

Convegno
organizzato dal Comune di Bagnoregio e dalla SIGEA Società Italiana di Geologia Ambientale

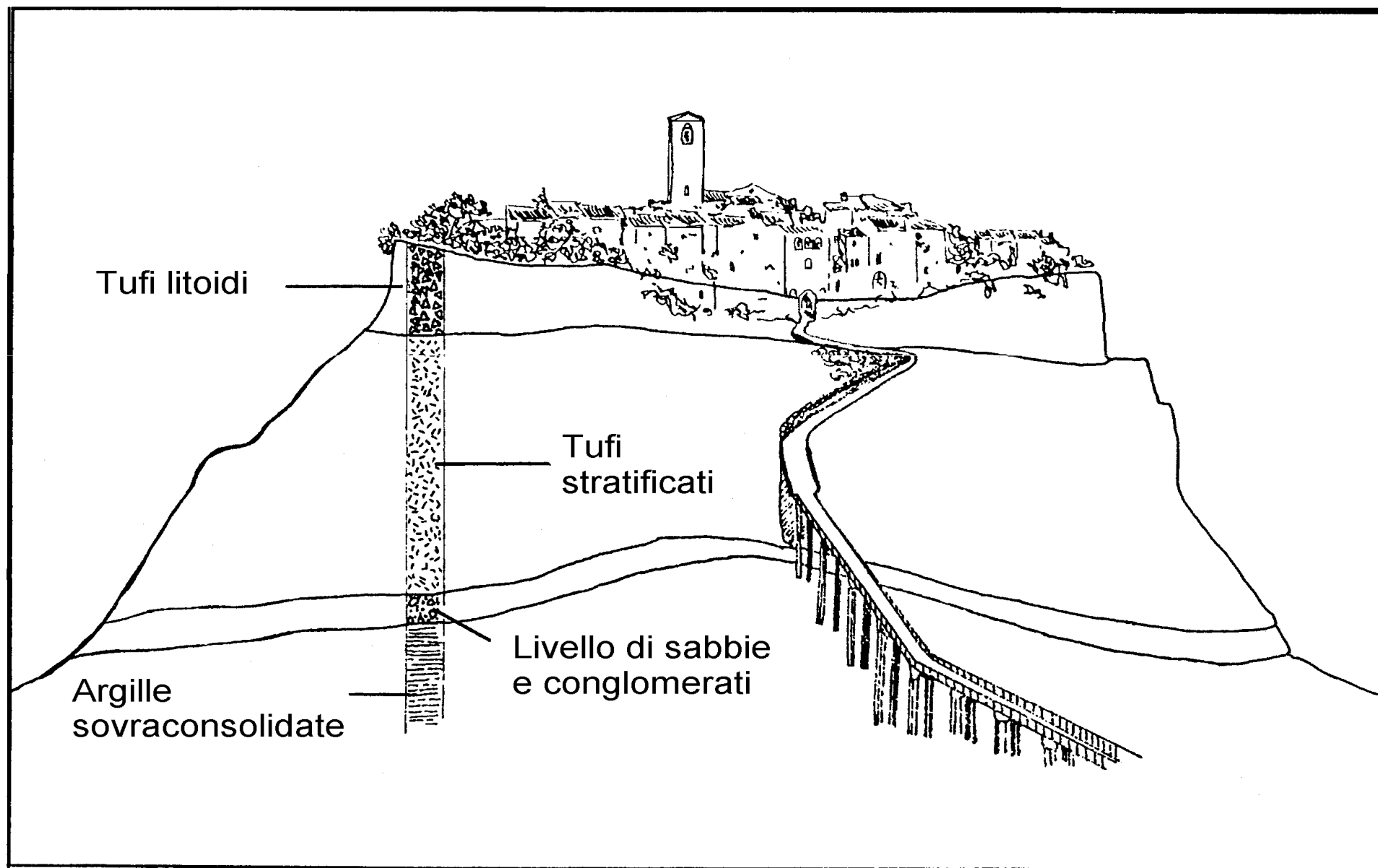
Idee per salvare Civita di Bagnoregio

Bagnoregio Auditorium comunale

31 ottobre 2015

Giuseppe Gisotti

*Si può rallentare il degrado del colle di Civita? Attuare un
insieme coordinato di opere di natura ingegneristica e
di natura biologica, cercando di imparare dai successi come
anche dagli insuccessi*



- **Contesto geologico del bacino idrografico di Civita**
- *Voglio descrivere l'evoluzione geologica dell'area di Civita in contesto più ampio spazio-temporale, nel tentativo di spiegare la peculiarità di Civita (se esiste) che spieghi gli intensi processi erosivi.*

