

# Geologia dell'Ambiente

Periodico trimestrale della SIGEA  
Società Italiana di Geologia Ambientale



Supplemento al n. 1/2017

ISSN 1591-5352

A cura di  
**GIUSEPPE GISOTTI E CLAUDIO MARGOTTINI**

Poste Italiane S.p.a. - Spedizioni in Abbonamento Postale - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n° 46) art. 1 comma 1 - DCB Roma



Atti del convegno

## Idee per salvare Civita di Bagnoregio

BAGNOREGIO, 31 OTTOBRE 2015





Comune di Bagnoregio



Società Italiana di Geologia Ambientale



Autorità di Bacino  
del Fiume Tevere



Organizzano il convegno

# Idee per salvare Civita di Bagnoregio

**Auditorium comunale "V. Taborra", Piazza Biondini, Bagnoregio (VT)**

**31 ottobre 2015 ore 15.00-18.30**

L'idea di realizzare questo incontro di studio ma anche di divulgazione scientifica, propugnata da Gaia Pallottino e Giuseppe Gisotti, nasce dalla considerazione dei risultati dei vari interventi di protezione idrogeologica effettuati negli ultimi anni (recentemente si sta manifestando in tutta la sua gravità la frana di Mercatello, alle porte del borgo) per porre un freno al degrado di Civita di Bagnoregio, la "città che muore".

Si tratterebbe di eseguire una serie di attività nel seguito accennate (ma che devono trovare la risposta dagli studiosi chiamati a conferire in questo convegno):

- a) verificare la necessità di effettuare studi geologico-tecnici, idrogeologici, geomorfologici, pedologici, vegetazionali, sul colle e sul bacino calanchivo di Civita, laddove alcuni aspetti non siano stati ancora esplorati a sufficienza, in modo da potere preparare, sulla base dei risultati, un progetto di risanamento che tenga conto dei vari fattori in gioco; tale progetto onnicomprensivo sembra che non sia stato effettuato in passato, in quanto i vari problemi sono stati esaminati separatamente e non in una visione d'insieme;
- b) prendere come esempio i lavori di consolidamento di centri urbani la cui situazione geologico-technica e geomorfologica è molto simile a quella di Civita, come Todi, Orvieto, e altri centri urbani della Basilicata, realizzati da qualche tempo, che hanno dato esiti soddisfacenti; altri esempi da prendere in considerazione, a proposito della stabilizzazione dei bacini calanchivi, sono quelli San Marino, Reggio Emilia, o quello più antico di Brisighella, per non parlare di quelli della Basilicata;
- c) nell'attesa dei risultati di un studio realizzato secondo i criteri sopra espressi, del relativo progetto e delle opere di bonifica conseguenti, realizzare appena possibile interventi cantierabili allo scopo di almeno rallentare i rapidi processi geodinamici in atto; importante è a questo riguardo la problematica del deflusso dell'acqua nei riguardi della stabilità geomeccanica, con particolare riguardo alle acque pluviali e alle fognature, che interessano sia la placca rigida che le argille plastiche.

Viene subito alla mente il processo decisionale che si è attuato a proposito di alcune situazioni analoghe a questa, per esempio quelle relative a Orvieto e a Todi, dove lo Stato si è adoperato emanando una apposita legge speciale sulla salvaguardia delle due città, che attualmente risultano consolidate dopo ingenti lavori di protezione idrogeologica.

Il convegno viene preceduto da una visita guidata, che si terrà la mattina, al "Museo geologico e delle frane" di Civita, a cura della Associazione GeoTeverina. Nella stessa mattina si prevede una visita guidata alle aree franose che circondano il Colle di Civita (Mercatello, ecc.), a cura di ISPRA, Servizio Geologico d'Italia.

Si prevede di pubblicare gli ATTI del Convegno come Supplemento in formato pdf alla rivista trimestrale della SIGEA "Geologia dell'Ambiente", liberamente scaricabili (vedasi precedenti in [www.sigeaweb.it](http://www.sigeaweb.it), Sezione PUBBLICAZIONI/Supplementi)



## Geologia dell'Ambiente

Periodico trimestrale della SIGEA  
Società Italiana di Geologia Ambientale

Associazione di protezione ambientale a carattere nazionale riconosciuta dal Ministero dell'ambiente, della tutela del territorio e del mare, con D.M. 24 maggio 2007, G.U. n. 127 del 4.6.2007

Supplemento al n. 1/2017  
Anno XXV - gennaio-marzo 2017

Iscritto al Registro Nazionale della Stampa n. 06352  
Autorizzazione del Tribunale di Roma n. 229  
del 31 maggio 1994

### Comitato scientifico

Mario Bentivenga, Aldino Bondesan,  
Giancarlo Bortolami, Giovanni Bruno,  
Giuseppe Gisotti, Giancarlo Guado,  
Giacchino Lena, Giacomo Prosser,  
Giuseppe Spilotro

### Consiglio Direttivo nazionale 2016-2019

Danilo Belli, Lorenzo Cadrobbi, Franco D'Anastasio  
(*Segretario*), Daria Duranti (*Vicepresidente*),  
Antonello Fiore (*Presidente*), Sara Frumento,  
Fabio Garbin, Enrico Gennari, Giuseppe Gisotti  
(*Presidente onorario*), Giacchino Lena  
(*Vicepresidente*), Luciano Masciocco, Michele  
Orifici, Vincent Ottaviani (*Tesoriere*), Angelo Sanzò,  
Livia Soliani

### Comitato di redazione

Fatima Alagna, Federico Boccalaro,  
Giorgio Cardinali, Francesco Cancellieri,  
Valeria De Gennaro, Fabio Garbin, Giacchino Lena,  
Maurizio Scardella, Andrea Vitturi

### Direttore responsabile

Giuseppe Gisotti

### Procedura per l'accettazione degli articoli

I lavori sottomessi alla rivista dell'Associazione, dopo che sia stata verificata la loro pertinenza con i temi di interesse della Rivista, saranno sottoposti ad un giudizio di uno o più Referees.

