



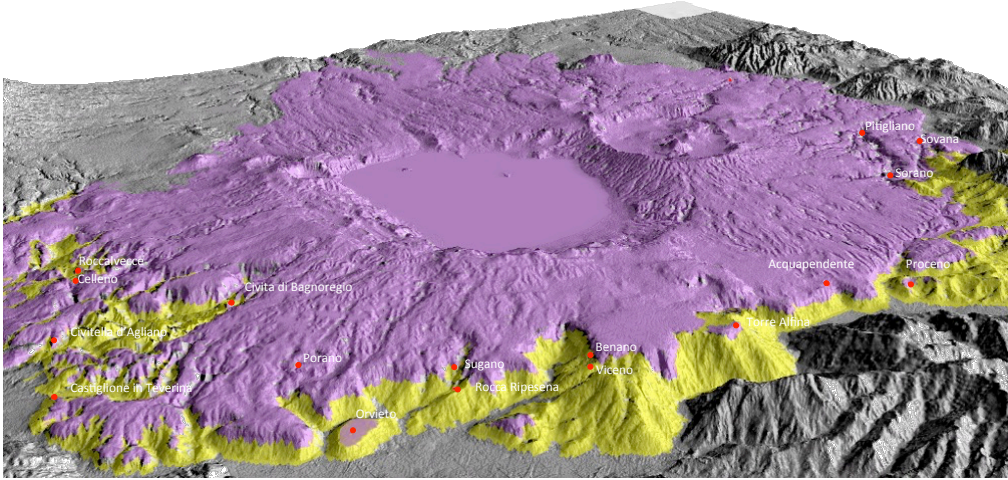



## TRENT'ANNI DI STUDI GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI ED APPLICATIVI A CIVITA DI BAGNOREGIO

Claudio Margottini  
ISPRA  
Vice Presidente Consorzio Mondiale sulle Frane

## DOVE SIAMO?

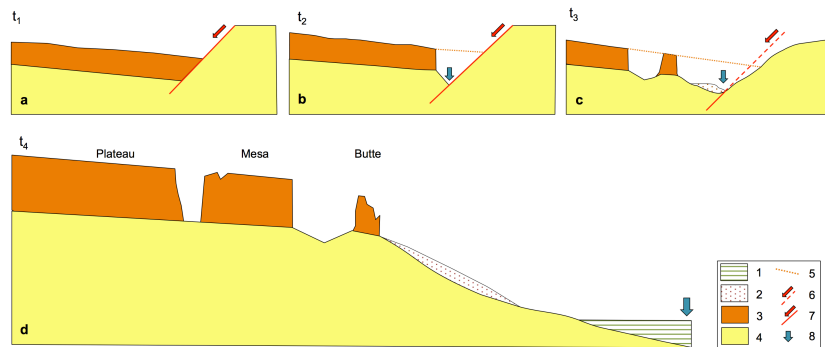
UN ECOTEMA AL BORDO DEL VULCANO



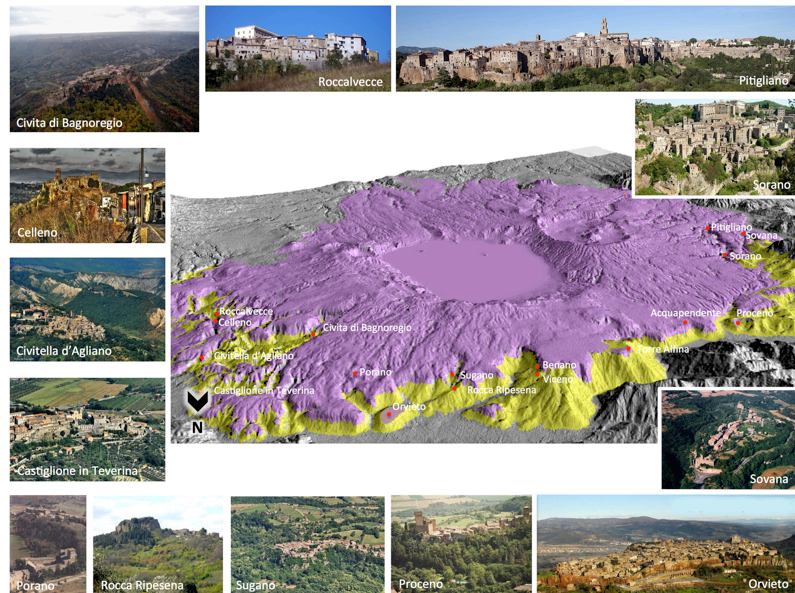

2
MARGOTTINI ET AL (2015)

## DOVE SIAMO?

COME SI È FORMATO



## DOVE SIAMO?

LA SITUAZIONE  
ATTUALE

## DOVE SIAMO?

UN ECOTEMA AL BORDO DEL VULCANO

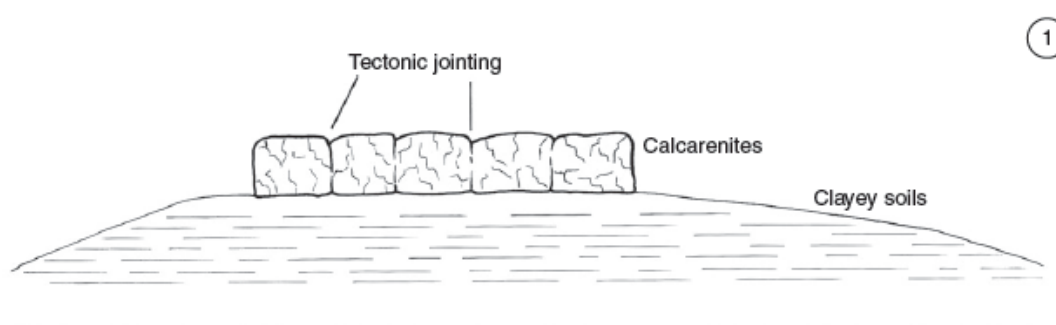


5

MARGOTTINI ET AL (2015)

## LATERAL SPREADING

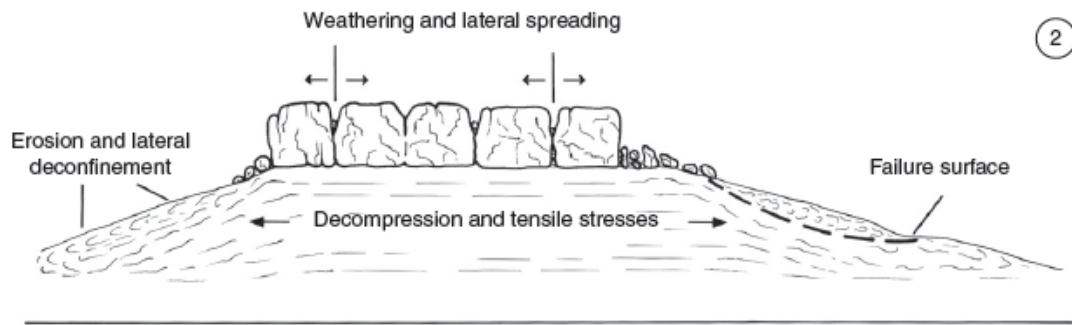
PASUTO AND SOLDATI (2013)



6

## LATERAL SPREADING

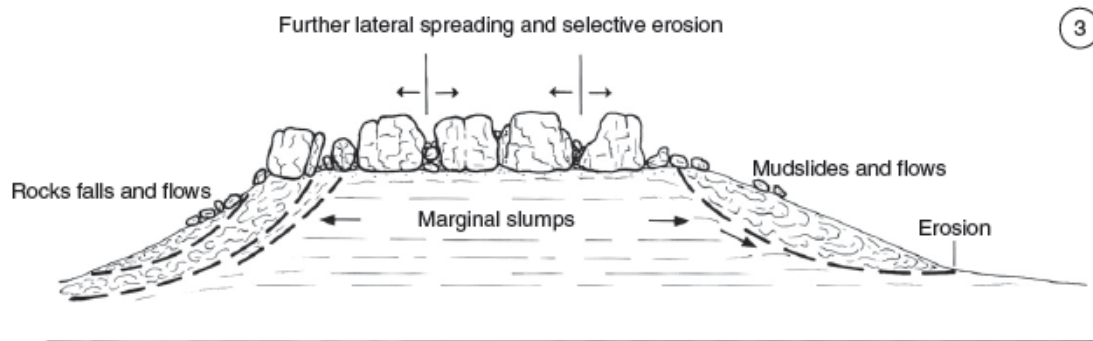
PASUTO AND SOLDATI (2013)



7

## LATERAL SPREADING

PASUTO AND SOLDATI (2013)

