molto elevato
- R3 - Rischio elevato
- R2 - Rischio medio
- R1 - Rischio moderato

$R_k = P_n \times D_m$		P_n		
		P_3	P_2	P_1
D_m	D_4	R_4	R_4	R_3
	D_3	R_4	R_3	R_2
	D_2	R_3	R_2	R_1
	D_1	R_2	R_1	R_1

Partendo dalla formula di Amanti et alii modificata, L'AdB NW ha proceduto alla verifica dell'effettiva incidenza dei parametri (acclività [S], spessore coltri [T], distanza dai sentieri [D], uso del suolo [L] e distanza dagli orli di scarpata [R]) come potenziali fattori predisponenti all'innescio di frane da scorrimento-colata, attraverso l'analisi statistica dei dati raccolti grazie ai rilievi ed all'analisi storica degli eventi franosi. Tale procedura ha consentito di constatare come nel contesto carbonatico del Monte Fellino i parametri principali sono risultati l'acclività dei versanti e le coperture detritico-piroclastiche

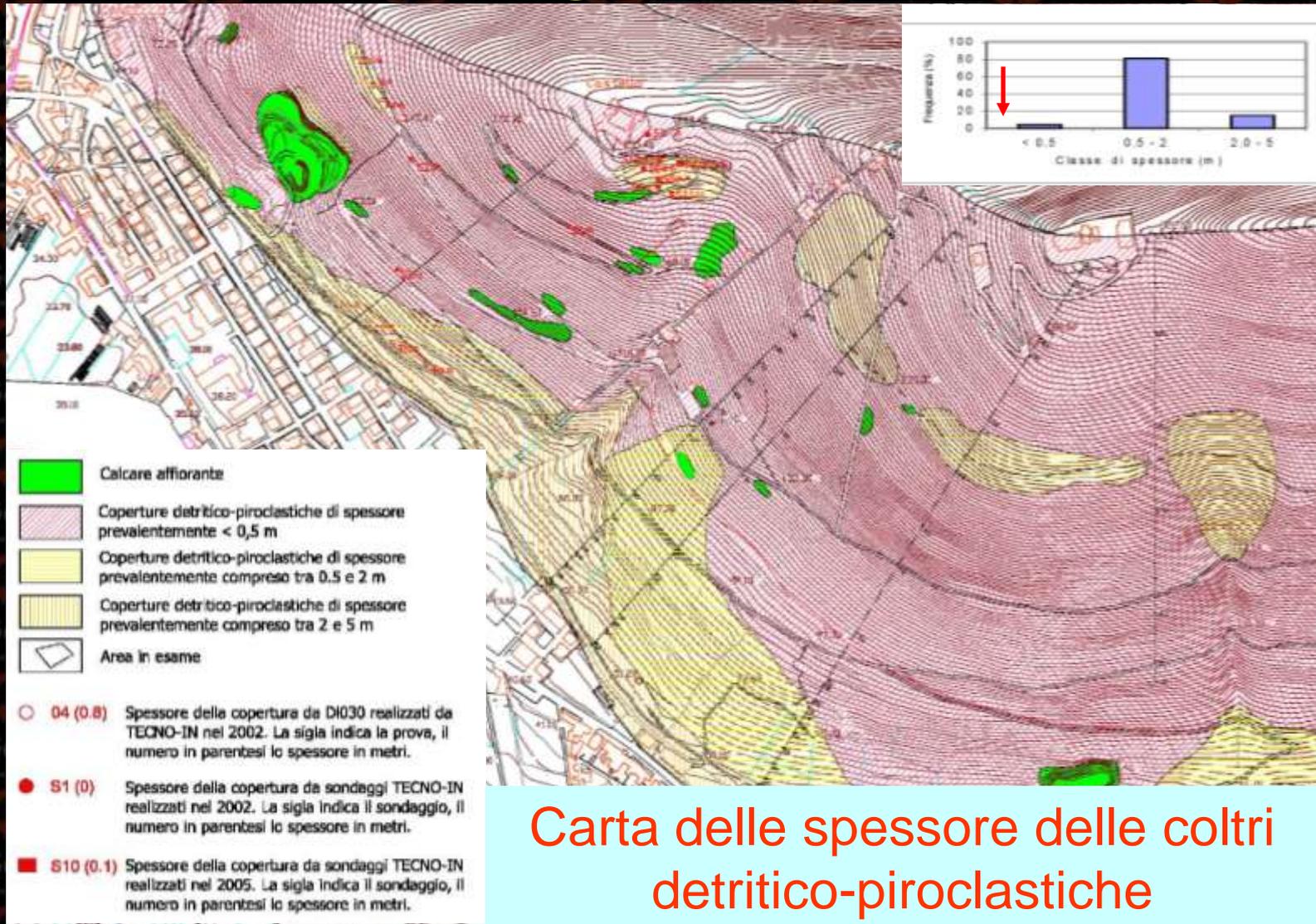


Aree di distacco - acclività. Da PSAI AdB NW (AA.VV. 2002)



Aree di distacco - classi di spessore. Da PSAI AdB NW (AA.VV. 2002)

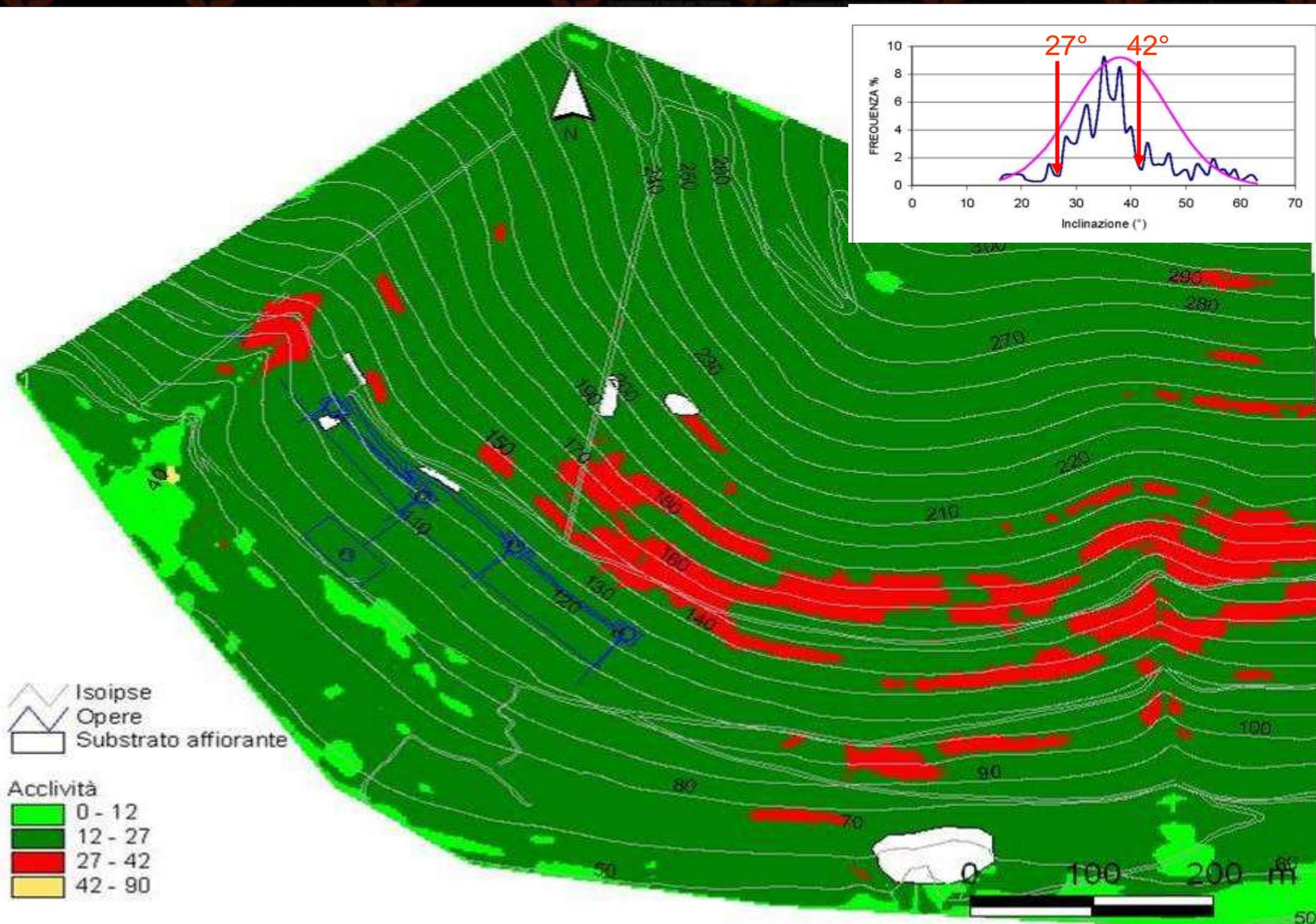
FASE 2 – Indagini e rilievi per la stesura delle carte geotematiche



Carta delle spessore delle coltri detritico-piroclastiche

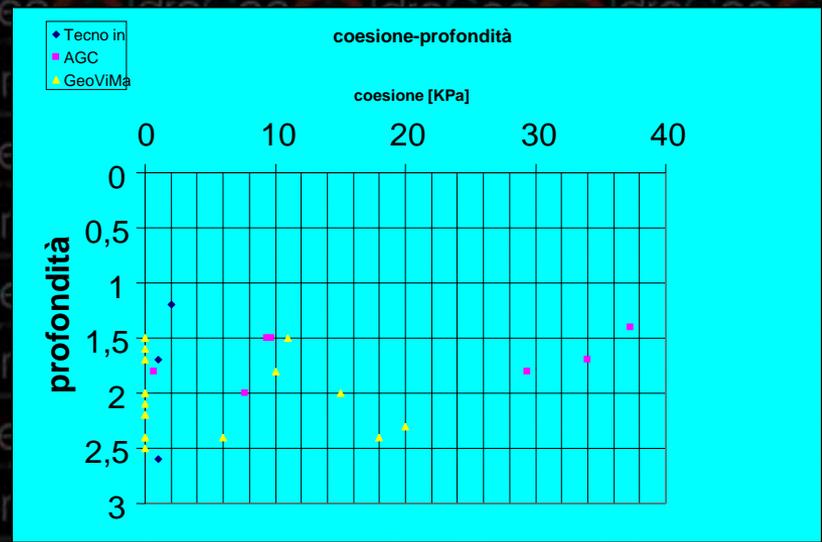
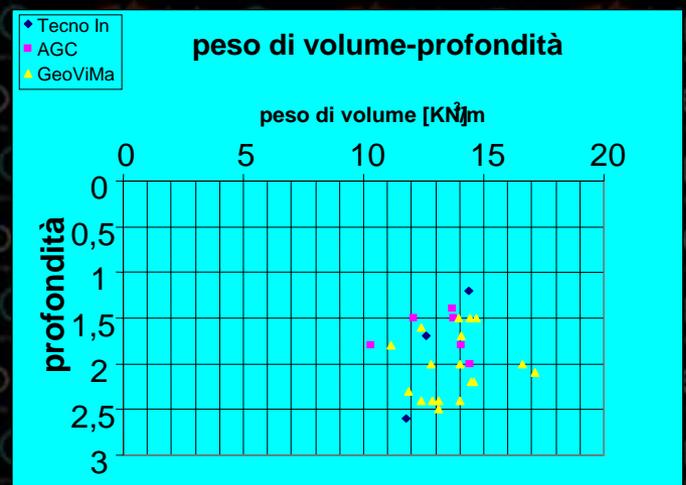
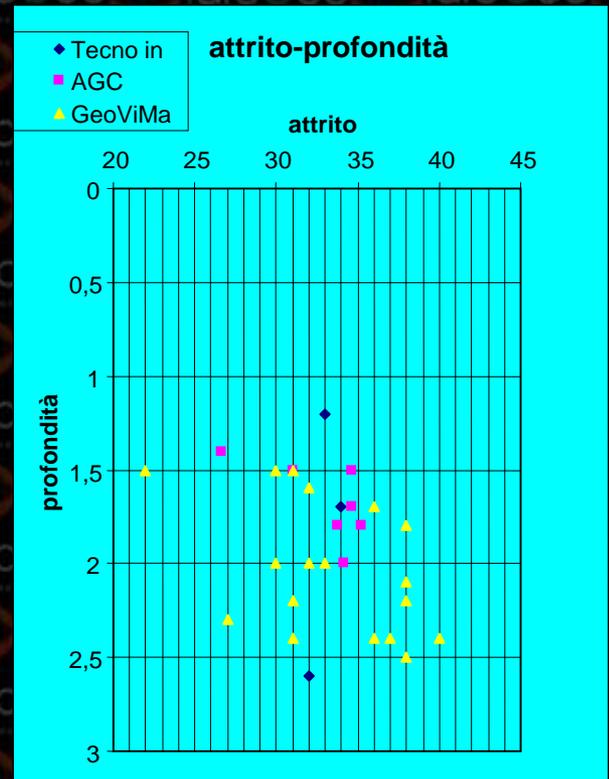
FASE 3 – Costruzione del DTM e della relativa Carta delle Acclività