### Redazione

SIGEA: tel. 06 5943344  
Casella Postale 2449 U.P. Roma 158  
info@sigeaweb.it  
www.sigeaweb.it

### Progetto grafico e impaginazione

Fralerighe  
tel. 0774 554497  
info@fralerighe.it  
www.fralerighe.it

### Pubblicità

SIGEA

### Stampa

Tipolitografia Acropoli, Alatri - FR

La quota di iscrizione alla SIGEA per il 2017 è di € 30 e da diritto a ricevere la rivista "Geologia dell'Ambiente". Per ulteriori informazioni consulta il sito web all'indirizzo <http://www.sigeaweb.it>

# Sommario

Idee per salvare Civita di Bagnoregio FRANCESCO BIGIOTTI	3
Civita di Bagnoregio GAIA PALLOTTINO	4
Civita di Bagnoregio: monito e riflessione per tutti noi GIORGIO CESARI	5
Si può rallentare il degrado del colle di Civita? GIUSEPPE GISOTTI	6
Trent'anni di studi geologici, geomorfologici ed applicativi a Civita di Bagnoregio CLAUDIO MARGOTTINI	15
Lo studio delle serie di vegetazione per ottimizzare la riqualificazione ambientale delle aree calanchive di Civita di Bagnoregio attraverso l'ingegneria naturalistica PAOLO CORNELINI, LEONARDO FILESI	29
Metodologie di studio, criteri di intervento e controllo e tecniche ingegneristiche per la stabilizzazione di placche tufacee applicabili anche al caso di Civita. Il caso di studio di Orvieto CLAUDIO SOCCODATO	36
Il "Museo Geologico e delle Frane" di Civita di Bagnoregio GIOVANNI MARIA DI BUDUO	37
La stabilità degli abitati su placche rigide poggianti su argille plio-pleistoceniche GIUSEPPE SPILOTRO, MARIA DOLORES FIDELIBUS, ROBERTA PELLICANI, ILENIA ARGENTIERO, ALESSANDRO PARISI	43



Comune di Bagnoregio

# Idee per salvare Civita di Bagnoregio



Società Italiana di Geologia Ambientale



Autorità di Bacino  
del Fiume Tevere



## Auditorium comunale "V. Taborra", Piazza Biondini, Bagnoregio (VT)

**31 ottobre 2015 ore 15.00-18.30**

### Programma delle attività

**Ore 9.30 – 12.00** Visita guidata da studiosi dell'ISPRA – Servizio Geologico d'Italia (dr. DANIELE SPIZZICHINO e dr. ALESSANDRO TRIGILA) e dell'Università La Sapienza di Roma (prof. RAFFAELLO TRIGILA) ai fenomeni di dissesto del colle di Civita (vedi FIELD TRIP allegato) Punto di partenza – Stop 1: Belvedere di Lubriano, località Vecchio Mulino, lungo la SP 55. Dallo Stop 1 allo Stop 2 (Contrada Mercatello, all'inizio del borgo di Civita) lo spostamento è in auto a carico degli escursionisti. Dallo Stop 2 allo Stop 6 (contrada Carcere, estremità orientale di Civita) il percorso è a piedi. Da qui si raggiunge Il Museo geologico e delle frane di Civita

**Ore 12.00 – 13.00** Visita guidata al Museo geologico e delle frane a cura dei geologi del Museo dr. GIOVANNI M. DI BUDUO e dr. LUCA COSTANTINI

Ore 13.00 – 13.30 Trasferimento a Bagnoregio

Ore 13.30 – 15.00 Presso l'Auditorium comunale, dove ci sarà un buffet offerto dal Comune di Bagnoregio

#### Ore 15.00 Inizio Convegno

Ore 15.00 – 15.30 Registrazione dei partecipanti

Indirizzi di saluto: FRANCESCO BIGIOTTI (Sindaco di Bagnoregio), GAIA PALLOTTINO, GIORGIO CESARI (Segretario Generale della Autorità di Bacino del Tevere, che farà da moderatore degli interventi)

Ore 15.30 – 15.50 GIUSEPPE GISOTTI (SIGEA)

**Relazione introduttiva:** *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*

Ore 15.50 – 16.10 CLAUDIO MARGOTTINI (ISPRA)

*Trent'anni di studi geologici, geomorfologici ed applicativi a Civita di Bagnoregio*

16.10 – 16.30 LEONARDO FILESI (IUAV Venezia), PAOLO CORNELINI (AIPIN)

*Aspetti fitosociologici e sistemazioni idraulico-forestali con tecniche di ingegneria naturalistica per contrastare l'erosione accelerata del bacino calanchivo di Civita*

16.30 – 16.50 CLAUDIO SOCCODATO (Associazione Geotecnica Italiana)

*Metodologie di studio, criteri di intervento e controllo e tecniche ingegneristiche per la stabilizzazione di placche tufacee applicabili anche al caso di Civita*

16.50 – 17.10 GIOVANNI MARIA DI BUDUO

*Il Museo Geologico e delle Frane di Civita di Bagnoregio: definizione di un modello di presidio territoriale, analisi dei fenomeni di instabilità e degli interventi nel periodo 2012-2015 e presentazione del Manifesto 'come salvare civita'*

17.10 – 17.30 GIUSEPPE SPILOTRO (Università della Basilicata)

*Stabilizzazione di placche arenitiche soprastanti terreni argillosi. Casi di studio di alcuni centri della Basilicata*

17.30 – 17.50 PAOLO FACCIO (Università IUAV Venezia)

*Trasformazioni architettoniche ed urbane di civita di bagnoregio: ipotesi di definizione di una matrice di vulnerabilità speditiva*

17.50 – 18.20 Dibattito aperto al pubblico

18.20 – 18.30 **Mozione** indirizzata al Governo nazionale e alla Regione Lazio, con la quale si illustrano i risultati del Convegno scientifico e si chiedono interventi risolutivi per Civita, come è stato fatto per altre città, come Ravenna (subsidenza), Orvieto, Todi ecc.

Per informazioni:

SIGEA: [info@sigeaweb.it](mailto:info@sigeaweb.it); [www.sigeaweb.it](http://www.sigeaweb.it); 06 5943344

Comune di Bagnoregio: 0761 780815

Sono stati richiesti i crediti APC al Consiglio Nazionale dei Geologi.



# Lo studio delle serie di vegetazione per ottimizzare la riqualificazione ambientale delle aree calanchive di Civita di Bagnoregio attraverso l'ingegneria naturalistica

## The study of vegetation series to optimize the environmental restoration of the eroded areas of Civita di Bagnoregio through bioengineering

Parole chiave (*key words*): Civita di Bagnoregio (*Civita di Bagnoregio*), frane (*landslides*), meccanica delle terre e rocce (*soil and rock mechanic*), mitigazione del rischio (*risk mitigation*)

Come vedremo in seguito, a proposito delle sistemazioni in Basilicata (Puglisi in Cornelini e Sauli, 2005) l'occhio esperto di chi sa cosa cercare è spesso sufficiente a capire quali siano le specie vegetali più idonee da utilizzare in interventi di Ingegneria Naturalistica. È evidente però che uno studio più approfondito consente di considerare un ventaglio più ampio di soluzioni e di operare scelte meglio ponderate.

