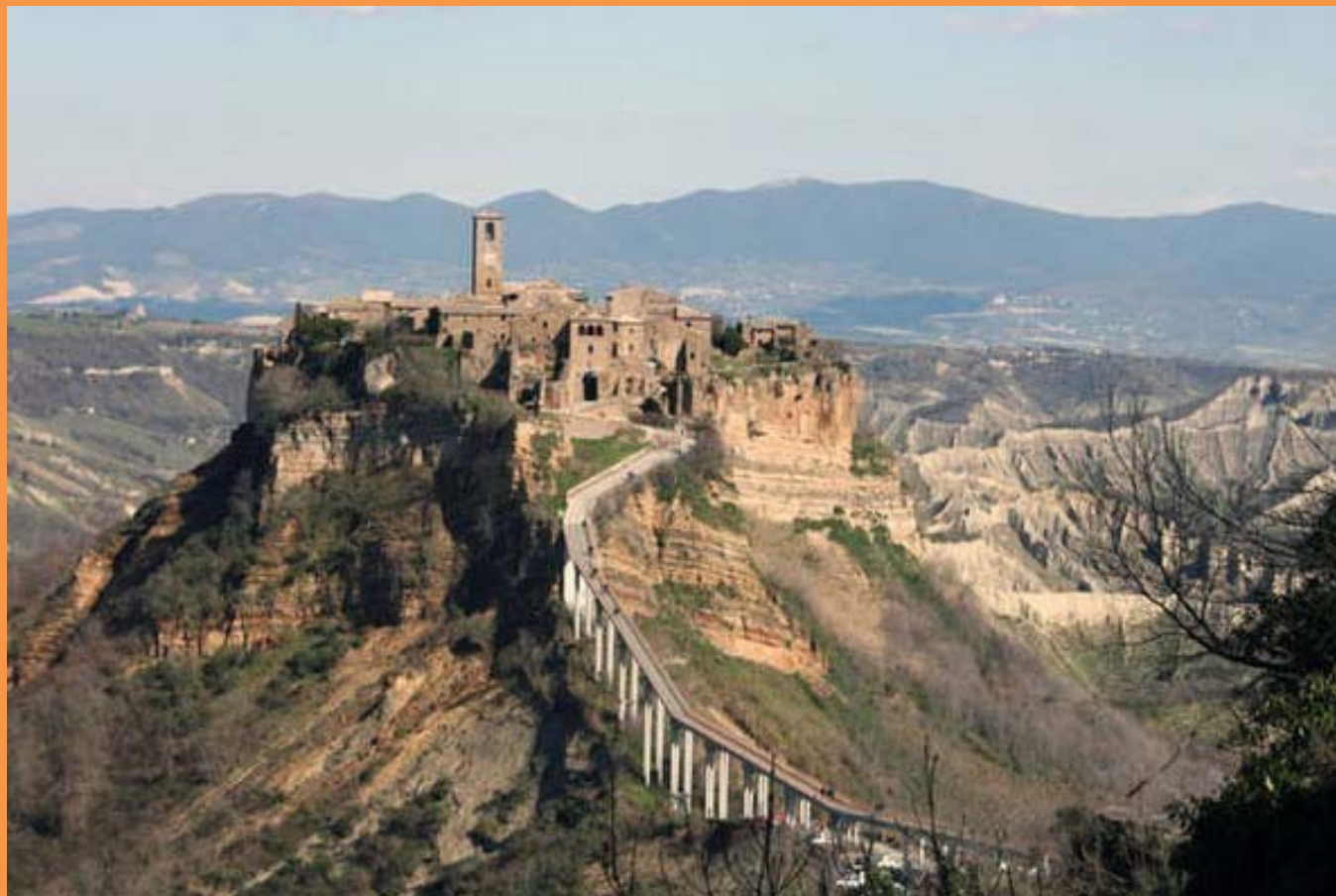


Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



by ANSA

ELEMENTI ESSENZIALI PER L'INDIVIDUAZIONE DEI FENOMENI DI INSTABILITA'

- **Inquadramento Morgologico**
- **Inquadramento Geologico generale**
- **Inquadramento Geoidrologico dell'area**
- **Geologia particolareggiata della zona**
 - ✓ Caratteristiche strutturali delle formazioni
 - ✓ Caratteristiche fisiche e meccaniche dei litotipi presenti
- **Individuazione dei meccanismi d'instabilità caratteristici**
- **Definizione della tipologia degli interventi**
- **Analisi e verifiche**
 - ✓ Analisi di stabilità globale e locale
 - ✓ Analisi tensio-deformative
 - ✓ Criteri di dimensionamento degli interventi
- **Monitoraggio**

Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015 Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



PRINCIPALI INDAGINI SPECIFICHE

Indagini geognostiche

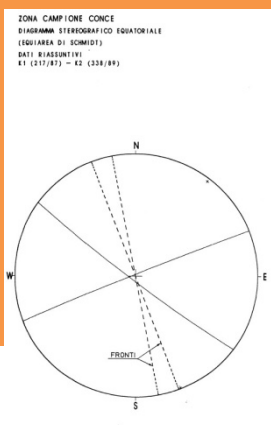
Indagini sismiche

Prove di laboratorio ed in sito

.....

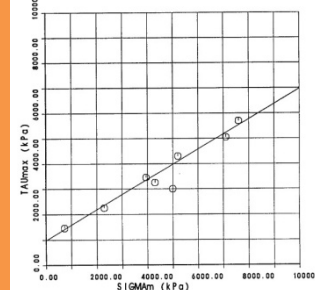
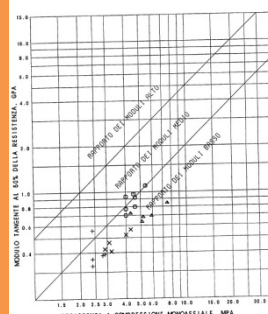
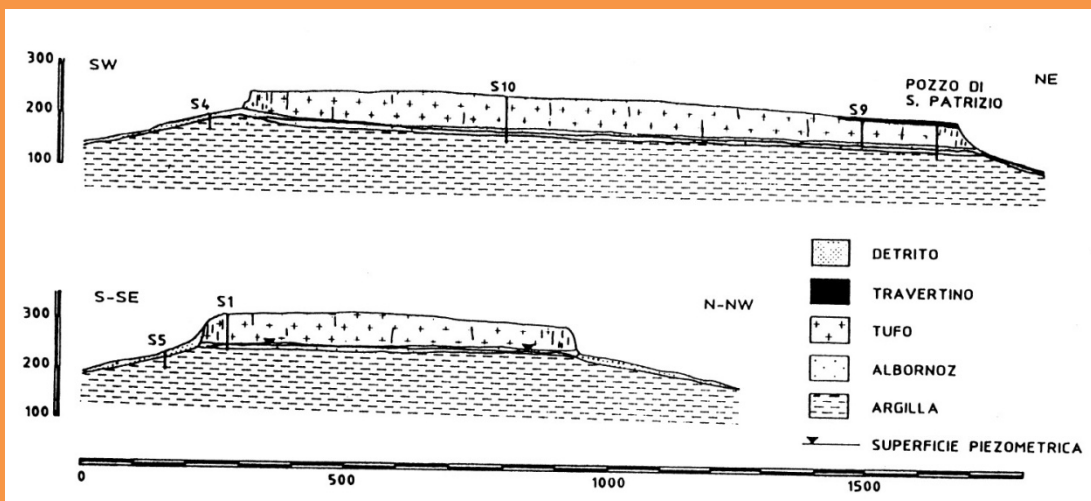
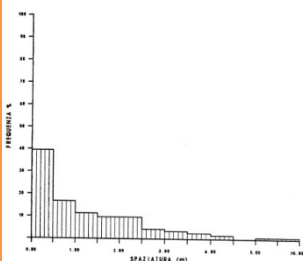
Rilievo geomeccanico di dettaglio

- Giacitura
- Spaziatura
- Persistenza
- Apertura
- Riempimento
- Scabrezza
- ecc.



ZONA CAMPIONE CONCE

RILIEVO GEOMECCANICO DI DETTAGLIO
DATI RIASSUNTIVI
* SPAZIATURA DELLE DISCONTINUITA' *



Prove di laboratorio sui campioni di tufo prelevati
nei sondaggi suborizzontali (1990-1991)
Caratteristiche fisico-meccaniche in funzione della profondità

ZONA CONCE

Profondità (m) (z)	Peso di volume apparente (KN/m³) (gamma)	Velocità delle onde elastiche (m/s) (Vp)	Resistenza a compressione monassiale (MPa) (sigma_c)	Modulo elastico tangente (MPa) (Et)
1.12	12.38	1686	3.08	2140.75
3.60	13.45	1706	3.21	2140.75
3.83	12.97	1753	3.51	2453.69
5.97	12.95	1657	2.69	2152.85
10.63	13.79	1673	3.38	2475.65
13.34	13.38	1728	3.19	2474.68
18.18	13.90	1744	3.51	2701.24
22.55	13.42	1703	3.33	2329.81
22.83	13.48	1705	3.64	2310.60
29.68	13.35	1692	2.96	2392.06

Prove di laboratorio
Caratteristiche fisico-meccaniche dell'Argilla e della Formazione dell'Albornoz

LITOTIPO	gamma (kN/m³)	gamma_r (kN/m³)	n (%)	W (%)	LL (%)	LP (%)	CaCO3 (%)	phi' (°)	c' (kPa)	c_u (kPa)	Eu (MPa)
								pico	residuo	pico	residuo
DATI 1979											
Argilla (R. Umbria)	19.6±0.9	-	-	29.1±6.0	53.3±4.3	27.1±5.6	34.3±6.3	24±7	-	125±63	-
Argilla (Geosynthesis)	19.8±0.6	-	-	26.4±2.6	66.9±3.7	22.4±0.9	-	-	-	406±128	-
Argilla Frana Cancellata	20.2±0.0	-	-	23.7±1.2	61.4±0.5	21.5±0.9	25.7±0.6	27.7±3.7	19	35	0
DATI 1980											
Argilla "silt"	20.6	27.0	27	22.0	51.0	26.0	20.0+40.0	28+30	-	100	-
Argilla "softened"	19.0+20.0	27.0	40+45	25.0+30.0	51.0	26.0	20.0+40.0	29	18	26	12
DATI 1984											
Argilla "silt"	21.0	27.3	30	20.0	55.0	28.0	32.0	28+34	11+14	65+100	0
Argilla "softened"	19.5	27.1	42	26.0	55.0	28.0	32.0	24+29	11+18	17+260	0
Argilla "remoulded"	19.5	27.0	42	26.0	54.0	25.0	27.0	21+30	11	13+18	0
Albornoz (Geosynthesis, 1979)	16.8±1.0	-	-	40.3±4.8	-	-	-	-	-	-	-

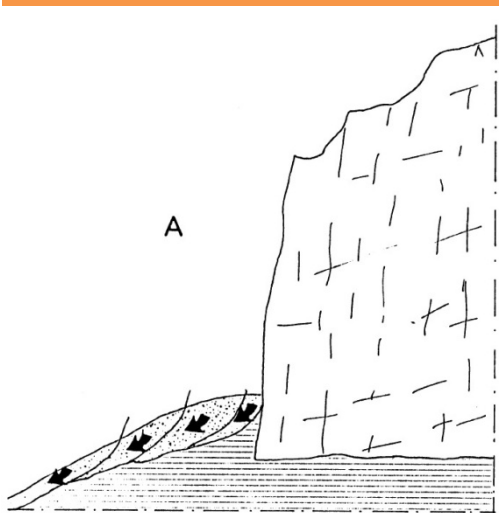
Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

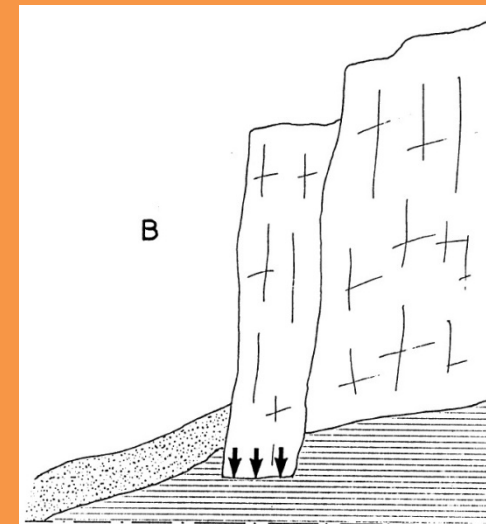
Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



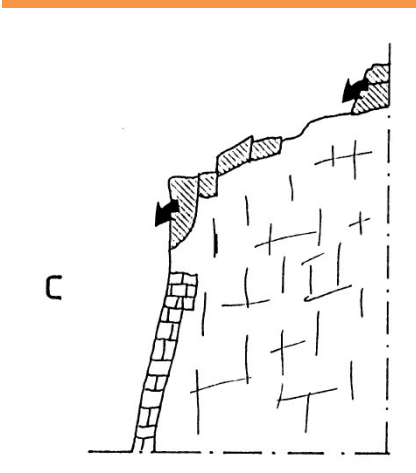
PRINCIPALI MECCANISMI DI INSTABILITA' INDIVIDUATI



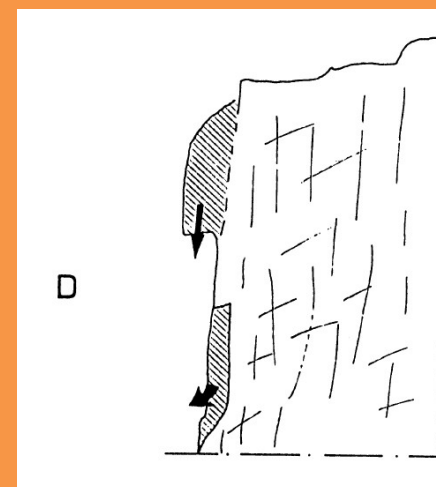
- A. Scoscendimenti rotazionali della coltre detritica e dell'argilla superficiale al piede della Rupe**



- B. Ribassamento di zolle marginali della balza tufacea**



- C. Ribaltamento e/o rotolamento di blocchi di tufo**



- D. Crollo e rottura basale di prismi di tufo**

PRINCIPALI MECCANISMI DI INSTABILITA' (INDIVIDUATI)

I MECCANISMI D'INSTABILITÀ SONO LEGATI, IN GENERE , IN MANIERA PIÙ O MENO DIRETTA AI SEGUENTI FATTORI:

- **differente deformabilità della piastra tufacea rispetto alle formazioni sottostanti;**
- **stato di sforzo particolarmente elevato in corrispondenza del piede della parete tufacea, prodotto della graduale modellazione del pendio stesso, con superamento della resistenza al taglio delle argille e talora dello stesso tufo;**
- **Potenziali fenomeni di deformazione viscoplastica per taglio delle argille, aggravati dall'alterazione e dal degrado delle argille superficiali;**
- **Variazioni delle caratteristiche meccaniche delle differenti formazioni, causate da variazioni del contenuto d'acqua, o più in generale dall'alterazione e da degrado dovuti all'esposizione agli agenti atmosferici;**
- **Variazioni tensionali cicliche indotte da variazioni del contenuto d'acqua e da escursioni termiche, con conseguente rottura per fenomeni di fatica statica della massa tufacea;**
- **Variazione della quota piezometrica con conseguente variazione della pressione di filtrazione e quindi dello stato tensionale effettivo negli stati argillosi di base;**
- **Interventi antropici negativi, quale lo scavo di gallerie e cavità di varie dimensioni sia nella zona di piede che nella parte alta della piastra tufacea.**

Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



TIPOLOGIA DEGLI INTERVENTI

ANCORAGGI ATTIVI

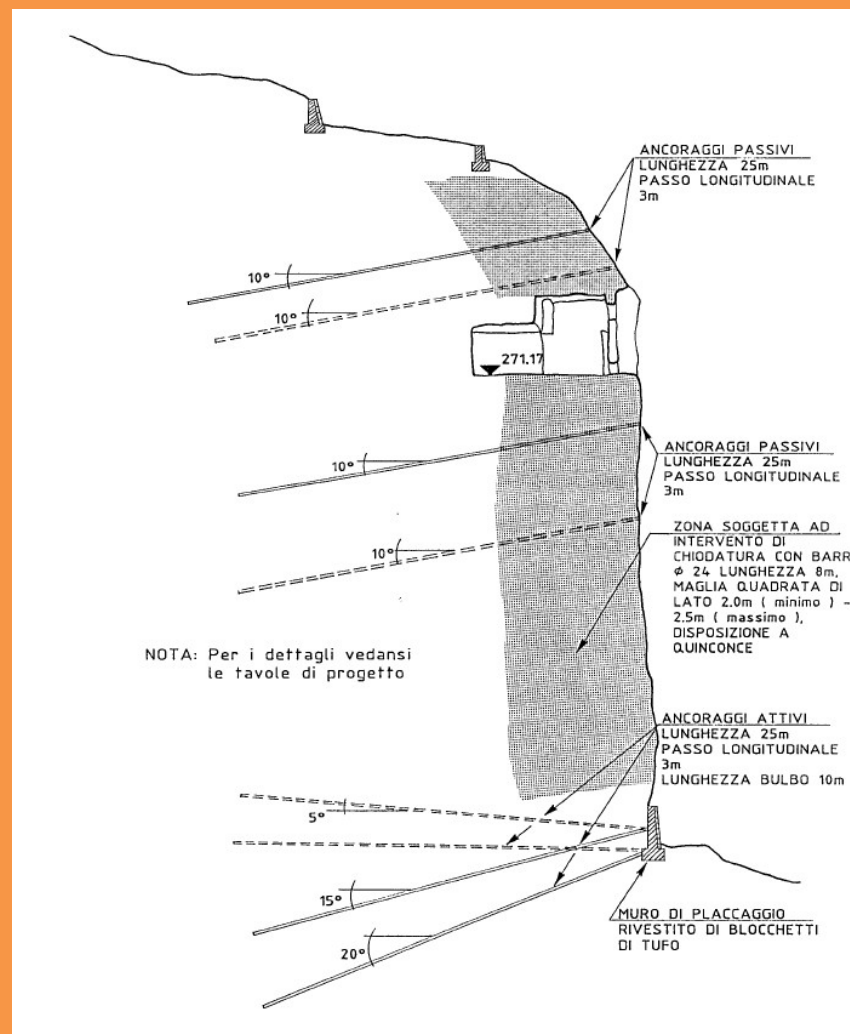
Con funzione di fornire una ricompressione, sia pur modesta, alla base della zolla tufacea sottoposta a sforzi di trazione

ANCORAGGI PASSIVI

In corrispondenza della parte centrale e sommitale della Rupe con il compito di fornire la resistenza necessaria ad impedire movimenti rotazionali di blocchi più esterni della Rupe.