CONVEGNO "Sarno 10 anni dopo. Esperienze, insegnamenti, questioni aperte"
5 maggio 2008 – Sala Rossa, Complesso di Monte S. Angelo, Università di Napoli Federico II
Dott. Geol. Biagio Palma – IdroGeo S.r.l.



campio ne	profo ndità (m)	ϕ	c (KPa)	γ_d (KN/m ³)	γ_{sat} (KN/m ³)	γ_{mat} (KN/m ³)	definizione granulometrica (A.G.I. 1990)	laborator io
S5C1	1,7	34	1	9,91		12,59	sabbia con limo ghiaiosa deb. argillosa	TECNO IN
S6C1	1,2	33	2	10,36		14,4	sabbia con limo deb. ghiaiosa deb. argillosa	TECNO IN
S9C1	2,6	32	1	10,36		11,77	limo con sabbia deb. ghiaioso deb. argilloso	TECNO IN
S5-C1	2	34	7	11,96	16,93	14,45	non identificata	AGC
C2	1,4	26	37	11,48	16,67	13,69	non identificata	AGC
C3	1,5	31	9	10,69	16,14	12,1	non identificata	AGC
C4	1,5	34	9	10,59	16,29	13,74	non identificata	AGC
C5	1,7	34	34				non identificata	AGC
C6	1,8	33	29	8,96	15,19	10,3	non identificata	AGC
C7	1,8	35	0,7	12,01	17,2	14,07	non identificata	AGC
4149	2,4	31	18		14,65	14,02	limo con sabbia	GEOVIMA
4150	2,4	36	0		15,64	13,14	sabbia con limo	GEOVIMA
4151	1,8	38	10		15,41	11,12	sabbia limoso-argillosa	GEOVIMA
4152	2,4	40	6		15,41	12,42	sabbia con limo	GEOVIMA
4153	2	30	0		17,59	16,63	sabbia con limo argilloso	GEOVIMA
4154	2,2	31	0		16,58	14,47	sabbia con limo argilloso	GEOVIMA
4155	1,5	30	11		14,89	14,69	sabbia e limo	GEOVIMA
4156	2,2	38	0		14,88	14,56	sabbia con limo argilloso	GEOVIMA
4157	1,5	22	0		14,14	13,96	sabbia con limo argilloso	GEOVIMA
4158	2,1	38	0		17,36	17,15	limo con sabbia argilloso	GEOVIMA
4159	2	33	15		15,51	12,79	sabbia limosa argillosa e ghiaiosa	GEOVIMA
4160	2,5	38	0		15,79	13,15	sabbia limoso ghiaiosa	GEOVIMA
4161	1,5	31	0		16,68	14,42	sabbia limosa argillosa e ghiaiosa	GEOVIMA
4162	2,4	37	0		16,11	12,88	sabbia con limo	GEOVIMA
4163	2,3	27	20		15,53	11,85	sabbia con limo	GEOVIMA
4164	1,6	32	0		15,84	12,41	sabbia con limo	GEOVIMA
4165	1,7	36	0		16,05	14,06	sabbia limosa argillosa e ghiaiosa	GEOVIMA
4166	2	32	0		16,03	14,01	sabbia con limo	GEOVIMA

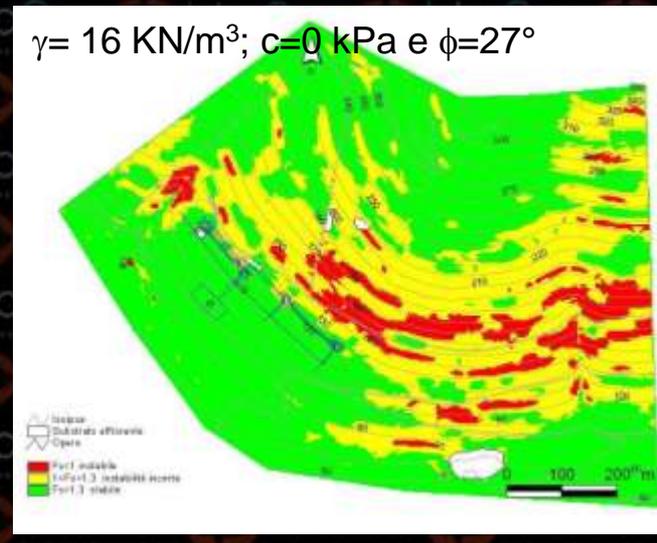
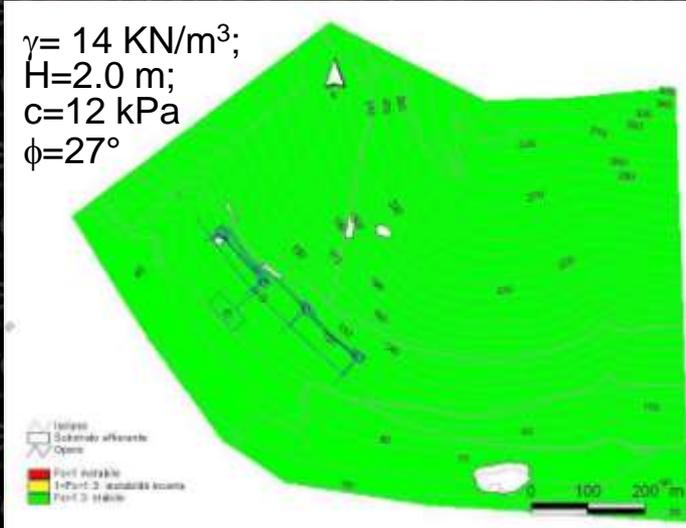
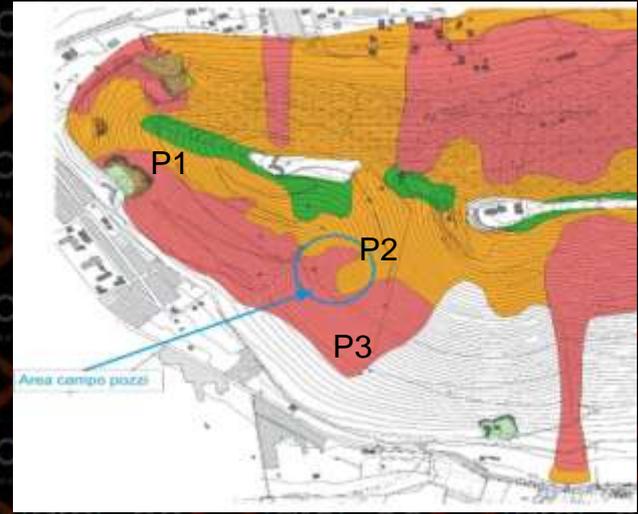
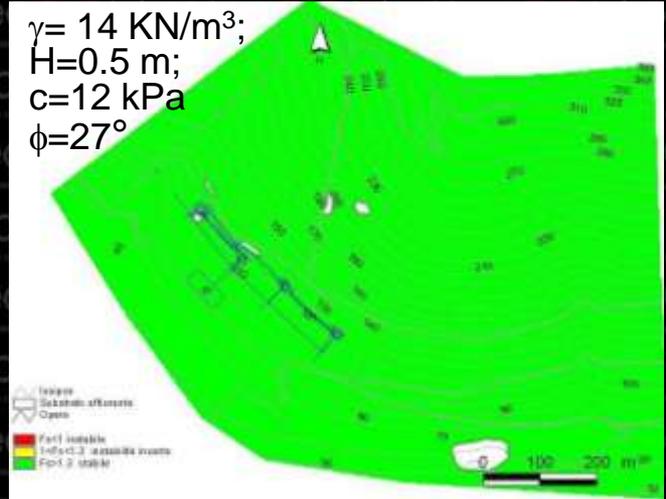
Fase 4 Parametriz- zazione geotecnica dei depositi



$$F_s = [c' + (\gamma * h * \cos^2\beta - \gamma_w * h_w * \cos^2\beta) * \tan \phi] / (\gamma * h \sin\beta * \cos\beta)$$

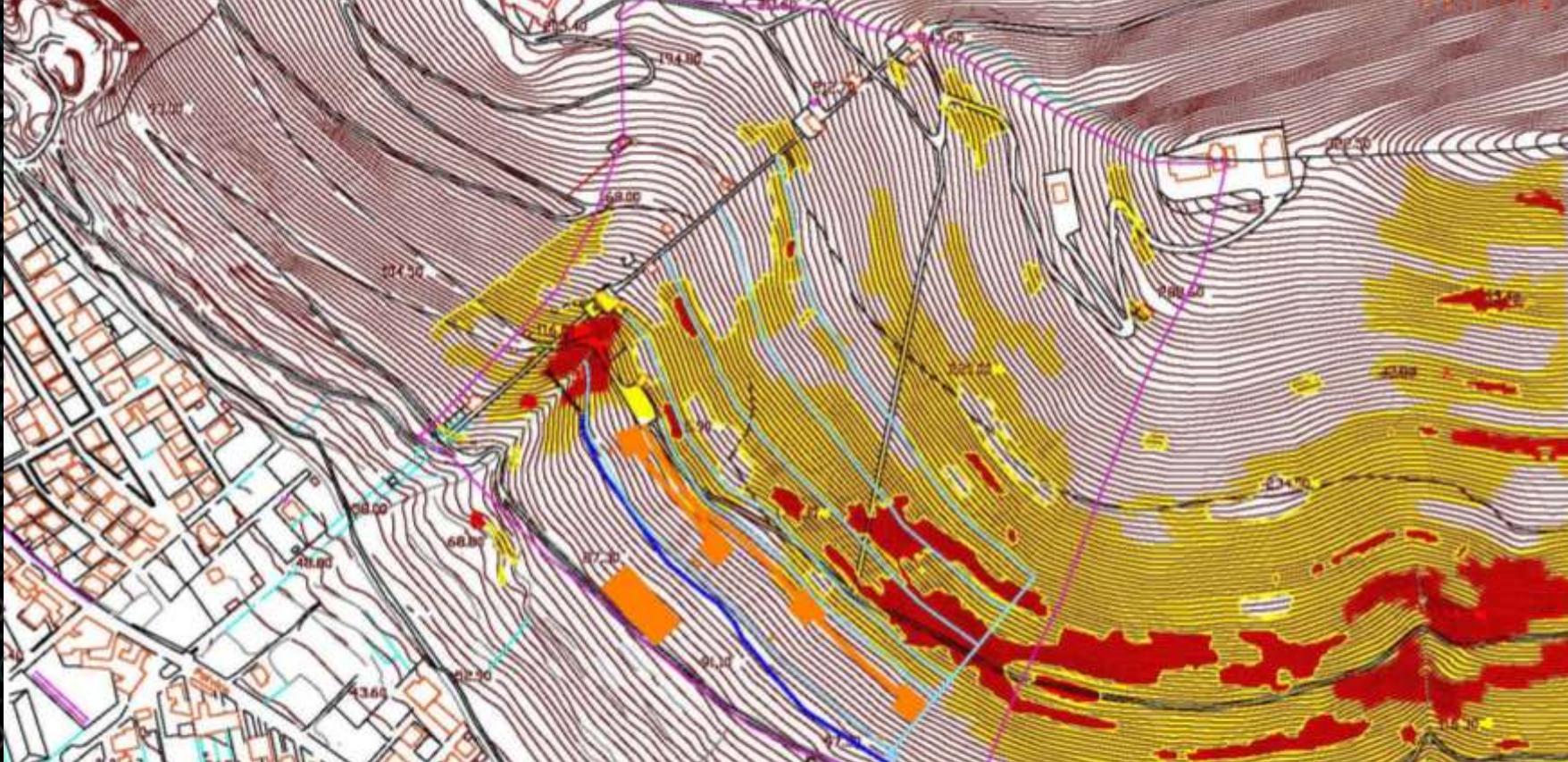
Fase 5 – Verifiche di stabilità su basi geotecniche