Il progetto di ingegneria naturalistica si presenta come un progetto multidisciplinare ove l'esperto di ingegneria naturalistica lavora insieme agli esperti di altre discipline in una visione ecosistemica per individuare gli interventi per la stabilizzazione del suolo e per l'aumento della biodiversità, nella consapevolezza dei limiti della disciplina.

Per quanto riguarda l'analisi botanica del sito vorremmo, per questo caso particolare e più complesso di altri, proporre un approccio capace di cogliere gli aspetti attuali e potenziali, attento alle naturali dinamiche, centrato sul riconoscimento delle "serie di vegetazione".

Al fine di favorire la biodiversità è necessario introdurre specie autoctone scelte tra l'ampia gamma di entità che vanno a costituire i diversi stadi di ciascun ambito potenzialmente omogeneo.

La successione biologica e la serie di vegetazione sono due modalità di interpretazione di uno stesso processo: la prima si concentra sulla dinamica vegetazionale nel tempo in uno stesso sito, la seconda si occupa del processo così come possiamo percepirlo in un determinato momento ma in siti limitrofi che sono nelle stesse condizioni di ambiente fisico (substrato, morfologia, esposizione, clima).

Lo stato delle attuali conoscenze botaniche dell'area si fonda sull'analisi floristica pubblicata da Menghini (1971) e sul successivo lavoro di Pignatti, Loche e Squartini del 1992, nel quale gli autori, oltre ad approfondire gli aspetti floristici (le presenze delle singole popolazioni di specie vegetali) pongono particolare attenzione alla vegetazione, ossia al livello di comunità. In seguito Pignatti (1994) darà una preziosa interpretazione dei calanchi di Civita in un'ottica di paesaggio. L'interpretazione viene presentata come sequenza di sinrilievi di vegetazione, ossia delle stime di copertura delle diverse comunità vegetali riconosciute. Il metodo presenta essenzialmente un limite: è difficilmente replicabile e quindi necessita dell'autorevolezza di un autore come Sandro Pignatti perché se ne possano accettare i risultati. In seguito Blasi con il suo monumentale lavoro sulla Vegetazione d'Italia, grazie ai contributi di numerosi specialisti regionali riprenderà anche lo studio della vegetazione dei calanchi. Pur rientrando nella regione Lazio (Blasi *et al.*, 2010) vedremo che anche i contributi degli autori delle vicine Umbria (Biondi *et al.*, 2010) e Toscana (De Dominicis *et al.*, 2010) concorrono a inquadrare correttamente la vegetazione di Civita. Dall'estremo dettaglio della scala del rilievo floristico alla descrizione della vegetazione dell'intera Italia potrebbe sembrare che ci si sia allontanati dall'oggetto dello studio, in realtà alla base delle conoscenze botaniche c'è sempre il singolo individuo vegetale e l'insieme delle altre specie con cui concorre a strutturare le diverse comunità vegetali. Attraverso il riconoscimento degli ambiti potenzialmente uniformi e delle comunità vegetali ivi presenti è possibile individuare i rapporti

di dinamica successionale, o di semplice contiguità, che intercorrono tra le diverse comunità. Se poi si passa attraverso una restituzione cartografica si può riuscire ad abbinare il pragmatismo di un'indagine agevolmente replicabile alla sintesi del sinrilievo.

La nostra lettura, basata sulla bibliografia e su alcuni sopralluoghi, parte dalle analisi degli autori sopracitati.

### VEGETAZIONE DEI TUFI

#### *Serie del cerro e del carpino orientale*

Vegetazione dei plateaux ignimbritici e dei versanti piroclastici a debole pendenza. Regione climatica mediterranea e submediterranea, dal piano mesomediterraneo superiore al mesotemperato inferiore subumido-umido

- Stadio maturo: bosco a dominanza di cerro (*Quercus cerris*) con roverella (*Quercus pubescens*), orniello (*Fraxinus ornus*) e acero campestre (*Acer campestre*). Il carpino orientale (*Carpinus orientalis*) è presente solo sporadicamente ma caratterizza la comunità vegetale in termini ecologici e biogeografici.
- Stadi dinamicamente collegati: arbusteti a prugnolo (*Prunus spinosa*), biancospino (*Crataegus monogyna*), rovo (*Rubus ulmifolius*), con caprifoglio etrusco (*Lonicera etrusca*).
- Comunità erbacee a dominanza di emicriptofite.

Quanto detto sopra vale per le vegetazioni che si impostano su suoli evoluti derivati dalle ignimbriti. Sui suoli erosi o su affioramenti litoidi sussistono le condizioni per ospitare individui arborei di leccio (*Quercus ilex*) alle esposizioni più soleggiate o individui di bagnarolo (*Celtis australis*) più in ombra.

In termini gestionali è bene evitare il progredire della vegetazione e della pedogenesi sui substrati ignimbritici della rocca, ragion per cui saranno da evitare quelle vegetazioni arboree o anche arbustive ed erbacee dinamicamente collegate ad esse.

Ciò non esclude però che le rupi tufacee possano ospitare cenosi vegetali per loro natura stabili e con apparati radicali poco aggressivi che possono contribuire ad evitare ingressione di specie legnose. Cercheremo perciò tra le specie della serie del leccio e in particolare tra quelle presenti a Civita, meglio adattate alla vita su substrati litoidi capaci di rallentare la dinamica della vegetazione: la violacciocca gialla (*Erysimum cheiri*), *Sedum acre* e *Sedum album* (per quelle specie erbacee, il cui nome volgare è poco conosciuto si è preferito non riportarlo). Camefita suffruticosa la prima e camefite succulente le altre due; inoltre muschi e licheni: per dare indicazioni sulle specie da preferire ci sarebbe bisogno di ulteriori indagini.

## VEGETAZIONE RIPARIALE

*Complesso di comunità vegetali igrofile e ripariali*

Per la vegetazione che accompagna i due corsi d'acqua non possiamo parlare propriamente di serie di vegetazione ma di una sequenza di serie di vegetazione (talvolta costituite da un unico stadio) ordinate lungo un gradiente di disponibilità idrica, prevalentemente in contatto catenale tra di loro, in modo da costituire un geosigmeto. Data l'esigua dimensione dei corsi d'acqua presenti nell'area l'articolazione delle tipologie vegetazionali tipiche di questa sequenza si limita ad alcuni elementi: formazioni arboree a dominanza di salice bianco (*Salix alba*) e pioppo nero (*Populus nigra*) con ingressioni di olmo campestre (*Ulmus minor*) e pioppo bianco (*Populus alba*) dal fondovalle. Alle cenosi arboree partecipano e si alternano il salice da ceste (*Salix triandra*), il rovo bluastro (*Rubus caesius*) oltre alla cannuccia di palude (*Phragmites australis*) e la lisca maggiore (*Typha latifolia*).