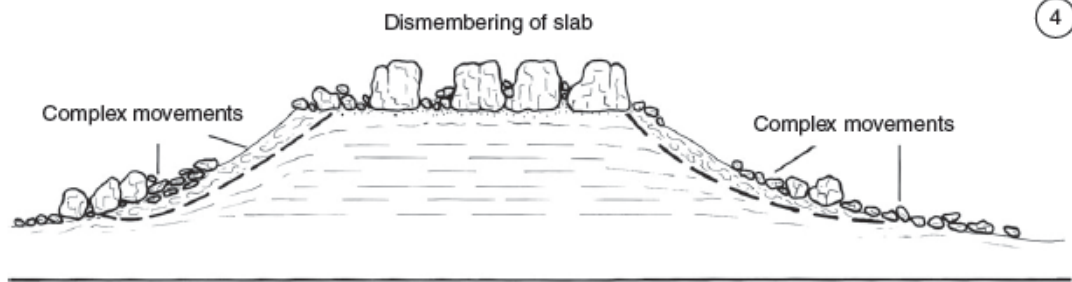


8



## LATERAL SPREADING

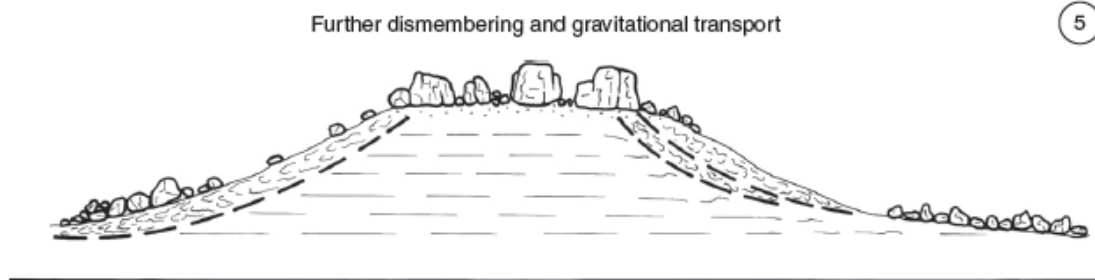
PASUTO AND SOLDATI (2013)



9

## LATERAL SPREADING

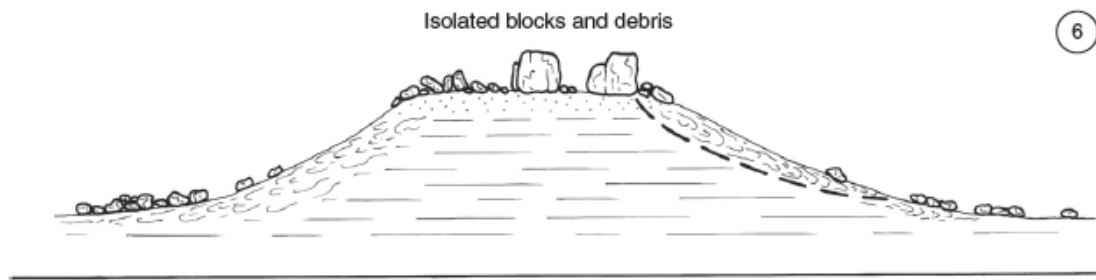
PASUTO AND SOLDATI (2013)



10

## LATERAL SPREADING

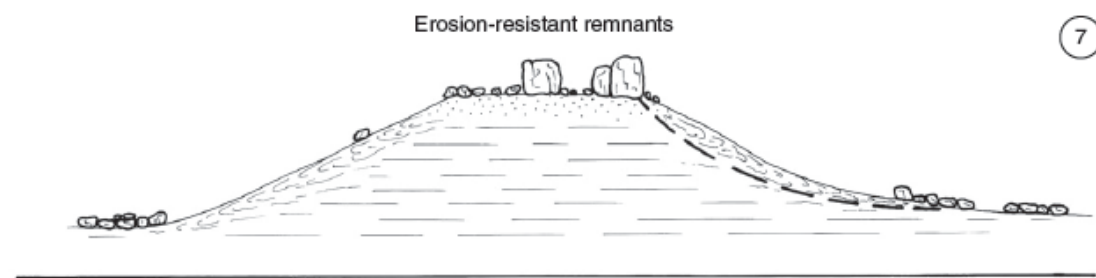
PASUTO AND SOLDATI (2013)



11

## LATERAL SPREADING

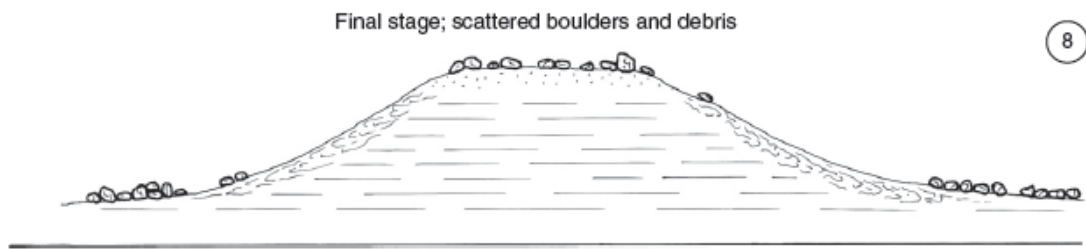
PASUTO AND SOLDATI (2013)



12

## LATERAL SPREADING

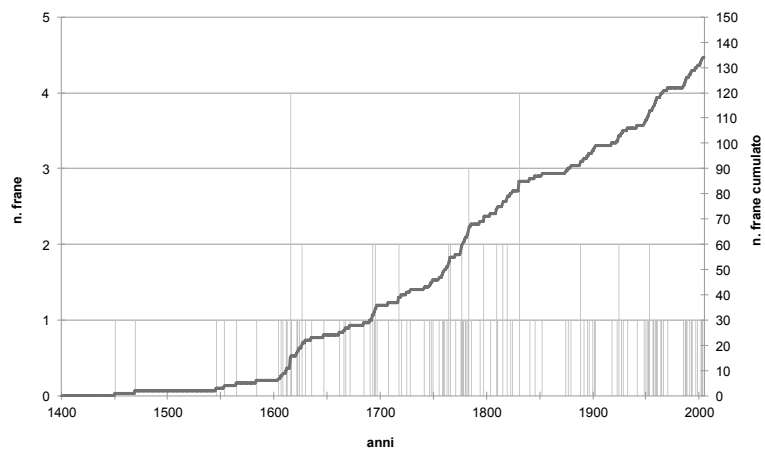
PASUTO AND SOLDATI (2013)



13

## NEL DETTAGLIO: LA SFIDA PER LA SOPRAVVIVENZA

OLTRE 140 FRANE DOCUMENTATE  
STORICAMENTE DAL 1373 AD OGGI



14

# EVOLUZIONE DELLE RUPE IN EPOCA STORICA

SCIOTTI ET AL., 1997

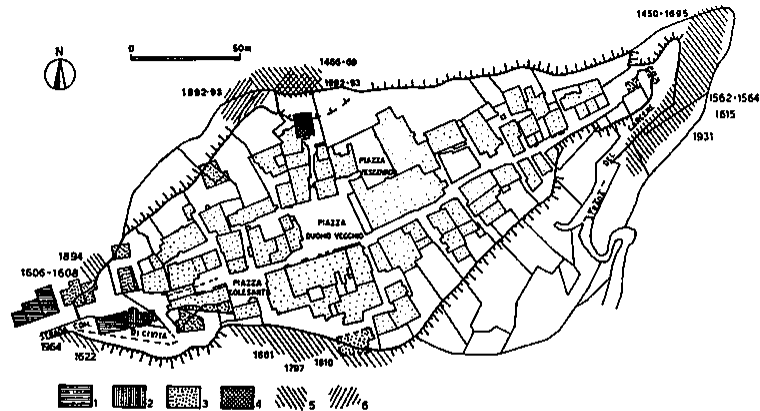
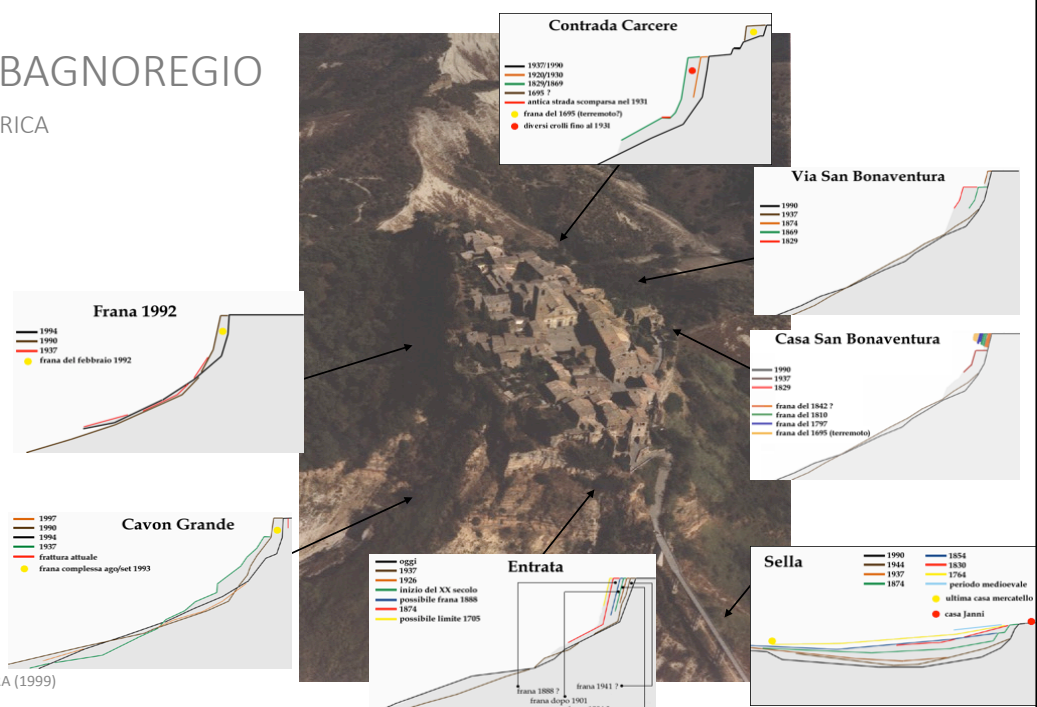


Fig. 4. Civita di Bagnoregio. Reduction of urban area caused by landslides, on the basis of information from the beginning of 18th up to now. Symbols show the building destroyed between 1705 and 1829 (1), 1829 and 1869 (2) and after 1869 (3), and the position of major events (5) with the date of their occurrence. The area affected by the 1992-1993 displacements (6) and the house (4) which was damaged in previous years are also shown.