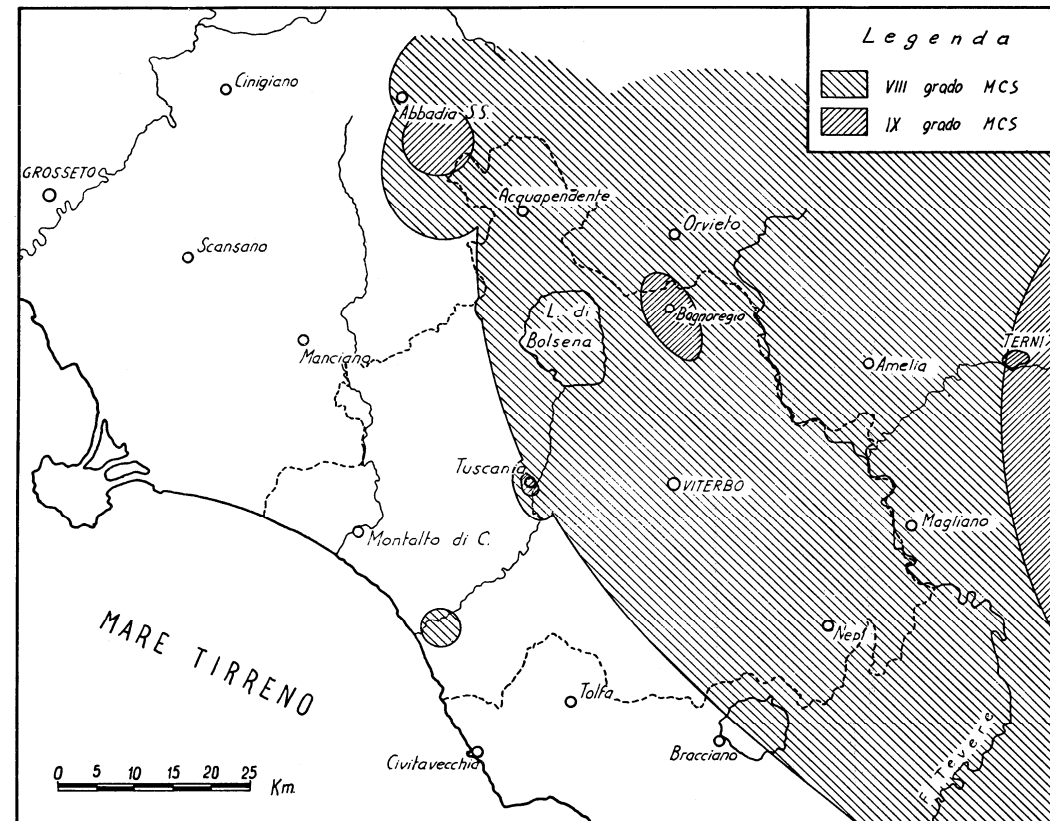
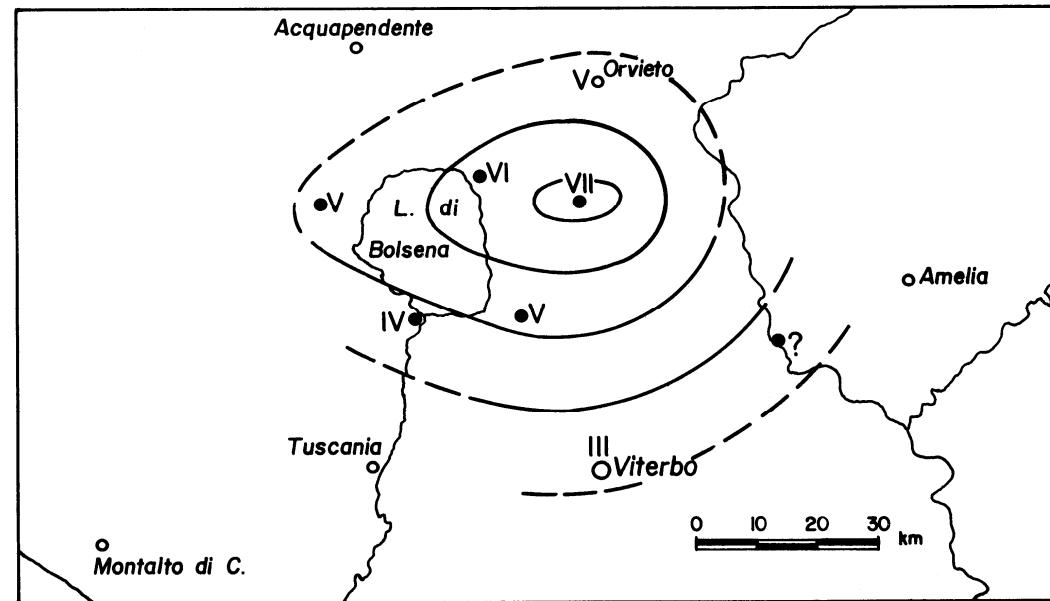
- **Litologia e geomorfologia:**
- Dal punto di vista geomorfologico si tratta di una *mesa* ossia di una *struttura tabulare*, caratterizzata da una **piastra rigida tufacea orizzontale** (o sub orizzontale) **situata su un substrato argilloso plastico e molto erodibile.**
- **Caratteri geologico-tecnici:**
- placca di tufi ricchi di **giunti di strato e di fessure** dovute sia a contrazione da raffreddamento che a fratture dovute all'azione degli agenti atmosferici, ai terremoti, all'attività antropica; questa piastra rigida poggia su un substrato di rocce eminentemente argillose, plastiche, "predisposte" all'erosione accelerata, alle frane; la **piastra permette una significativa infiltrazione per cui le acque pluviali e quelle di origine antropica giungono fino alle argille, onde si verificano imbibizione e dispersione delle argille. Al contatto fra la piastra e i sottostanti materiali plastici si verifica il rammollimento (*softening*) delle argille, ossia la disgregazione della loro struttura con riduzione della resistenza al taglio**

-neotettonica: ancora nel periodo attuale, l'Olocene, si assiste ad un sollevamento neotettonico dell'Appennino ;

-terremoti:

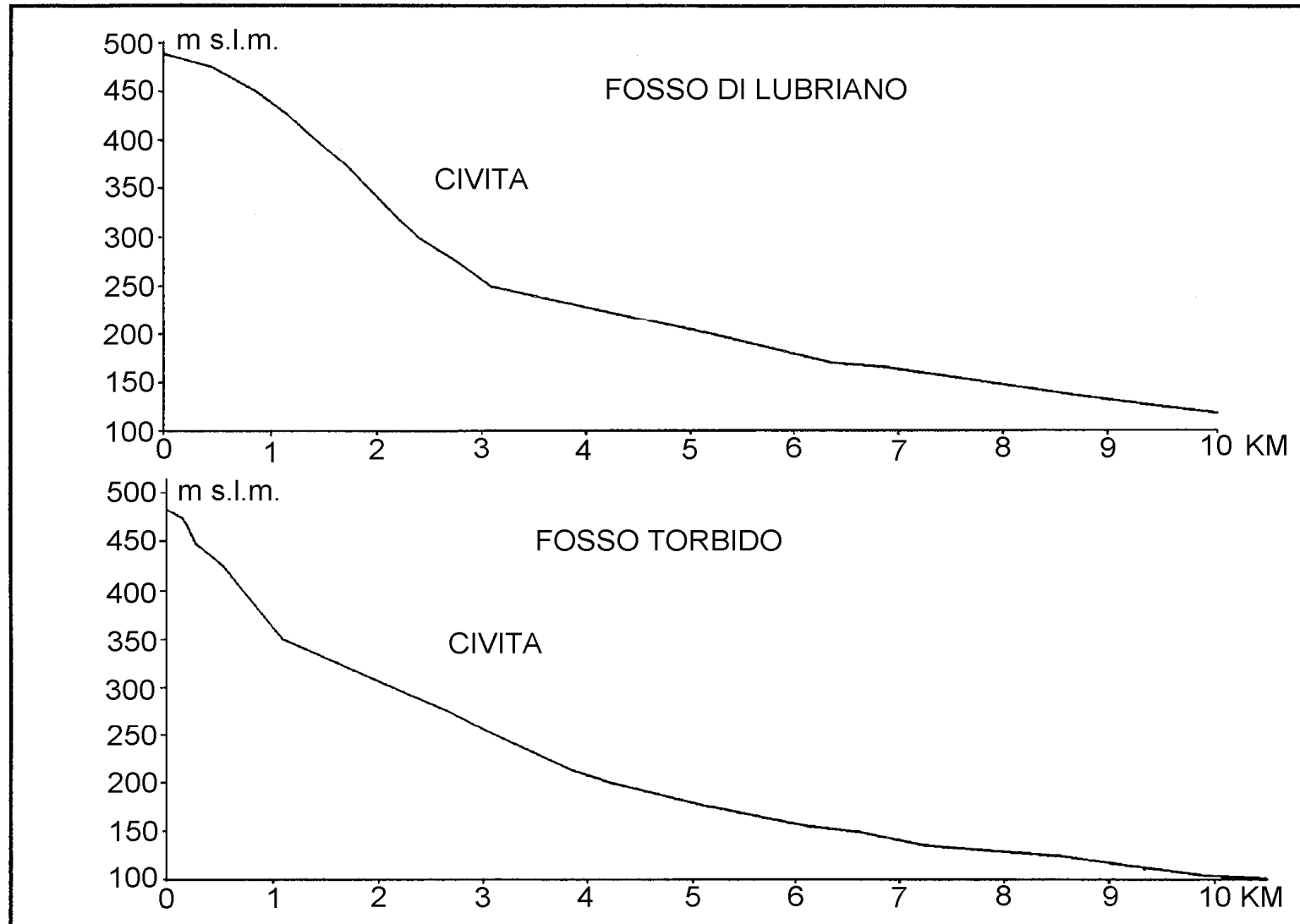
Nella Figura superiore vengono presentati alcuni dati sul terremoto del 1903 che colpì l'area di Bagnoregio e in quella inferiore la carta della massima intensità sismica storica nel Lazio settentrionale dall'anno 1000 al 1980. Risulta che l'area di Bagnoregio, fra il 1000 e il 1980, è quella che ha subito i terremoti più intensi nella Tuscia (Margottini, Molin, 1990).

Rispetto a centri abitati aventi simile situazione geomorfologica criticità di dissesto, sempre della Tuscia, quali Bomarzo, Chia, Bassano in Teverina, Orte, l'area Bagnoregio – Civita è contraddistinta da maggiore intensità sismica.



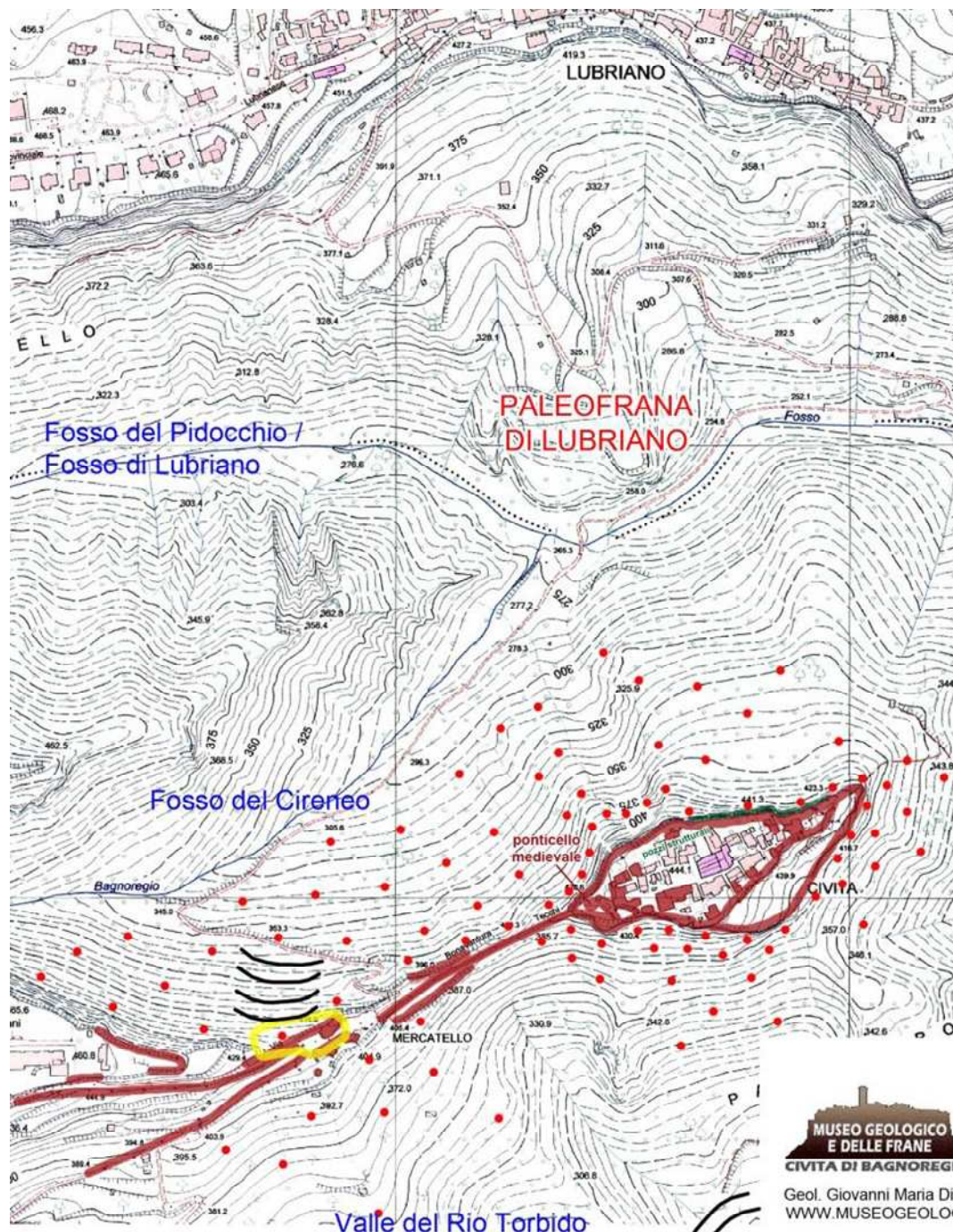
-idrologia, livello di base dell'erosione: il reticolo idrografico è caratterizzato da due valli principali, corrispondenti al Fosso Torbido a sud del colle e al Fosso di Lubriano a nord, che circondano in parte la rupe: il Fosso di Lubriano confluisce poi nel Torbido, che è un affluente di sinistra del Tevere, il quale rappresenta il livello di base dei due corsi d'acqua (Fonte: Margottini).