CHIODATURE DIFFUSE

Aventi la funzione di contenere il degrado superficiale e di sanare locali problemi di instabilità.



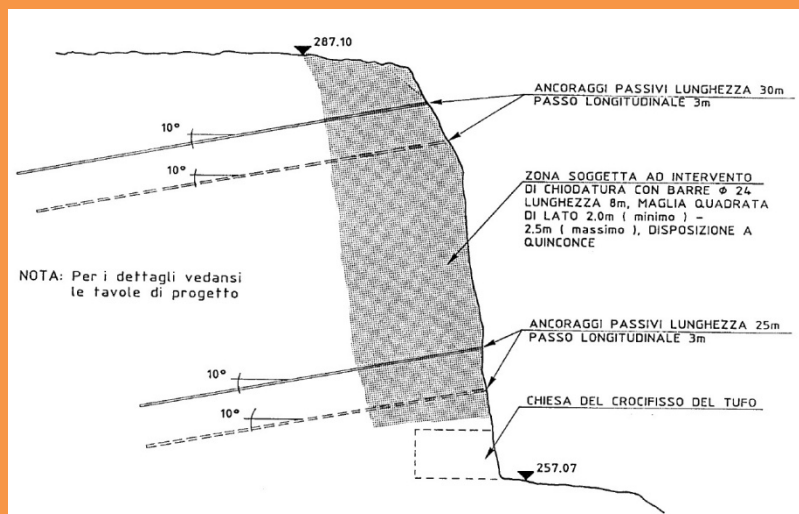
Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



TIPOLOGIA DEGLI INTERVENTI

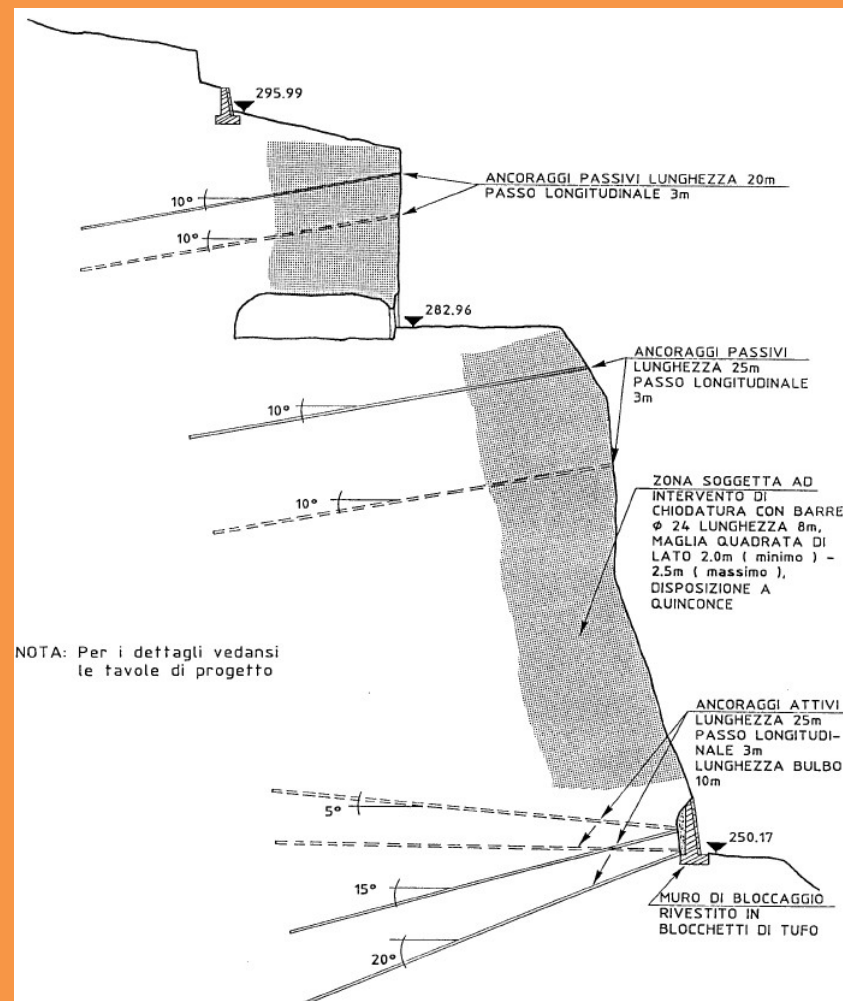


CEMENTAZIONE

La cementazione dei chiodi comporta anche una parziale cementazione delle fratture, con effetto positivo sulle caratteristiche di resistenza dell'ammasso roccioso.

DRENI SUB-ORIZZONTALI

Aventi la funzione di impedire la formazioni di pressioni idrauliche nella parte interna della parete tufacea interessata dalle chiodature e dalla loro cementazione.



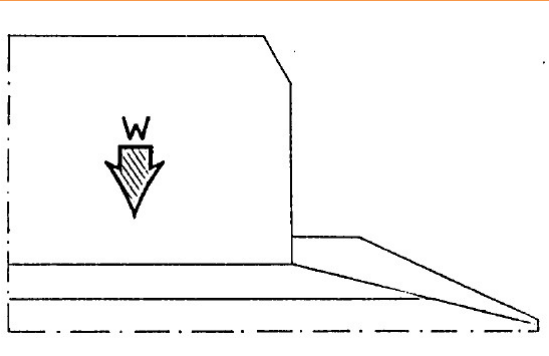
Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

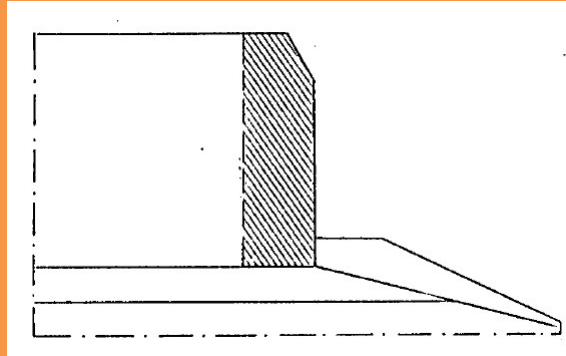
Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



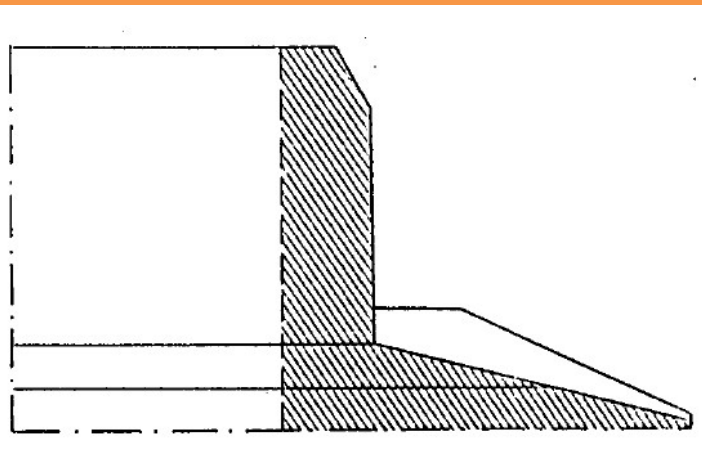
SCHEMI DI CALCOLO



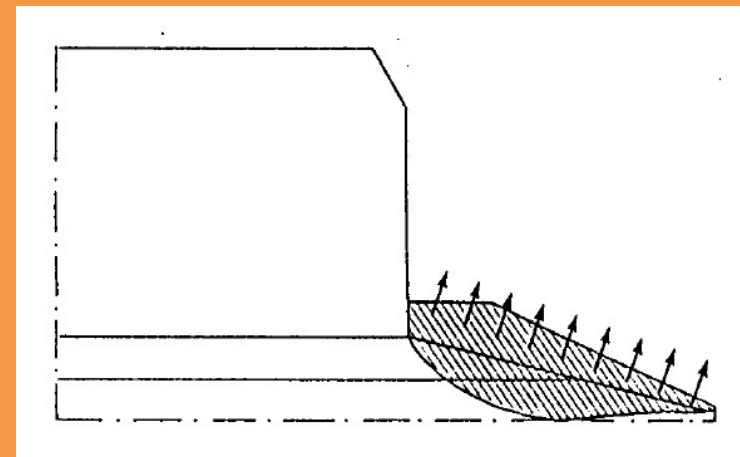
1. Stato tensionale attuale



2. Decadimento dei parametri di resistenza e di deformabilità nella zona evidenziata



3. Decadimento dei parametri di resistenza e di deformabilità nella zona evidenziata



4. Scalzamento del piede della piastra tufacea causato da uno scoscendimento rotazio-nale della coltre detritica

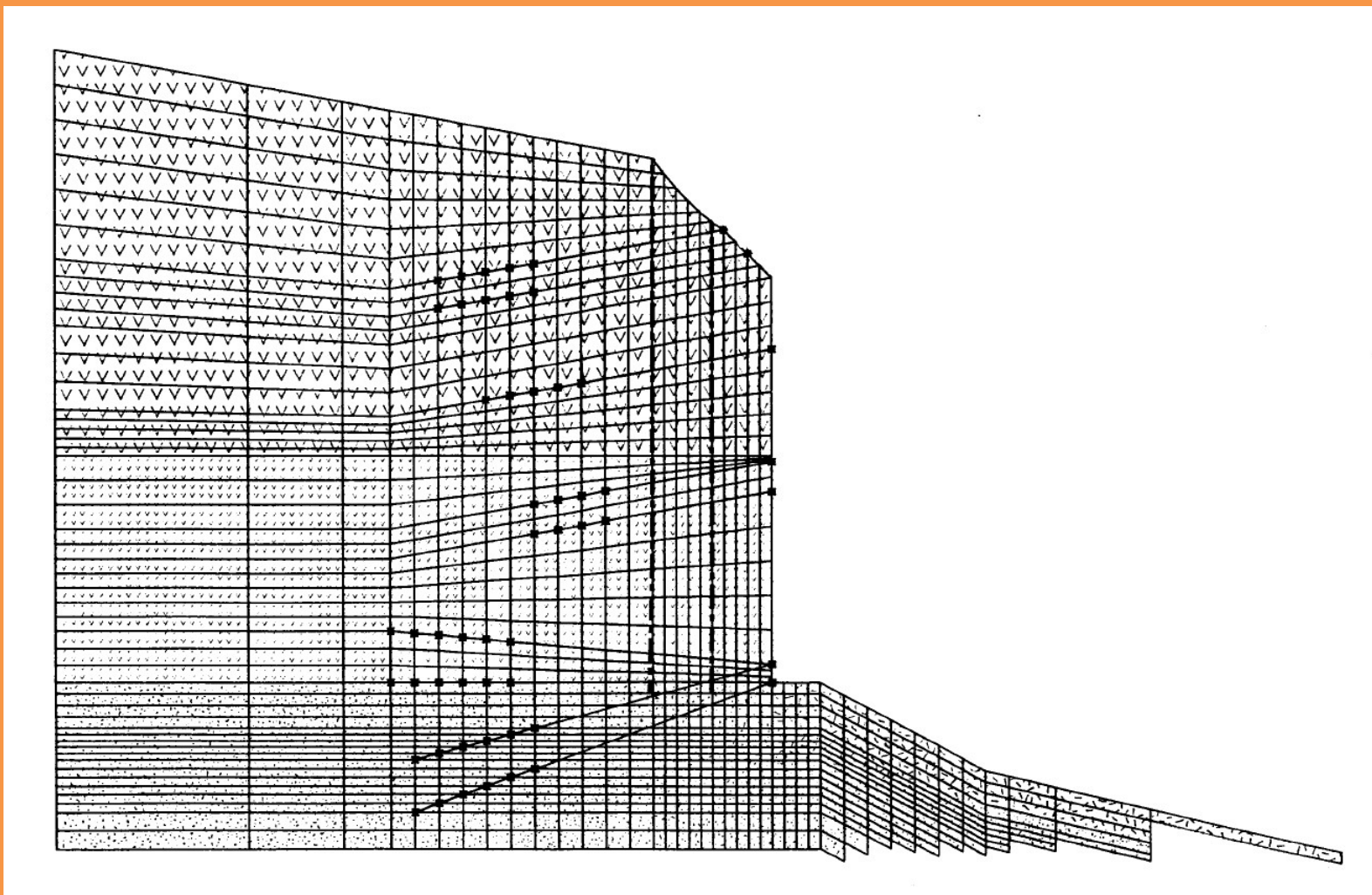
Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



Modello FEM



Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



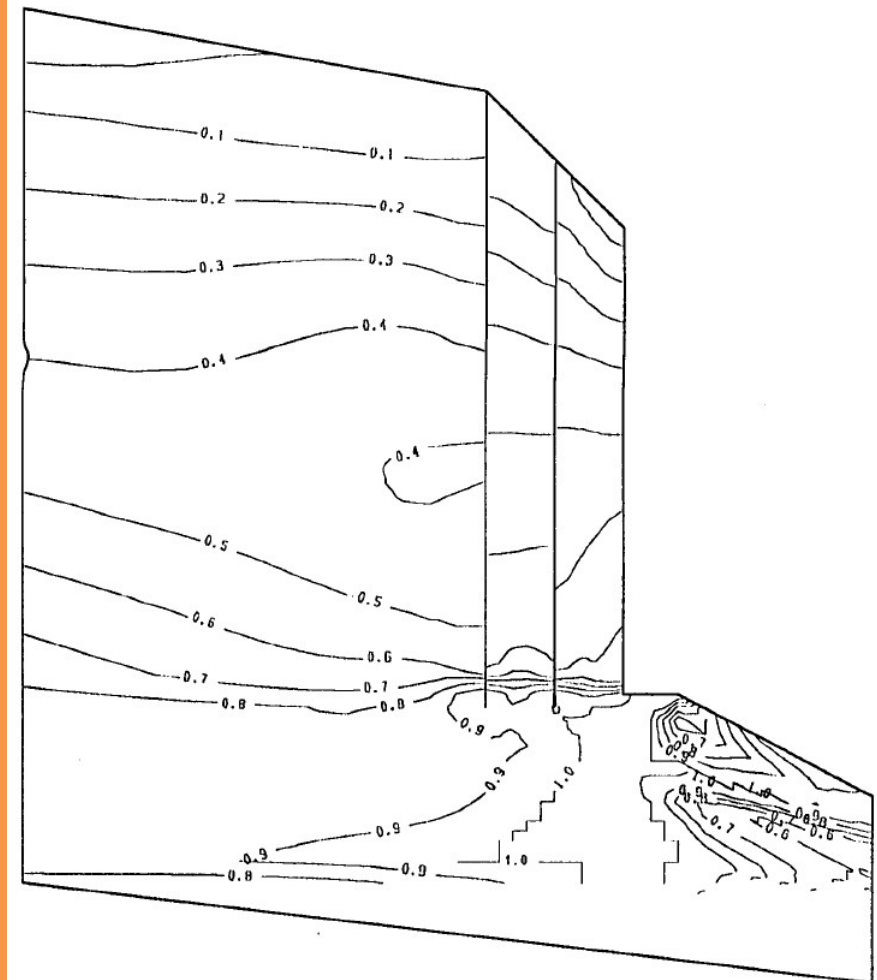
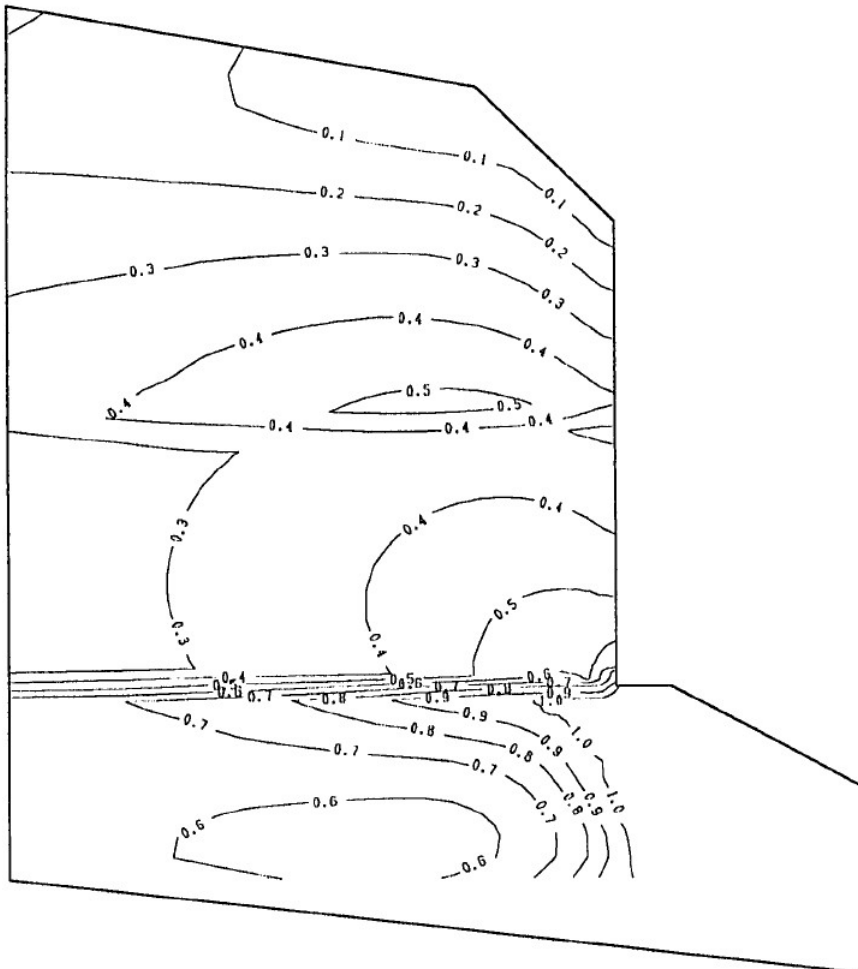
RISULTATI DELLE ANALISI