In questo caso la vegetazione da favorire è indubbiamente quella arborea. Il fenomeno da contrastare, prima ancora che l'erosione dei versanti argillosi è l'approfondimento dei due corsi d'acqua. Ciò appariva evidente almeno già dal 18° secolo: "(...) Più proficuo sarebbe al secondo sito (Rio Vecchio) il vestito di piante di salci salvatici, Oppj, Ontani, ed altre piante atte a conservargli nell'umido piantati ben folti, che tenendo con le radici un talaro naturale alla ripa, che ivi giace tutta scoperta, la renderebbe immobile e pienamente sicura." (ASR, Buon Governo II, Busta 377 fascicolo II Perizia della strada rovinata e fosso rovinoso della Città di Bagnorea, 1765, foglio 1011: da Polci S. e Lattanzi F., 1988)

## VEGETAZIONE DEI VERSANTI ARGILLOSI

*Serie preappenninica neutrobasi-fila della roverella, con rosa sempreverde*

Vegetazione delle basse colline dell'Italia centrale e meridionale su substrati argillosi ma anche di altra natura. Prevalentemente distribuita nella regione climatica mediterranea (piano mesomediterraneo da secco superiore a subumido) ma anche in quella temperata (piano mesotemperato), come nel caso in oggetto.

- Stadio maturo: bosco di roverella (*Quercus pubescens*) con olmo campestre (*Ulmus minor*), orniello (*Fraxinus ornus*) ed elementi mediterranei come la rosa sempreverde (*Rosa sempervirens*), o più semplicemente tipici di ambienti xerici come la ginestra (*Spartium junceum*). È bene sottolineare che le pendenze dei versanti argillosi non possono ospitare formazioni mature di tipo forestale se non in limitatissimi ambiti nei quali peraltro è molto forte la pressione di alloctone invasive come la falsa acacia (*Robinia pseudoacacia*) e l'albero del paradiso (*Ailanthus altissima*)
- Stadi dinamicamente collegati: arbusteti a ginestra (*Spartium junceum*) con rovo comune (*Rubus ulmifolius*)
- Aggruppamenti a canna di Plinio (*Arundo pliniana*)
- Formazioni pioniere ad inula (*Inula viscosa*)

In questo contesto troviamo anche aggruppamenti pionieri leggermente alofili ad *Atriplex prostrata* e a *Parapholis incurva*. Entrambe queste specie sono terofite (annuali) e, pur costituendo un importante stadio nella ricostituzione del manto vegetale, non garantiscono le necessarie caratteristiche tecniche per stabilizzare i versanti.



Figura 1 – *Parapholis incurva* (da: [www.Acta Plantarum](http://www.Acta Plantarum))



Figura 2 – Versante sud. Fitocenosi erbacee ad *Arundo pliniana* (foto L. Filesi)



Figura 3 – Versante nord. Presenze di *Spartium junceum* (foto L. Filesi)

Sui versanti argillosi si ritiene perciò che le specie da favorire, attraverso interventi di ingegneria naturalistica sia innanzi tutto la canna di Plinio accompagnata dalla ginestra e dall'inula. La canna di Plinio presenta molteplici vantaggi nell'ottica di stabilizzazione in quanto costituisce un intreccio di rizomi e presenta notevoli capacità di evapotraspirazione.

Consentire a Civita di continuare a vivere a lungo implica una serie di azioni che non possono limitarsi alla stabilizzazione della rupe e all'inerbimento dei versanti argillosi. Si accennava sopra all'importanza di rinforzare le sponde del Rio Torbido e del Rio Chiaro con vegetazione ripariale arborea per contenere i processi erosivi ma riteniamo che siano necessari anche interventi più drastici come ad esempio la costruzione di una serie di briglie o il rafforzamento delle esistenti. Inoltre sarebbe opportuno che l'intero bacino idrografico fosse interessato da interventi atti a mantenere una copertura vegetale pressoché continua, capace di rallentare la velocità delle acque dilavanti e quindi contenerne la capacità erosiva. Con questo non si intende alterare il paesaggio dei calanchi, questo significherebbe snaturare la stessa Civita ma ad esempio si potrebbe intervenire sul comparto agricolo riorientandolo verso tecniche che prevedono minimi movimenti di suolo secondo i principi della permacoltura (Fukuoka, 1980; Mollison e Holmgren, 1992).

Possiamo affermare quindi che si può sperare che gli interventi su Civita diano risultati soddisfacenti solo se si agisce a livello di paesaggio.

La stessa legge sulla difesa del suolo (L.183/89), in riferimento alla sistemazione dei bacini idrografici nelle aree montane, collinari e di pianura, prevede un intervento unitario da affrontare con un approccio sistemico nella coscienza del legame tra le condizioni del bacino superiore di raccolta, del torrente e del corso d'acqua a valle e quindi del reciproco condizionamento degli interventi nei vari tratti.

Va quindi privilegiato nelle sistemazioni un approccio a livello di bacino idrografico basato sull'intervento a lungo termine con opere estensive ed intensive nella parte superiore del bacino, ove il fenomeno erosivo inizia a manifestarsi ed ove la sistemazione agisce sulle cause del dissesto.



Figura 4 – Attenzione al paesaggio e attenzione al dettaglio, è questa la via da perseguire perché Civita viva ancora a lungo (foto Clelia Filesi)

naturali complessi come i corsi d'acqua ed i bacini di alimentazione;

- continuità con la manutenzione ed il presidio del territorio.