Atteso che il tipo d'instabilità che si vuole verificare prevede l'innesco di un iniziale scorrimento che, talora, può evolvere in colata, con spessori d'insieme modesti (pochi metri al più), soprattutto se confrontati con la lunghezza dei pendii coinvolti, (qualche centinaio di metri) il modello assunto a base delle verifiche di stabilità è stato quello del "pendio indefinito"



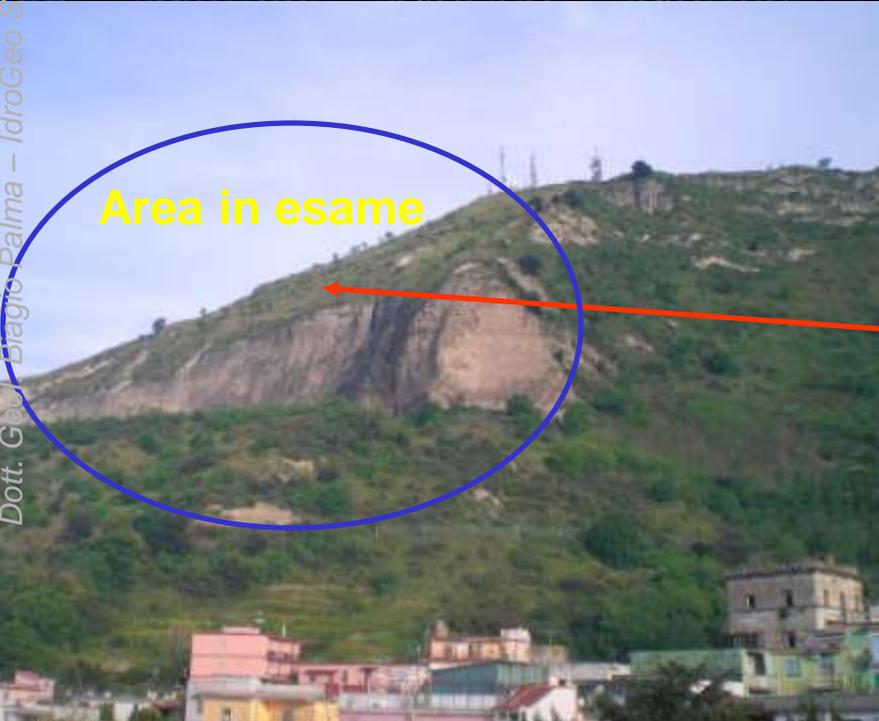
FASE 6 INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO

CARTA DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO SOTTESO ALL'AREA DEL NUOVO CAMPO POZZI



-  Condotta Rossetti DN 800 acciaio (esistente)
-  Area progetto Campo Pozzi ARIN
-  Messa in opera di un sistema di regimentazione acque meteoriche con fascinate diffuse
-  Messa in opera di un sistema di regimentazione acque meteoriche con canalette tipo TRENCHMAT
-  Interventi di consolidamento con tecniche di Ingegneria Naturalistica
Cordonate vive, viminate vive diffuse, gradonate vieve e palificate vive
-  Vasca di accumolo e sedimentazione acque meteoriche

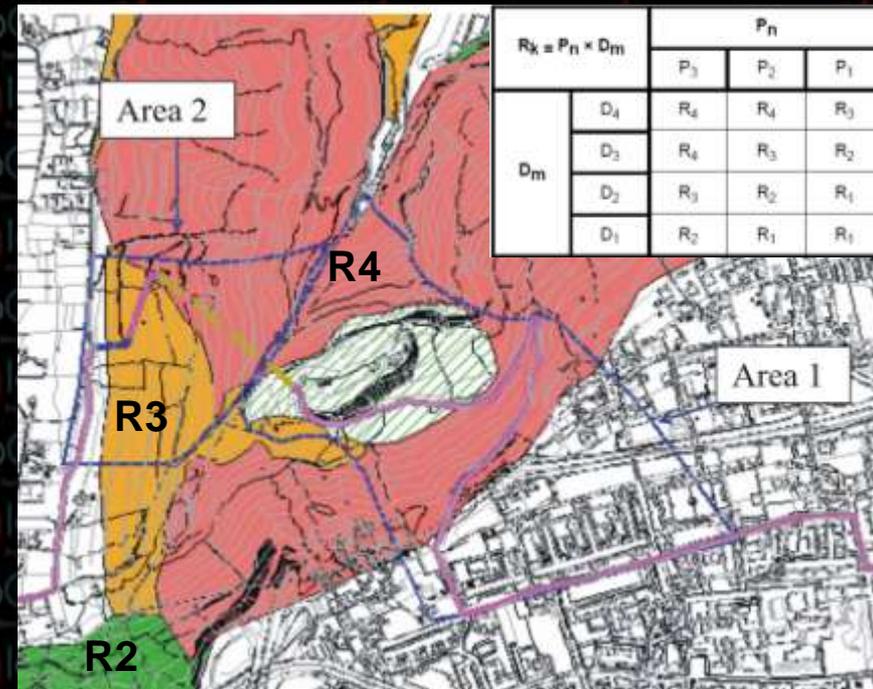
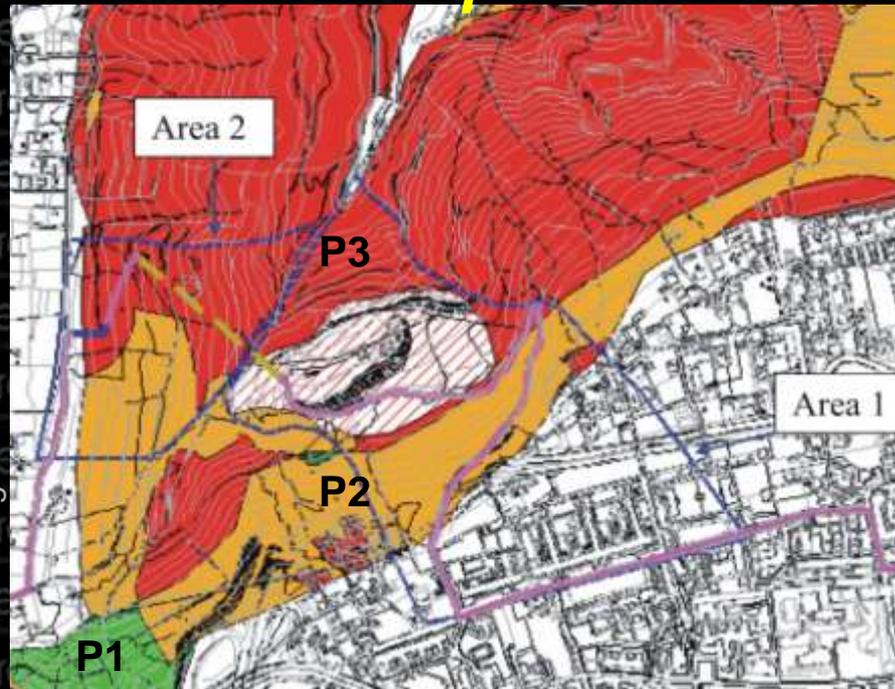
Versante meridionale della collina dei Camaldoli Condotta di adduzione e distribuzione idrica ARIN



Area in esame



FASE 1 - Esame delle carte di pericolosità e rischio e criteri adottati per la loro stesura



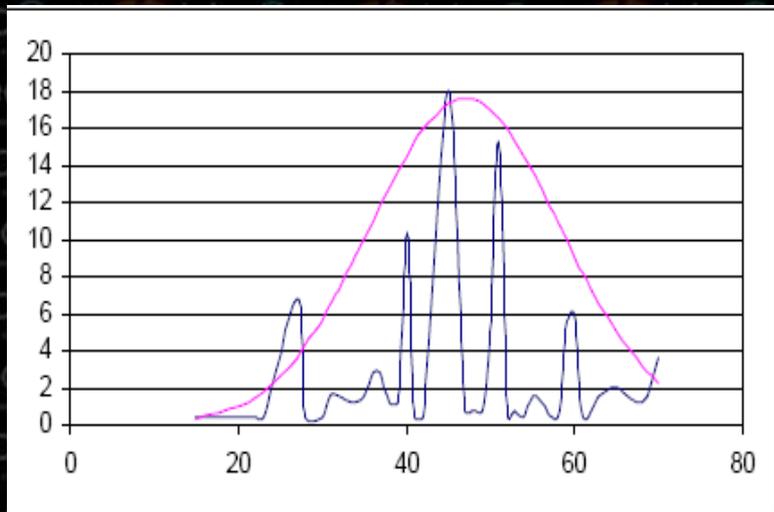
$R_k = P_n \times D_m$		P_n		
		P_3	P_2	P_1
D_m	D_4	R_4	R_4	R_3
	D_2	R_4	R_3	R_2
	D_2	R_3	R_2	R_1
	D_1	R_2	R_1	R_1

$$I = S^{(1+T)}$$

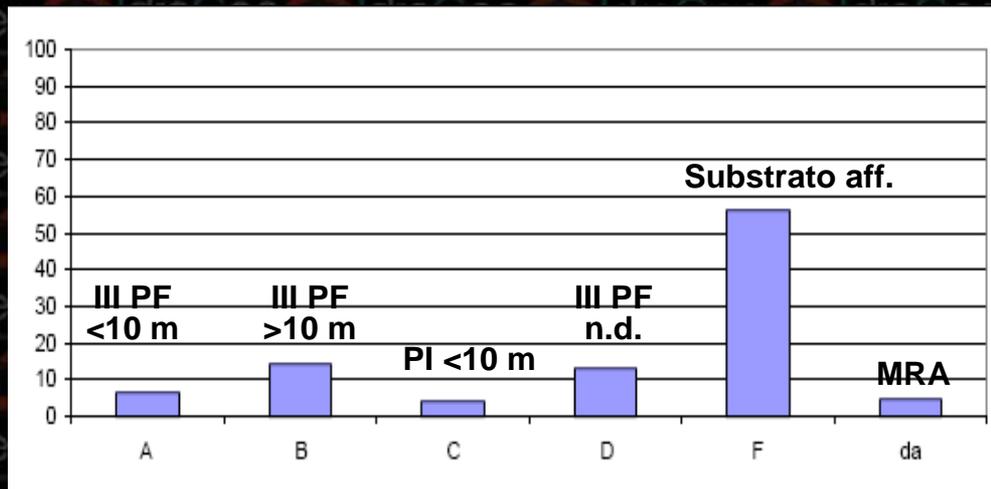
Carta della pericolosità da frana PSAI AdB NW. P3 suscettibilità alta, P2 suscettibilità media, P1 suscettibilità bassa, in tratteggio verde area di incerta classificazione da approfondire con studi di dettaglio

Carta del rischio da frana (PSAI AdB NW). R4 (rischio molto elevato), R3 (rischio elevato), R2 (Rischio da frana medio), R1 (Rischio da frana moderato), in tratteggio rosso "Aree il cui livello di rischio potrà essere definito a seguito di studi e indagini di dettaglio."