Step 1

Stato tensionale attuale

(mezzo “continuo”)

(mezzo “discontinuo”)



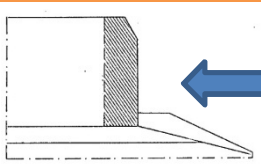
Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo

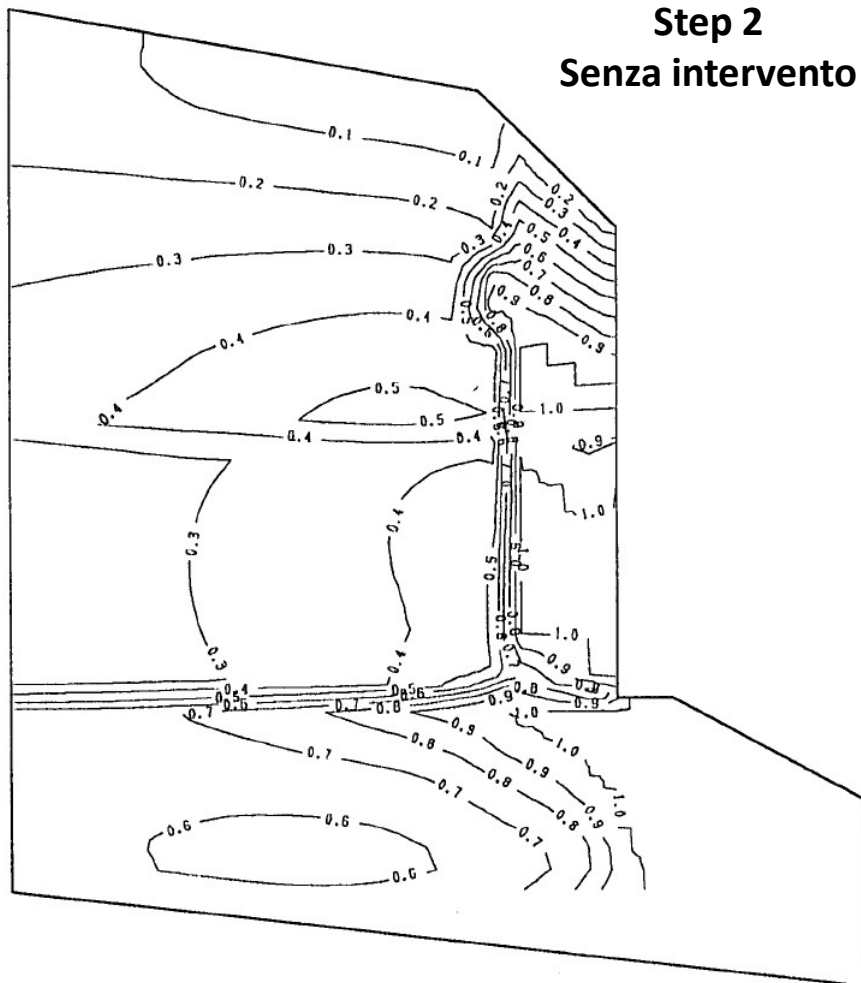


RISULTATI DELLE ANALISI (mezzo “continuo”)

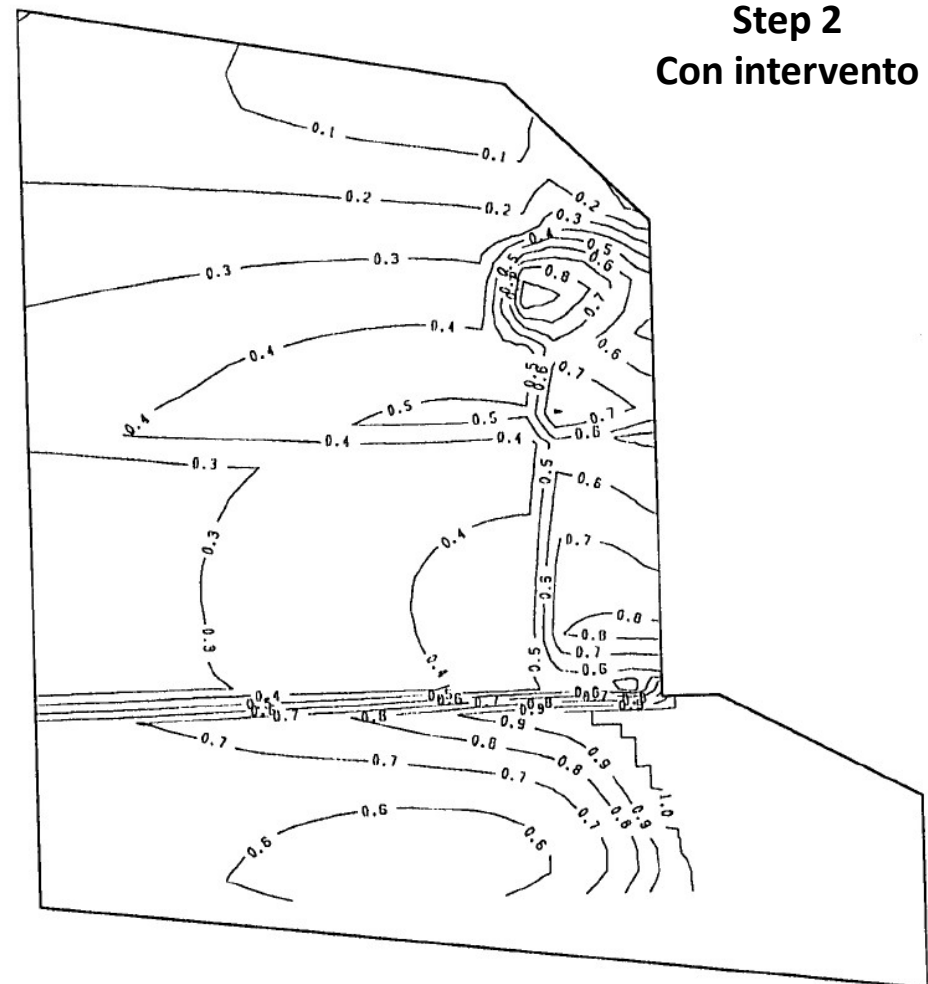


Decadimento dei parametri di resistenza e di deformabilità nella zona evidenziata

Step 2
Senza intervento



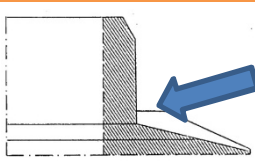
Step 2
Con intervento



Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

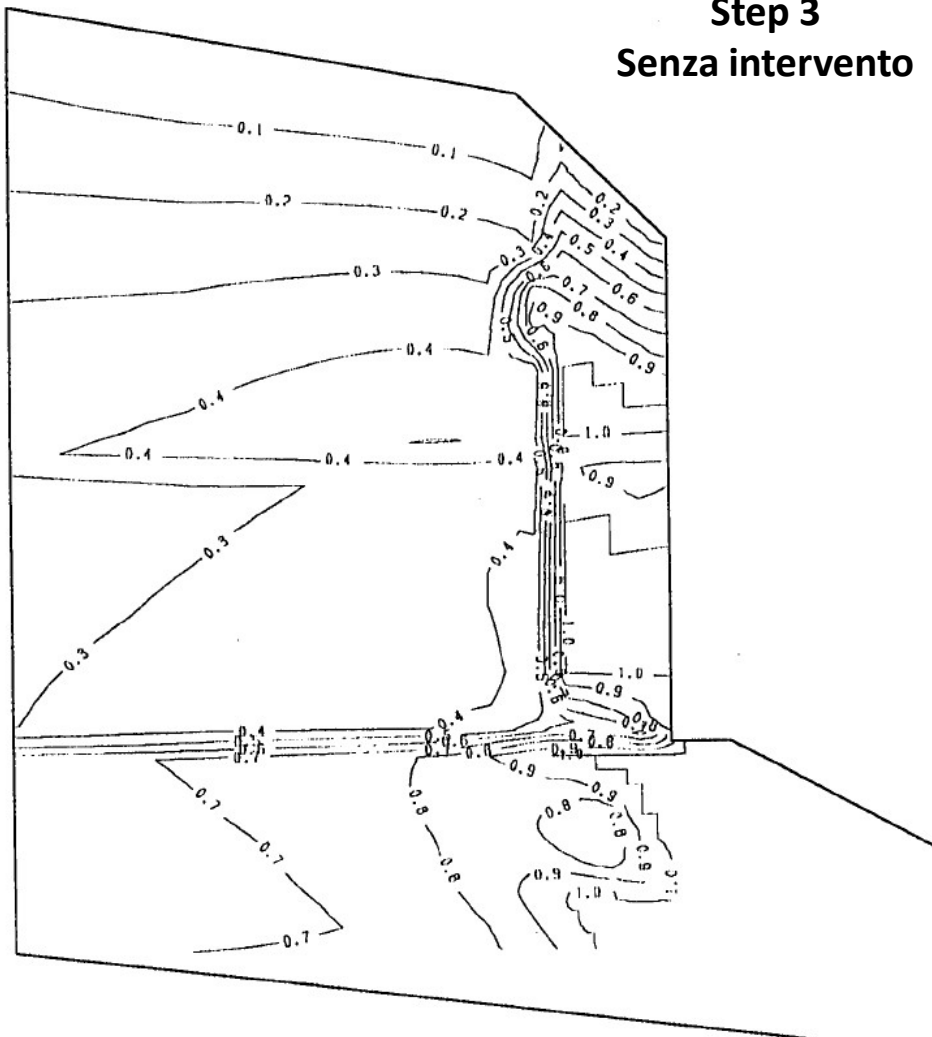
Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



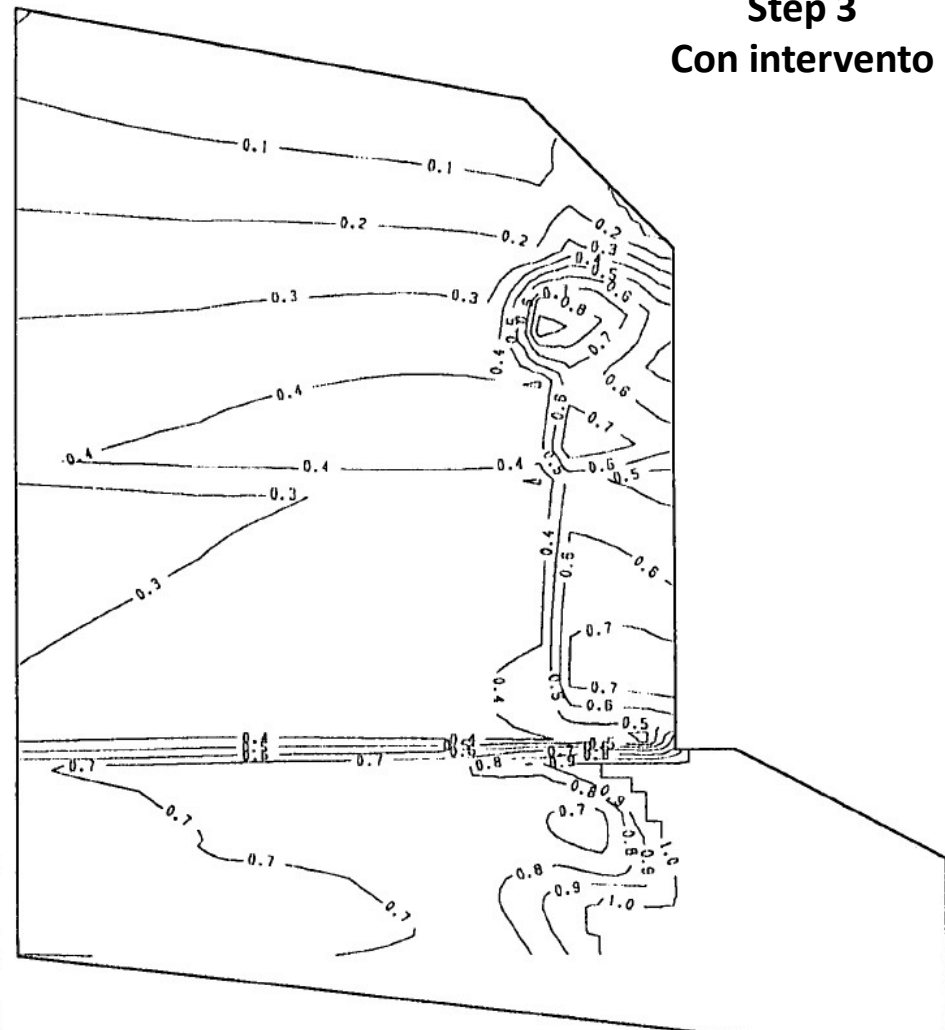
RISULTATI DELLE ANALISI (mezzo “continuo”)

Decadimento dei parametri di resistenza e di deformabilità nella zona evidenziata

Step 3
Senza intervento



Step 3
Con intervento

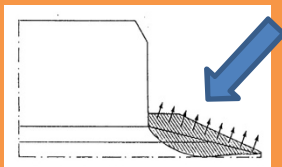


Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015 Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo

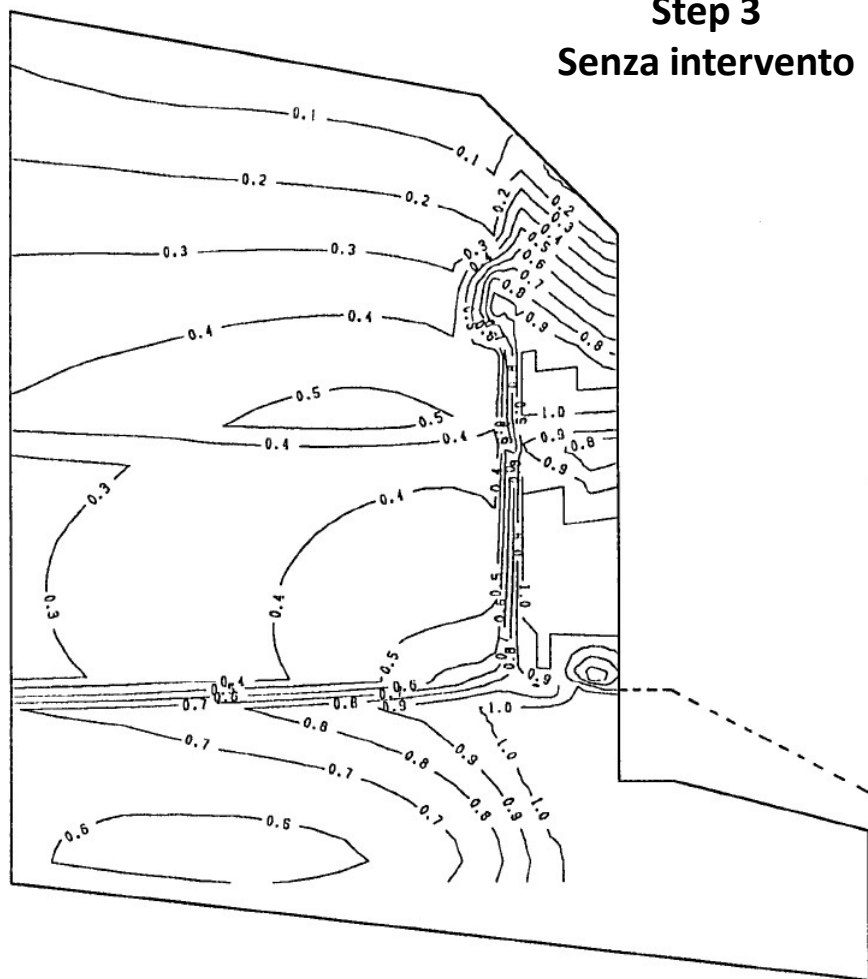


RISULTATI DELLE ANALISI (mezzo “continuo”)

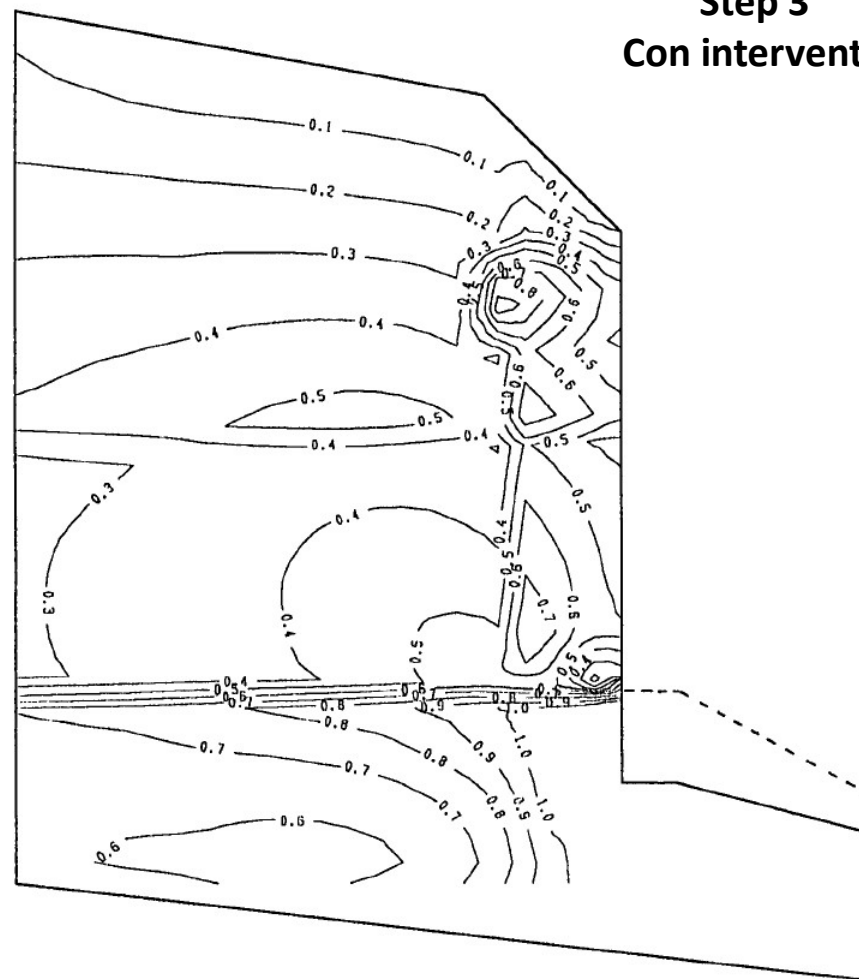


Scalzamento del piede della piastra tufacea causato da uno scoscendimento rotazionale della coltre detritica