15

## CIVITA DI BAGNOREGIO

EVOLUZIONE STORICA

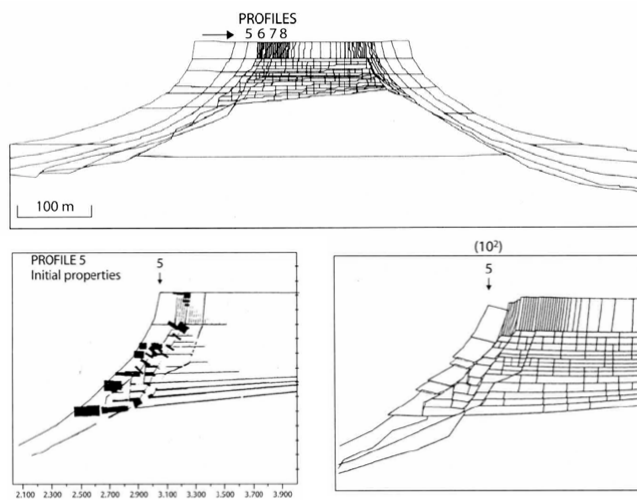


MARGOTTINI & SBARRA (1999)

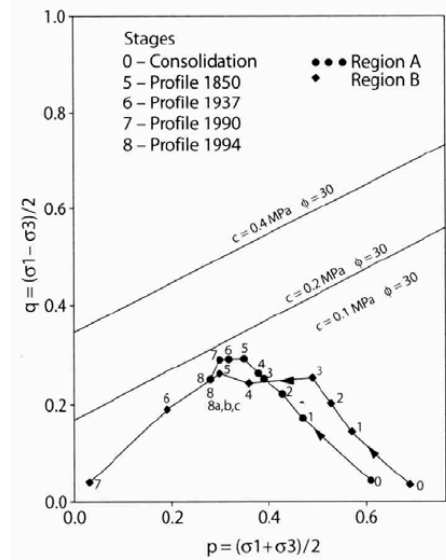


## MODELLIZZAZIONE CON UDEC DELL'EVOLUZIONE STORICA

BANDIS ET AL. (2000)



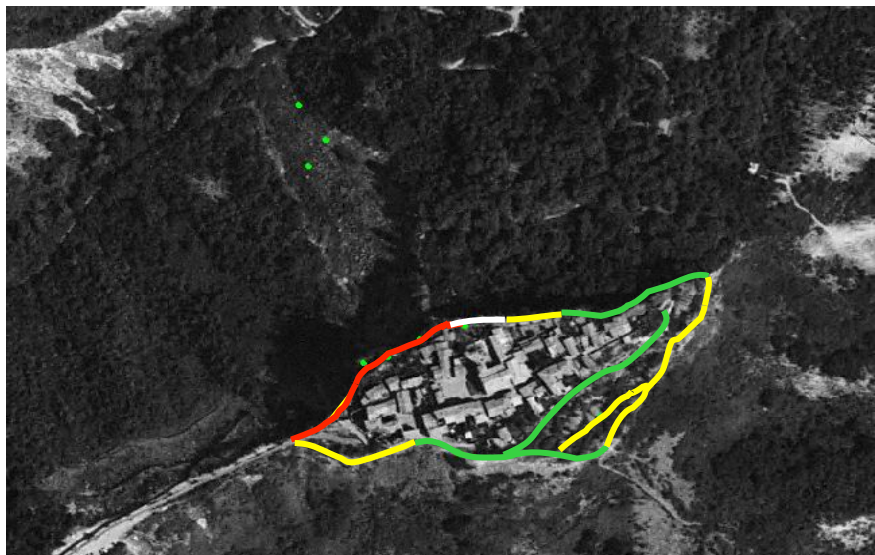
17



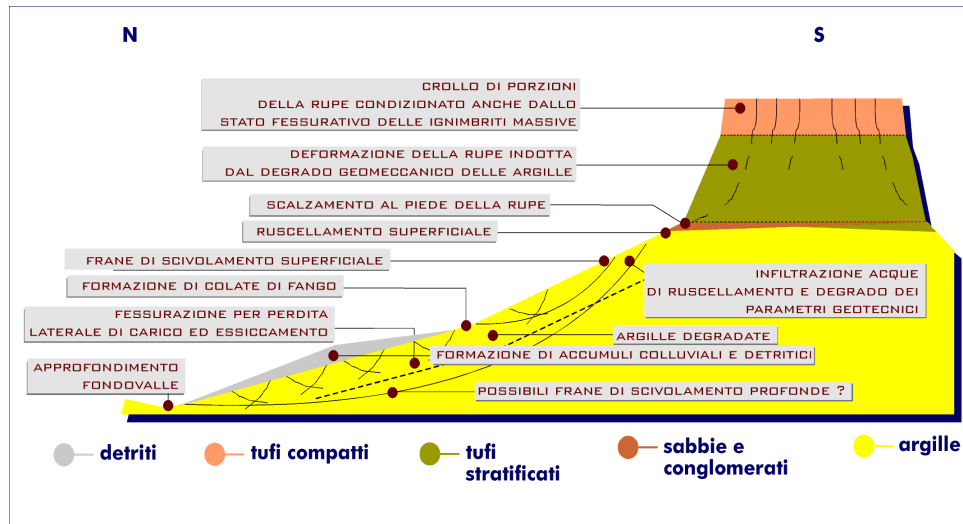
## HAZARD

FELL (1984)

- Extremely high (1 per year)
- Very high (0.2 per year)
- High (0.05 per year)
- Medium (0.001 per year)
- Low (0.0001 per year)
- Very low (0.00001 per year)
- stabilized

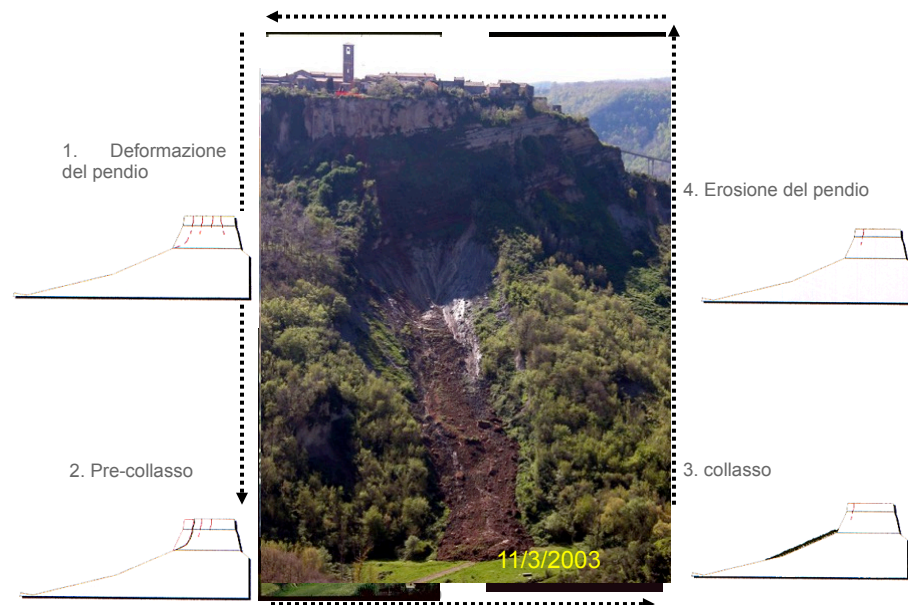


## IL CONTESTO EVOLUTIVO



19

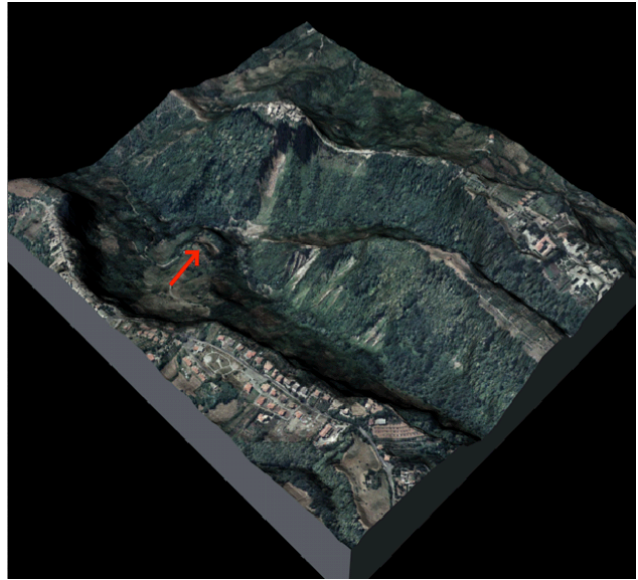
## EVOLUZIONE CICLICA



## FATTORI PREDISponentI: LA FRANA DEL 1114 a.D.

### EVENTO COMPLESSO

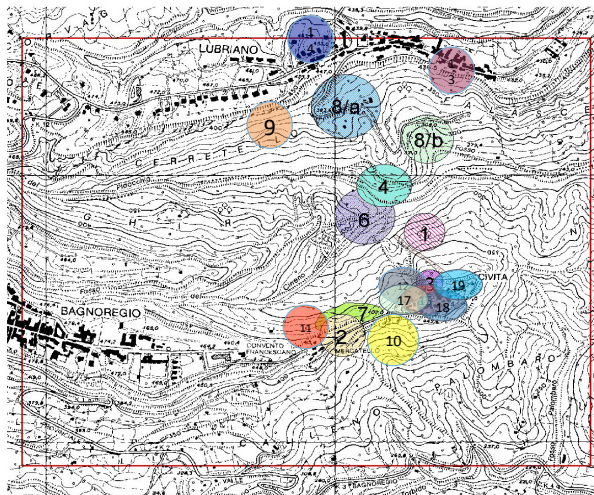
Ai fattori predisponenti prima descritti si aggiungono poi elementi più contingenti, quali ad esempio la grande frana del versante di Lubriano, a Nord di Civita che, verificatasi nel 1114 (datazione su tronchi sepolti con 14C) ha spostato l'alveo del fiume di fondovalle verso Civita, innescando tutti quei processi franosi che oggi avvengono nell'area denominata del Caven Grande.