**L'ESPERIENZA STORICA DELLE SISTEMAZIONI CALANCHIVE IN BASILICATA** (Salvatore Puglisi, in: Cornellini e Sauli, *Manuale di indirizzo*, Ministero dell'Ambiente, 2005)

*Nel versante ionico vi sono estese aree calanchive molto incise da un fitto reticolo idrografico costituito, nei fondi valle, da canyon soggetti sia ad arretramento della testata, quindi molto ramificati, sia ad arretramento spondale che intacca i versanti, affetti da incisioni gully a V, oppure aventi facies calanchiva.*

*Obiettivo prevalente degli interventi di difesa del suolo in questa area è stato quello di contrastare la produzione di sedimenti a monte degli invasi per salvaguardarne la capacità di accumulo dall'insidia solida.*

*La sistemazione dei calanchi, quindi, non doveva avere carattere idraulico-agrario con lo scopo di creare seminativi, come si era fatto in Val d'Era (PI) o a Brisighella (FO) dalla 2ª metà del XVIII secolo alla prima metà e oltre del XX, ma doveva attenere alle sistemazioni idraulico-forestali. Stante l'impossibilità, però, di rimboschire le pendici calanchive, l'inutilità di pròtesi quali le graticciate perché lo spapolamento delle argille le sifonava mettendo a nudo i paletti interrati e, pertanto, ne vanificava la funzione e non esistendo all'epoca le idrosemine, si cercò un rimedio diverso da tutti quelli noti a quell'epoca. Fu di aiuto l'osservazione di un ciuffo di sparto (*Lygeum spartum* L.) prostrato da una colatina fangosa che gli aveva strappato le foglie e i frutti, impedendone la disseminazione. Se ne dedusse che la vegetazione spontanea, se messa al riparo dagli effetti del processo pioggia-spapolamento delle argille crepacciate e del loro trasporto verso il basso allo stato di fango poteva affermarsi e colonizzare completamente il calanco. La Fig. 5 dimostra lo schema adottato e la Fig 11 i risultati della prima fase (Puglisi, 1963).*

*La seconda fase non ebbe luogo perché cessarono i finanziamenti. Ad essa, tuttavia, si può ovviare con messa a dimora di cespi di sparto e talee di atréplice nelle aree rimaste scoperte in modo da completare il rivestimento vegetale (Puglisi, 2002).*

*Per quanto riguarda le opere intensive si è fatto ricorso principalmente alle briglie in terra munite di scivoli per lo scarico delle portate di progetto, ricavati sul paramento di valle avente scarpa 2:1. Questo valore è compatibile sia con la stabilità dell'opera, in base alle proprietà dei materiali usati nelle aree del materano, sia con le caratteristiche idrauliche del canale di deflusso. Sulle pendici incise da fossi gully a V, si sono impiegate le piccole opere di cui alle Figg. 6 e 7, che hanno creato ambiti di stabilità tali da innescare il ritorno della vegetazione spontanea.*

L'ingegneria naturalistica che, come noto, utilizza le piante vive erbacee ed arbustive efficacemente nella protezione antierosiva e nella stabilizzazione degli strati di suolo attraversati dagli apparati radicali, può costituire un utile strumento nella stabilizzazione degli strati superficiali anche nelle aree argillose, ove servono le opere flessibili e deformabili piuttosto che quelle rigide, come dimostrano significative esperienze effettuate in passato a San Marino (vedi scheda di Emanuele Guidi) ed in Basilicata (vedi capitolo di Salvatore Puglisi).

Dall'analisi delle caratteristiche e delle tipologie del progetto, nonché dalle indagini topografiche, geomorfologiche, geotecniche, pedologiche e vegetazionali, è possibile individuare le tipologie degli interventi di ingegneria naturalistica e di rinaturazione, espresse anche come consorzi vegetazionali.

Le tecniche di ingegneria naturalistica utilizzabili nella difesa del suolo sono circa un centinaio e si possono distinguere nelle seguenti categorie principali (Schiechtl, 1992):

- 1) di rivestimento o antierosivi (tutti i tipi di semina, stuoi, ecc.);

- 2) stabilizzanti (messa a dimora di arbusti, talee, fascinate, gradonate, cordonate, viminate, ecc.);

- 3) combinati di consolidamento (palificate vive, grate vive, terre rinforzate rinverdate, etc)

Vale il principio di adottare le tecniche a minor livello di energia (complessità, tecnicismo, artificialità, rigidità, costo) a pari risultato funzionale / biologico) valutando il potenziale di recupero idromorfologico spontaneo.

Vanno ricordati, inoltre, i principi derivati da oltre un secolo di esperienze di sistemazioni idraulico-forestali da parte del Corpo Forestale dello Stato, tuttora validissimi, sebbene applicati solo in alcune Regioni italiane, (Bischetti G. *et al.* 2012, Gentile, 2012):

- integralità cioè di approccio alla sistemazione con riferimento al bacino idrografico nella sua completezza e con integrazione tra le opere in alveo e quelle sul versante, considerando l'equilibrio geomorfologico e i meccanismi di alimentazione solida nei vari tratti;
- gradualità degli interventi per valutare gli effetti dato che non esistono soluzioni rigide e definitive applicabili a sistemi