Step 3
Senza intervento



Step 3
Con intervento



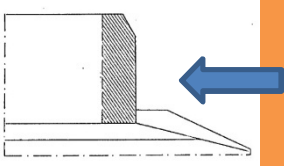
Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo

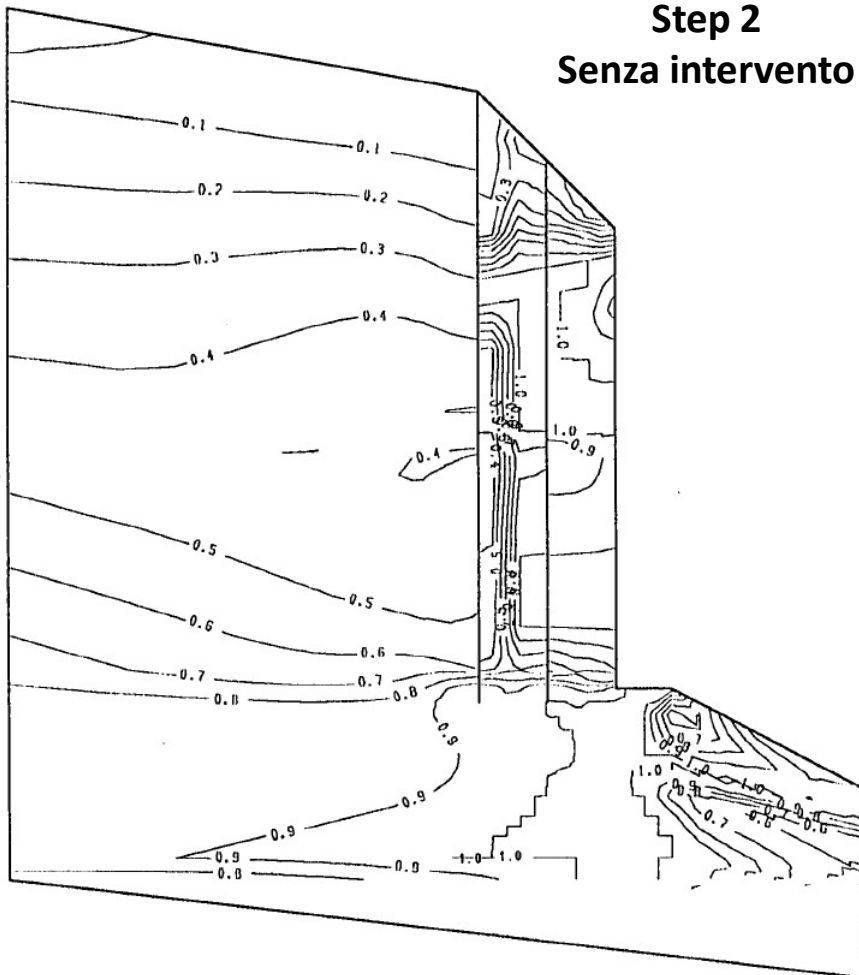


RISULTATI DELLE ANALISI (mezzo “discontinuo”)

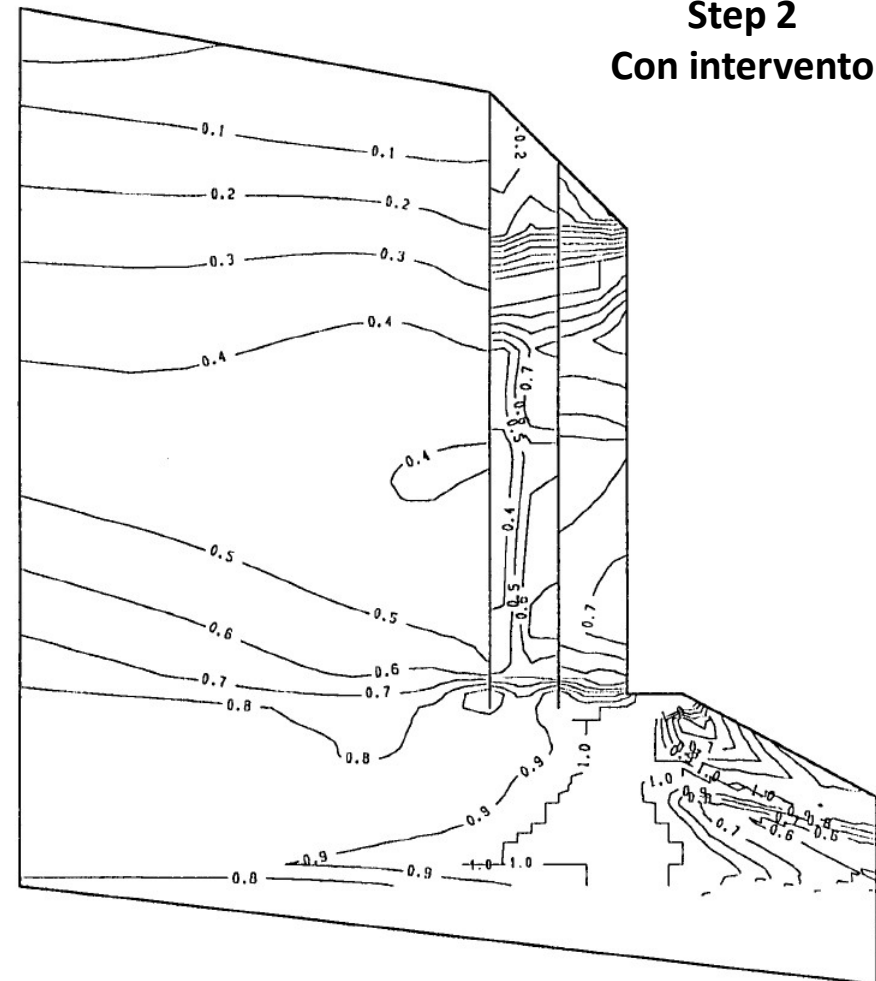


Decadimento dei parametri di resistenza e di deformabilità nella zona evidenziata

Step 2
Senza intervento



Step 2
Con intervento

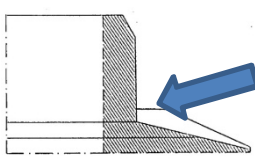


Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015 Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo

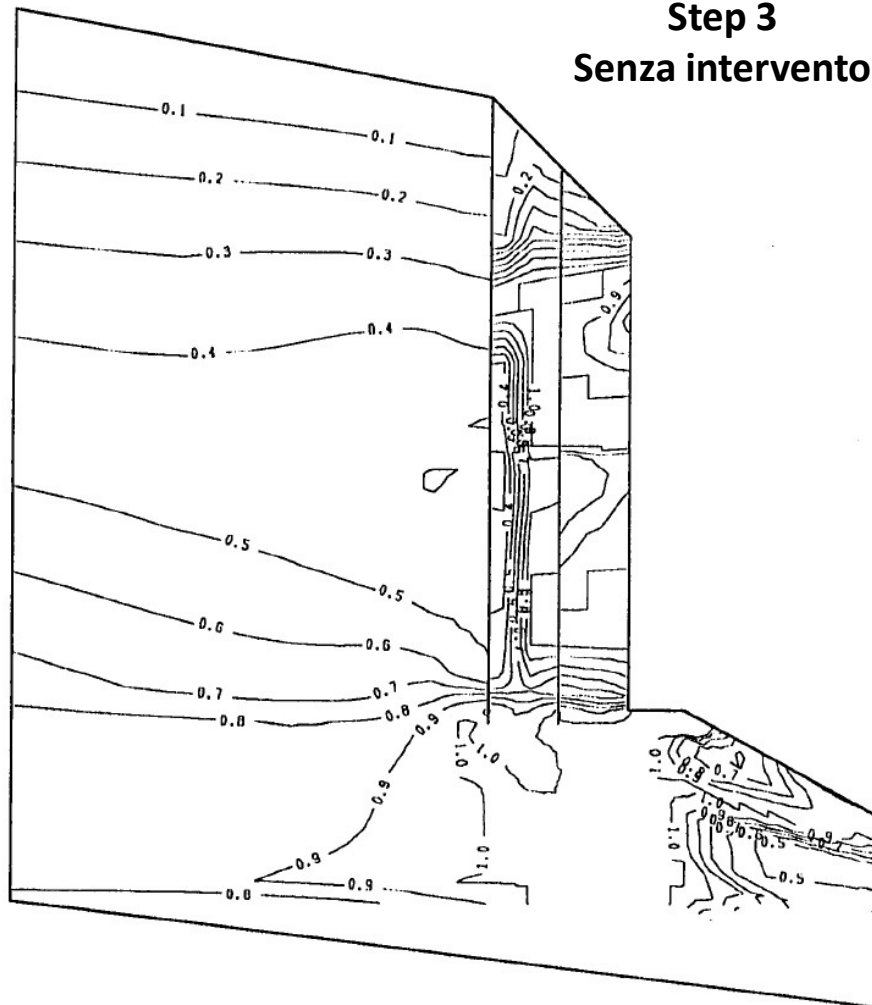


RISULTATI DELLE ANALISI (mezzo “discontinuo”)

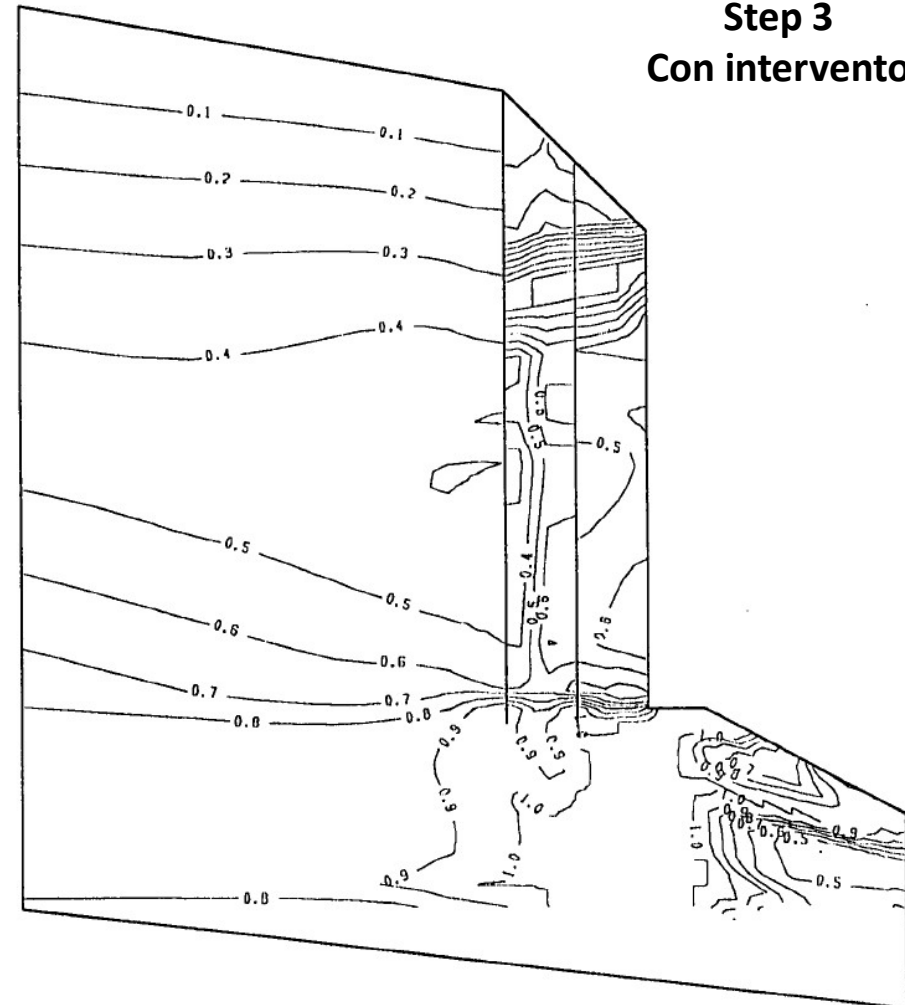


Scalzamento del piede della piastra tufacea causato da uno scoscendimento rotazionale della coltre detritica

Step 3
Senza intervento



Step 3
Con intervento



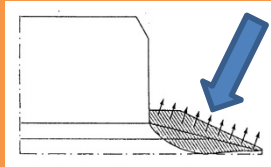
Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo

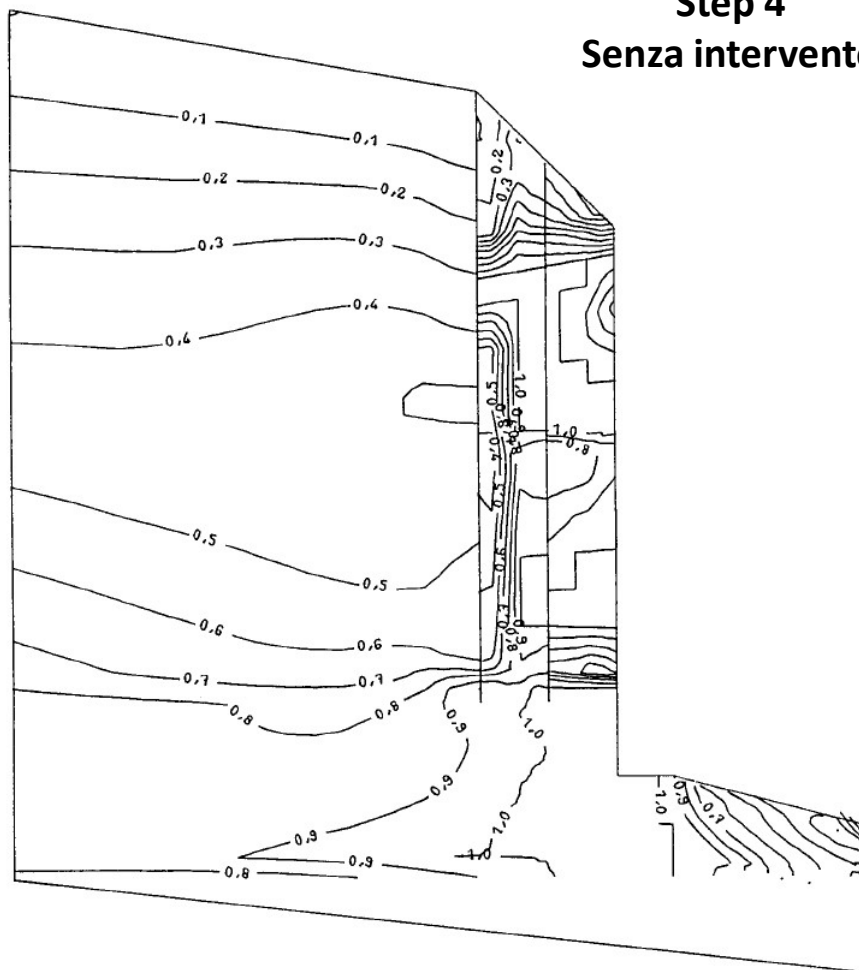


RISULTATI DELLE ANALISI (mezzo “discontinuo”)

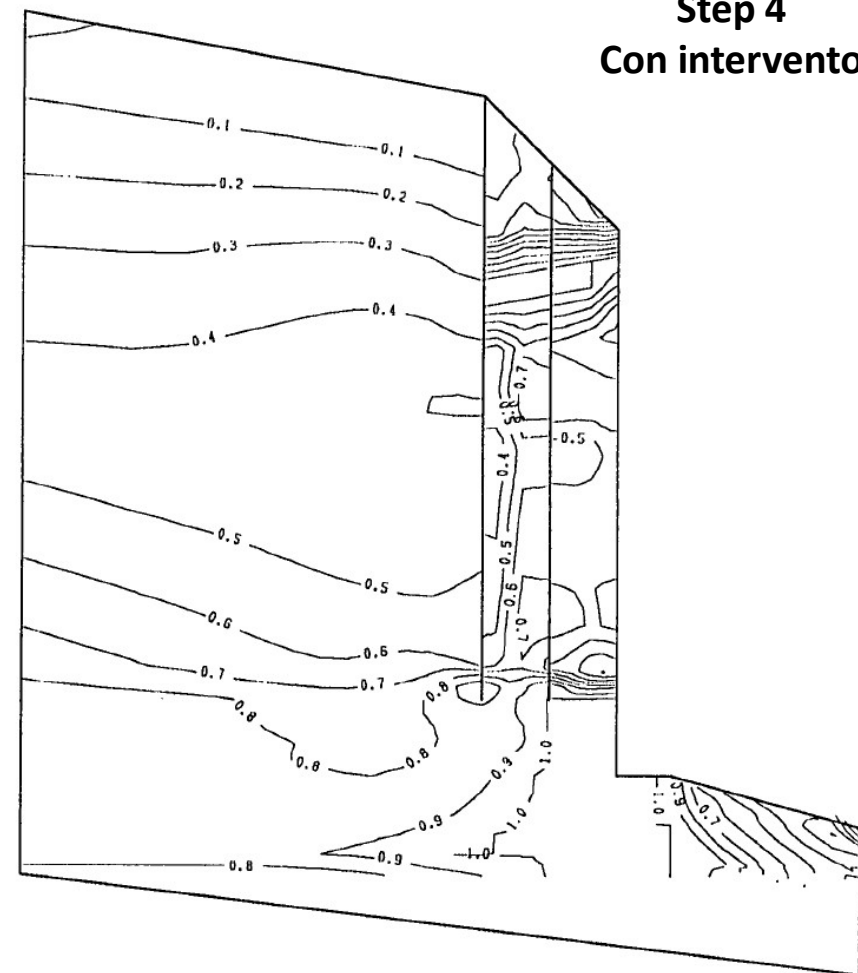


Scalzamento del piede della piastra tufacea causato da uno scosciamento rotazionale della coltre detritica