I due corsi d'acqua presentano nel tratto superiore, dalla sorgente fino al punto sottostante Civita, elevata pendenza e quindi una elevata energia del rilievo.






- **-cambiamento climatico attuale:** caratterizzato, rispetto al passato recente, da piogge concentrate nello spazio e nel tempo;
- **-attività antropica urbanistica non idonea a questo particolare sito:** ad esempio perdita di acque bianche e nere, vibrazioni artificiali, interventi di sbancamento per realizzare parcheggi, ecc. che probabilmente hanno contribuito a innescare i dissesti;
- **-vetustà delle costruzioni e della struttura urbanistica;**
- **-interventi di stabilizzazione della piastra tufacea e di controllo dell'erosione dei versanti argillosi, con risultati contrastanti:** gli Etruschi avviarono opere di canalizzazione delle acque piovane e di contenimento della erosione torrentizia, opere che furono riprese dai Romani; in tempi recenti-attuali, se in qualche caso gli interventi di consolidamento hanno raggiunto lo scopo, in qualche altro caso si sono dimostrati inutili: ad esempio i pozzi con tiranti realizzati nella zona di Casa Greco per il consolidamento del lato nord della rupe (verso Lubriano), sembra abbiano raggiunto lo scopo; invece l'intervento sul pendio sottostante il rione di Mercatello, sempre sul versante nord, dopo alcuni anni è in fase di smantellamento a causa di una ripresa dei processi erosivi.

La grande frana del 1114 che ha spostato il T. Lubriano contro il versante nord di Civita ha certamente contribuito all'acuirsi dei dissesti (Fonte: Di Buduo, 2015)




PALEOFRANA DI LUBRIANO

ha spostato il corso d'acqua contro il versante nord di Civita con conseguente scalzamento alla sua base. Ingenti fenomeni di crollo ancora attivi hanno ostruito parzialmente il fosso.

-  settore di scarpata con tiranti (2013-14)
-  cordoli palificate
-  area che sarà interessata da lavori del genio civile nei prossimi mesi

AREE DA MONITORARE

 **MANUFATTI (E SCARPATE IN DEPOSITI VULCANICI):** aree che rispondono non in maniera costante e sincrona con le deformazioni del versante argilloso, ma in modo saltuario, impulsivo e rapido, a causa del comportamento fragile dell'ammasso roccioso su cui poggiano. E' necessaria il maggiore dettaglio possibile nelle misure (al massimo pochi mm). Non sono sicuro che vi siano muretti lungo tutto l'orlo della scarpata di Civita, mentre nelle altre zone segnate ci sono muretti o ringhiere.

 **VERSANTI ARGILLOSI**
Coltre superficiale con zone in movimento con velocità eterogenee, da estremamente lenta (mm o frazioni di mm / anno) ad estremamente veloce (colate). Anche se è auspicabile sempre la massima precisione possibile nelle misure, rispetto ai depositi vulcanici è sufficiente un dettaglio minore (un movimento di qualche mm all'anno sulle argille non è di per sé preoccupante, mentre sicuramente lo è lungo il bordo della rupe in depositi vulcanici). I punti da misurare sono intenzionalmente INTORNO alle frane attive, proprio per monitorare la loro propagazione al resto del versante. I punti sono particolarmente fitti alla base della scarpata dove le deformazioni della coltre argillosa sono maggiormente pericolose per la rupe.



Geol. Giovanni Maria Di Buduo - tel. 334 33 21 032 - giovannimariadibuduo@gmail.com
WWW.MUSEOGEOLOGICOEDELLEFRANE.IT