21

## CHE COSA E' STATO FATTO?

### UN GIS ISPRA PER I PROGETTI



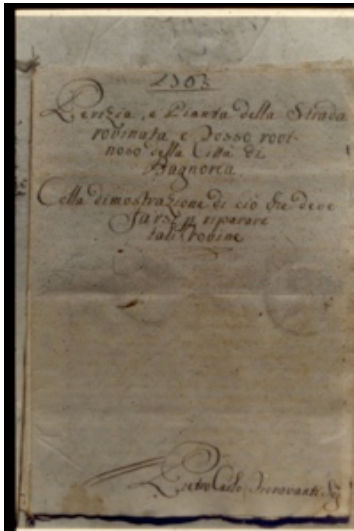
*Carta degli interventi realizzati nella rupe di Civita di Bagnoregio negli ultimi 30 anni*

1	Consorzio Civita griglia in pali di legno	9	Lubriano 2005
2	Ministero degli Interni protezione strutturale di alcune campate del ponte di accesso	10	Sella lato meridionale
3	Protezione Civile consolidamento parte alta della rupe tufacea	11	Mercatello
4	Amm. Provinciale di Viterbo regimazione idraulica parte di fondovalle	12	Chiodature Caven Grande
5	raccolta acque reflue e canalizzazione al fosso	13	Lubriano 2008
6	Regione Lazio ex Genio Civile deviazione alveo per allontanamento acque dal piede della frana a maggiore pericolosità potenziale per le pendici della rupe di Civita	14	Lubriano 2012
7	sistemazione versante settentrionale	15	Progetto globale versante sett. 1997
8/a	stabilizzazione frana e ripristino viabilità per il fondovalle	17	Regione Lazio 2000
8/b		18	Ministero Ambiente 2006
		19	Regione Lazio Disgaggi 2008

22

## COSA E' STATO FATTO?

ANTOLINI (1765)



23

## COSA E' STATO FATTO?

VERZILI (1839)

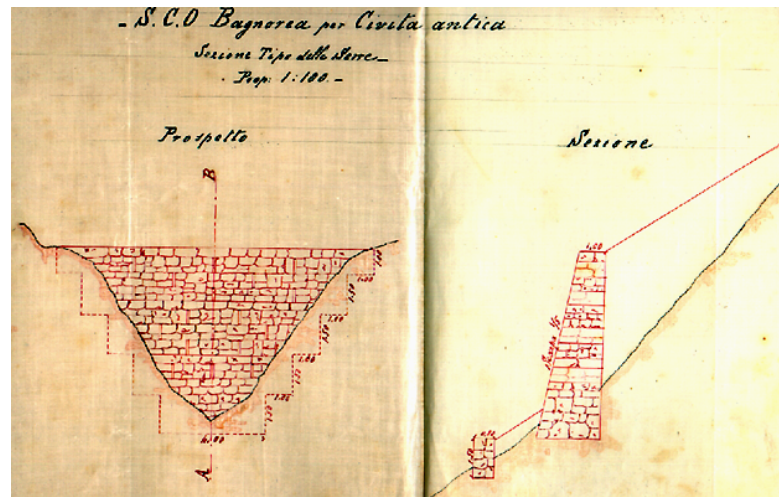


24



## COSA E' STATO FATTO?

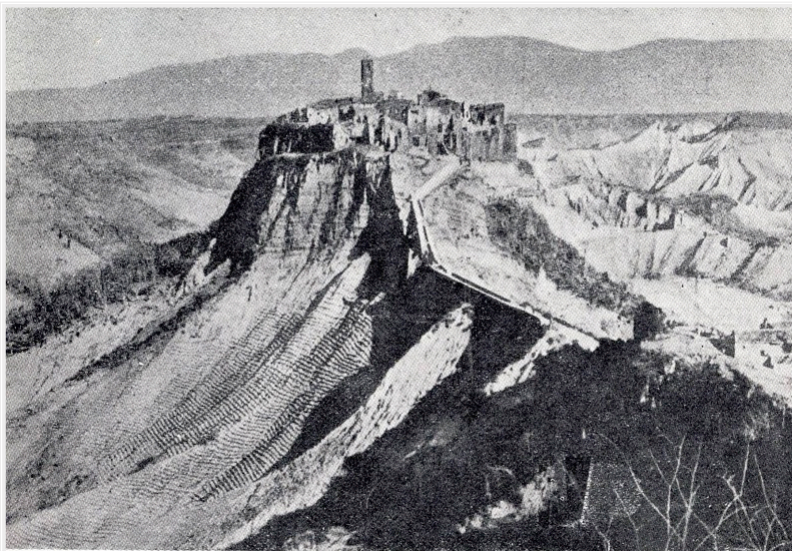
1870 (CIRCA)