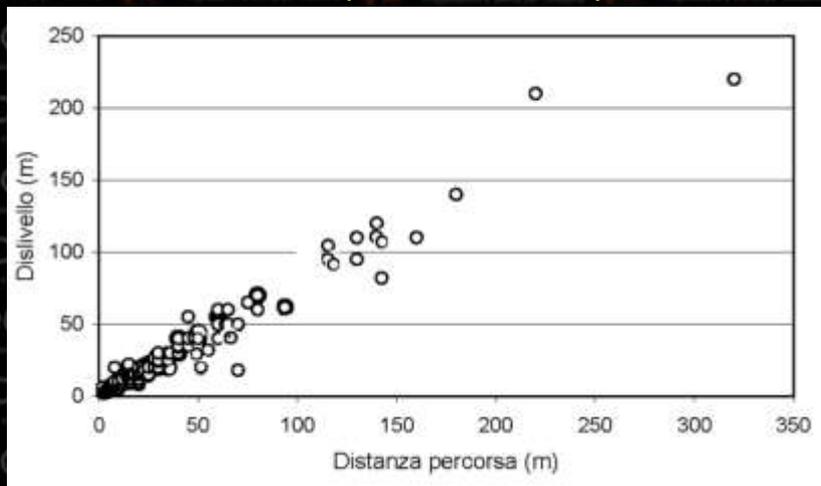
Parametri morfometrici e stratigrafici delle frane storiche delle colline napoletane



Aree di distacco - acclività. Da PSAI AdB NW (AA.VV. 2002)



Aree di distacco - classi di spessore. Da PSAI AdB NW (AA.VV. 2002)



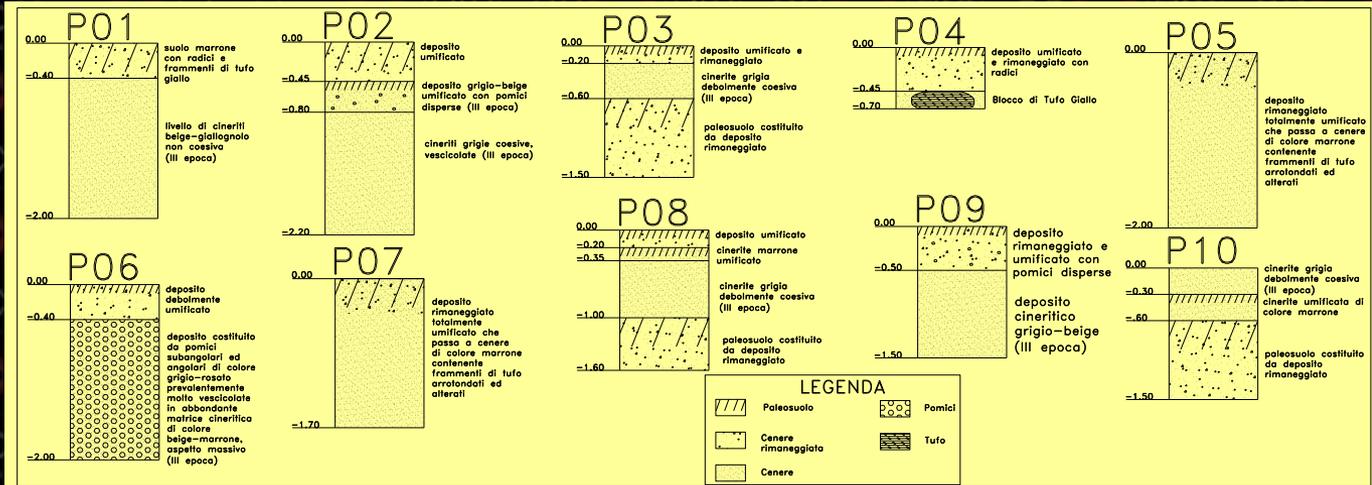
Legenda: A) depositi piroclastici incoerenti recenti su substrato litoide, spessore < 10m; B) depositi piroclastici incoerenti recenti su substrato litoide, spessore >10m; C) copertura alterata del tufo del Gauro; D) depositi piroclastici incoerenti a tetto di un substrato litoide non affiorante; F) unità piroclastiche semicoerenti del substrato; da) terreni di riporto e di risulta.

FASE 2 – Indagini e rilievi per la stesura delle carte geotematiche

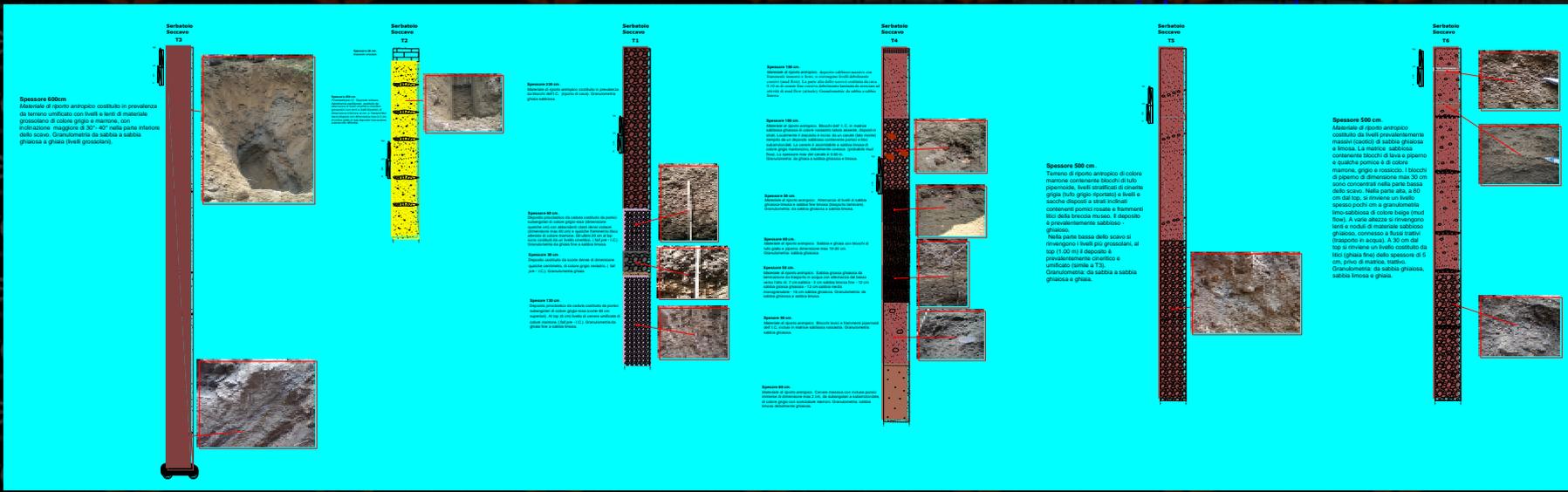
Assetto Vulcanico-stratigrafico della collina dei Camaldoli



Sequenza stratigrafica collina dei Camaldoli (Calcaterra et al. 2007)



stratigrafiche emerse



SEZIONI GEOLOGICHE
scale varie

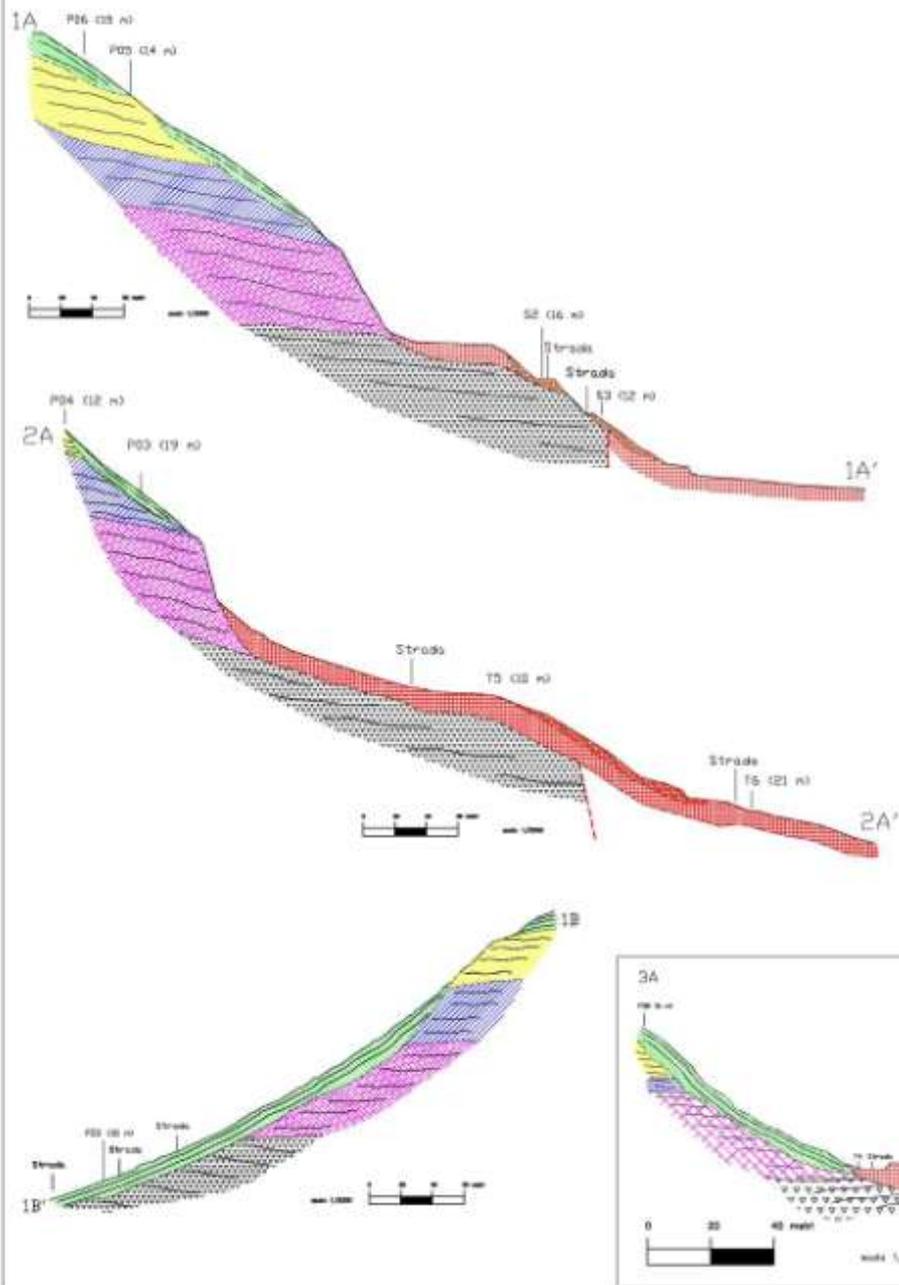
LEGENDA

-  Materiale di sparto antropico
-  Materiale di sparto antropico generoso
-  Prodotti del 2° Periodo Pleistocene
-  Tuffi Gialli Napoletani
-  Tuffi Marcei Sinterizzati
-  Spargimento Campano
-  Pietra Spugnosa Campana