- **OSSERVAZIONI I**

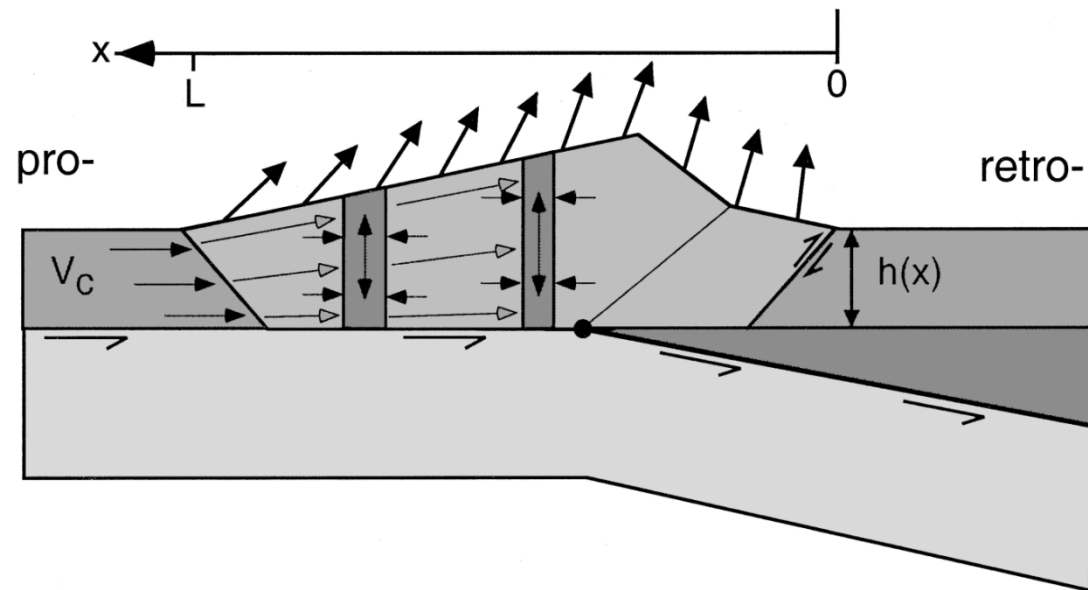
- Alcuni di questi fattori hanno svolto una azione sinergica favorevole al dissesto idrogeologico. Essi sono: la litologia e la geomorfologia; i caratteri geologico-tecnici; la neotettonica; i terremoti; attuale cambiamento climatico; attività antropica-urbanistica; vetustà delle costruzioni e della struttura urbanistica; interventi di stabilizzazione che spesso non hanno tenuto conto dei diversi contesti geologici-geomorfologici; l'attività erosiva dei torrenti che circondano la rupe, attività che tende a rendere sempre acclivi, e quindi instabili, i versanti; per quanto riguarda quest'ultimo aspetto, va ricordata la grande frana di Lubriano del 1114, per cui il corso del torrente sottostante l'abitato fu spostato verso il colle di Civita, con ciò accentuando la pendenza e quindi i processi erosivi del versante nord di Civita.
- Però sembra che tanti altri siti in condizioni geologiche, idrologiche, morfologiche non dissimili da questo, non si presentano in condizioni così disastrose. E' l'unico sito che ha ricevuto l'appellativo di "città che muore".

- **OSSERVAZIONI II**

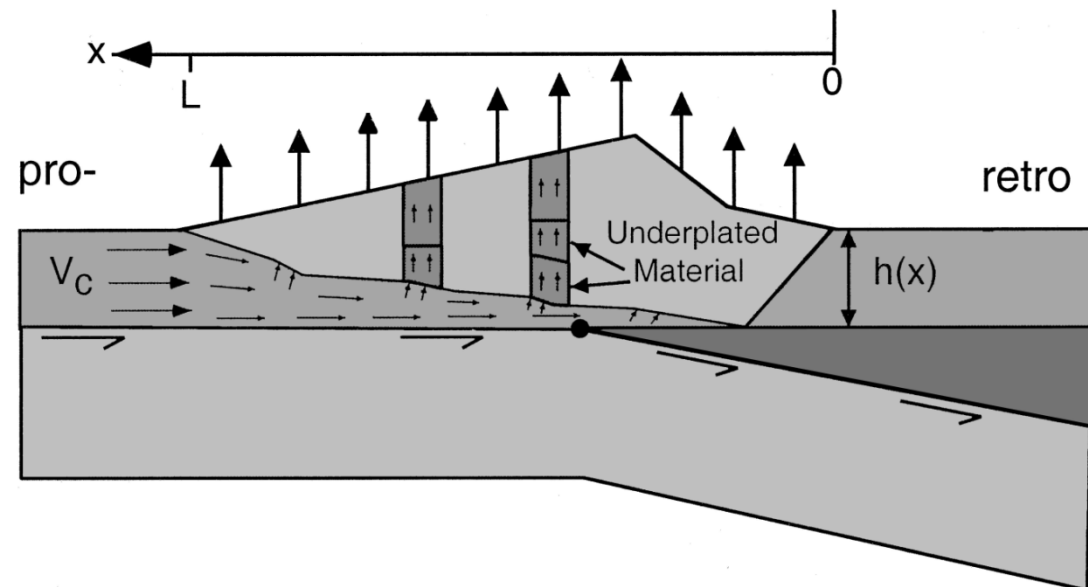
- Mi pare che i fenomeni di dissesto dell'area di Civita vengono studiati da un punto di vista geomorfologico tradizionale da molti anni: **il discorso andrebbe allargato allo scopo di studiare i collegamenti e i meccanismi di *feedback* tra clima, tettonica e topografia; infatti nella ricostruzione della storia morfoevolutiva di questa parte dell'Italia centrale, le relazioni tra sollevamento tettonico del rilievo, suo smantellamento e contesto morfoclimatico risultano ancora insufficientemente conosciute.**
- Si tratta quindi di combinare i metodi delle varie discipline, logicamente avendo a disposizione i rispettivi dati, mediante idonei modelli matematici, da cui estrarre i valori dei parametri che ci permettano di ottenere un quadro dei valori assoluti inerenti il bacino idrografico in esame, il Fosso Torbido, ma anche di poterli confrontare con analoghi parametri di altri bacini idrografici simili, colpiti dagli stessi problemi, per cercare di valutare/prevedere nei tempi medi e lunghi l'evoluzione dei processi di erosione di Civita.
- Allo scopo di affrontare l'argomento col confronto di altre realtà, si accenna ad **alcuni casi di studio che presentano somiglianze col nostro, per gli aspetti geomorfologici, stratigrafici e litologici, e ai relativi modelli interpretativi.**
-

Tentativi per spiegare la degradazione del Colle di Civita e del bacino calanchifero. Rapporti fra erosione s.l. (erosione superficiale, erosione incanalata, frane, ecc.) e sollevamento tettonico (*uplift*). L'erosione di un sito è influenzata da vari fattori, processi fisici e chimici (azione degli agenti atmosferici, azioni antropiche) e dal sollevamento tettonico. Nella figura viene evidenziato il processo orogenetico del sollevamento tettonico, in due casi, senza e con la presenza del cuneo di accrezione (*accretionary wedge*) (Fonte: Willet et al., 2001).