**Step 4
Senza intervento**



**Step 4
Con intervento**



CONSOLIDAMENTO DELLA RUPE DI ORVIETO

1. Impermeabilizzazione delle aree urbane
mediante il rifacimento della rete idrica e fognaria e relativa ripavimentazione, al fine di ridurre se non eliminare la circolazione e l'infiltrazione delle acque all'interno della Rupe
2. Consolidamento delle pareti della Rupe
con chiodature diffuse e fasce di ancoraggi profondi, in modo da evitare crolli di porzione di pareti

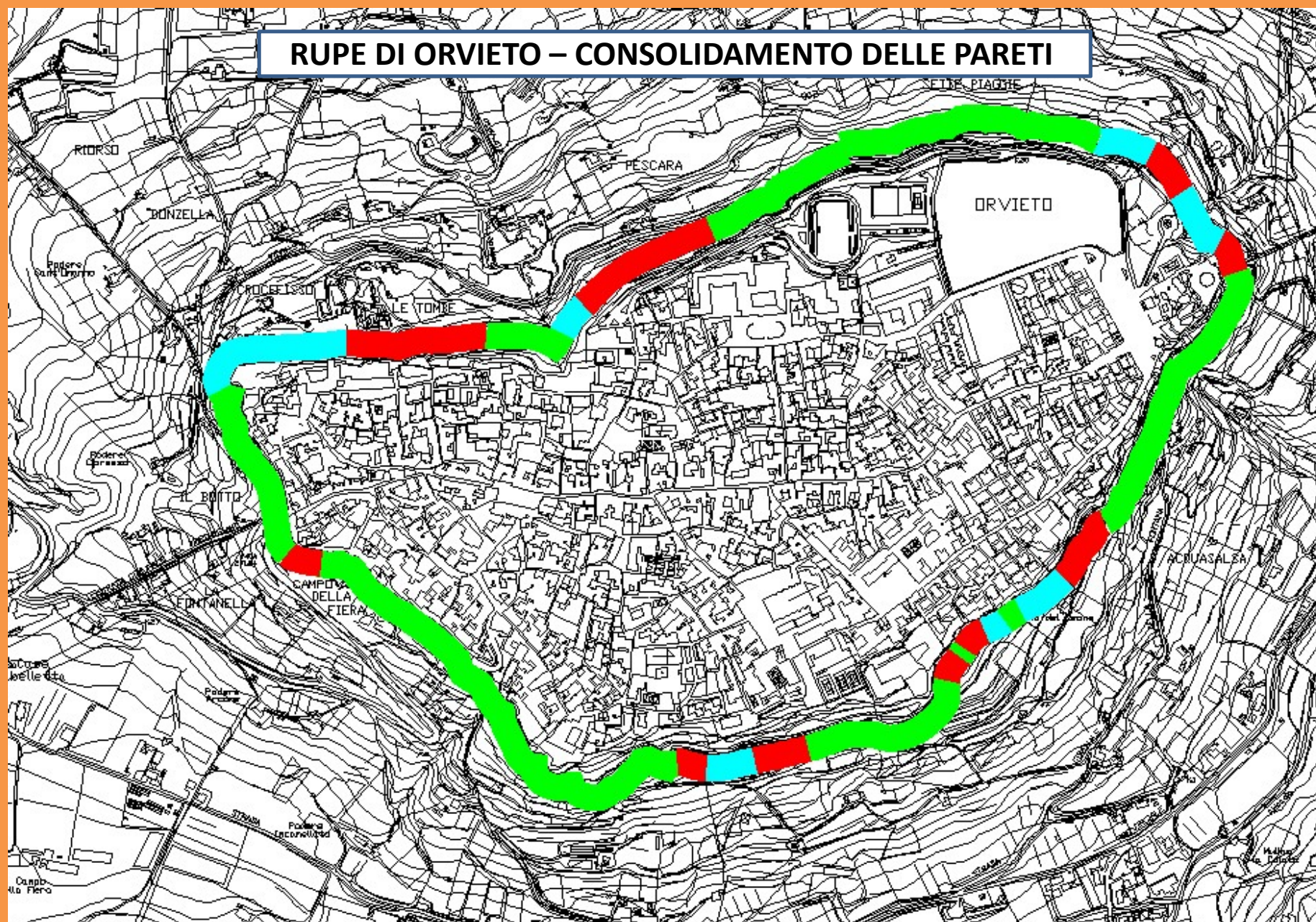
Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



RUPE DI ORVIETO – CONSOLIDAMENTO DELLE PARETI



Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015 Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



RUPE DI ORVIETO – CONSOLIDAMENTO DELLE PARETI



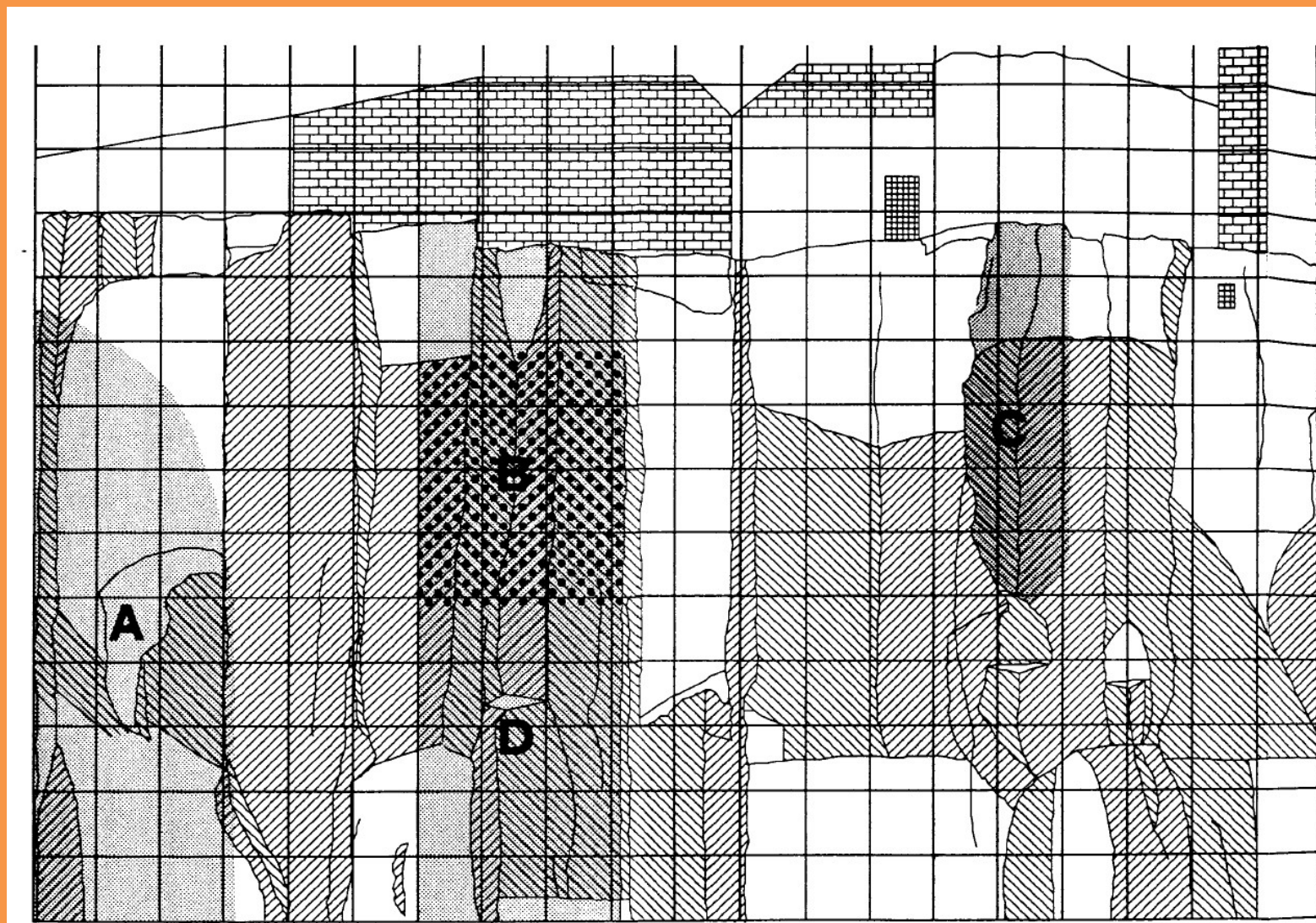
Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



INDIVIDUAZIONE DEI VOLUMI INSTABILI

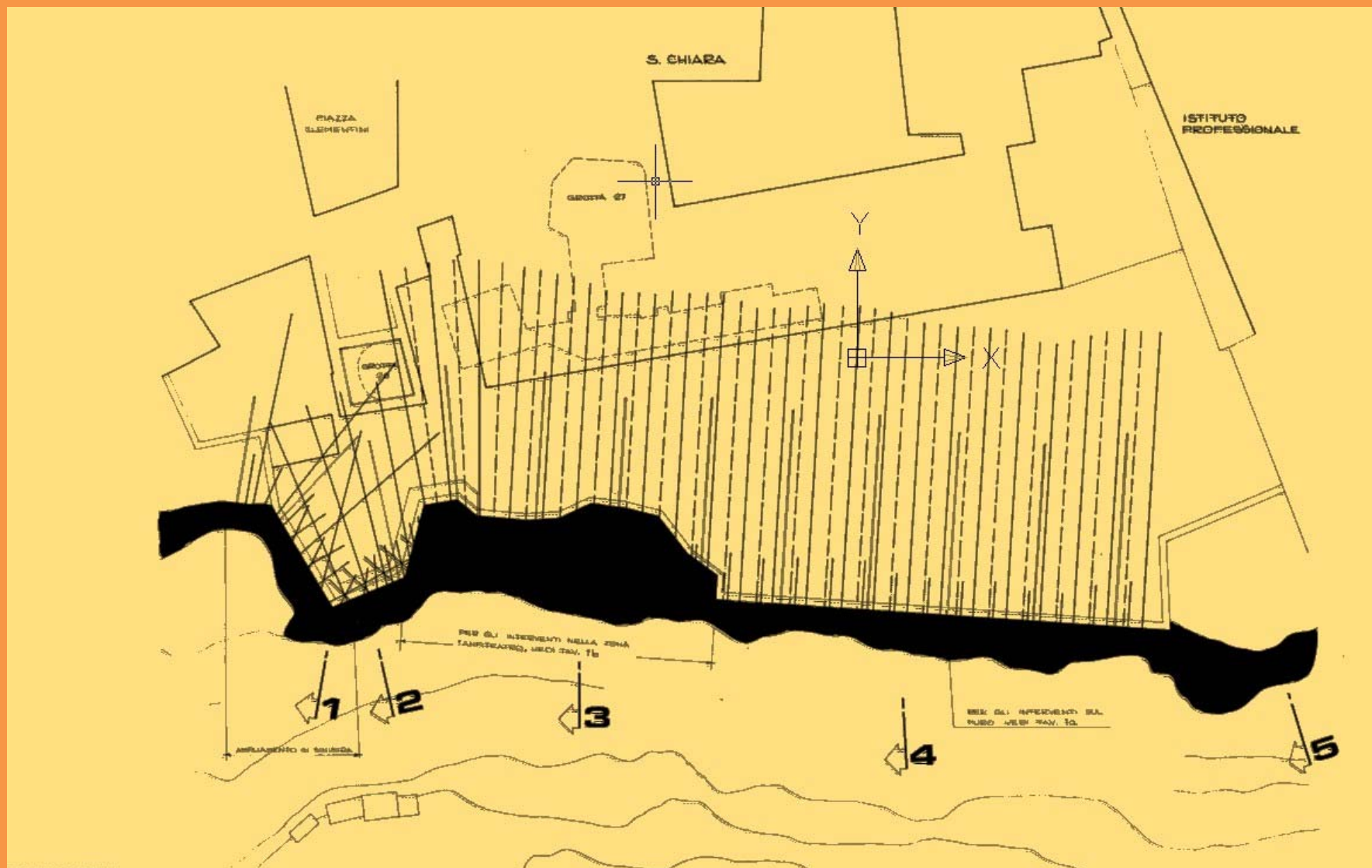


Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015 Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



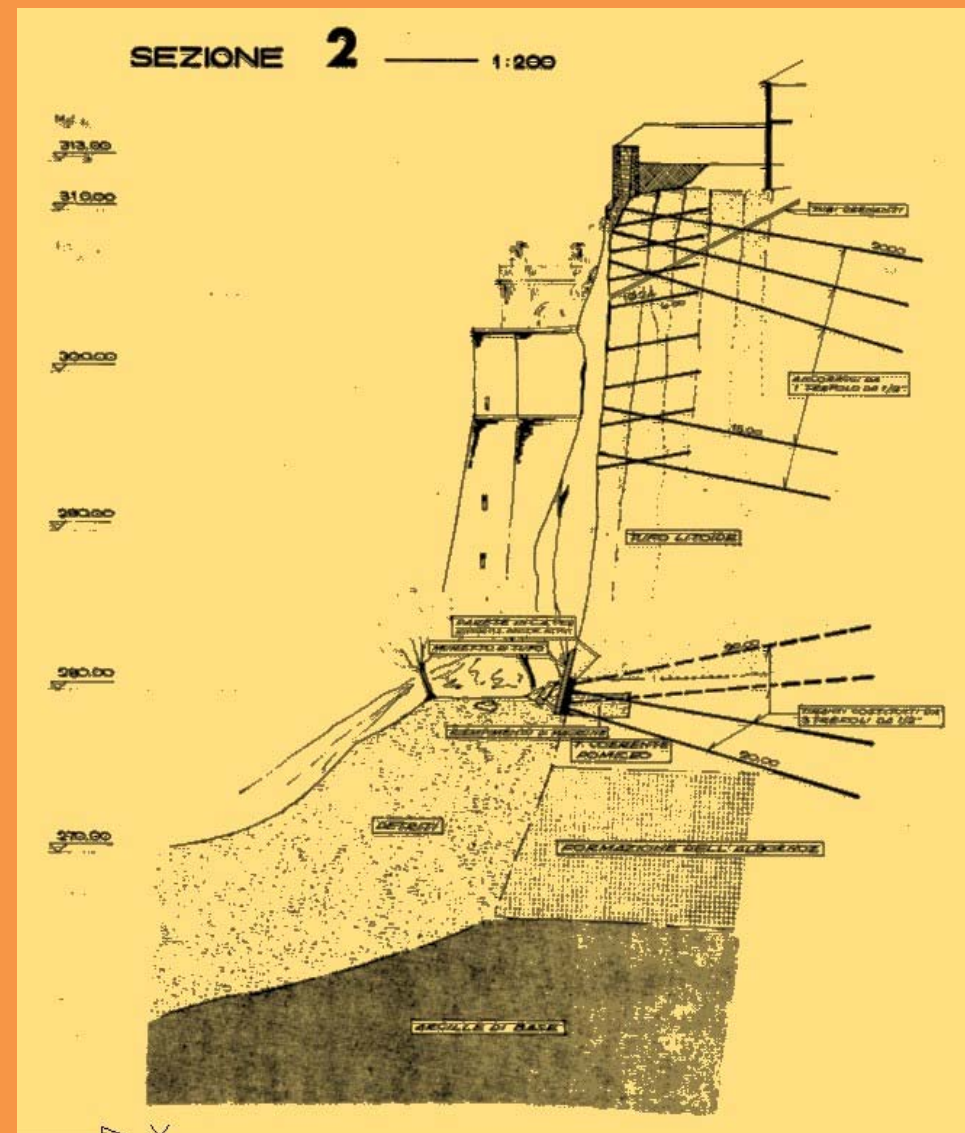
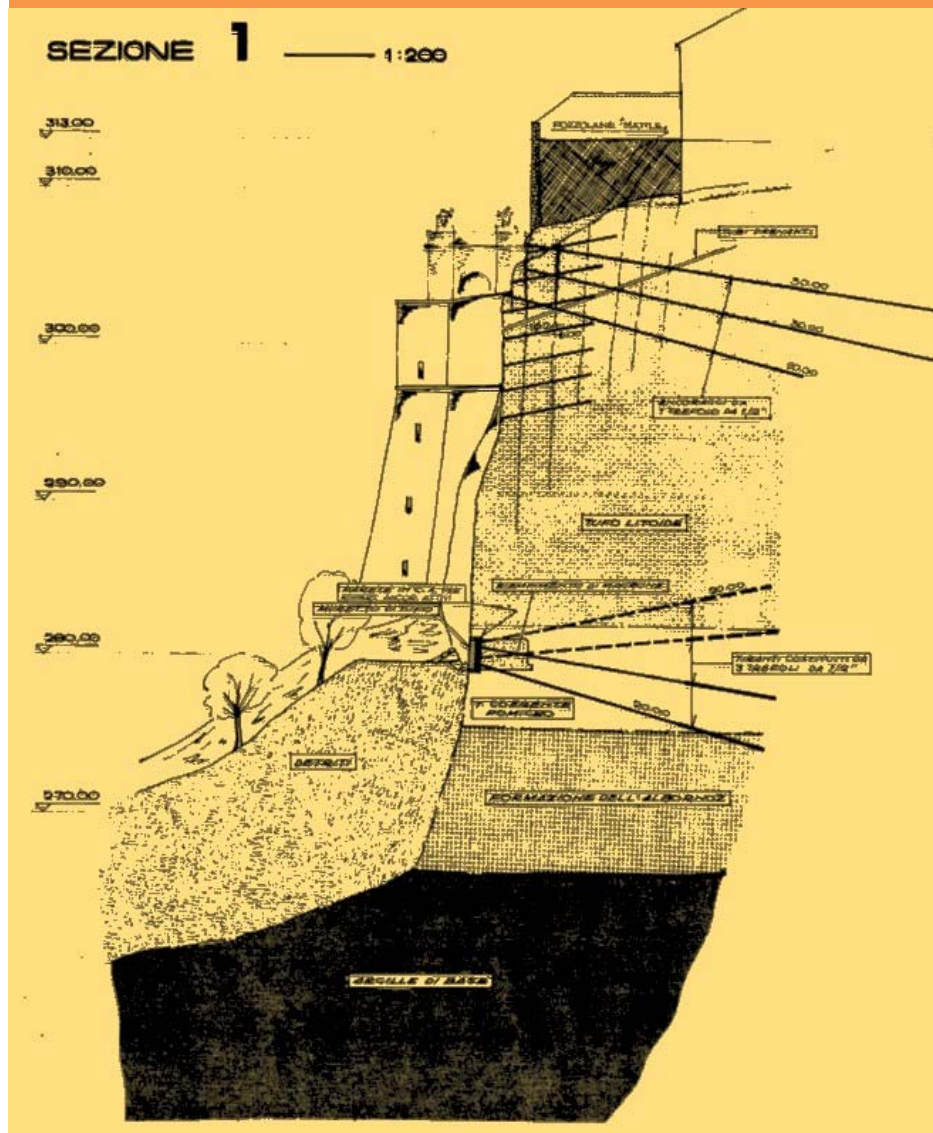
INTERVENTO: DISPOSIZIONE DEGLI ANCORAGGI