25

## COSA E' STATO FATTO?

OPERE DI RIMBOSCHIMENTO 1948

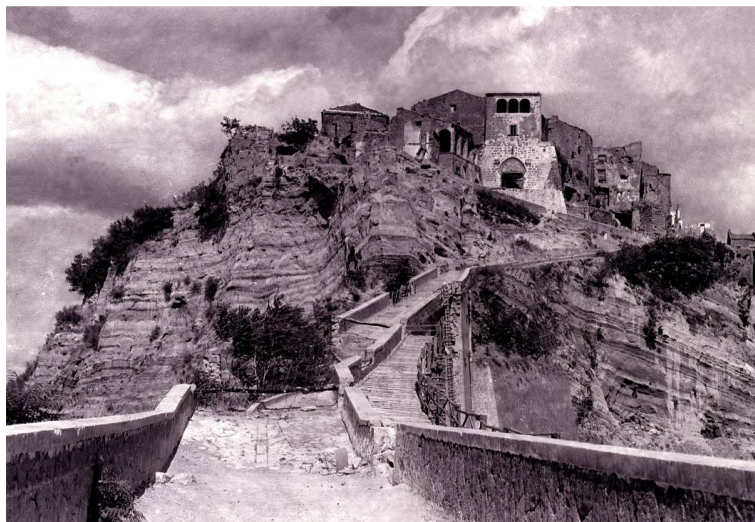


## COSA E' STATO FATTO?

INTERVENTI AGRONOMICI SULLE ARGILLE DELLA SELLA 1955



CIVITA' DI BAGNAREGIO - ANNO 1955



27

## COSA E' STATO FATTO?

INTERVENTI AGRONOMICI SULLE ARGILLE DELLA SELLA, LATO SUD 1957

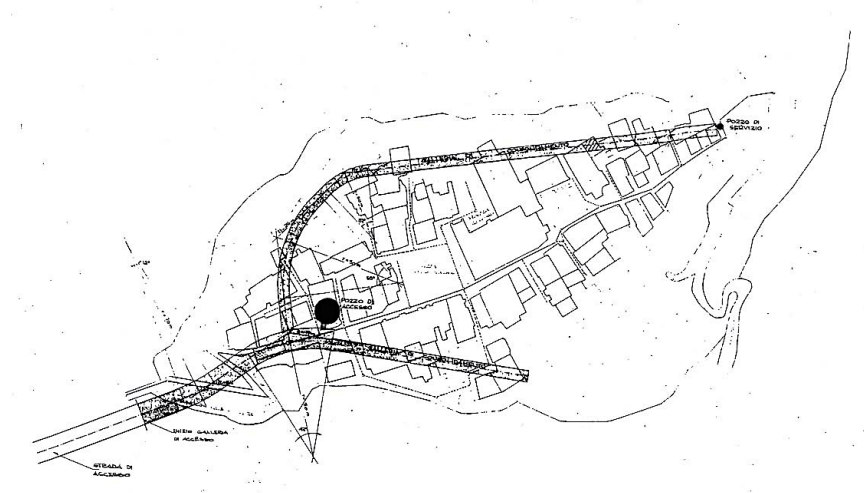


28



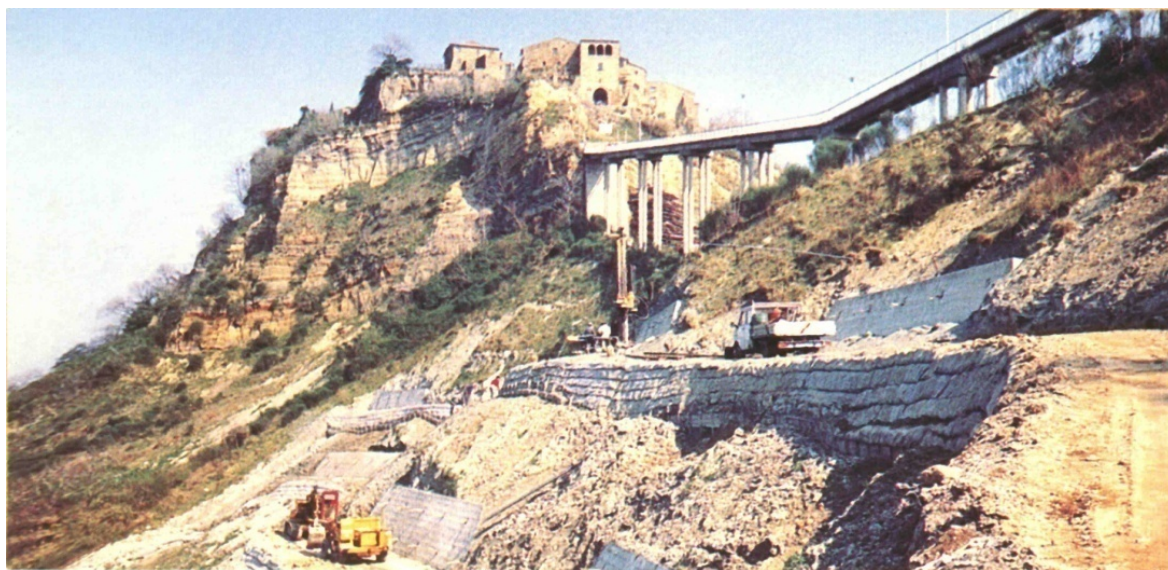
## IPOTESI DI INTERVENTO FONDI FIO

(Lunardi, Jamiolkosky, 1988)



29

## PROGETTO GRASSETTO 1988



## SISTEMAZIONE IDRAULICA FOSSO DEL CIRENEO

1993



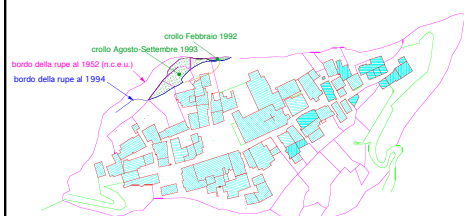
## LE PRIME ESPERIENZE DI INGEGNERIA NATURALISTICA

1993-4



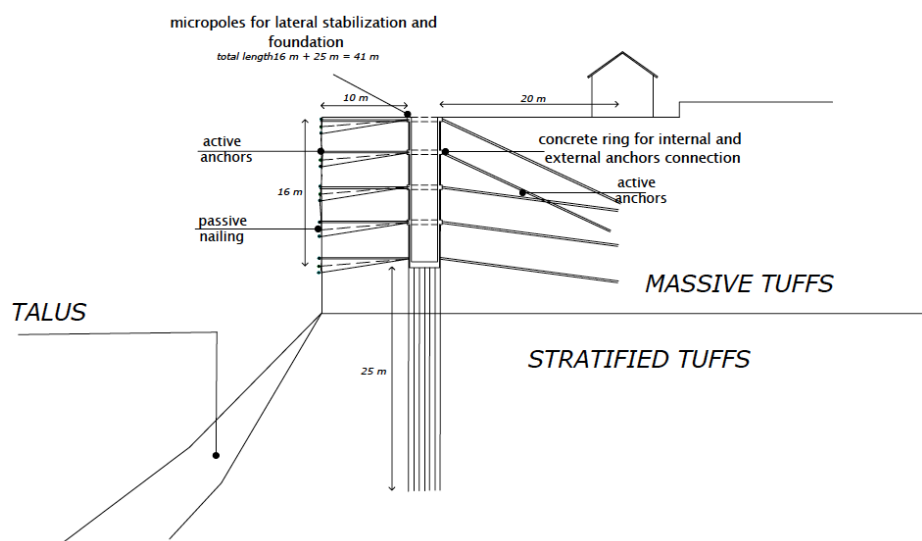


DAL 1992 ...



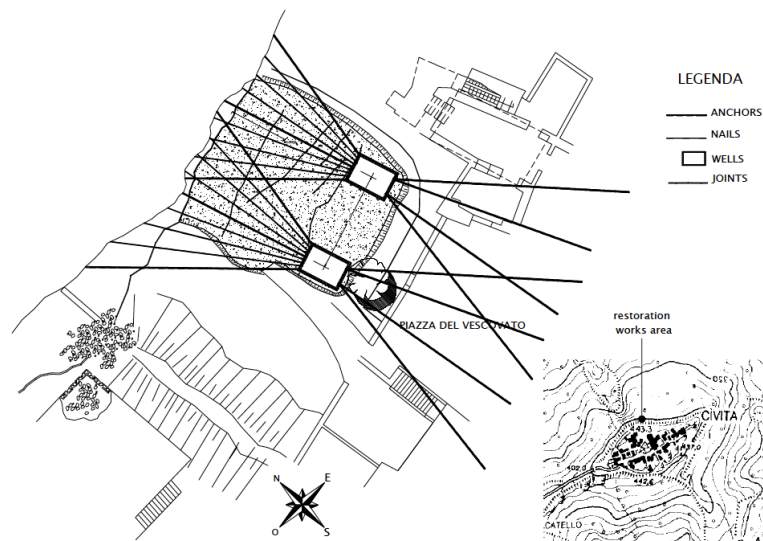
## PROGETTO ENEA (1994)

BANDIS ET AL. (2000)



## PROGETTO ENEA (1994)

BANDIS ET AL., (2000)



## REGIONE LAZIO E MINISTERO AMBIENTE 2000-2006

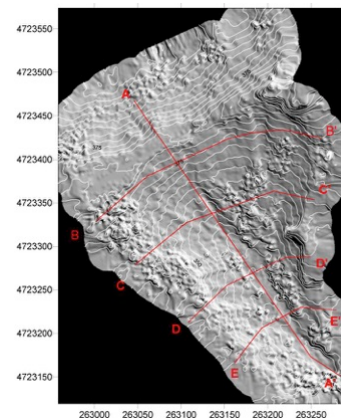
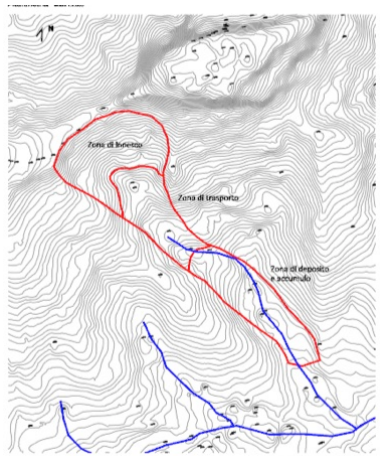
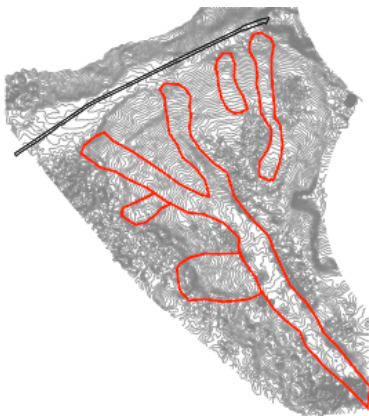


## 8 PER MILLE 2007



## REGIONE LAZIO 2012

SELLA





## REGIONE LAZIO 2012



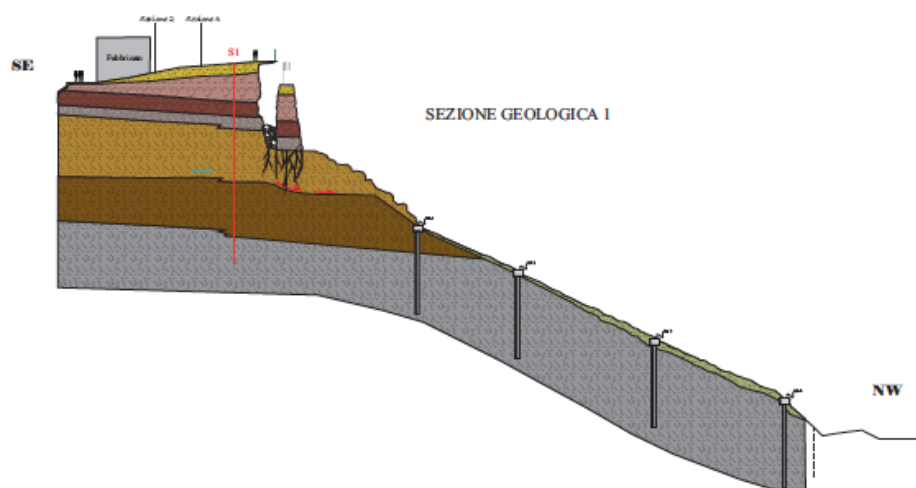
Company Logo

39

www.domain.com

## REGIONE LAZIO 2012

MERCATELLO



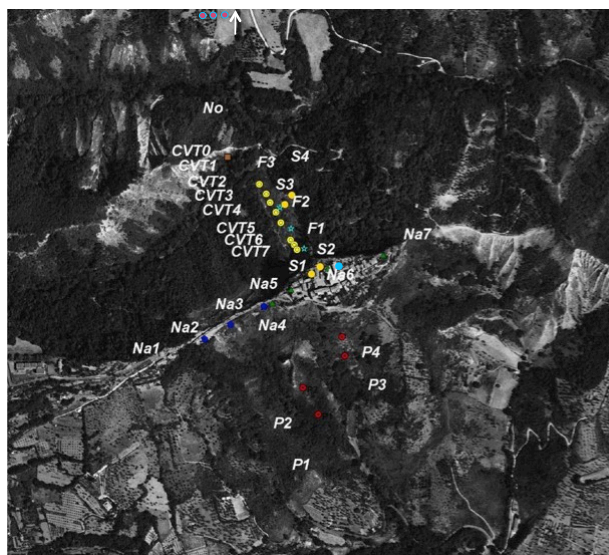
Cortesemente fornita Dott. Geol. David Simoncelli

40



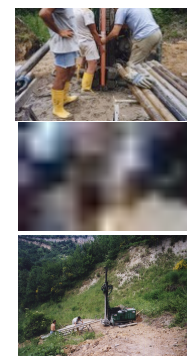
## QUALI INFORMAZIONI CI PORTANO I PROGETTI PREGRESSI?