T. (...) m) T Identificativo tracce, in parentesi la distanza dal punto di origine della traccia di sezione

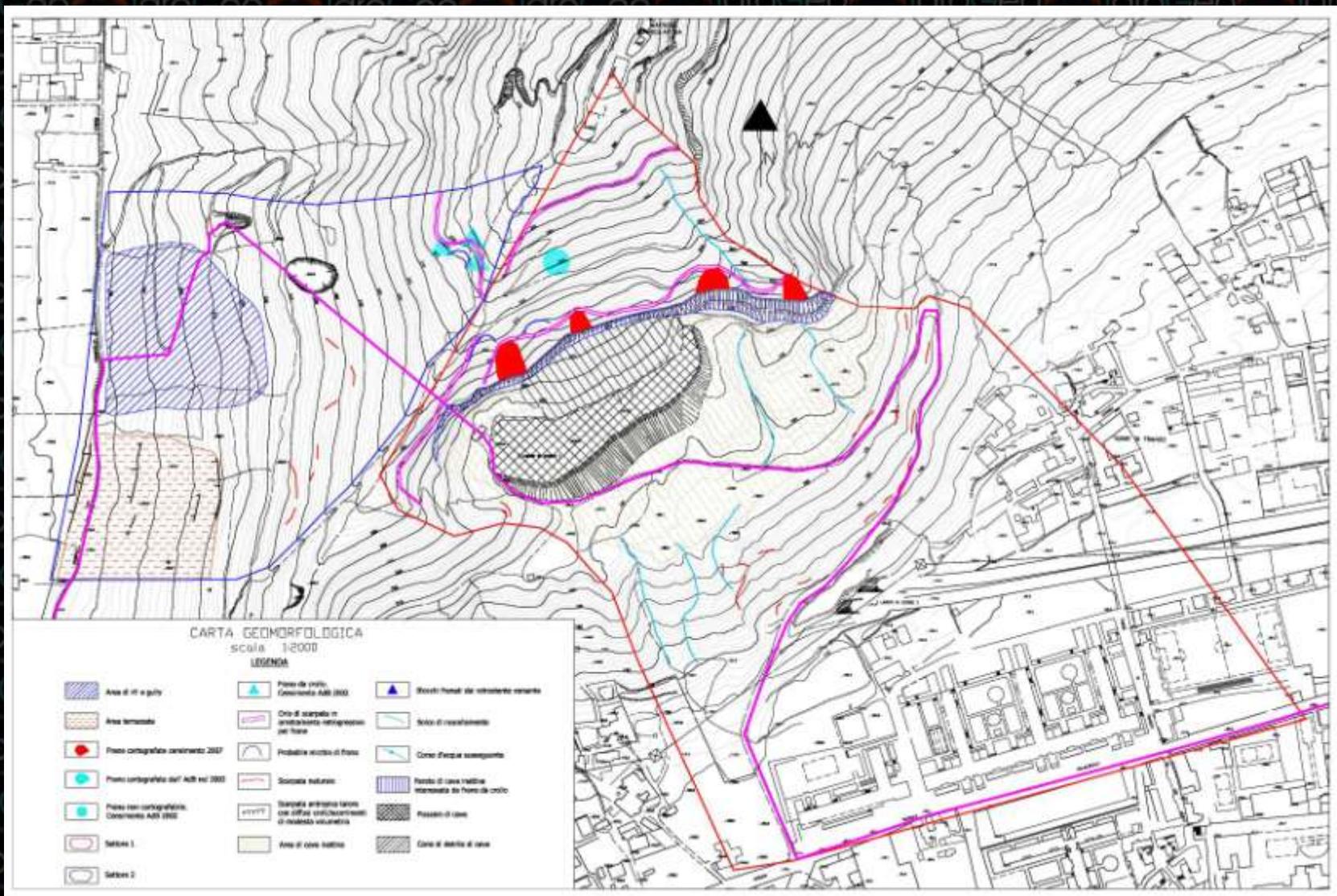
P. (...) m) P Identificativo presente, in parentesi la distanza dal punto di origine della traccia di sezione

S. (...) m) S Identificativo sottogiacca, in parentesi la distanza dal punto di origine della traccia di sezione

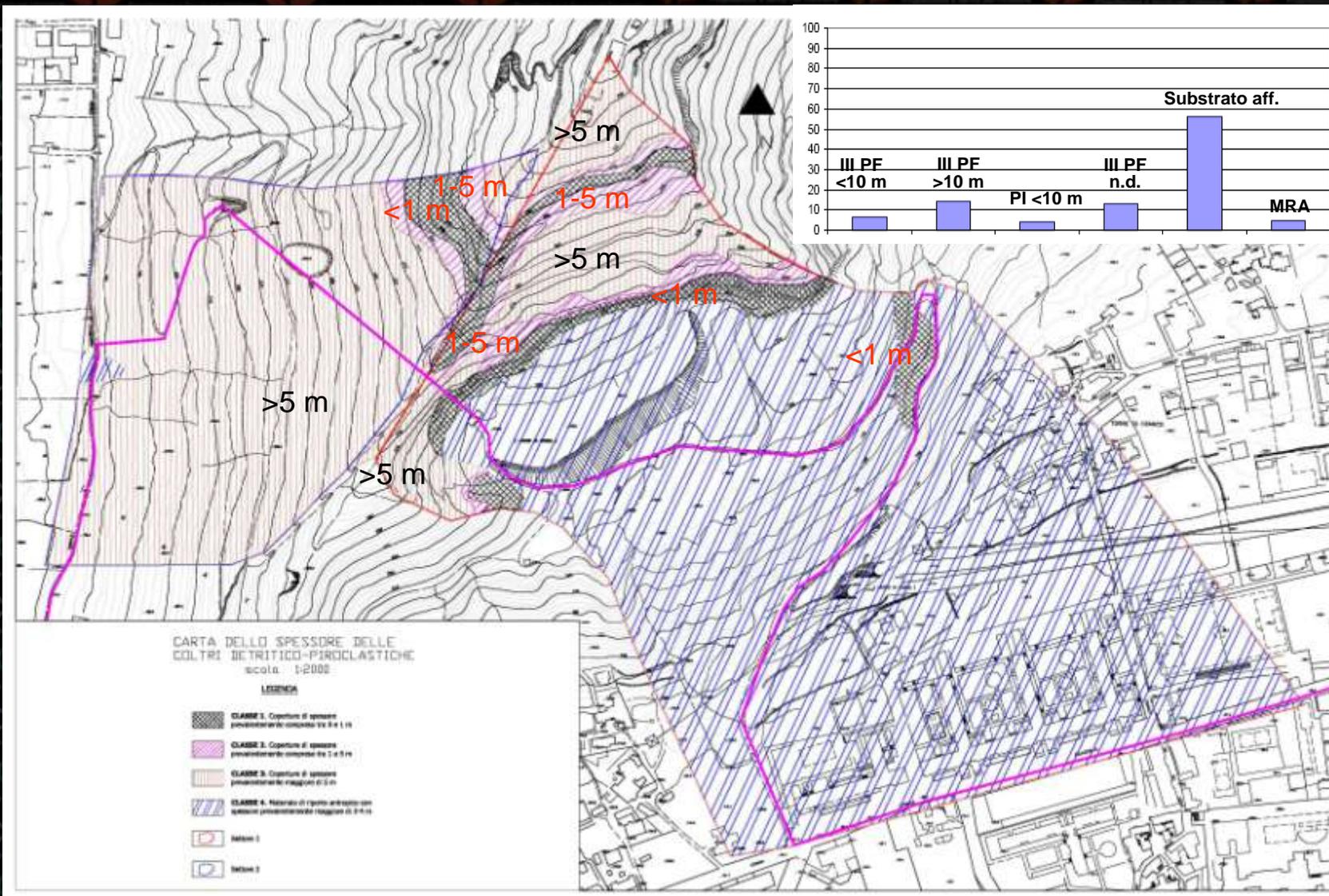


SEZIONI GEOLOGICHE

CARTE GEOMORFOLOGICA

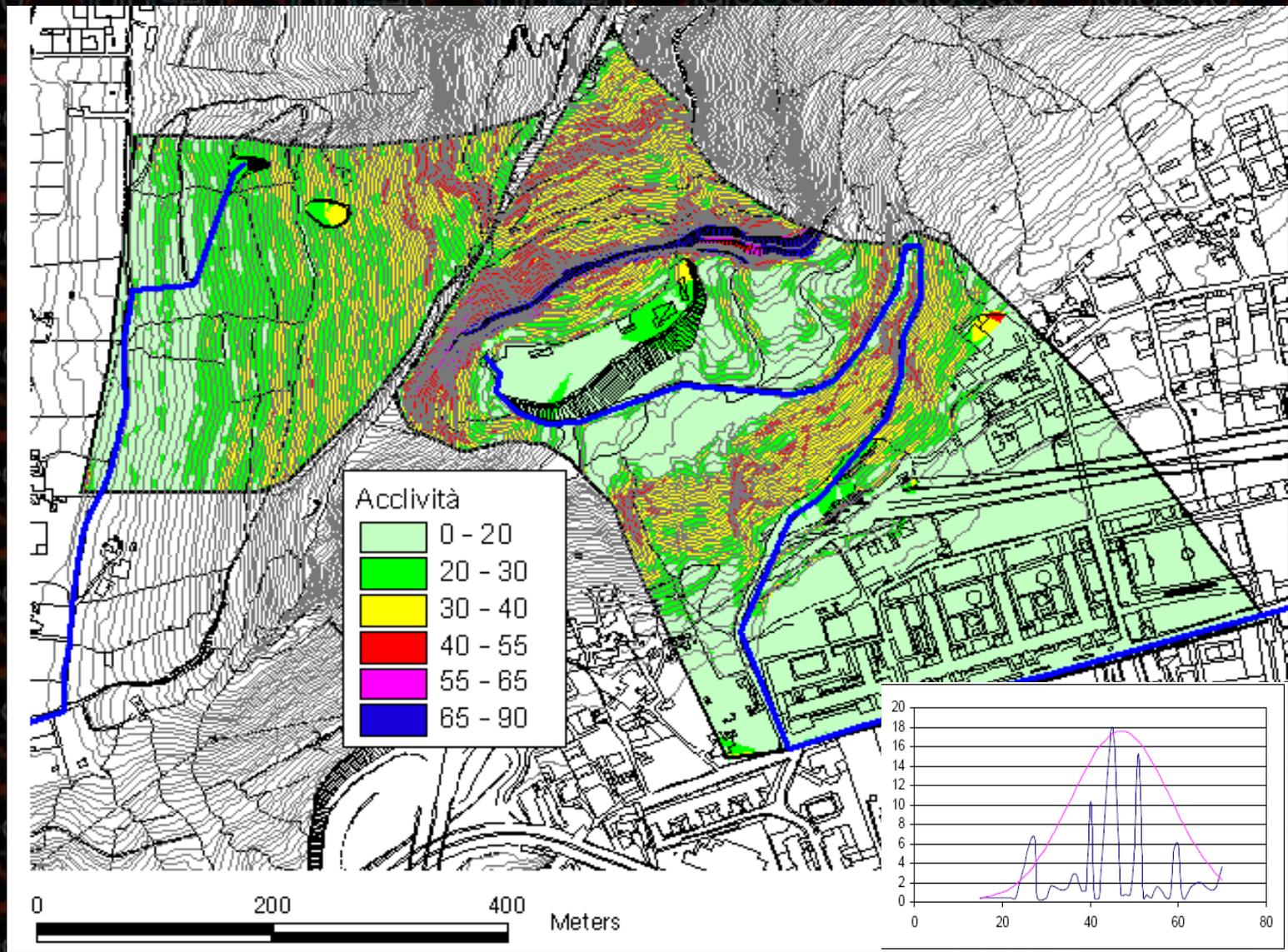


CARTE DELLO SPESSORE DELLE COLTRI DETRITICO-PIROCLASTICHE



FASE 3 – Costruzione del DTM e della relativa Carta delle Acclività

CONVEGNO “Sarno 10 anni dopo. Esperienze, insegnamenti, questioni aperte”
5 maggio 2008 – Sala Rossa, Complesso di Monte S. Angelo, Università di Napoli Federico II
Dott. Geol. Biagio Palma – IdroGeo S.r.l.