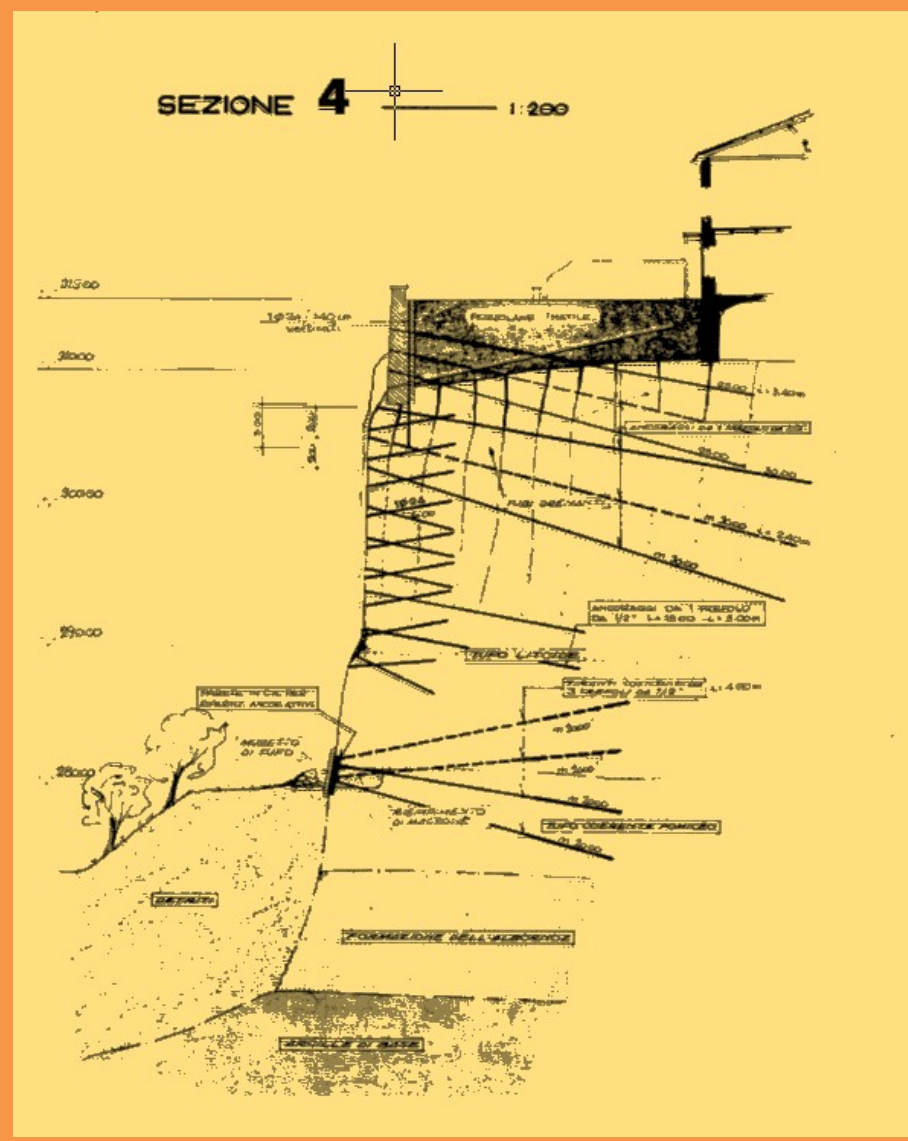
Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



INTERVENTI : SEZIONI TIPICHE



Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015 Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



RUPE DI ORVIETO – CONSOLIDAMENTO DELLE PARETI



Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



RUPE DI ORVIETO – CONSOLIDAMENTO DELLE PARETI



Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015 Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



RUPE DI ORVIETO – CONSOLIDAMENTO DELLE PARETI

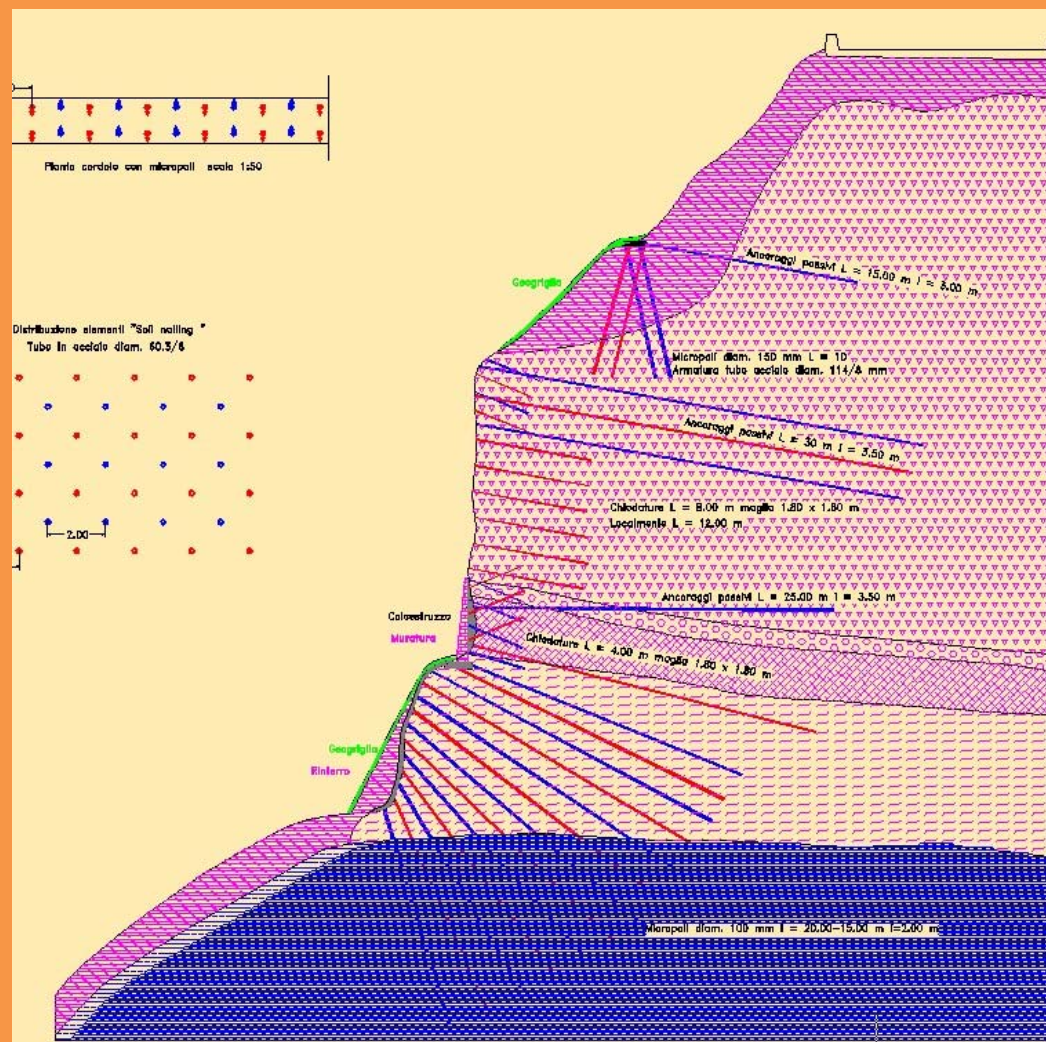
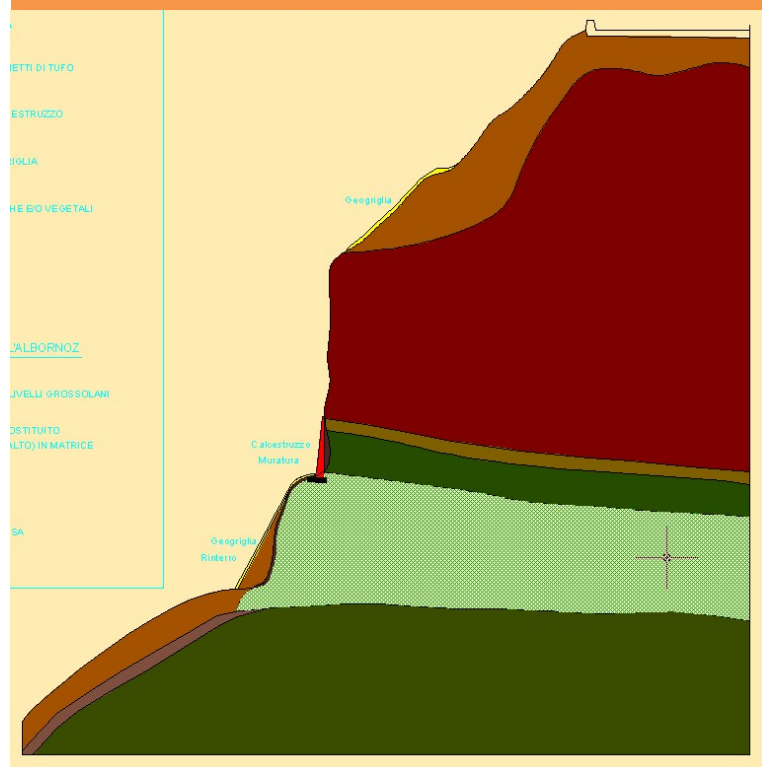


Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015 Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



RUPE DI ORVIETO – CONSOLIDAMENTO DELLE PARETI



Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



RUPE DI ORVIETO – CONSOLIDAMENTO DELLE PARETI



RUPE DI ORVIETO – CONSOLIDAMENTO DELLE PARETI



Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015 Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



RUPE DI ORVIETO – CONSOLIDAMENTO DELLE PARETI



Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015 Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



RUPE DI ORVIETO – CONSOLIDAMENTO DELLE PARETI



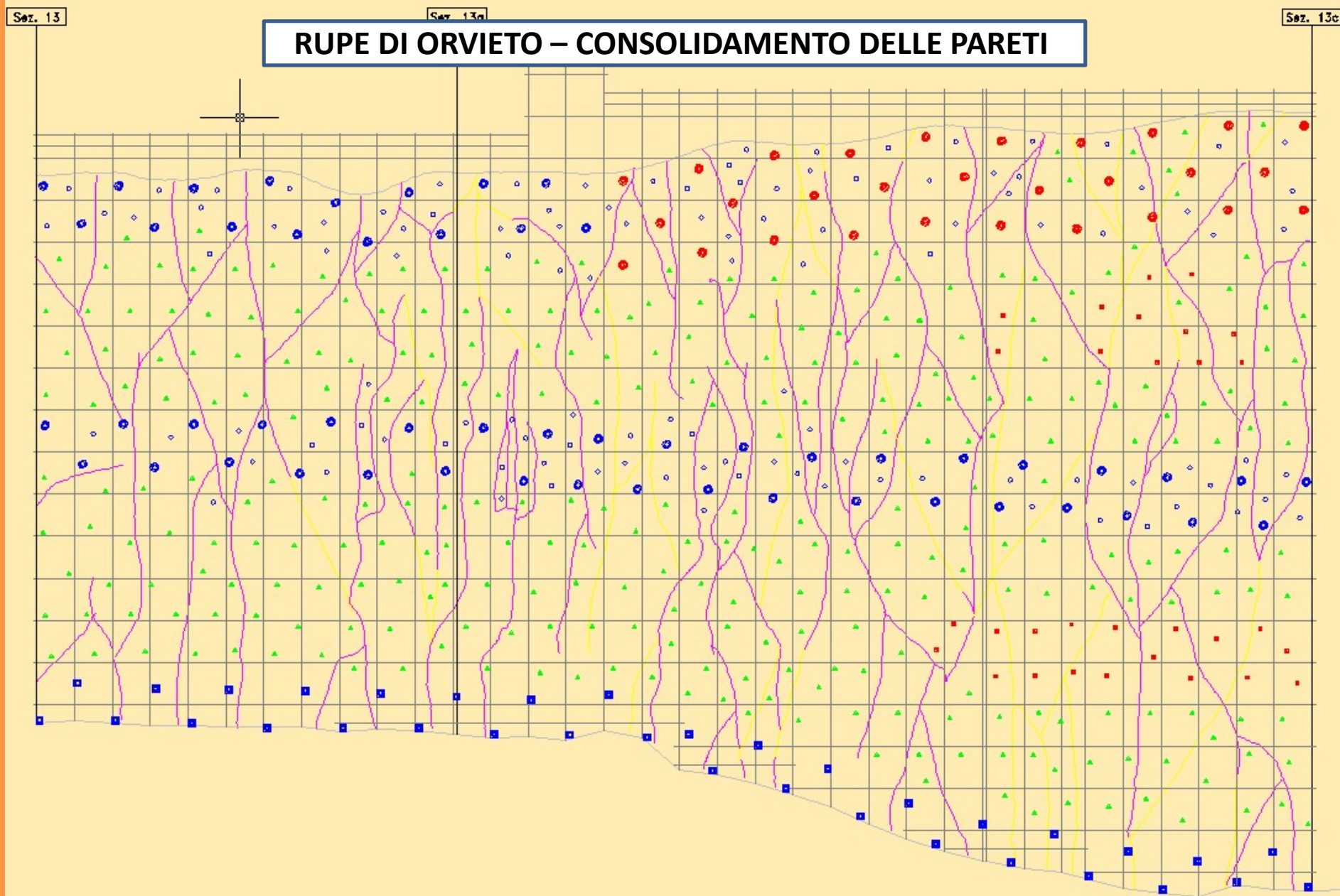
Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



RUPE DI ORVIETO – CONSOLIDAMENTO DELLE PARETI



Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



RUPE DI ORVIETO – CONSOLIDAMENTO DELLE PARETI



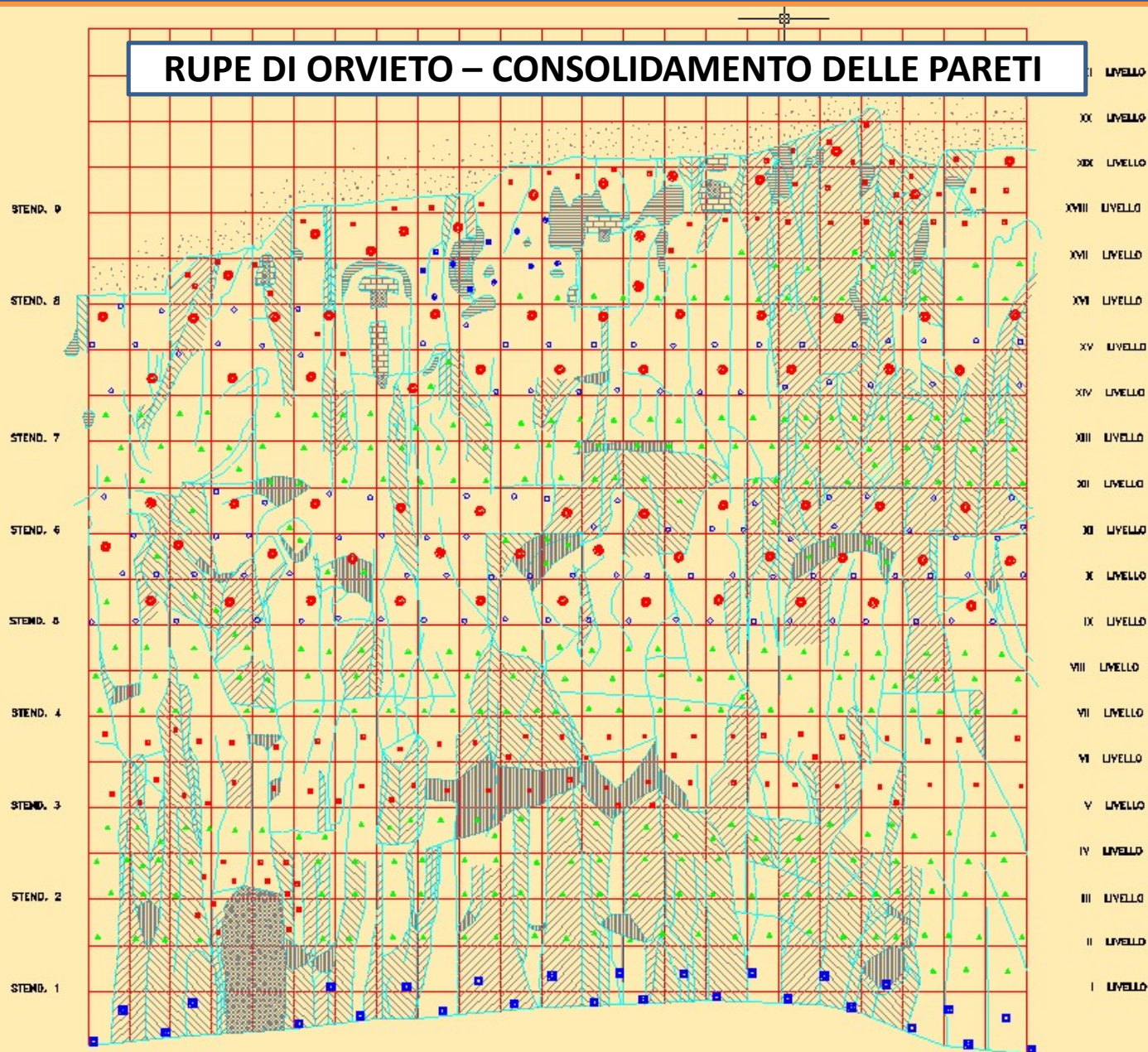
Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