SONDAGGI E CAMPIONAMENTI SUPERFICIALI



### Ubicazione Sondaggi

- *Puglisi - 1987 -*
- *Napoleoni - 1988 -*
- ▲ *Napoleoni - 1989 -*
- *Cevolani - 1990 -*
- ☆ *Focardi - 1991 -*
- *Nolasco - 1997 -*
- *ENEL Hydro -2001-*
- *ENE 1998*
- *Bozzano et al., 2012*



## QUALI INFORMAZIONI CI PORTANO I PROGETTI PREGRESSI?

SONDAGGIO 1994 FINO A 52,8 M

[illegible]

# QUALI INFORMAZIONI CI PORTANO I PROGETTI PREGRESSI?

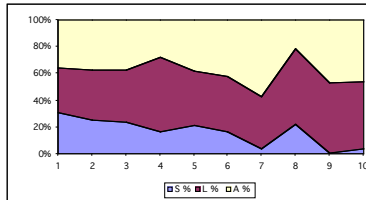
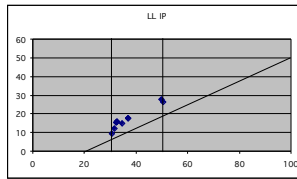
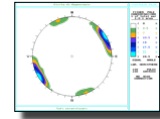
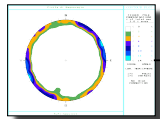
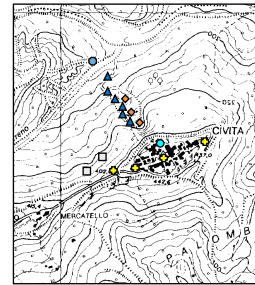
## PROVE DI LABORATORIO

Proprietà della roccia intatta	Simbolo	Unità	max	min	media
peso di volume	$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	19.4	10.8	11.5
peso di volume saturo	$\gamma_s$	kN/m <sup>3</sup>	-	-	11.5
peso di volume della parte solida	$\gamma_d$	kN/m <sup>3</sup>	26.0	23.9	24.2
indice dei vuoti	$e$	-	1.25	1.21	1.17
porosità	$n$	%	56	54	55
resistenza a compressione (materiale secco)	$\sigma_c$ (dry)	MPa	2.75	2.16	-
resistenza a compressione (materiale saturo)	$\sigma_c$ (sat)	MPa	1.91	1.62	-
resistenza a trazione (materiale secco)	$\sigma_t$ (dry)	MPa	0.41	0.39	-
resistenza a trazione (materiale saturo)	$\sigma_t$ (sat)	MPa	0.32	0.22	-
Proprietà dei giunti	Simbolo	Unità	max	min	media
angolo di attrito di base	$\phi_b$	°	-	-	28
coefficiente di rugosità	JRC	-	0	14	8
resistenza a compressione delle pareti	JCS	MPa	-	-	1.9
Proprietà dell'ammasso roccioso	Simbolo	Unità	max	min	media
indice geologico di resistenza	GSI	-	70	50	66
parametro m della roccia intatta	$m_i$	-	15	15	15
parametro n dell'ammasso	$n_a$	-	5.14	2.52	4.45
parametro a dell'ammasso	$a$	-	0.0357	0.00387	0.0229
parametro b dell'ammasso	$b$	-	0.50	0.50	0.50
modulo di deformabilità	E	GPa	31.6	10.0	25.1

Tabella 1 - Proprietà geomeccaniche dei tufi di Civita.  
Tabella 1 - Geomechanical properties of the Civita tuffs.

Proprietà	Simbolo	Unità	max	min	media
fratture suborizzontali	MF	%	23	1	7.5
fratture verticali	CF	%	57	28	52.3
fratture argilline	AF	%	26	15	44.8
contenuto di acqua naturale	w	%	26	15	21.5
peso di volume	$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	20.6	19.8	20.2
peso specifico dei grani	$G_s$	-	2.78	2.65	2.7
umidità	w	%	43	28	36.3
grado di saturazione	S	%	100	84	95.4
contenuto in carbonato di calcio	CaCO <sub>3</sub>	%	24.8	17.7	21.6
limite di liquidità	LL	%	63	30	48.3
limite di plasticità	LP	%	41	10	26.5
resistenza al taglio non drenata	$c_u$	kPa	245	490	368
coesione efficace	$c'$	kPa	118	39	82
angolo di attrito di picco (tensioni efficaci)	$\phi^p$	°	33	22	26.3
angolo di attrito a volume costante (tensioni efficaci)	$\phi_{v'}$	°	27	22	22
angolo di attrito residuo (tensioni efficaci)	$\phi_r$	°	19	16	17.5

Tabella 2 - Proprietà geotecniche delle argille pleistoceniche di Civita.  
Tabella 2 - Geotechnical properties of the Civita clays.



Company Logo

● Nolasco (1997) ● Iacurto e Priori (1993) ◆ Focardi (1991) ▲ Cevoli et. Alii (1990) □ Napoleoni (1989) ● Ego (1989) www.domain.com

# QUALI INFORMAZIONI CI PORTANO I PROGETTI PREGRESSI?

## PROVE DI LABORATORIO (NAPOLEONI, 1991)

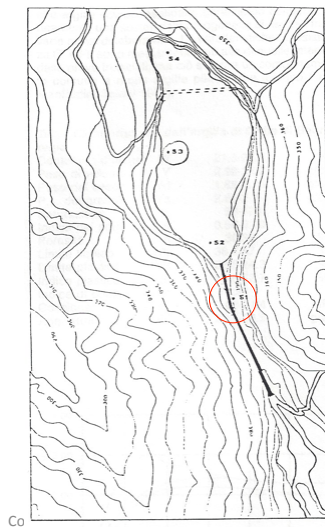


Fig. 4 - Disposizione dei sondaggi 1989.

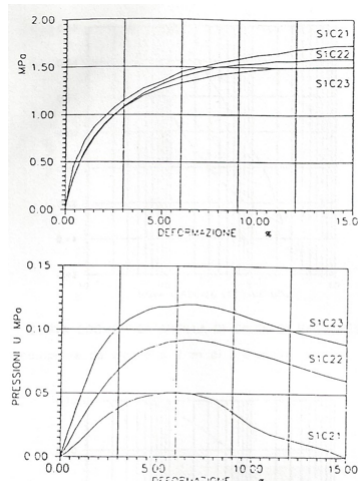


fig. 5 - Prova consolidata e non drenata sul campione a 5.50 m.

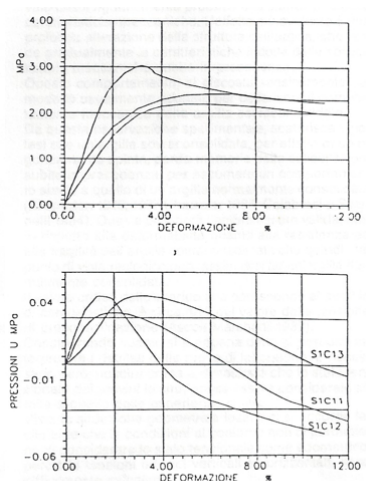
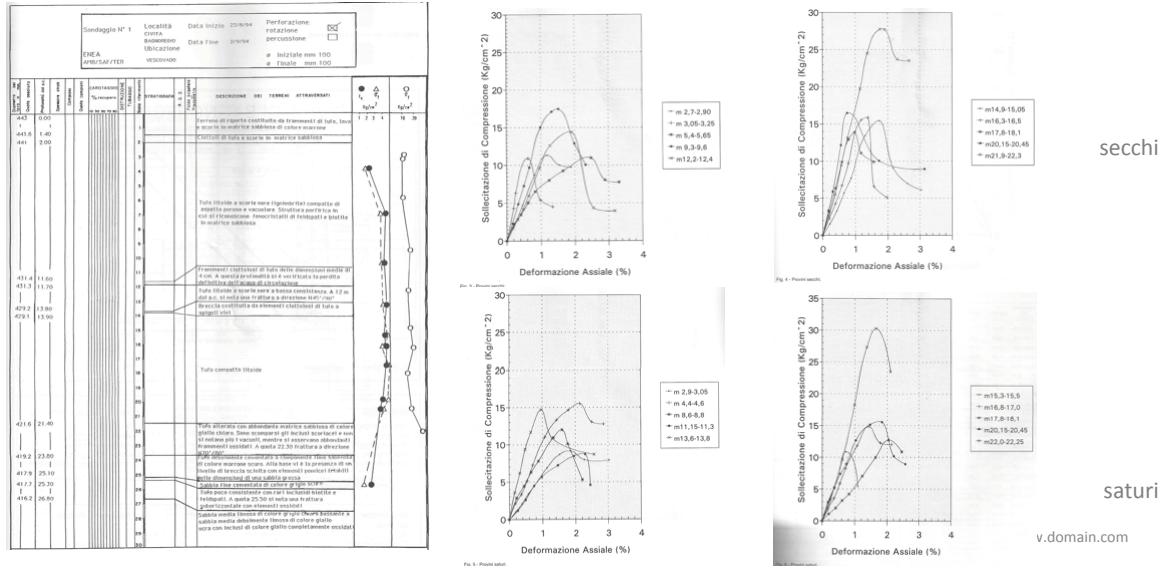