FASE 4 - Principali dati geotecnici

Pozzetto identificativo	Campione identificativo	Profondità	gamma a	c'	Fi'	granulometria
			kN/m ³	kPa	(°)	
P1	1	0,8	12,84	7	39° 6'	Limo e sabbia deb. argillosi
P3	3	0,8	12,09	8	38° 53'	Sabbia con limo ghiaiosa deb. argillosa
P5	5	1.40	11,58	0	40° 6'	Sabbia con limo deb. ghiaiosa e argillosa
P7	7	1.10	10,49	3	38° 56'	Sabbia con limo ghiaiosa deb. argillosa
P8	8	1.00	11,61	4	38° 12'	Limo con sabbia deb. argilloso e ghiaioso

Campagna 2007

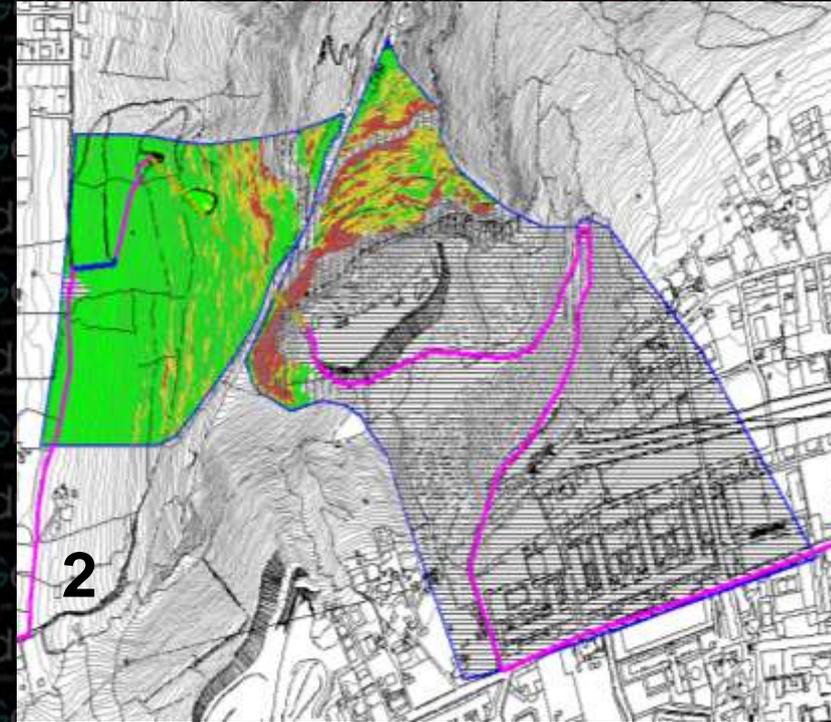
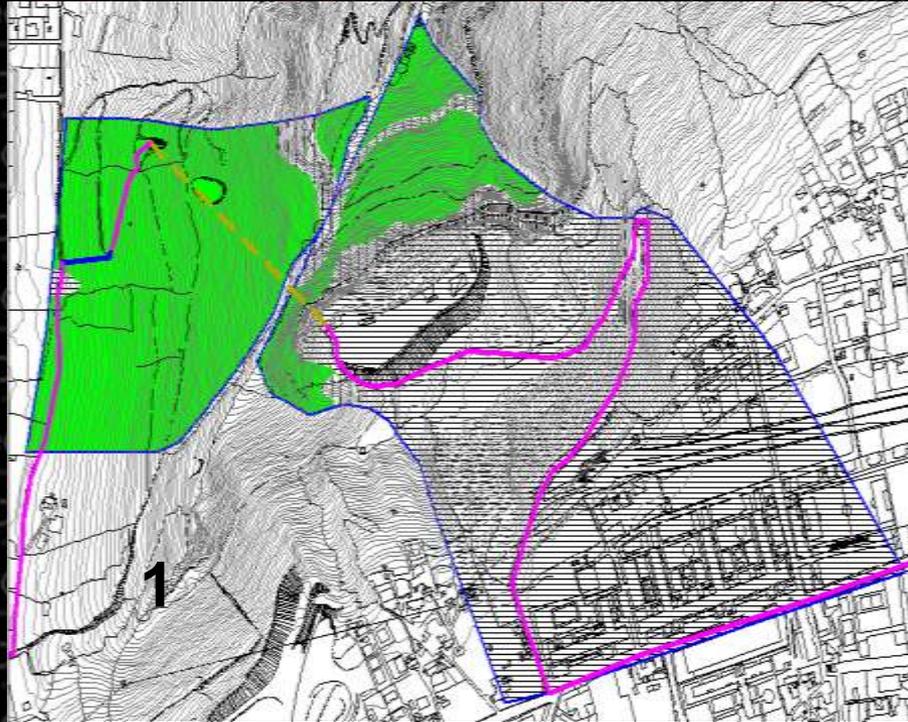
Principali Parametri geotecnici

riferimenti	campagna 2007		Evangelista et alii, 2004		Scotto di Santolo, 2000	
cineriti	Wn	sature	Wn	sature	Wn	sature
γ_n	11.7 kN/m ³	-----	11.7 kN/m ³		11.0 kN/m ³	
γ_{sat}		14.7 kN/m ³		14.7 kN/m ³		15.63 kN/m ³
ϕ'	39°	39°	35°	32°	34.7°	34.7°
c'	5.5 kPa	0 kPa (ipotesi oltremodo cautelativa)	25 kPa	9 kPa	14.28 kPa	3.66 kPa

Campagna 2007 e dati ricavati da fonti scientifiche

Fase 5

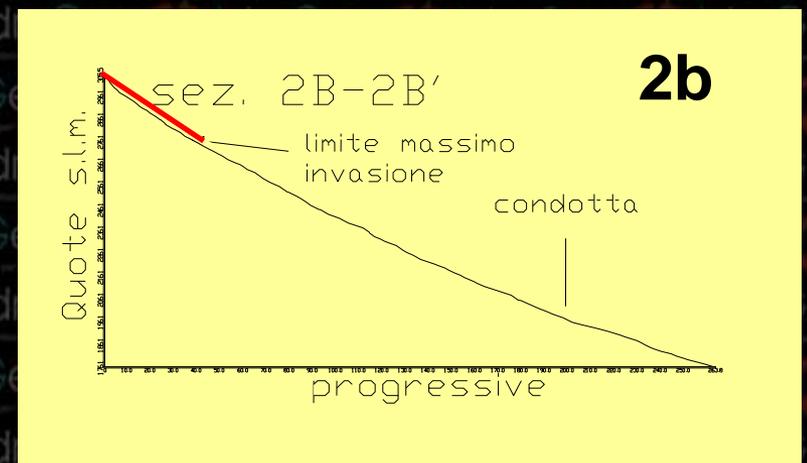
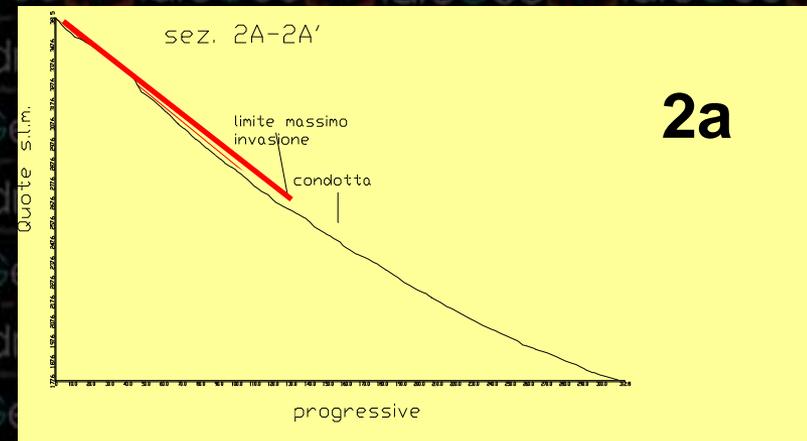
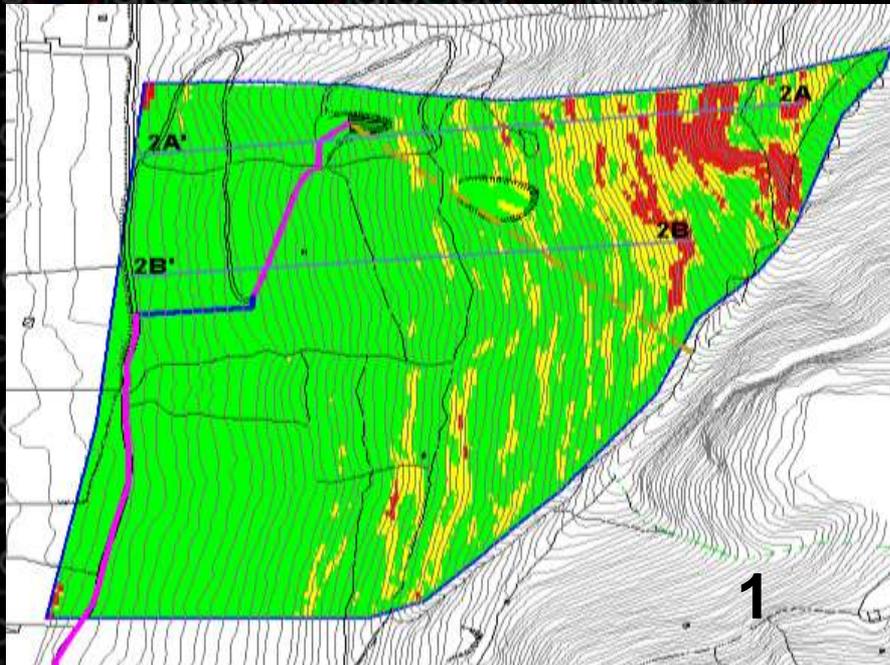
Verifiche di stabilità su basi geotecniche



Fattore di sicurezza F per
 $\gamma = 11.7 \text{ KN/m}^3$; $H=1.0$; $c=5.5 \text{ kPa}$ e $\phi=39^\circ$.
In rigato verticale i depositi litificati,
orizzontale il materiale di riporto antropico

$\gamma = 14.7 \text{ KN/m}^3$; $c=0 \text{ kPa}$ e $\phi=39^\circ$.
In rigato verticale i depositi litificati,
orizzontale il materiale di riporto
antropico

- 1) F_s per $\gamma = 14.7 \text{ KN/m}^3$; $H = 1.0$; $c = 0 \text{ kPa}$ e $\phi = 39^\circ$
- 2) limite massimo di invasione per un angle of reach pari a 37° : a) sezioni Sezioni 2A-2A'; b) 2B-2B'