RUPE DI ORVIETO – CONSOLIDAMENTO DELLE PARETI



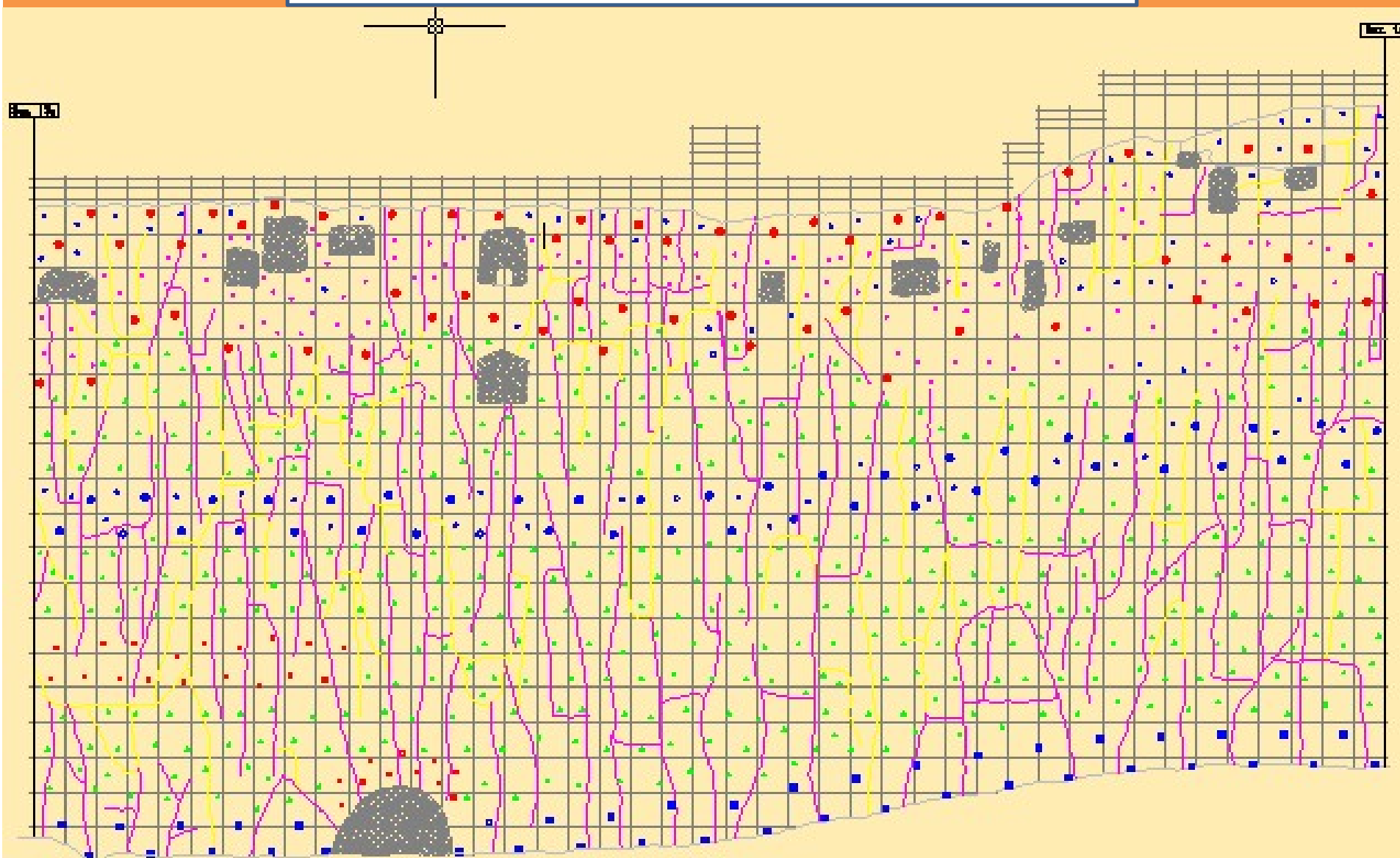
Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



RUPE DI ORVIETO – CONSOLIDAMENTO DELLE PARETI



RUPE DI ORVIETO – SISTEMAZIONE DEL CIGLIO



Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



RUPE DI ORVIETO – SISTEMAZIONE DEL CIGLIO



Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



RUPE DI ORVIETO – SISTEMAZIONE DEL CIGLIO



Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



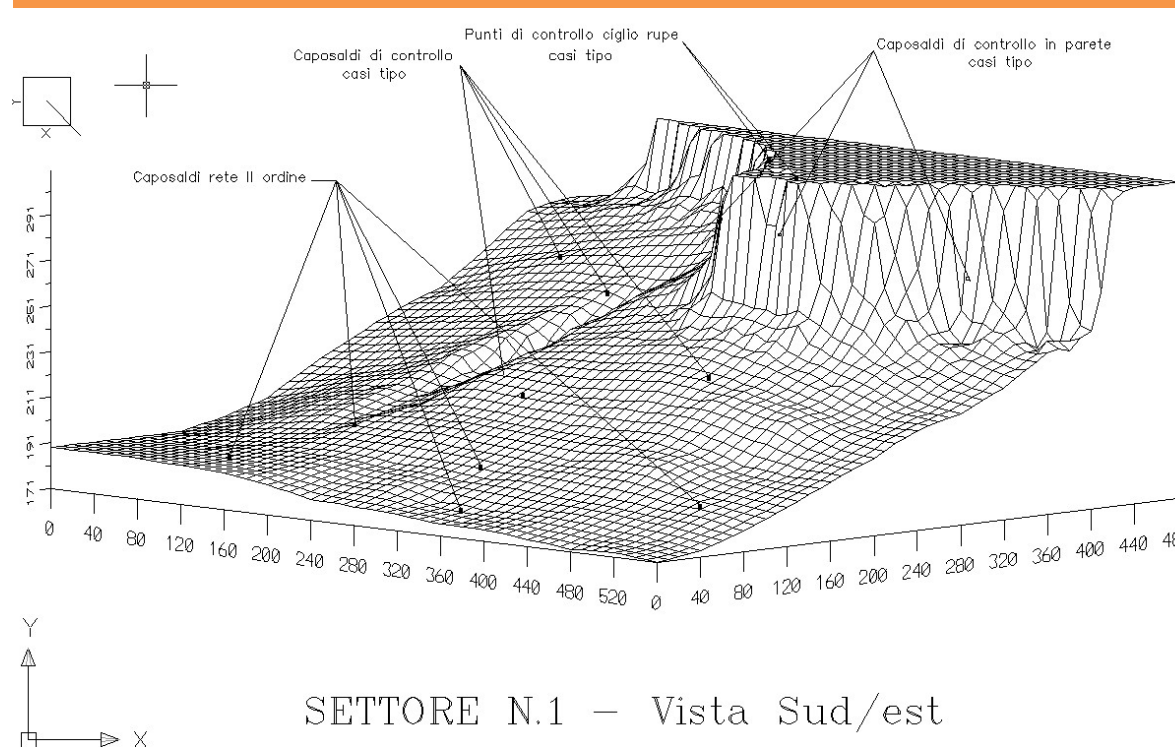
RUPE DI ORVIETO – SISTEMAZIONE DEL CIGLIO



RUPE DI ORVIETO – MONITORAGGIO E CONTROLLO

3. **Sistema di monitoraggio e controllo**
per la raccolta dei dati relativi ai vari fattori
influenzanti il comportamento della piastra tufacea e
delle pendici, in associazione di un centro di vigilanza
e manutenzione permanente

RUPE DI ORVIETO – MONITORAGGIO E CONTROLLO



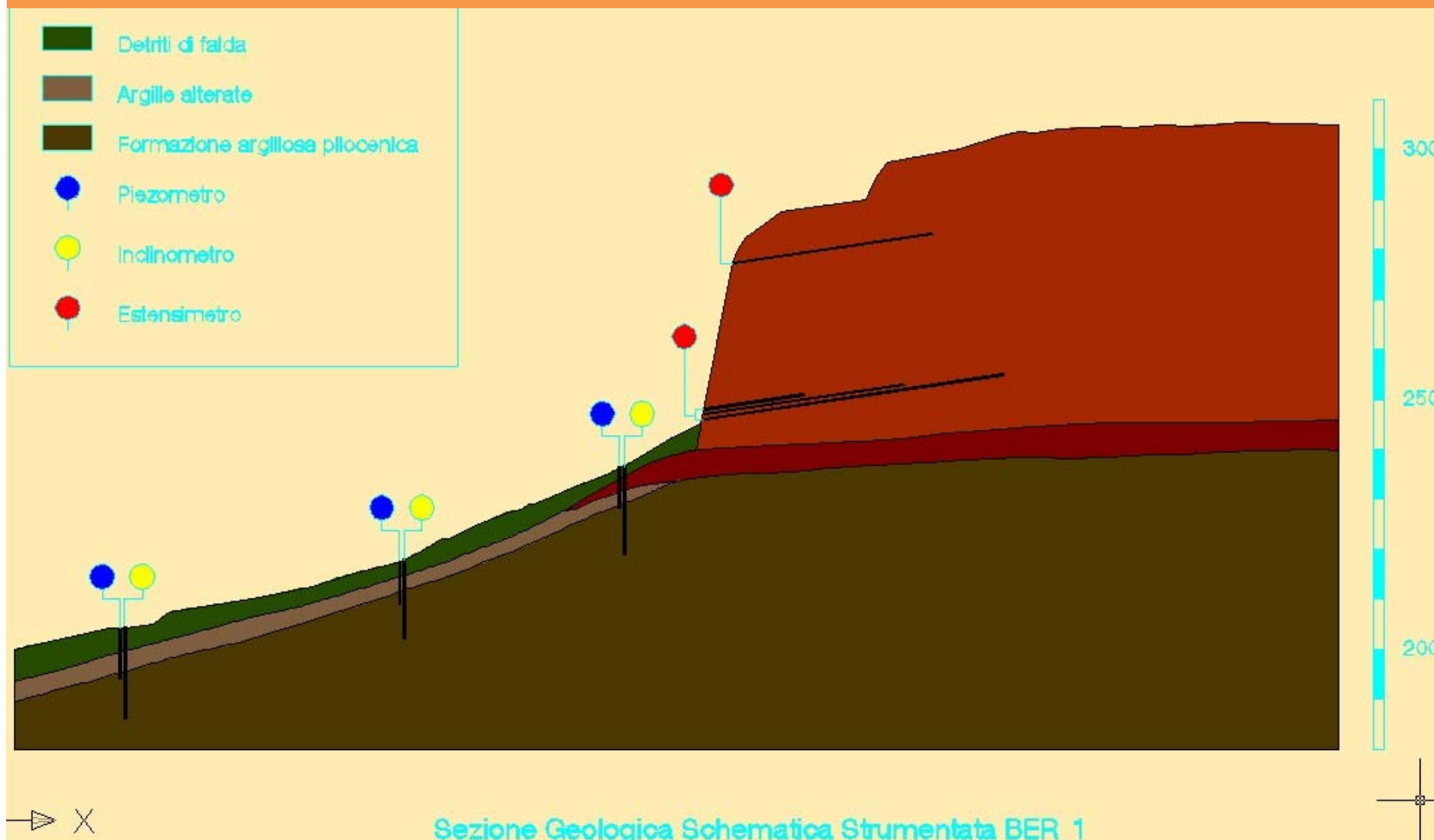
Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



RUPE DI ORVIETO – MONITORAGGIO E CONTROLLO



RUPE DI ORVIETO – SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI FOSSI

4. Sistemazione idraulica forestale dei fossi e stabilizzazione delle pendici

al fine di evitare l'erosione delle sponde e delle testate dei fossi si è effettuato il controllo del deflusso delle acque con nuove opere e sistemazione delle briglie esistenti, mentre per evitare il progredire dei fenomeni franosi in essere lungo le pendici sono state realizzate opere di drenaggio profondo e la regimazione delle acque superficiali

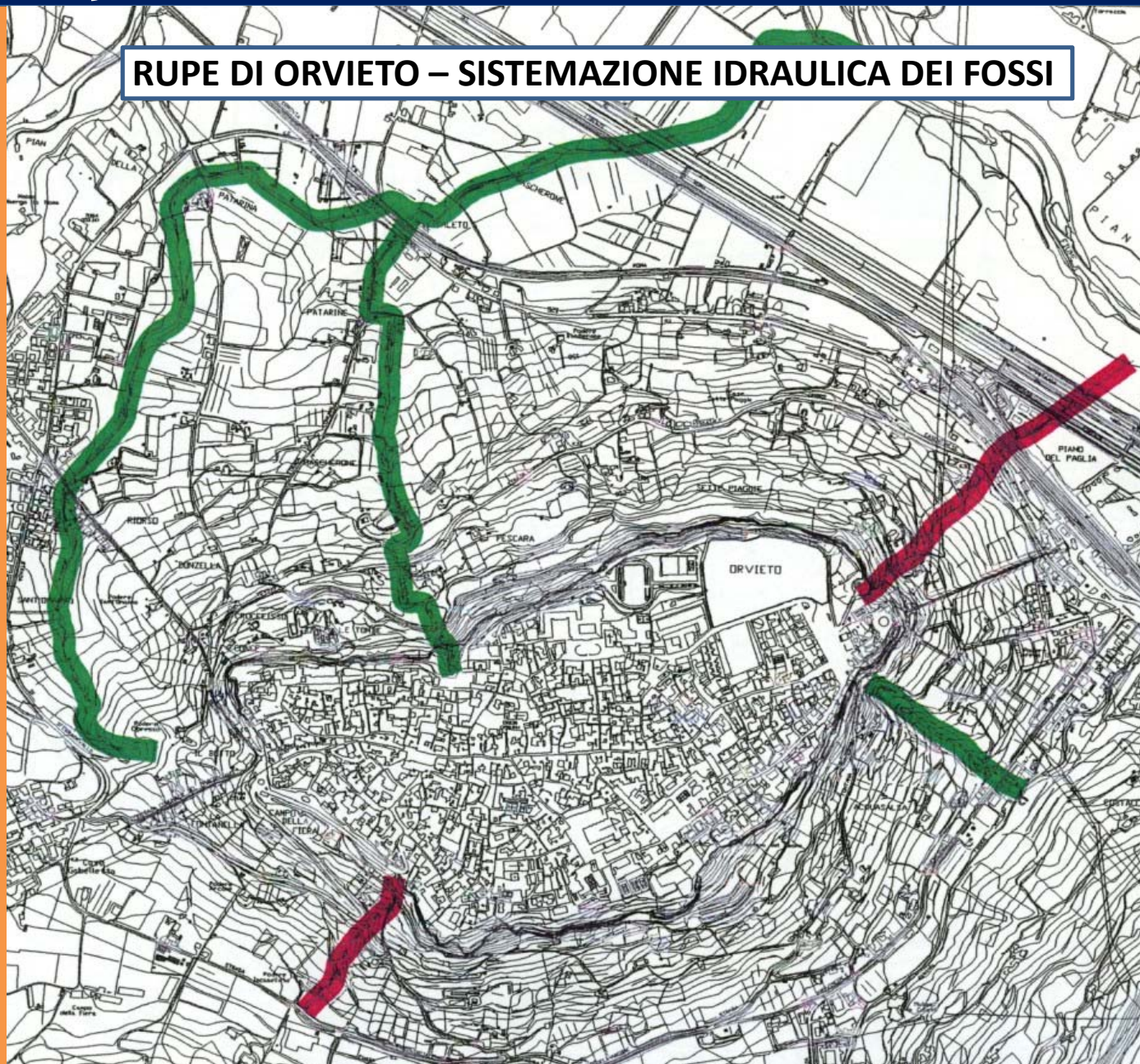
Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