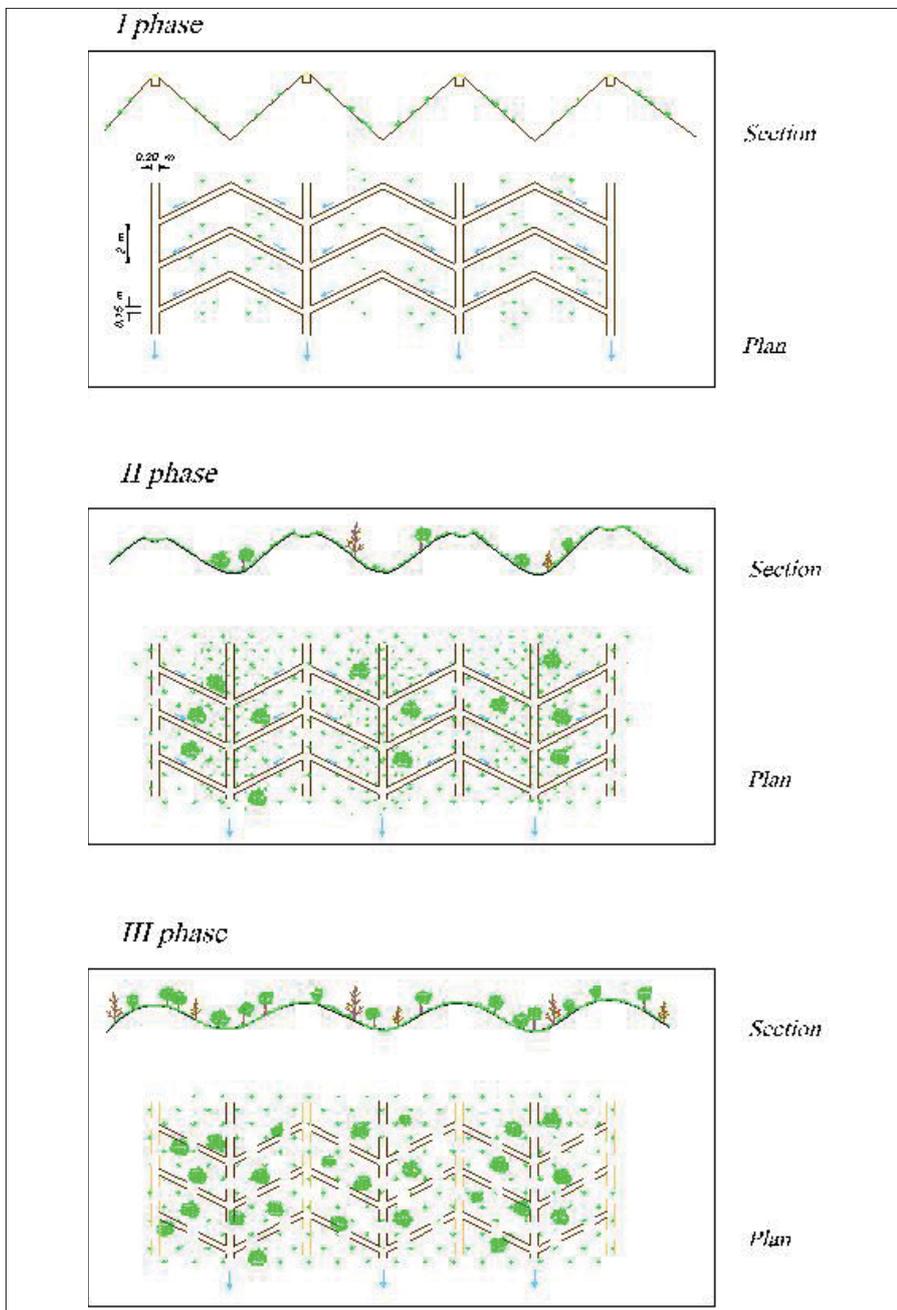


Figura 5 – Schema della sistemazione di un versante calanchivo. Nella 1<sup>a</sup> fase si aprono sulle creste dei piccoli canali erodenti, per avviare la demolizione che verrà esaltata dagli apporti idrici dei solchetti, disposti a spina, che intercettano il ruscellamento e dagli impluvi lo riversano nei displuvi. Essendo stata impedita la formazione delle colatine di fango la vegetazione spontanea si afferma nelle vallecole. Nella fase successiva si sarebbe dovuto invertire la disposizione dei solchi a spina per deviare le acque precedentemente incanalate sulle creste verso le vallecole già rivestite di vegetazione e dare così modo a queste di ricoprire anche le 'lame' già smussate, ma non è stato fatto (da Puglisi, 1999)

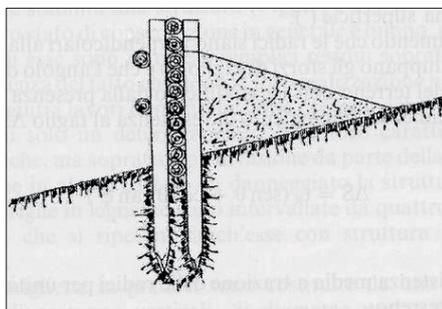
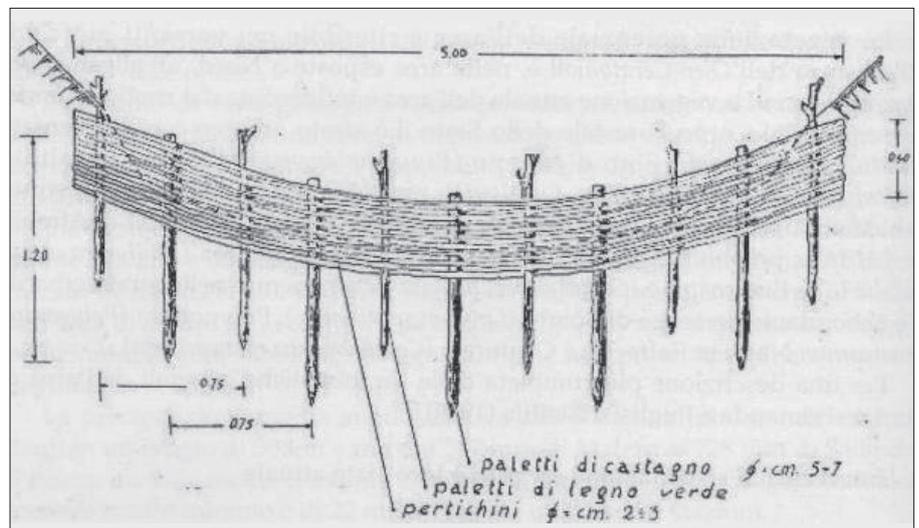


Figura 6 – Graticcio costruito con funzione di soglia in una piccola incisione gully. Progetto del 1957 (Isp. Rip. delle Foreste, Matera)

Figura 7 – Piccola briglia in legname con rinterro artificiale a monte (Isp. Rip. delle Foreste, Matera)



**L'ESPERIENZA DI SAN MARINO** (Emanuele Guidi. In: Cornellini e Sauli, *Manuale di indirizzo Ministero dell'Ambiente*, 2005)

#### SPECIFICITÀ DELL'INTERVENTO

Bonifica idrogeologica dei bacini calanchivi mediante la realizzazione di briglie in terra e calcestruzzo, con le quali viene riprofilata la pendenza del fosso di fondovalle e con il rimodellamento dei versanti, asportandone le creste e tamponando i burroni. La bonifica ha interessato 13 bacini per una estensione complessiva di circa 1000 ha; a titolo esemplificativo se ne prenderà in esame solamente uno. Alla bonifica primaria sono seguiti interventi di rinaturalizzazione.

#### STATO / COMUNE / LOCALITÀ

Repubblica San Marino / Acquaviva / Ca Amadore (*Bacino calanchivo di Fosso del Re*)

#### ALTITUDINE SLM / ESPOSIZIONE / INCLINAZIONE °

200-300 m / N / 17-35°

#### LINEAMENTI VEGETAZIONALI

Aggruppamenti vegetali termoxerofili tipici delle aree calanchive formati da: canneti ad *Arundo pliniana*, praterie con dominanza di *Agropyron repens* e *Brachypodium pinnatum*, praterie arbustate con dominanza di *Rosa canina*, *Spartium junceum* e *Tamarix gallica*, macchie a *Quercus pubescens* e *Fraxinus ornus*.

#### LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

Il bacino di Fosso del Re è costituito dalle Argille Varicolori della Val Marecchia, complesso caotico prevalentemente argilloso nel quale sono incorporati frammenti litologici di varia natura.

La tipica morfologia calanchiva a ventaglio con creste inframmezzate da solchi di erosione e burronamenti è stata addolcita con la realizzazione di una serie di briglie in terra ad anfiteatro.