A. Frontal Accretion



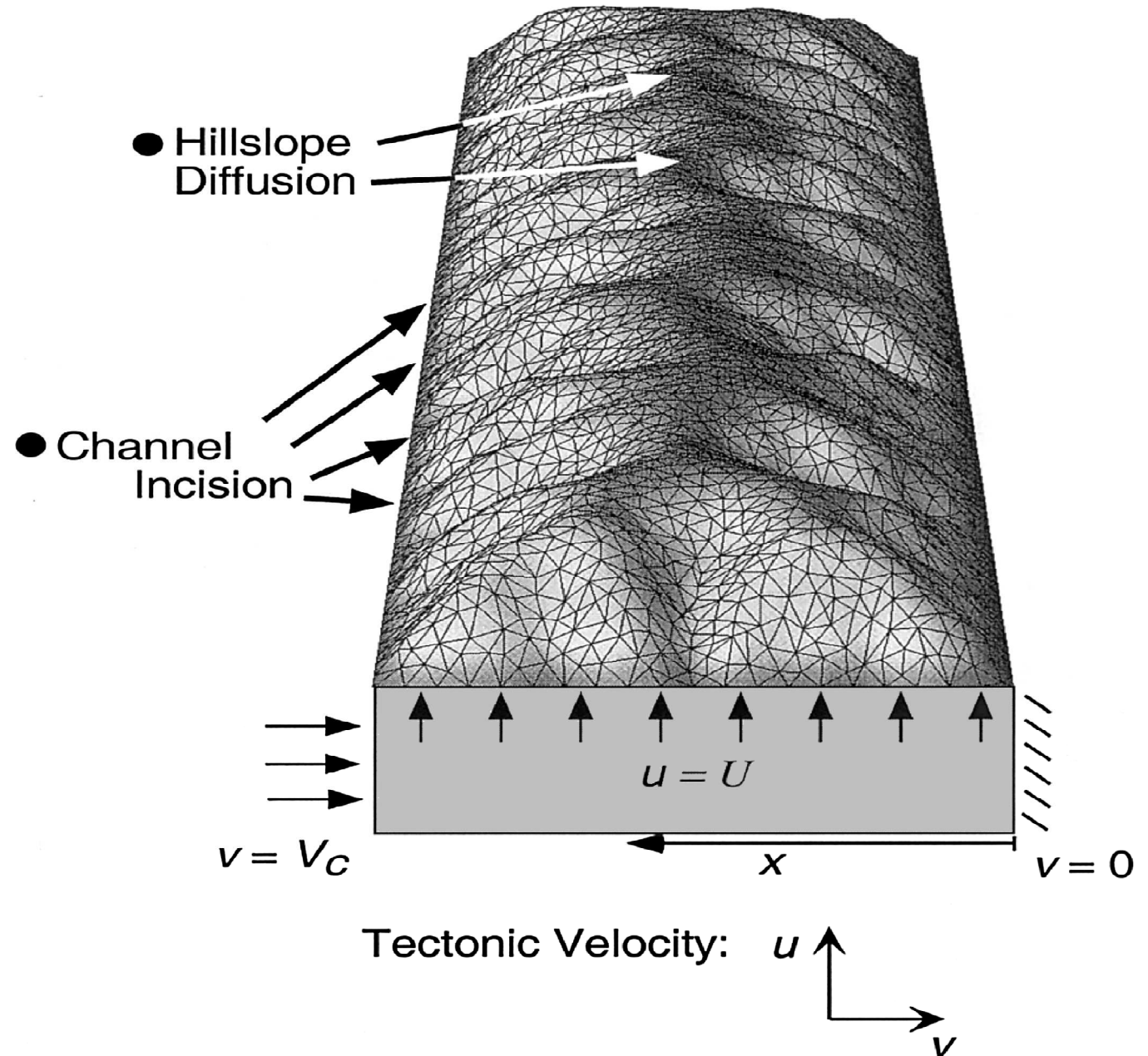
B. Underplating



Sull'area in sollevamento tettonico si instaurano i processi dell'erosione, che tendono invece ad abbassarla.

L'erosione, indirizzata dalla gravità, è la risposta inevitabile al sollevamento. Dal differenziale tra le due "forze" si genera la degradazione dell'area, misurabile mediante un "tasso di erosione"

Surface Processes:



- CASO DI STUDIO I- FIUMARA DI VENOSA
- Un esempio di studio tra i vari fattori in gioco e in particolare del rapporto fra sollevamento tettonico ed erosione è stato quello relativo al bacino idrografico della *Fiumara di Venosa*, simile a quello di Civita, e soggetto a intensi fenomeni erosivi, costituito in gran parte da sedimenti lacustri pleistocenici (Beneduce *et al.*, 2008). Per questo bacino è stato calcolato un *tasso di erosione di 0,2 mm/anno* e un *tasso di sollevamento medio di 0,6 mm/anno* (ad esempio la Sardegna si solleva a un tasso di 0,01 mm/anno, ma essa viene considerata una delle zone più stabili dell'Italia, mentre per la Calabria è stato valutato un tasso di sollevamento medio di 1 mm/anno negli ultimi 0,7 MA).
- Risulta quindi che il valore della velocità dell'erosione fluviale (incanalata) corrisponde a un terzo di quella del sollevamento tettonico e che pertanto il *sistema risulta in disequilibrio per larga parte del Quaternario*. Appare probabile che la maggior parte dei movimenti di versante siano stati attivati sotto tale *condizione di disequilibrio*, determinata dalla sostanziale differenza tra le velocità di sollevamento e denudamento.
- Abbiamo i dati per eseguire la stessa analisi per il bacino di Civita?