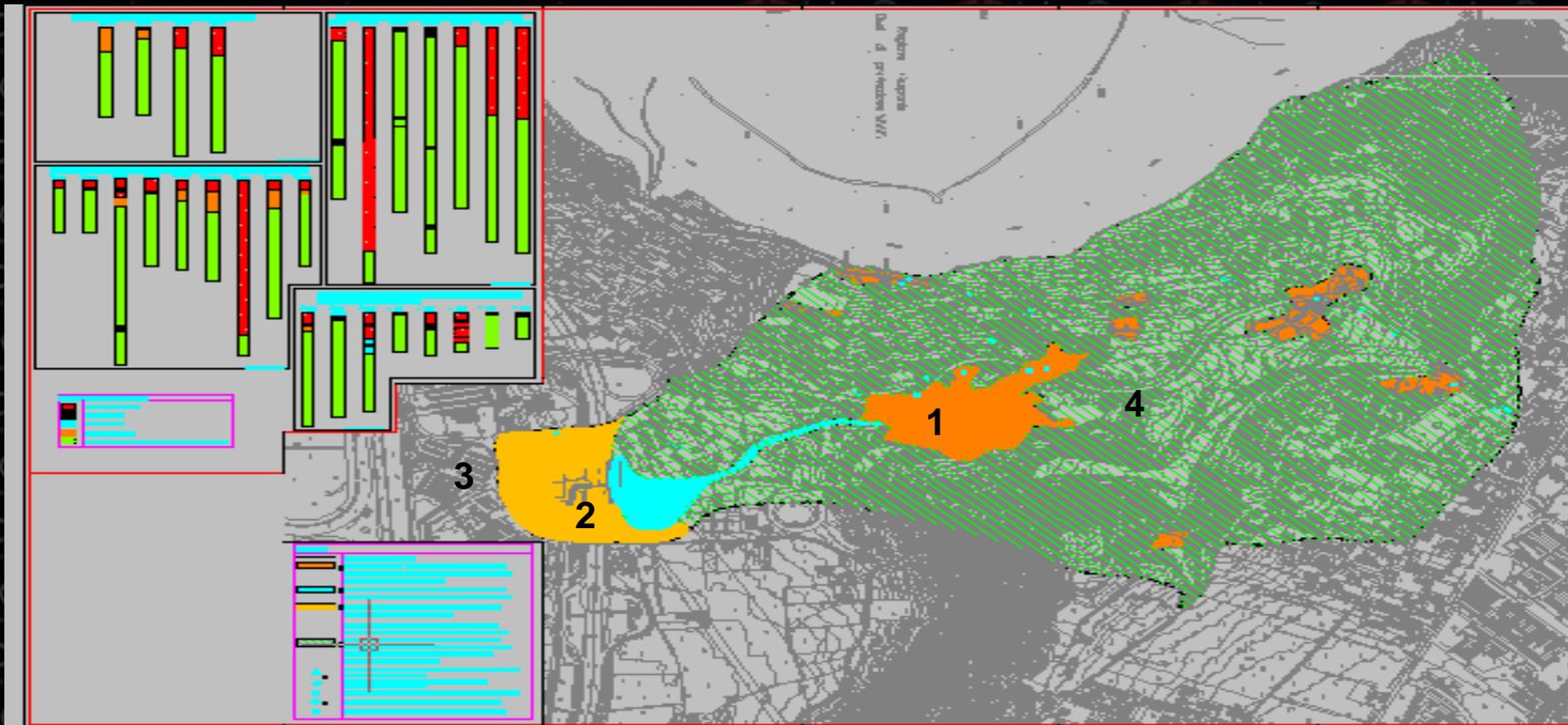
Pericolosità idraulica per alluvionamento e trasporto solido

Successioni emerse dalle trincee esplorative

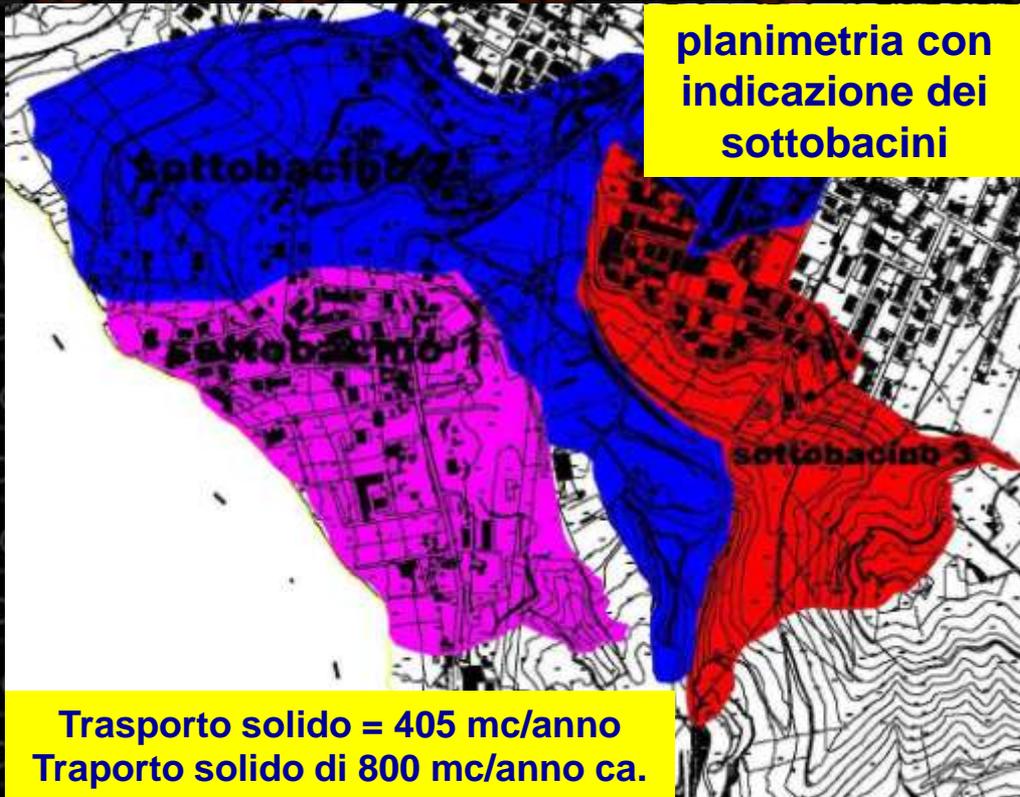


Successione di Astroni (Isaia et alii., 2004)

Carta geologica con ubicazione delle indagini



Legenda. 1) Depositi antropici (riporto); 2) Depositi alluvionali; 3) Depositi di piana; 4) Prodotti dell'Eruzione di Astroni (3.800 anni b.p.)



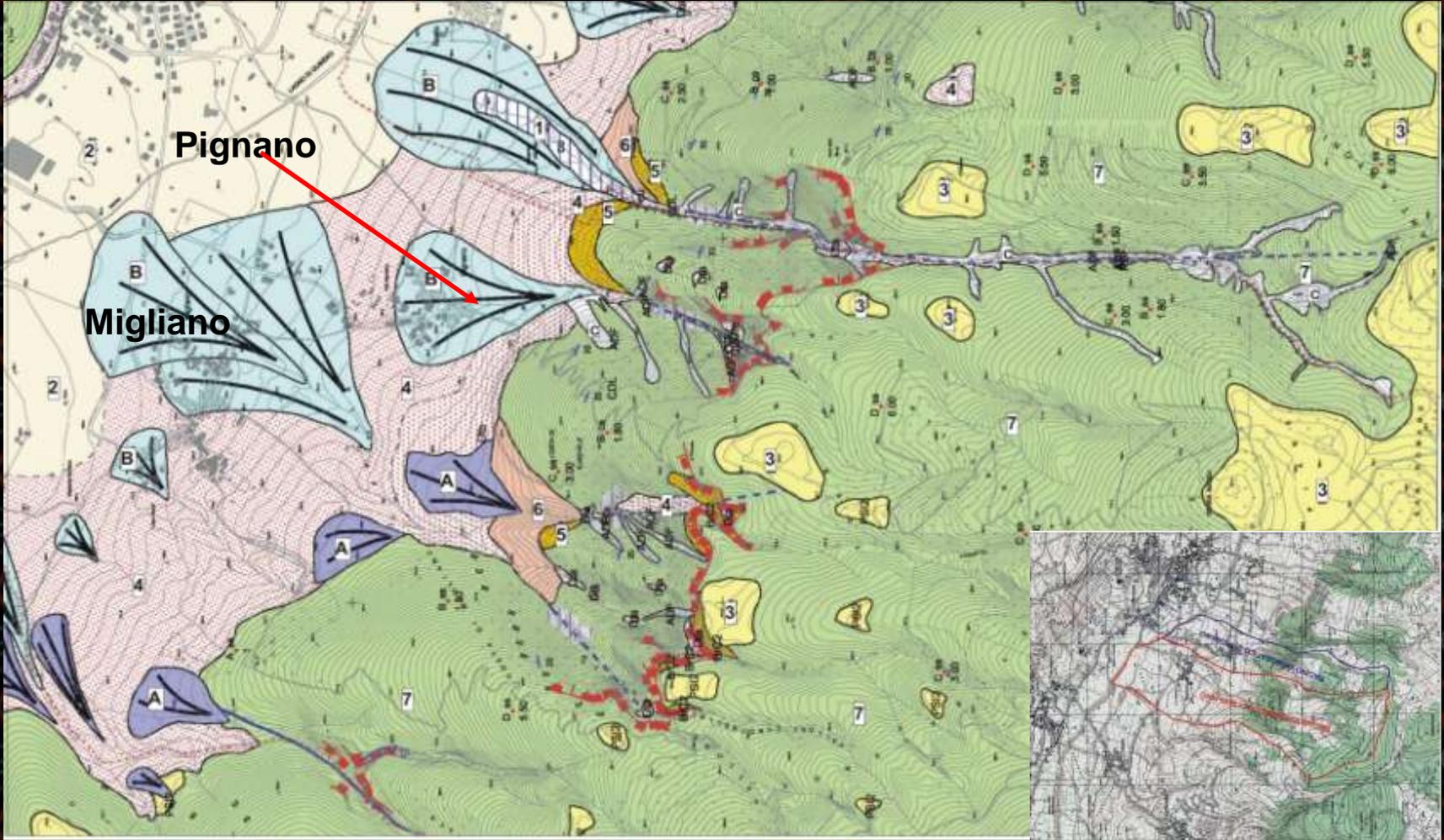
Analisi geomorfica quantitativa ovvero determinazione dell'erosione in atto nel bacino tramite la valutazione del *trasporto solido* secondo Ciccacci et alii (1980).

per i bacini con $D > 6$
 $\log T_u = 1,82818 \log D + 0,01769 g_a + 1,53034$
 Per bacini con $D < 6$
 $\log T_u = 0,33479 D + 0,15733 D_a + 1,32888$

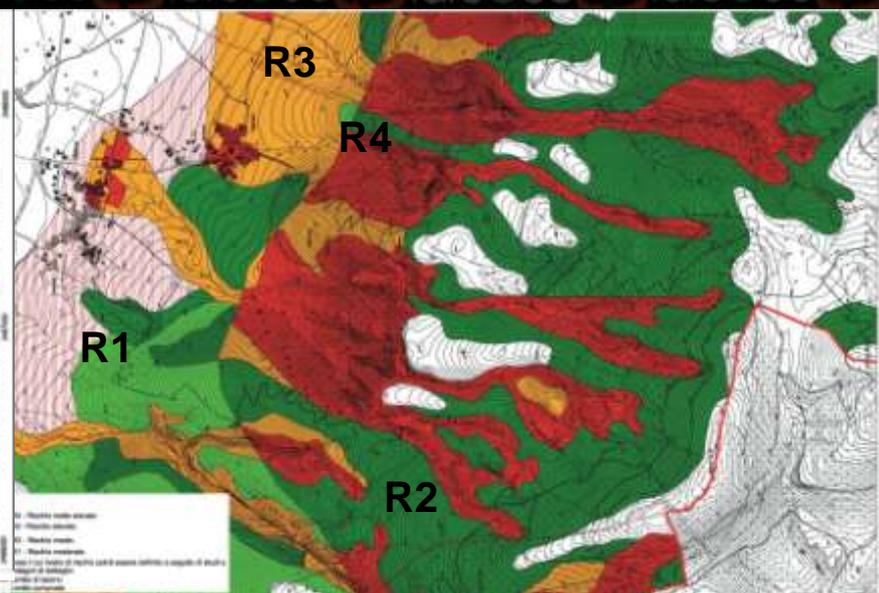
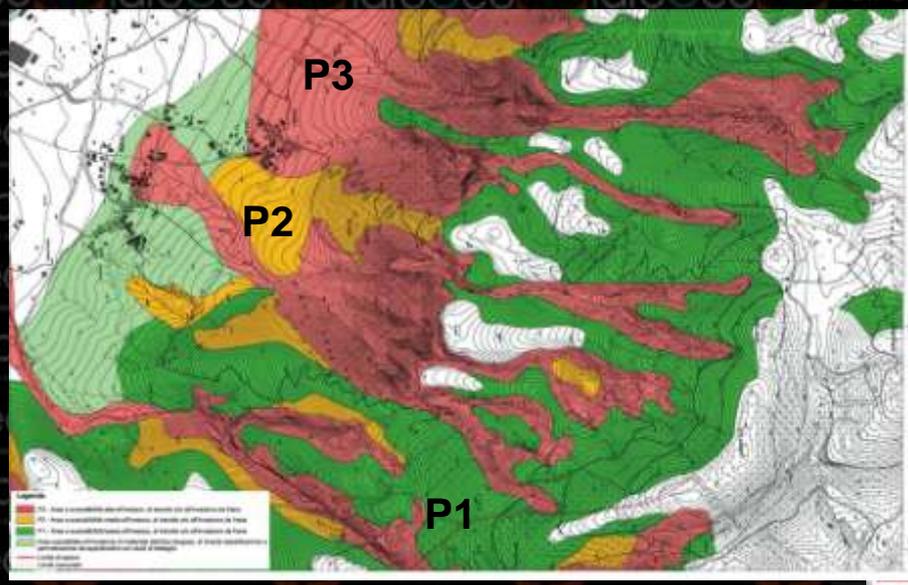
Ambito	L (km)	S (km ²)	N ₁	D	G _a	Δ _a	g _a	Log T _u	T _u (tonn/km ² anno)	h (mm/anno)	V (m ³ /anno)
1	0,72	0,181	2	3,978	0	0	0	2,661	457,76	0,31	55,24
2	1,5	0,323	3	4,644	1	0,33	3,10	2,936	863,13	0,58	185,86
3	1,16	0,169	3	6,864	1	0,33	5,92	3,164	1460,22	0,97	164,52