**OBIETTIVO DELL'INTERVENTO**

La bonifica primaria persegue la riduzione della pendenza dei versanti ed il loro consolidamento, nonché la regimazione delle acque superficiali per diminuirne la forza erosiva e contenere l'ampliamento dei processi di dissesto.

Questa fase è poi seguita da interventi di rinaturalizzazione con tecniche di ingegneria naturalistica antierosive e/o stabilizzanti, volte a conseguire equilibri sostenibili ed a innescare successioni ecosistemiche.

**TIPOLOGIE E DIMENSIONI DELL'INTERVENTO**

Rimodellazione dei versanti con mezzi meccanici, costruzione di briglie in terra e di una rete di canalizzazioni per convogliare le acque a valle su una estensione di circa 20 ha (anni 1990-1994).

Esecuzione di idrosemina potenziata con mulch su una superficie complessiva di circa 9 ha (anni 1993-1994).

Realizzazione di una briglia viva in legname a tre paramenti aventi uno sviluppo lineare complessivo di 25,3 m ed altezza totale di 2,5 m. Realizzazione in un fosso in erosione di n.7 palizzate per impluvi aventi ciascuna un'altezza di 1 m, con sviluppo complessivo degli interventi di 36,8 m (aprile 2003).

**MATERIALI MORTI IMPIEGATI**

Tronchi di castagno scortecciati D 8-20 cm; barre di acciaio a.m. D 14-16 mm; fascine di ramaglia.

**SPECIE VEGETALI IMPIEGATE**

Talee di *Tamarix gallica*. Arbusti radicati di: *Prunus spinosa*, *Prunus mahaleb*, *Fraxinus ornus*, *Cornus sanguinea*, *Hippophae rhamnoides*, *Rosa canina*, *Spartium junceum*, *Salix purpurea*, *Sambucus nigra*.

**PERIODO DEI LAVORI**

Bonifica idrogeologica ed idrosemina: 1990-1994; briglia e palizzate: aprile 2003.

**OSSERVAZIONI**

Gli interventi di bonifica idrogeologica nei bacini calanchivi della Repubblica di San Marino sono iniziati nell'anno 1978 sulla base di un Piano Generale, redatto con la filosofia d'intervento allora messa a punto dal Consorzio di Bonifica di Brisighella. La pressoché completa realizzazione del Piano ha determinato in generale una drastica riduzione dell'erosione e del trasporto solido, un sostanziale consolidamento dei versanti, una diminuzione degli smottamenti ed un potenziale arresto dell'espansione dei dissesti alle

aree confinanti. La bonifica primaria ha però comportato anche un cospicuo denudamento dei versanti rimodellati con conseguenti rischi di erosione superficiale, così a partire dal 1993 è stato messo in essere un Piano di Inerbimento delle superfici brulle onde proteggerle e rinaturalizzarle.

Per dare attuazione a tale piano sono state sperimentate diverse tecniche di ingegneria naturalistica; la più efficiente è risultata l'idrosemina potenziata con mulch.

Gli interventi di inerbimento hanno conseguito una copertura delle pendici pari al 70-80% a seconda delle situazioni, in particolare, i crinali dove affiorano le argille vergini sovraconsolidate sono risultati i più ostici.

Nel 2002 è stato costituito a San Marino un Gruppo Interdisciplinare di Esperti in Ingegneria Naturalistica (GIEIN) cui è stato affidato il compito di individuare lo sviluppo progettuale ed esecutivo di tali tecniche su vasta scala, al fine di conseguire una definitiva stabilizzazione e rinaturalizzazione dei calanchi. Il Gruppo ha redatto un primo Piano di Bacino per il Fosso del Re che ha previsto la realizzazione di quaranta interventi, con opere singole o combinate tra loro, la cui attuazione è stata ripartita in stralci esecutivi.



Figura 8 – Panoramica aerea degli interventi di bonifica nel Bacino di Fosso Riva, uno dei più estesi (aprile 1994) - Foto Archivi Dipartimento Territorio e Ambiente RSM



Figura 9 – Vista frontale della bonifica del bacino di Fosso del Re dopo l'idrosemina (ottobre 2002) – Foto Archivi Dipartimento Territorio e Ambiente RSM



Figura 10 – Briglia viva in legname impiegata per il consolidamento di una nicchia smottata (settembre 2003) - Foto Archivi Dipartimento Territorio e Ambiente RSM



Figura 11 – Palizzata per impluvi in erosione (aprile 2003) - Foto Archivi Dipartimento Territorio e Ambiente RSM

**IL CASO DI CIVITA DI BAGNOREGIO** (Giuliano Sauli e Paolo Cornelini (box in: Giuseppe Gisotti e Gino Vannucchi, *Piano globale*, Acer, n.6 2015)

Per quanto riguarda Civita la cronistoria degli interventi sui versanti calanchivi in erosione sotto il ponte ricostruito su pali (al posto di quello medioevale fatto saltare durante l'ultima guerra) si può così sintetizzare:

- datano agli anni Cinquanta alcuni interventi efficaci con viminate morte, di cui c'è memoria storica, ma non più traccia essendo il legno morto sparito nel tempo;
- successivamente furono fatti interventi con gabbionate, falliti e i cui resti erano

visibili a valle ancora negli anni successivi;

- dopo anni di abbandono, furono fatti alcuni interventi fine anni '80, trasferendo il sistema delle placche di cls tirantate, risultati molto efficaci per consolidare le rocce tufacee delle rocche (Civita ma anche Orvieto), ai versanti argillosi. Questi interventi sono non solo falliti (delle placche non c'è traccia e spunta qua e là qualche testa piegata di micropalo, ma hanno esaltato il fenomeno erosivo in fase di cantiere (sono state incise le argille del versante per fare piste di accesso per

i mezzi sostenute da terre rinforzate per sostenere le piste. Il sovraccarico provocò franamenti già durante il cantiere.

Dalla sequenza degli avvenimenti citati se ne ricavano le seguenti indicazioni:

- il tentativo di realizzare strutture di sostegno fisse su argille (gabbionate, terre rinforzate, placche tirantate) provoca accelerazione del fenomeno erosivo attorno alle strutture stesse ed alla fine crollo;
- i soli interventi di semina e messa a dimora di piante arbustive autoctone non sono di per sé sufficienti a frenare il processo erosivo sulle argille calanchive;

- ancora oggi gli unici interventi che hanno dato buoni risultati in zone calanchive sono:
  - a) drenaggi biotecnici e misti a monte;
  - b) tecniche stabilizzanti di Ingegneria Naturalistica (vimate e gradonate vive con *Salix purpurea*, *Tamarix gallica*) abbinata con semine e messa a dimora di specie pioniere (*Arundo pliniana*).