- CASO DI STUDIO II – RUPI VULCANICHE NEL LAZIO SETTENTRIONALE (Bozzano *et al.*, 2005)
- In uno studio sull'assetto geologico ed evoluzione per frana di rupi vulcaniche nel Lazio settentrionale, Bozzano prende in esame alcuni centri abitati (Orte, Bomarzo e altri, ma non Civita) e i possibili fattori di controllo dell'evoluzione geomorfologica delle rupi soggette a fenomeni di instabilità gravitativa. Non considera i fenomeni erosivi a carico del substrato argilloso. Le ipotesi evolutive formulate nei modelli geologici preliminari, sono state convalidate da analisi tenso-deformative con approcci FEM e FDM.
- Volendo applicare a Civita il modello di studio citato, Civita rientrerebbe nel caso in cui è possibile riscontrare un significativo controllo nell'evoluzione dei dissesti che interessano la placca tufacea, sulla base del “**contrasto di deformabilità tra le diverse litologie sovrapposte**”.
- La metodologia proposta permette di mettere a punto un modello geologico-evolutivo dalla cui attendibilità dipende la qualità dei progetti e interventi di mitigazione dei rischi idrogeologici.
-
- (Fig.).



Schema bidimensionale (non in scala) di un assetto geomorfologico di una rupe rigida con un substrato di argille plastiche; ai fianchi sono detriti di frana e/o di versante.

A causa del contrasto di rigidità esistente tra i due litotipi posti a contatto (ossia il substrato è più deformabile della placca) e alla loro diversa resistenza all'erosione, si verifica un "*detensionamento d'insieme*" (*stress relief*) con conseguente messa in trazione della placca litoide in corrispondenza della sua porzione marginale. Tale processo consegue allo scorrimento del materiale plastico sottostante la placca, la quale si inflette sotto il proprio peso in corrispondenza della sua porzione più interna. Dall'analisi dello stato di deformazione si evidenzia: a) scorrimento lungo le discontinuità presso la parete della rupe; b) presenza di fratture da trazione in superficie; c) individuazione di un prisma di potenziale distacco dal margine della rupe, esteso di alcuni metri verso il suo interno.

Parallelamente la rupe è sottoposta a un processo di "*scarico tensionale*" (*stress release*) in corrispondenza del suo margine, in relazione al suo isolamento dai litotipi circostanti (il plateau ignimbrico) ad opera degli agenti erosivi (approfondimento delle valli) e favorito dalla degradazione meteorica delle porzioni di roccia più superficiali.

Conseguenze: in prossimità dei margini si produce uno stato di sollecitazione a trazione della placca che favorirebbe i processi di instabilità. (frane di crollo e ribaltamento nelle pareti rocciose, che producono l'arretramento parallelo delle pareti tufacee) (Fonte: Bozzano et al., 2005).

- CASO DI STUDIO III – FOSSA BRADANICA – BACINO DI PISTICCI

- In questo modello interpretativo gli intensi fenomeni erosivi nelle argille di base contribuiscono potentemente allo sviluppo delle frane che colpiscono la soprastante rupe rigida sabbioso-conglomeratica. I depositi di colmamento della Fossa Bradanica (Puglia e Basilicata) (Bentivenga et al., 2008) costituiscono una sequenza regressiva argilloso-sabbioso-conglomeratica plio-pleistocenica. L'area di studio è costituita in particolare dal territorio di Pisticci, una fascia collinare caratterizzata da rilievi monoclinali. L'evoluzione geomorfologica ha portato alla differenziazione del paesaggio collinare in due tipi di rilievo, un *rilievo ad alta energia* (AER) con pendenze superiori ai 25°, e in un *rilievo a bassa energia* (BER), con pendenze inferiori ai 25°.
- Il rilievo ad alta energia (AER), con pendenza media compresa fra 25° e 45° consiste in una scarpata composta da un resistente *caprock* sabbioso-conglomeratico e “soffici” sedimenti argillosi alla base(Fig.)



Pisticci giace su un rilievo conglomeratico posto alla sommità delle argille subappennine. Sui fianchi sono presenti detriti di frana.

Sezione geologica della collina di Pisticci e del territorio circostante. Il rilievo ad alta energia (AER), con pendenza media compresa fra 25° e 45° consiste in una scarpata composta da un resistente *caprock* sabbioso-conglomeratico e “soffici” sedimenti argillosi alla base; in questa fascia i calanchi sono forme praticamente esclusive. Invece il rilievo a bassa energia (BER), con pendenze medie comprese fra 5° e 25°, è caratterizzato dalle argille senza *caprock*, e sono presenti le biancane, oltre ai calanchi.

Nell'area, i rilievi monoclinali hanno i versanti a reggipoggio con una inclinazione di circa 42°, dove si sviluppa una intensa erosione calanchiva (erosione accelerata), mentre i versanti a franapoggio, con inclinazione di circa 12°, sono interessati da soliflusso e modeste frane di colamento.

INTERPRETAZIONE: L'elemento di principale differenziazione tra le due aree è costituito dal *caprock*, che ne determina un diverso “rapporto di rilievo” (rapporto fra rilievo totale e lunghezza del versante). Il *caprock* costituisce un vincolo strutturale che consente il mantenimento di un elevato gradiente di pendio, talmente elevato da determinare il continuo ringiovanimento dei versanti attraverso movimenti di massa (frane di crollo e di ribaltamento nelle piastre rigide sommitali, frane di colamento lungo le sottostanti pendici argillose).

- Applicando il metodo descritto da Bentivenga et al. all'area di Civita, si notano forti analogie (a parte il fatto che a Civita le stratificazioni sono suborizzontali, trattandosi di rilievi tabulari). Al contatto fra le argille basali e il *caprock* tufaceo, i versanti argillosi colpiti dalla erosione calanchiva hanno una pendenza che varia fra 37° e 55°. Quindi quì il *caprock*, che è costituito dalla piastra rigida vulcanica, è responsabile del *rilievo ad alta energia*, e permette il mantenimento di una soglia di pendenza talmente elevata da determinare il ringiovanimento dei versanti attraverso movimenti di massa.
- Cosa significa? Che la piastra rigida sommitale del colle di Civita contribuisce a mantenere elevate pendenze dei versanti argillosi sottostanti, in un certo senso riparandoli dall'erosione (viene in mente il fenomeno dei "camini delle fate"), ma nello stesso tempo tali forti pendenze creano instabilità, erosione accelerata dei versanti argillosi, i quali cedendo fanno mancare il sostegno al piede della placca tufacea, innescando in essa le frane di crollo e di ribaltamento.