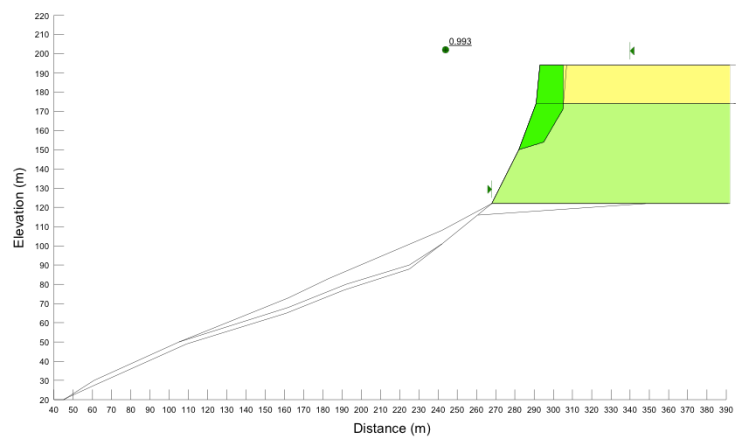
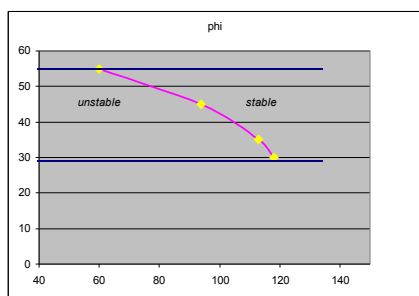
Fig. 6 - Prova consolidata e non drenata sul campione a 11.50 m.

# QUALI INFORMAZIONI CI PORTANO I PROGETTI PREGRESSI?

SONDAGGIO 1994 IGIMBRITTI LITOIDI (IACURTO E PRIORI, 1995)

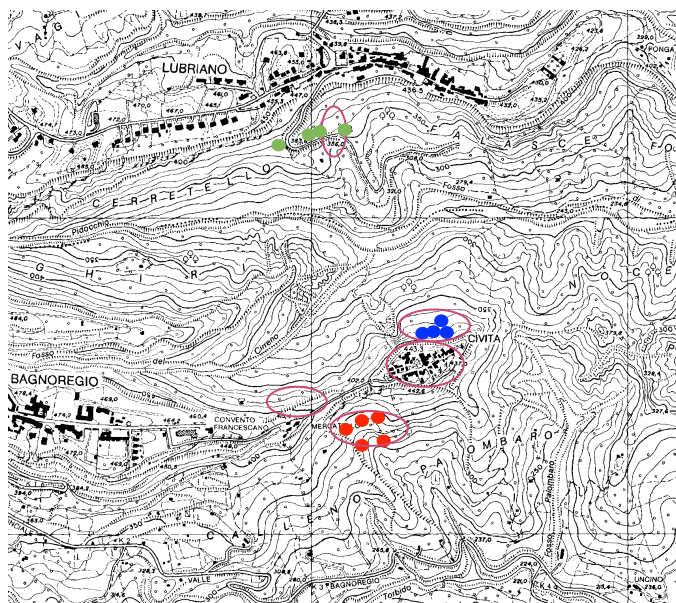


## BACK ANALYSIS FRANA 1993



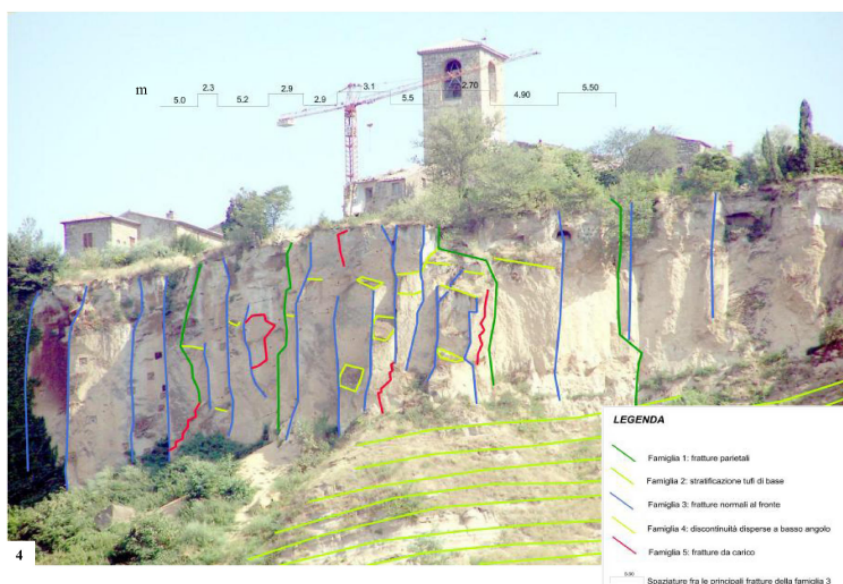
## QUALI INFORMAZIONI CI PORTANO I PROGETTI PREGRESSI?

PROVE PENETROMETRICHE E GEOFISICHE



## QUALI INFORMAZIONI CI PORTANO I PROGETTI PREGRESSI

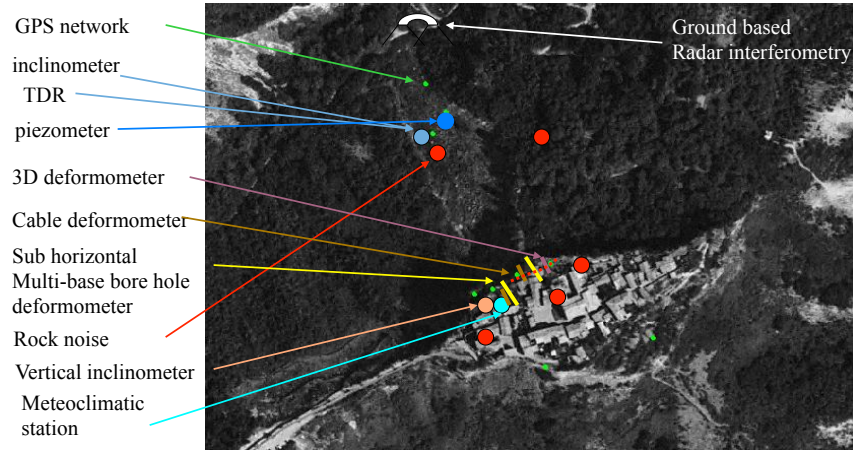
DOGLIONI 2008





## SISTEMA DI MONITORAGGIO

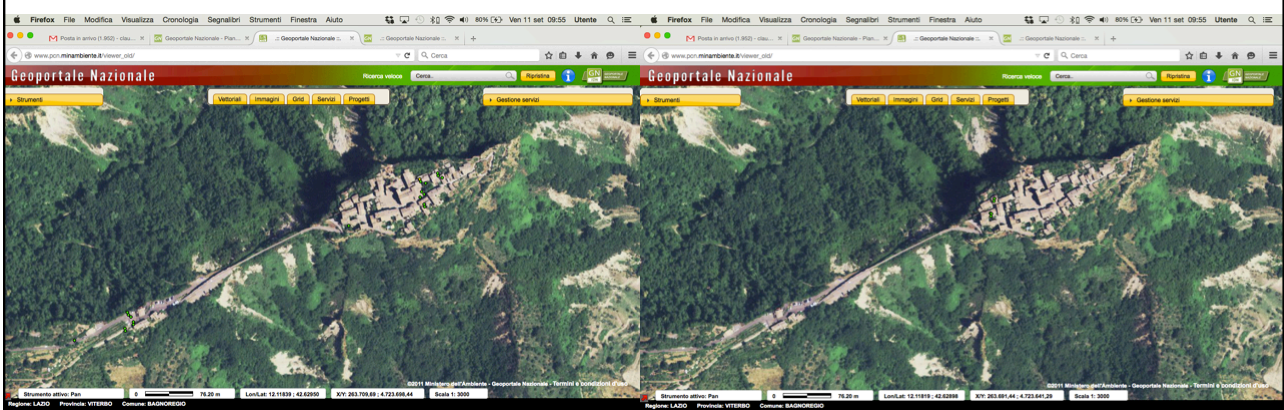
PROGETTO PARNASO (2001)



49

## INTERFEROMETRIA SATELLITARE

ASCENDING AND DESCENDING



Next step: alta risoluzione con Cosmoskymed (in collaborazione con Finmeccanica)