con L = lunghezza aste (km); S = area bacino (km²); N₁ = numero aste di 1° ordine; D = Densità di drenaggio (L/S); G_a = Numero di anomalia gerarchica; Δ_a = Indice di anomalia gerarchica (G_a/n₁); g_a = Densità di anomalia gerarchica (G_a/S); T_u = Deflusso torbido unitario (tonn/km² anno); h = valore di degradazione specifica (mm/anno); V = Volume erodibile (m³/anno) ovvero *trasporto torbido annuo*; γ = 1,5 (tonn/m³); *trasporto solido* = 2 V

Bacini di Pignano e Migliano in Comune di Lauro (Avellino)



Comune di Lauro (loc. Pignano e Migliano)



$$I = [S^{(1+T+D)}] * L$$

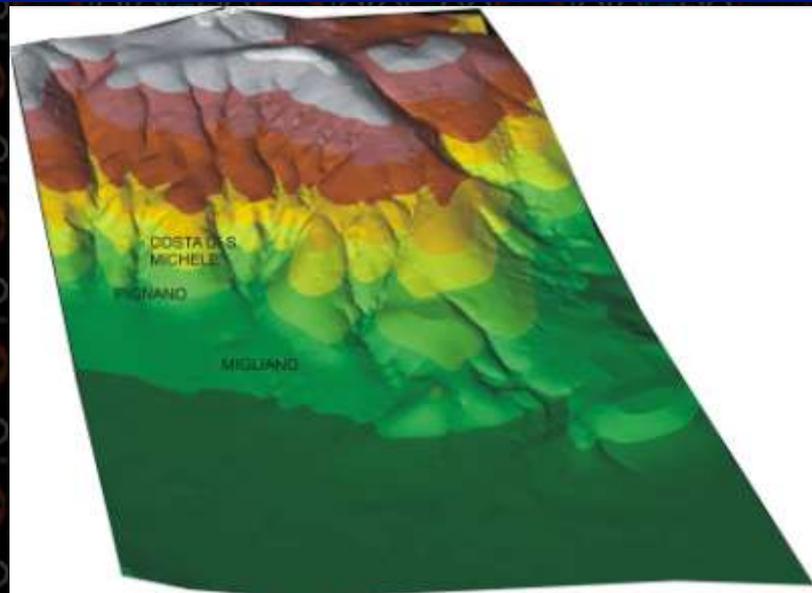
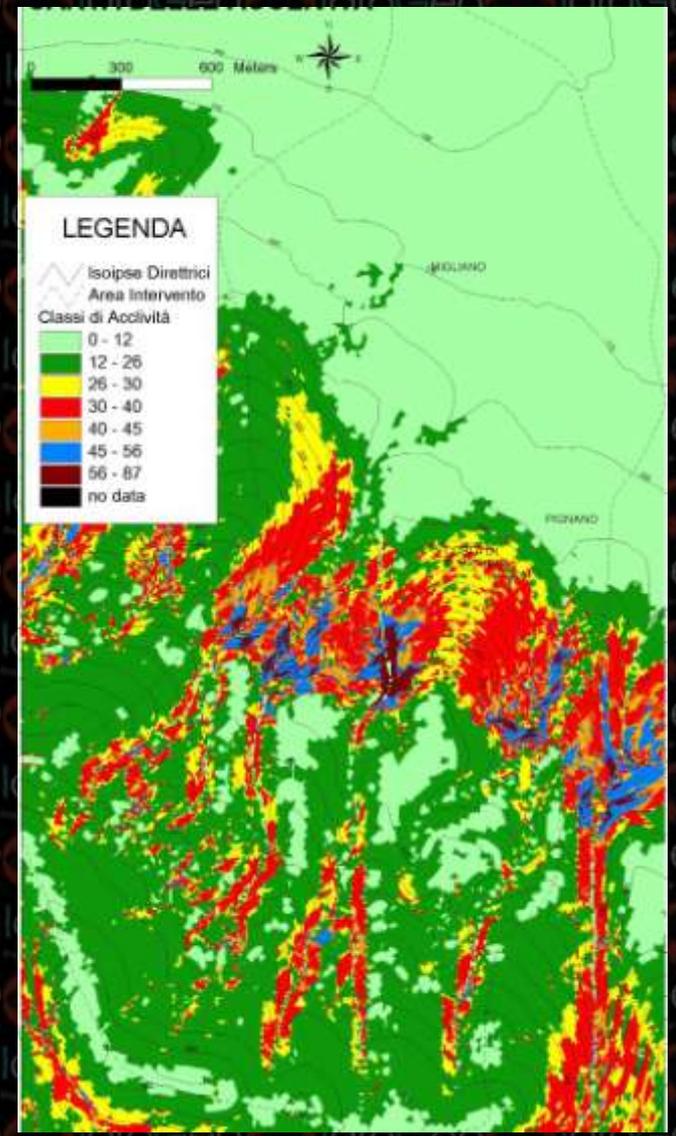
Carta della pericolosità da frana PSAI AdB NW. P3 suscettibilità alta, P2 suscettibilità media, P1 suscettibilità bassa, in verde chiaro area di incerta classificazione da approfondire con studi di dettaglio

Carta del rischio da frana (PSAI AdB NW). R4 (rischio molto elevato), R3 (rischio elevato), R2 (Rischio da frana medio), R1 (Rischio da frana moderato), in tratteggio rosso "Aree il cui livello di rischio potrà essere definito a seguito di studi e indagini di dettaglio."

Carta-inventario delle frane verificatesi a Quindici il 5 maggio 1998 (Calcaterra et al., 1999)

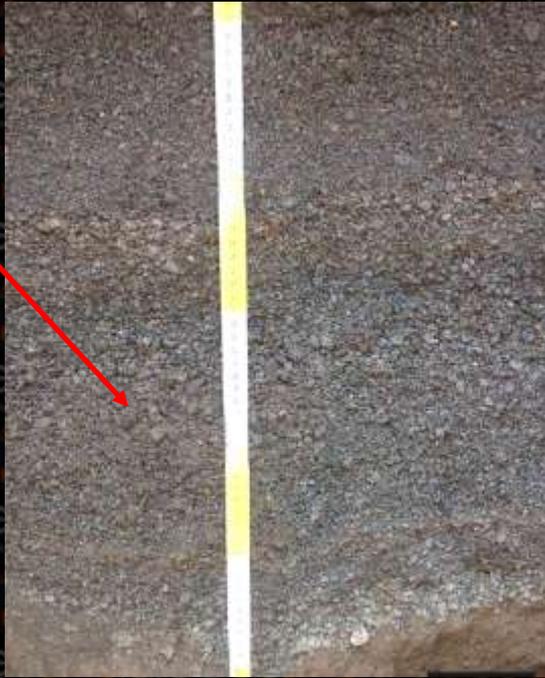


Carta delle acclività

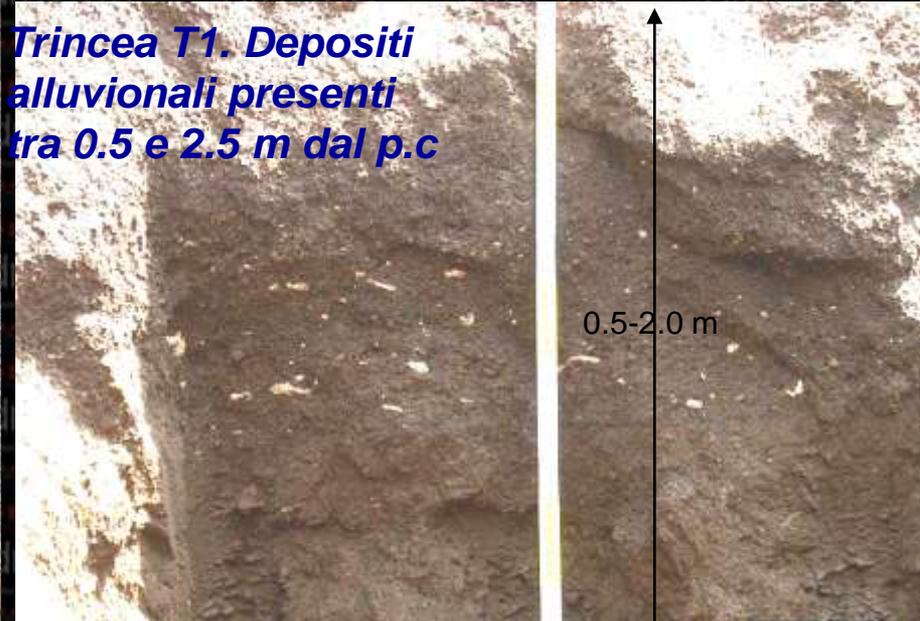


Successioni emerse dalle trincee

Trincea T1. Fall pomiceo dell'Eruzione del 1631 presente a 4.20 m ca. dal p.c.



Trincea T1. Depositi alluvionali presenti tra 0.5 e 2.5 m dal p.c.



Trincea T2. L'intera trincea restituisce depositi alluvionali. Nella foto particolare del materiale tra rinvenuto tra 4 e 5 m dal p.c.



Trincea T3. Fall pomiceo del 1631 mantellato da depositi da lahar

In sintesi

I piani stralcio per l'assetto idrogeologico hanno dato un sicuro impulso alla figura del **GEOLOGO PROFESSIONISTA**

Gli studi di compatibilità idrogeologica impongono specifiche conoscenze specialistiche (geologiche, geomorfologiche, vulcano-stratigrafiche, idrogeologiche, geologico-tecniche, informatiche, etc) che, tranne rare eccezioni non possono essere eseguiti, per ovvi problemi di *budget*, ad un *team* di esperti delle singole discipline (magari afferenti a dipartimenti universitari o di ricerca) ma devono essere affrontati e risolti dal singolo **PROFESSIONISTA**

L'aspetto squisitamente **GEOLOGICO** è predominante negli studi di compatibilità idrogeologica che non possono prescindere, quindi, dal tradizionale rilevamento di campagna integrato da indagini volte a definire l'assetto stratigrafico-sedimentologico dei depositi detritico-piroclastici presenti nei primi metri delle successioni

Spesso (quasi sempre) indagini a basso costo quali **POZZETTI E TRINCEE ESPLORATIVE** sono in grado di sostituire le dispendiose campagne di sondaggi che, ai me, sempre più frequentemente, per la loro cattiva realizzazione ed interpretazione, lasciano più dubbi che certezze

Grazie per l'attenzione

*"V'era una frana
ove l'acqua invernale, raccolta in copia,
dirotta avea la strada, e tutto intorno
affondato il terren."*

(Omero - Iliade - Libro XXIII, 750 a.C.)