- CONCLUSIONI
- Sulla base dei casi di studio sopra illustrati, la tipologia degli interventi da completare, migliorare, realizzare ex-novo possono essere i seguenti:
- -Un tipo di intervento da consigliare a livello di **bacino idrografico** è quello che si basa su una **visione complessiva del sistema rupe tufacea, argille di base, erosione fluviale**, tenendo presente il sollevamento tettonico, cercando di intervenire con un piano che coinvolga tutte le parti del sistema, ma sicuramente alla base di tutto ci deve essere il concetto di ridurre il *l'alta energia del rilievo*, e l'unico modo è quello di **contrastare l'erosioni fluviale, cioè incanalata**, innalzando il profilo longitudinale dei torrenti, ossia ricorrendo a quella tecnica che una volta veniva chiamata **"correzione dei torrenti"**, anche mediante "briglie in terra", ma che essendo una tecnica del passato viene disdegnata dagli scienziati di oggi. Va integrata dagli interventi di ingegneria naturalistica.
- In particolare si tratta di bonificare, rinsaldare i due bacini idrografici calanchivi dei torrenti Lubriano e Torbido, attraverso le **tecniche di sistemazione idraulico – forestale e di I. N. (recenti interventi basati sull'uso del calcestruzzo, struttura rigida, non si sono dimostrati efficaci)** (Fig)
- Passando alla **rupe**, si tratta di ridurre l'infiltrazione delle acque, di origine naturale e antropica, attraverso la placca, mediante impermeabilizzazione della superficie topografica (Fig).
- -Inoltre sigillatura delle fenditure, ancoraggi; la serie di pali di fondazione ai bordi dell'abitato, lato nord, già realizzati, è da completare.

Transect schematico della vegetazione in una parete calanchiva nelle argille plioceniche dell'Appennino emiliano - romagnolo (Da Ferrari C., Speranza M., 1975, in Bagnaresi, 1978).

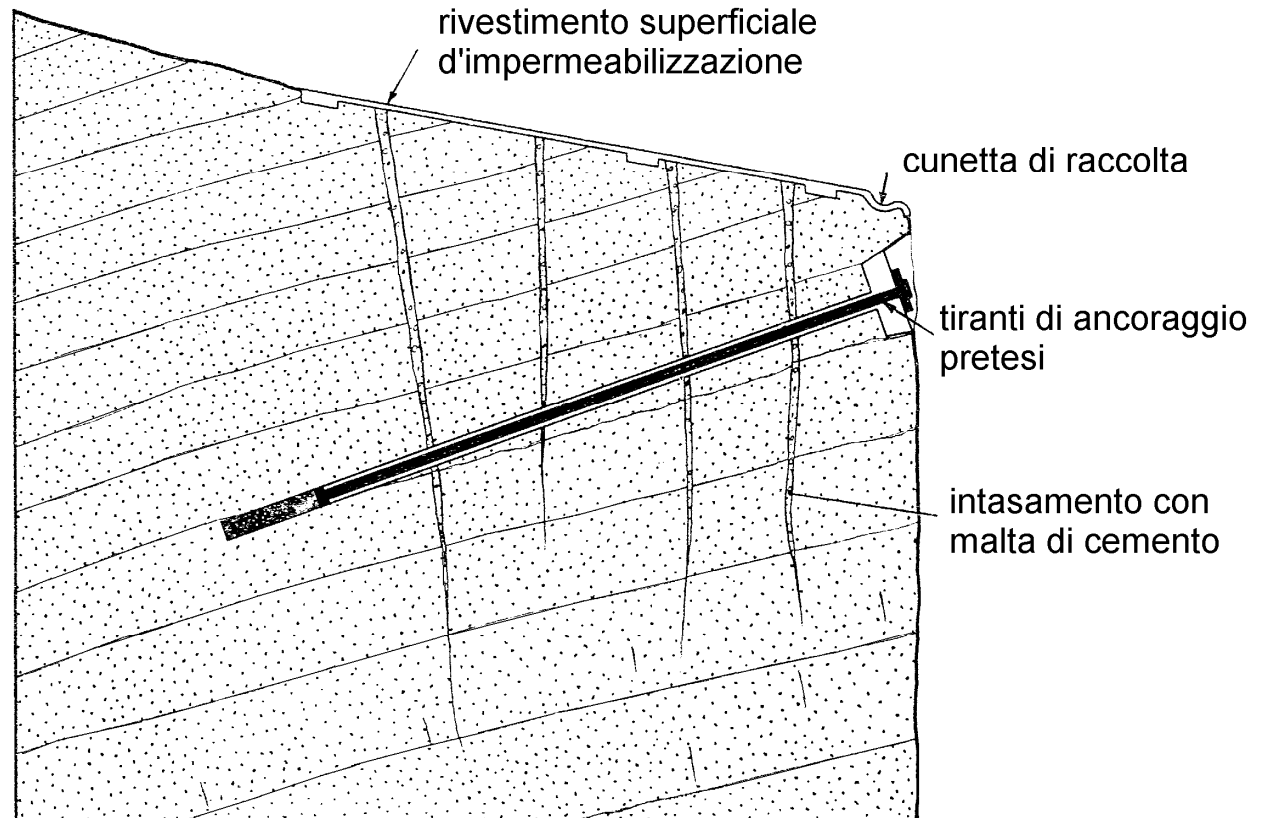
AC: *Artemisia cretacea* (Assenzio dei calanchi); Al: *Agropyron litorale* (Gramigna delle spiagge); Iv: *Inula viscosa*; Af: *Avena fatua* (Avena selvatica).

Le piante segnalate sono solo alcune di quelle pioniere dei calanchi. Voglio ricordare l'opera dell'ing. Salvatore Puglisi, del CFS, e poi socio AIPIN, che è stato attivo in Lucania nella sistemazione dei calanchi.

Va da sé che le proposte di selezione delle specie verranno dagli esperti che mi seguono, che comprendono anche le metodologie di sistemazione dei calanchi.



Stabilizzazione
Rupe di San
Leo.
Impermeabilizzazione
della
superficie e
sigillatura delle
fenditure



Grazie per l'attenzione