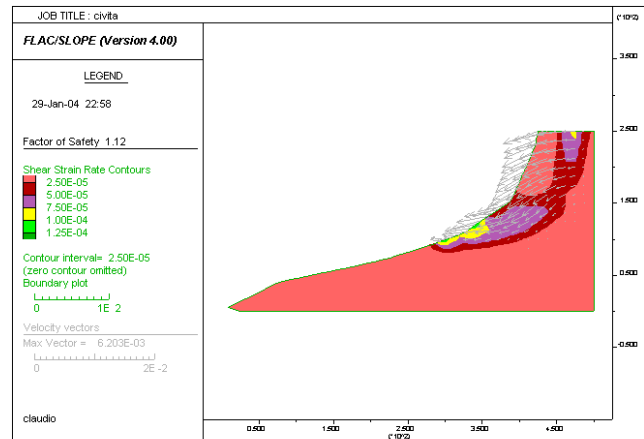
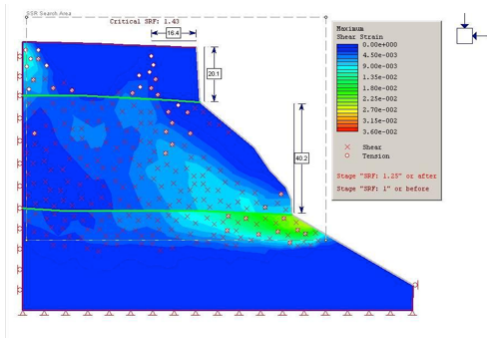
Company Logo

50

www.domain.com

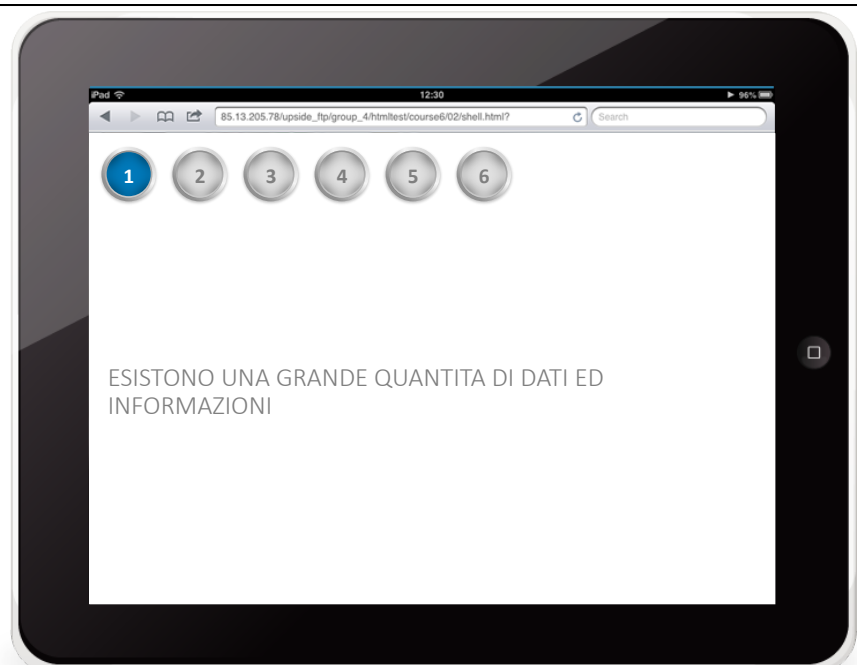
# I MODELLI

ELEMENTI FINITI E DIFFERENZE FINITE



51

# CONCLUSIONI



52

www.domain.com

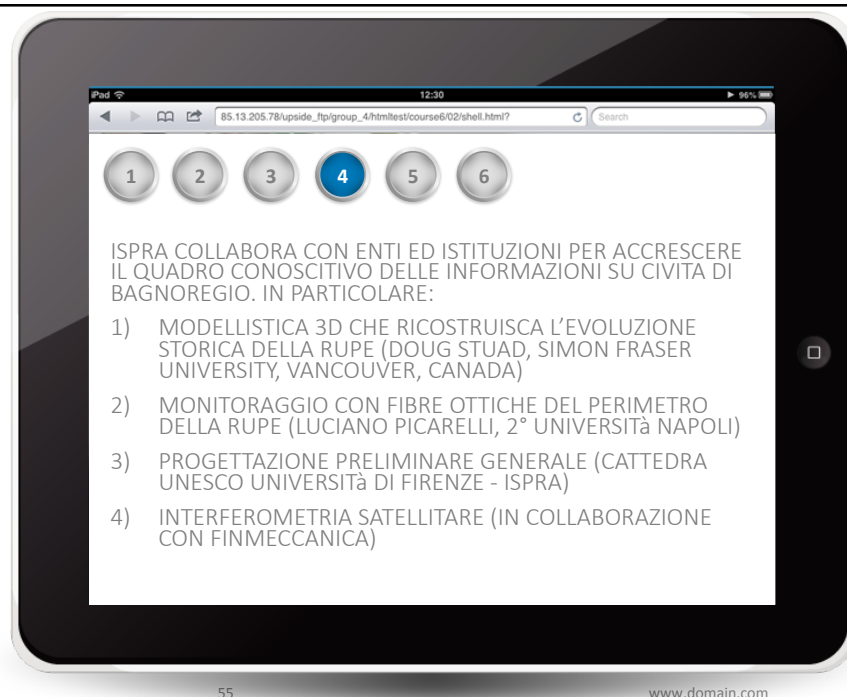
## CONCLUSIONI



## CONCLUSIONI



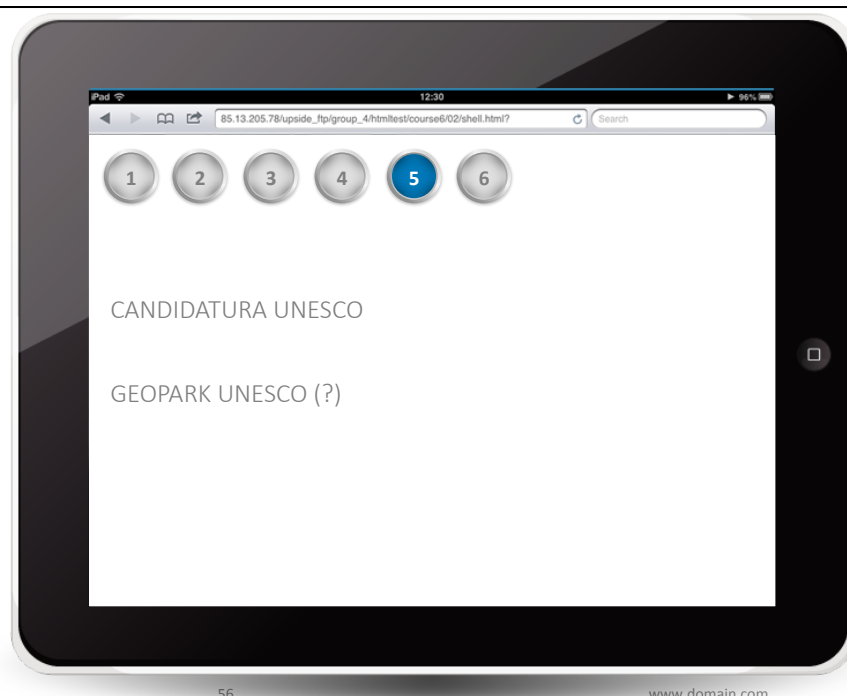
## CONCLUSIONI



55

www.domain.com

## CONCLUSIONI

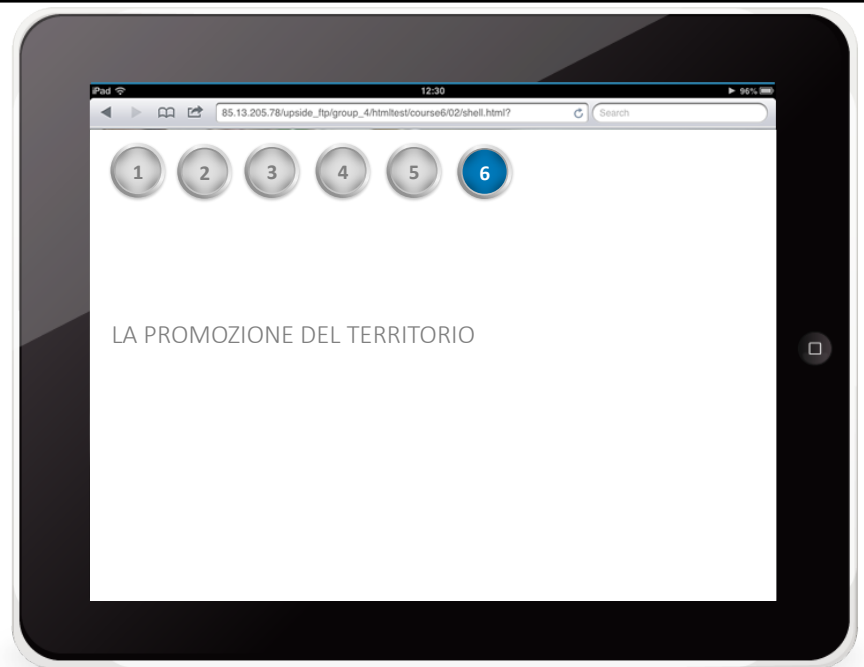


56

www.domain.com



## CONCLUSIONI



57

www.domain.com

Company Logo

58

www.domain.com