Nel caso di Civita non è sicuro che si riesca a disinnescare i fenomeni erosivi esaltati dagli interventi sbagliati citati, vanno comunque applicate le tecniche stabilizzanti ed antireosive di IN descritte, prevedendo periodici interventi di manutenzione e ripristino nelle aree erosive, dopo un primo intervento su tutti i versanti in erosione.



Figura 12 – Interventi stabilizzanti con vimate di Tamerici su calanchi loc. Ventoso (S. Marino anni '80) in corso d'opera (foto Sauli)

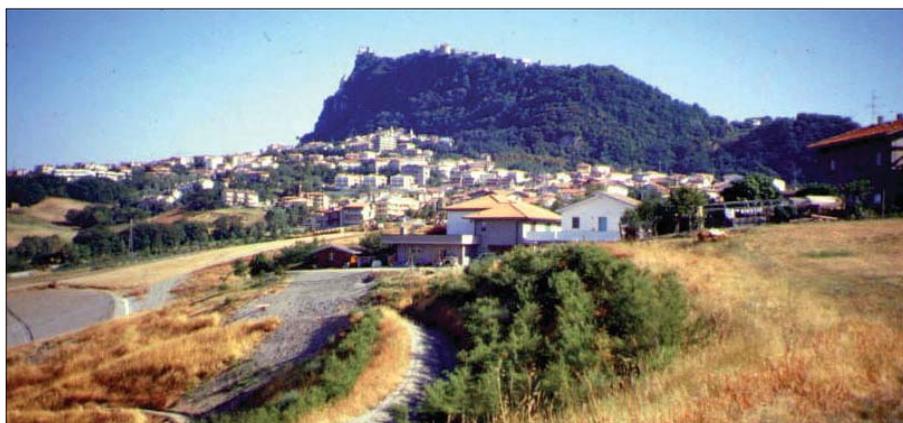


Figura 13 – Dopo 10 anni (Foto Sauli)



Figura 14 – Dopo 25-30 anni (2014) (Foto Sauli)

## BIBLIOGRAFIA CITATA NEL TESTO

- BIONDI E., GIGANTE D., PIGNATELLI S., RAMPICONI E., VENNANZONI R. (2010), *Le serie di vegetazione della Regione Umbria*. In: BLASI C. ed, *La vegetazione d'Italia*, Palombi editori.
- BISCHETTI G. B., D'AGOSTINO V., FERRO V. GENTILE F. (2012), *La difesa del suolo in ambito montano: le sistemazioni idraulico forestali sono ancora una risposta adeguata?* Quaderni di Idronomia Montana n. 30.
- BLASI C., DI PIETRO R., FILIBECK G., FILESI L., ERCOLE S., ROSATI L. (2010), *Le serie di vegetazione della Regione Lazio*. In: BLASI C. ed, *La vegetazione d'Italia*, Palombi editori.
- CORNELINI P., SAULI G. (2005), *Manuale di indirizzo delle scelte progettuali per interventi di ingegneria naturalistica*. PODIS Ministero dell'Ambiente.
- DE DOMINICIS V., ANGIOLINI C., GABELLINI A. (2010), *Le serie di vegetazione della Regione Toscana*. In: BLASI C. ed, *La vegetazione d'Italia*, Palombi editori.
- FUKUOKA (1980), *La rivoluzione del filo di paglia*, Libreria Editrice Fiorentina.
- GENTILE F. (2012), *Previsione e mitigazione dei fenomeni di dissesto idrogeologico nel territorio appenninico*, Quaderni di Idronomia Montana n.30.
- GENTILE F., PUGLISI S., ATTANASIO C. (2002), *Valutazione dell'efficienza a lungo termine di opere a basso impatto ambientale impiegate nella sistemazione idraulico-forestale del Fosso Scarciolla a Timmari (Matera)*. In: S. PUGLISI (a cura di), *Nuovi temi sistematori*, Quad. di Idronomia Montana n. 18, Ed. BIOS Cosenza.
- GISOTTI G., VANNUCCHI G. (2015), *Piano globale*, Acer n. 6.
- MENGHINI A. (1971), *Flora delle argille e dei tufi di Civita di Bagnoregio (Alto Lazio)*, *Giornale Botanico Italiano* n 105 (6): 319-349.
- MOLLISON B., HOLMGREN D. (1992), *Permacoltura. Un'agricoltura perenne per gli insediamenti umani*, Libreria Editrice Fiorentina.
- PIGNATTI S. (1994), *Ecologia del paesaggio*, UTET, Torino.
- PIGNATTI S., LOCE P., SQUARTINI V. (1992), *Aspetti floristici e vegetazionali dell'area di Civita di Bagnoregio*. In: OLMI M., ZAPPAROLI M. eds, *L'ambiente della Tuscia laziale*, Stampa Union Printing Viterbo, 335-341.
- POLCI S., LATTANZI F. (1988), *L'ambiente, la memoria, il progetto: testimonianze su Civita di Bagnoregio*. Sugarco, Milano.
- PUGLISI S. (1963), *Esperienze ed orientamenti di tecnica delle sistemazioni calanchive*, Min. Agr. e For., Direz. Gen. Economia Montana e Foreste Collana Verde n. 9, Bari.
- PUGLISI S. (1999), *La sistemazione dei versanti e gli effetti della vegetazione*. In: U. MAIONE e A. BRATH, *Ingegneria naturalistica nella sistemazione dei corsi d'acqua*, Politecnico di Milano.
- PUGLISI S., ARCIOLI E., MILILLO F. (1991), *Il ruolo primario delle sistemazioni idraulico-forestali nella difesa di Bari dalle inondazioni*, *Monti e Boschi*, a. XLII, n. 1.
- PUGLISI S., GENTILE F. (1999), *La sistemazione idraulico-forestale e la conseguente rinaturazione del Fosso Andrisani a Timmari (Matera)*, *Monti e Boschi*, n. 5: 40-50.
- PUGLISI S. (2002), *I calanchi del Materano. Esperienze passate e studi recenti di sistemazione idraulico-forestale con tecniche di ingegneria naturalistica*. In: Repubblica di San Marino e AIPIN, Atti del Convegno "Interventi di rivegetazione e tecniche di ingegneria naturalistica per la stabilizzazione dei versanti calanchivi" (San Marino, 21 giugno 2002), Trieste.
- SCHIECHTL H. M., STERN R. (1992), *Ingegneria naturalistica. Manuale delle opere in terra*. Ed Castaldi (Feltre).