RUPE DI ORVIETO – SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI FOSSI



Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



RUPE DI ORVIETO – SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI FOSSI



Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



RUPE DI ORVIETO – SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI FOSSI

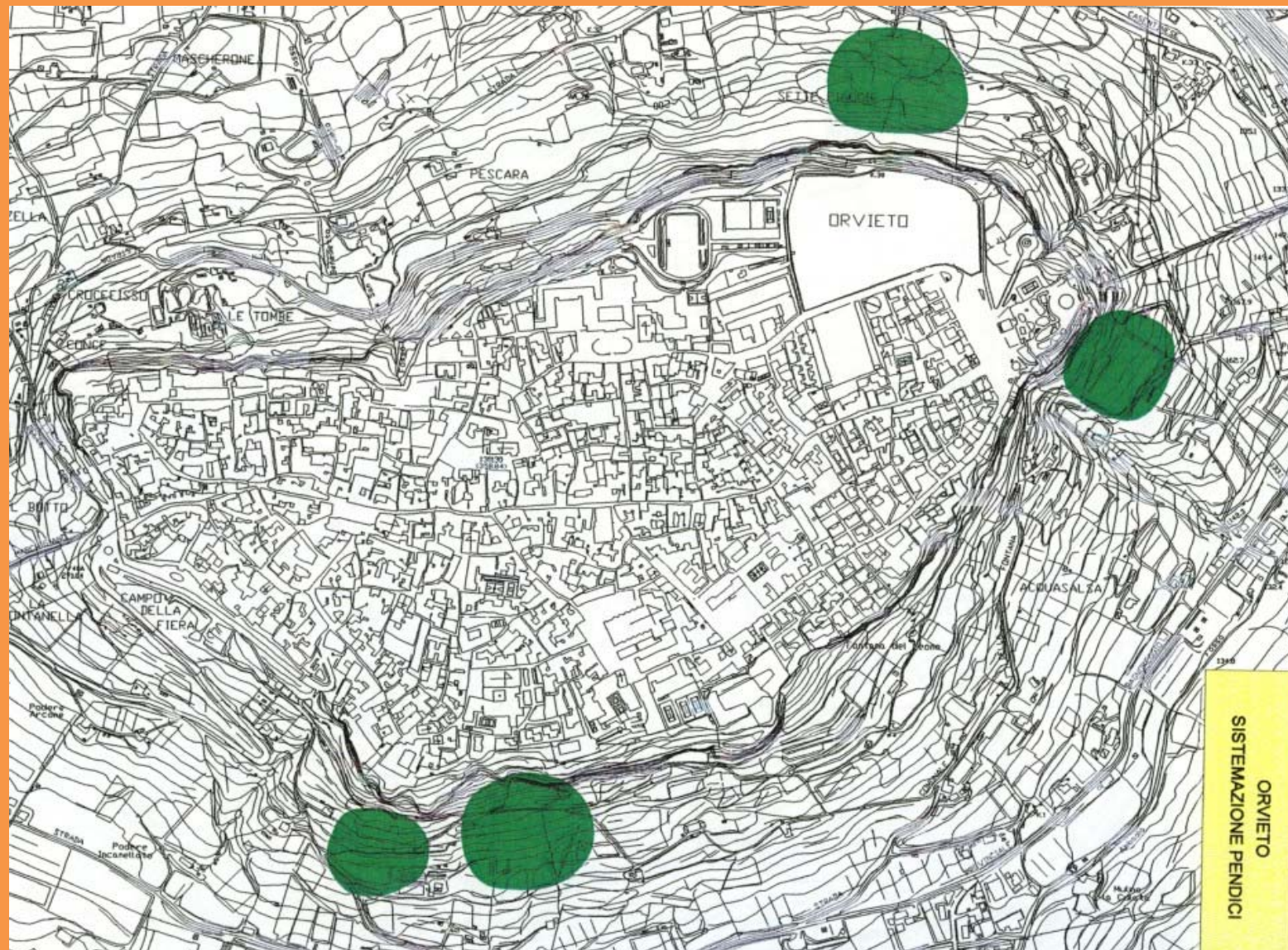


Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015 Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



RUPE DI ORVIETO – STABILIZZAZIONE DELLE PENDICI



Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



RUPE DI ORVIETO – STABILIZZAZIONE DELLE PENDICI





CONSOLIDAMENTO DELLA RUPE DI ORVIETO

4. Restauro delle murature insistenti sul ciglio della Rupe
5. Rilievo delle cavità presenti nel sottosuolo della città
6. Consolidamento delle cavità a rischio elevato

Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



RUPE DI ORVIETO – RESTAURO DELLE MURATURE



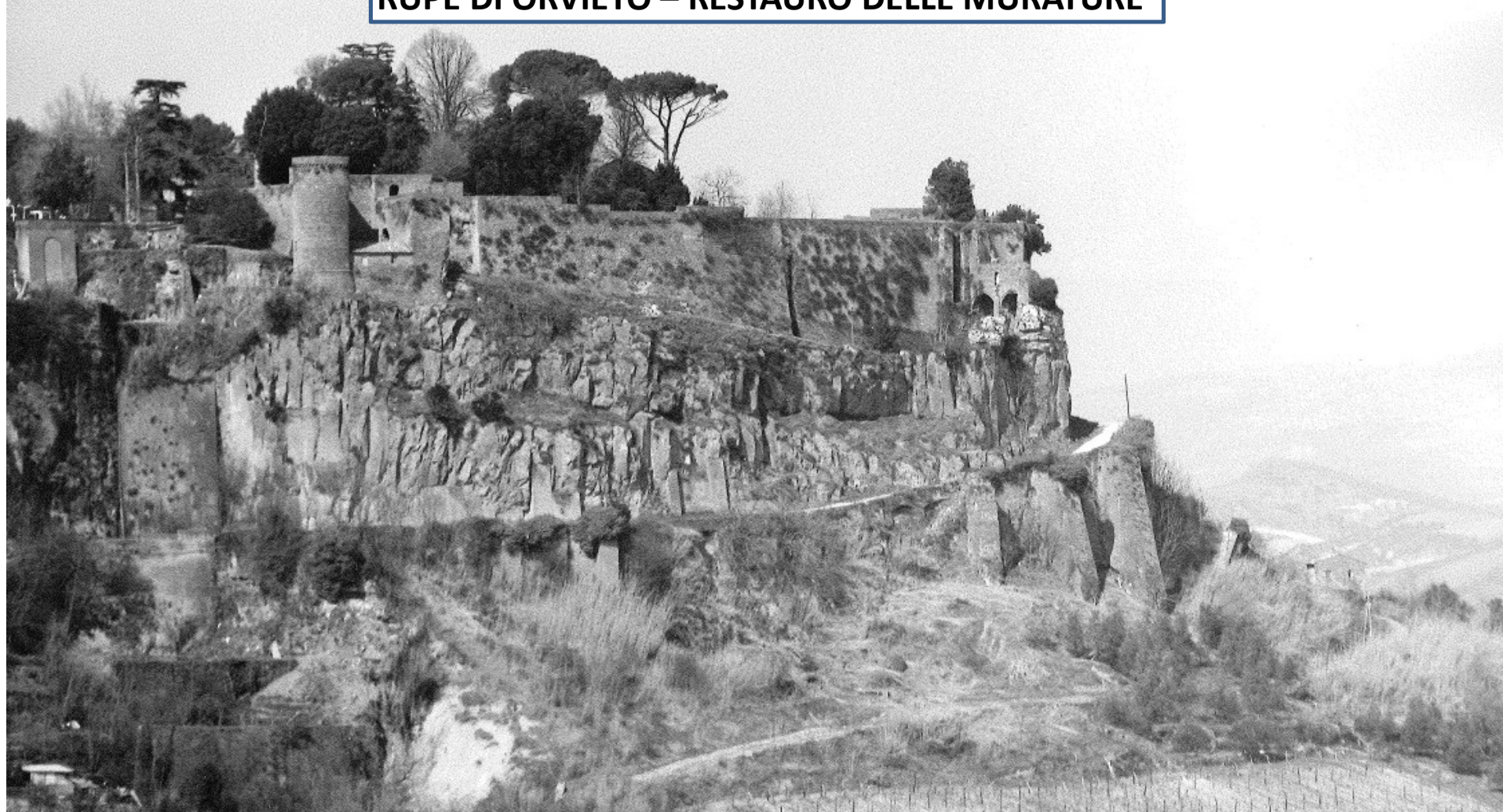
Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



RUPE DI ORVIETO – RESTAURO DELLE MURATURE



Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



RUPE DI ORVIETO – RESTAURO DELLE MURATURE



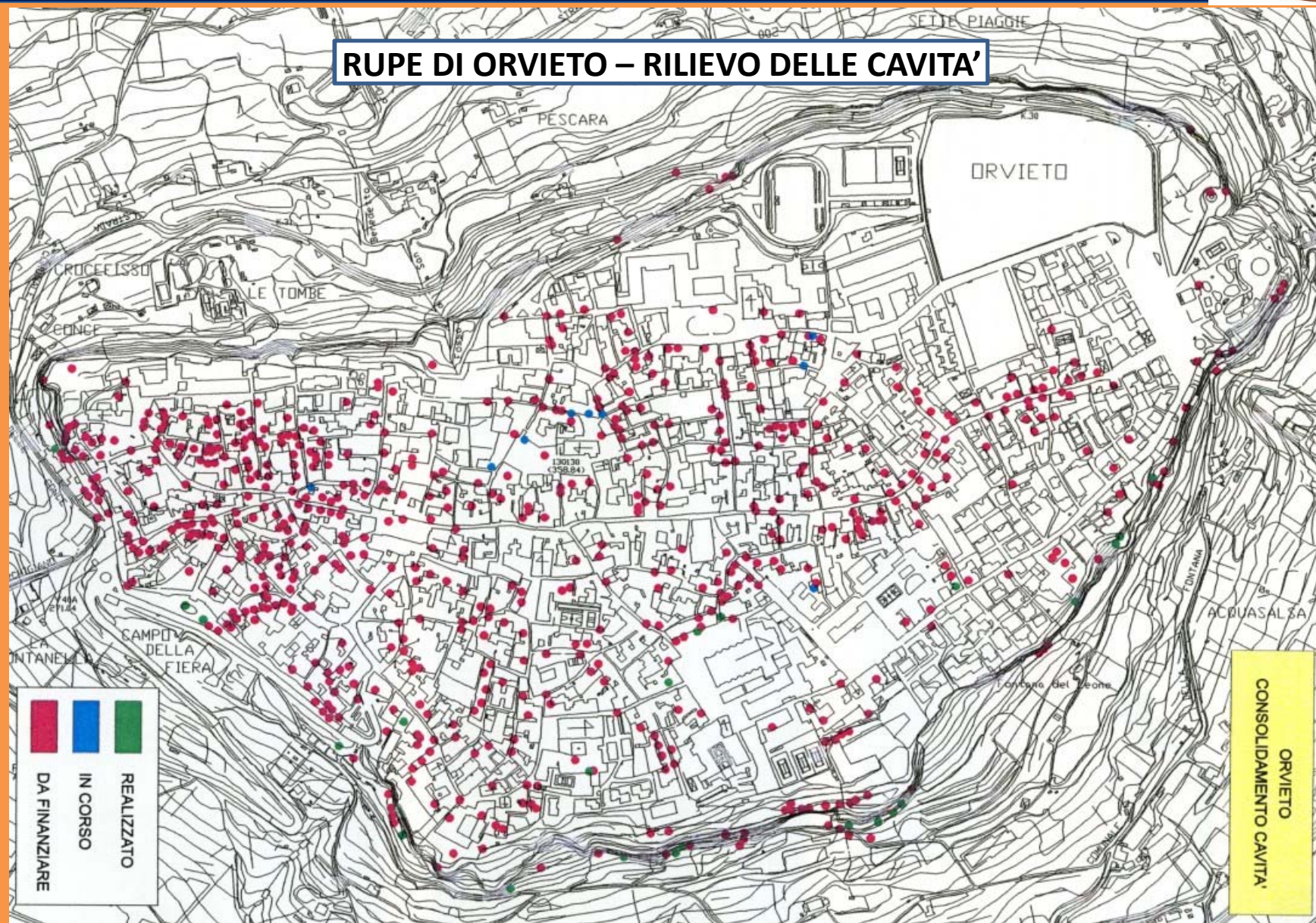
Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



RUPE DI ORVIETO – RILIEVO DELLE CAVITA'



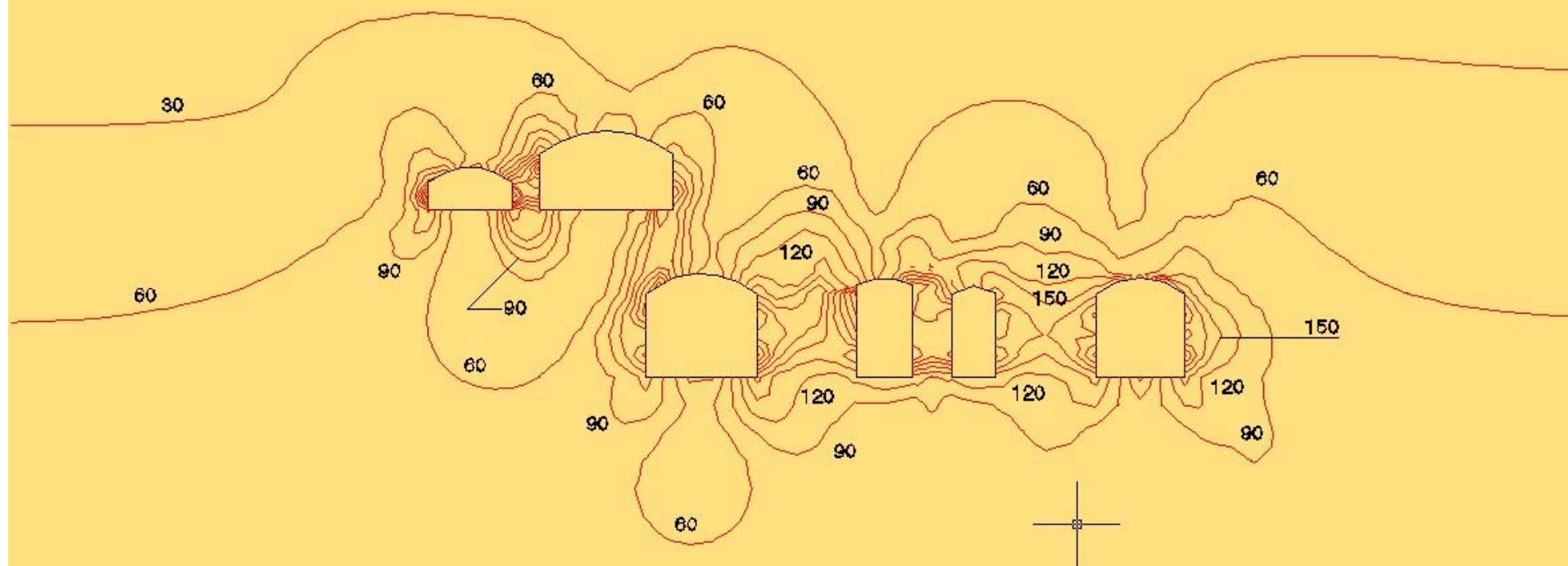
Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



RUPE DI ORVIETO – RILIEVO DELLE CAVITA'



CONSOLIDAMENTO RUPE DI ORVIETO

GROTTA N. 6

TENSIONE DI TAGLIO (KPa)

Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



RUPE DI ORVIETO – RILIEVO DELLE CAVITA'



Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015

Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo

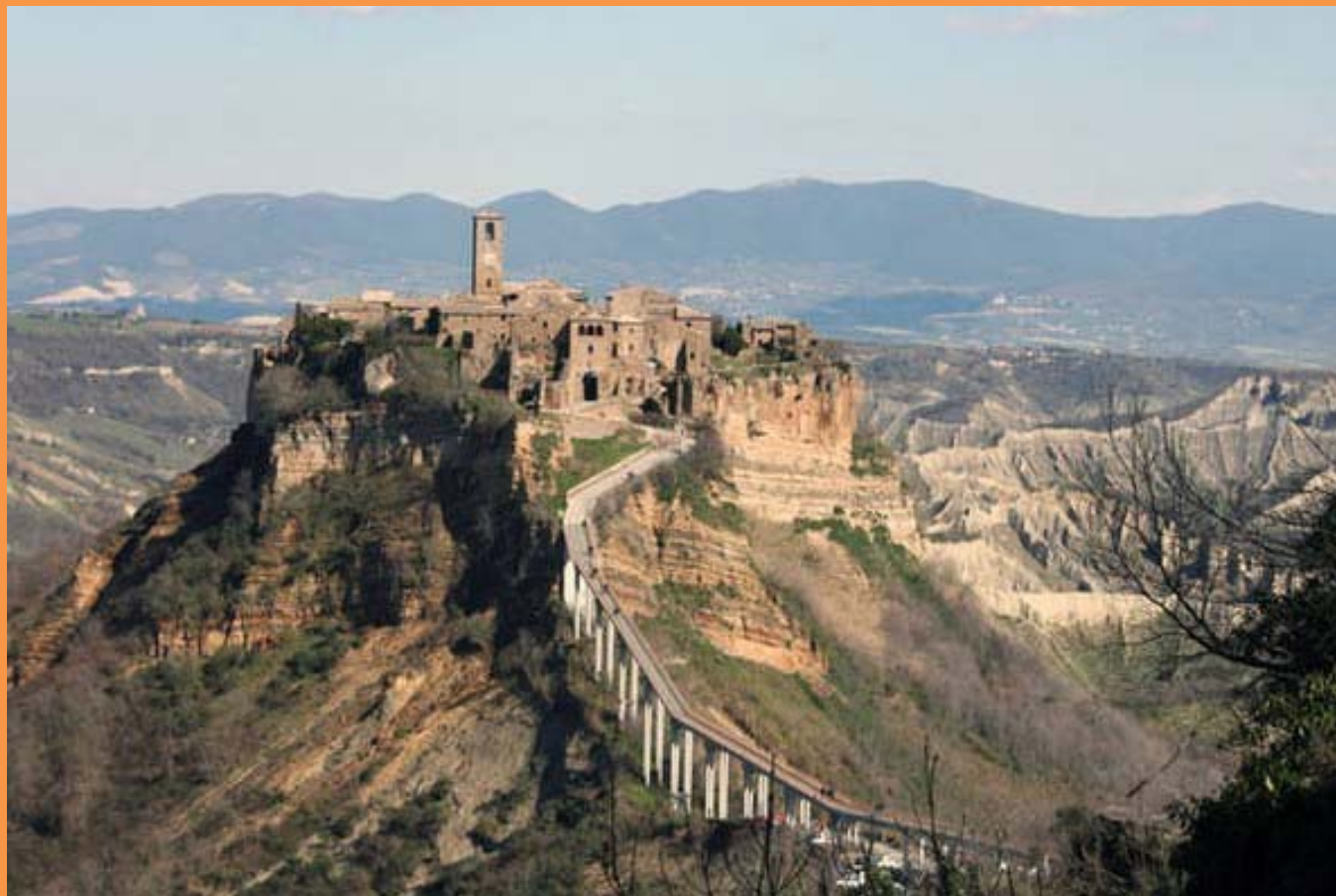


RUPE DI ORVIETO – RILIEVO DELLE CAVITA'



Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Civita 31.10.2015 Metodologie di studio – Criteri di Intervento e Controllo



by ANSA

GRAZIE PER L'ATTENZIONE