



**REGIONE
PUGLIA**

Dipartimento Mobilità, Qualità Urbana, Opere Pubbliche,
Ecologia e Paesaggio

Consultazione pubblica Deposito Nazionale dei Rifiuti Radioattivi

Tavolo Tematico 1: Struttura idro-geomorfologica ed eventi meteoclimatici

CONTRIBUTO

DELL'ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI

NOTE INTRODUTTIVE ALLE SCHEDE RELATIVE A:

AMBITI TEMATICI,

CRITERI DI ESCLUSIONE

rel 7

BARI, 11 FEB 2021

Prof. Giuseppe Spilotro

Ordine dei Geologi della Regione Puglia,

Già Ordinario di Geologia Applicata nell'Università di Basilicata,

Associato CNR IREA

1 Premessa

Le note ISPRA in merito ai criteri di selezione delle aree potenzialmente idonee allo stoccaggio di lungo termine delle scorie nucleari recita:

"Si evidenzia che in questa prima fase di localizzazione, in conformità all'art. 2 del D.Lgs. 31/2010 e ss.mm.ii., l'area ... come potenzialmente idonea anche per l'immagazzinamento, a titolo provvisorio di lunga durata, dei rifiuti ad alta attività e del combustibile irraggiato provenienti dalla pregressa gestione di impianti nucleari", in accordo con quanto riportato nella Relazione Illustrativa della GT 29: "un sito ritenuto idoneo per la localizzazione di un impianto di smaltimento superficiale di rifiuti radioattivi a bassa e media attività sulla base dell'applicazione di criteri di selezione delle caratteristiche chimico fisiche, naturali ed antropiche del territorio quali quelli individuati nella Guida Tecnica può ritenersi idoneo, fatte salve le suddette verifiche, anche per la localizzazione di un deposito di stoccaggio di lungo termine". Di tali "suddette verifiche", riguardanti la "rispondenza a fronte degli eventi naturali ed antropici ipotizzabili in relazione alle caratteristiche di sito nonché le verifiche in merito all'impatto radiologico in condizioni normali ed incidentali sulla popolazione e sull'ambiente" e quindi "della piena compatibilità di tale tipologia di deposito con il sito prescelto" potrà essere "fornita evidenza, nell'ambito delle relative procedure autorizzative" che sono proprie delle successive fasi del processo di localizzazione a valle dell'indicazione e qualifica del sito definitivo e della realizzazione anche del progetto definitivo."

La proposizione di idoneità dei siti scaturisce quindi da condizioni acquisite da fonti informative per lo più note tecniche e/o scientifiche, da verificare in base ad inevitabili aggiornamenti e progressi nelle metodiche di analisi, e in definitiva, necessitanti validazione.

E' dunque evidente che si dispone oggi di informazione aggiornata anche attraverso la correlazione di eventi fenomenologici relativi a contesti specifici, con esperienze professionali soprattutto nel campo di lavori in sotterraneo o interagenti con il sottosuolo, che permette sintesi di particolare importanza nel definire nuove conoscenze e permettere di valutare in termini più appropriati condizioni favorevoli o non all'obiettivo posto in attenzione.

La presente breve relazione elabora 4 schede informative che saranno richiamate nei commenti tecnico scientifici sottoposti, come aggiornamento, integrazione e perfezionamento del quadro conoscitivo sottoposto a lettura.

I siti indicati nella Regione Puglia, alcuni condivisi con la regione limitrofa, la Basilicata, sono sul bordo W della murgia, tra Gravina e Laterza e confinano con il territorio di Altamura, Santeramo e Matera.

2 SCHEDE SINTETICHE

Scheda A

IL MARGINE W DELLA MURGIA: TETTONICA PLEISTOCENICA E FENOMENOLOGIE ASSOCIATE

Strutture monocliniche degli ammassi argillosi con le residue coperture sabbioso conglomeratiche o calcarenitiche ben evidenziano una tettonica post deposizionale, già segnalata da tempo in letteratura, variamente interpretata e letta da alcuni autori come megafrane o altro.

L'interpretazione scaturente dalla sintesi di informazioni e ricerche di lungo periodo e confermate dal riscontro nei lavori di perforazione profonda evidenziano effetti di una tettonica gravitativa primaria o indotta; la fenomenologia è compatibile anche con una pseudotettonica, da compattazione dei sedimenti argillosi su basamento profondo irregolare.

Effetti generati: abilitazione di circolazione di fluidi nell'ammasso argilloso anche a notevole profondità (verificata direttamente da perforazioni profonde e dal chimismo di scaturigini sorgentizie dagli ammassi argillosi e da manifestazioni di emissioni di fanghi più o meno densi).

Conseguenze associate: liscivazione dei terreni attraversati, con marcata mobilitazione dei solfati (riemergenti in superficie in forma ridotta in fluidi di lungo tempo di residenza), e trasporto, sotto adeguati gradienti energetici, anche di fanghi, con creazione di vulcanelli di fango.

Altri aspetti di rilevante intensità caratterizzano le argille subappennine, con diretti riscontri in merito alla loro presunta impermeabilità, valida alla piccola scala, ma non certo a quella dell'ammasso:

-...Anisotropia delle proprietà sforzo deformazione, misurata e variabile nei diversi contesti di deposizione della fossa. Alla meso-scala, la stessa anisotropia è stata misurata mediante tecniche geofisiche ed attribuita a patterns di fessurazione

-...Interazione delle acque dolci sulle argille azzurre di sedimentazione marina, che comporta in una prima fase di indebolimento strutturale, ammorbidimento, che predispone in fasi successive al dilavamento della frazione argillosa con creazione lungo fratturazione drenante, di fanghi mobili (vedi vulcanelli). Questa fenomenologia è attiva sia in fratture tettoniche in connessione con lineazioni di alimentazione idrica superficiale, sia al di sotto degli acquiferi contenuti nelle coperture quaternarie alla sommità degli ammassi argillosi.

Scheda B

Carsismo di background e sistemi ibridi di drenaggio

La terminologia introdotta, carsismo di background, significa semplicemente che anche al di sotto delle coperture argillose pleistoceniche sui fianchi e su alcuni terrazzamenti murgiani, esiste ed attivo il carsismo della rete carsica, sviluppatasi nelle ere geologiche precedenti. Questa rete carsica è mantenuta attiva in profondità dalle ricariche nelle aree esposte della Murgia (vedi la circolazione NW - SE che alimenta l'area di Taranto), con saltuari episodi di instabilità, responsabili dei piccoli sismi isolati saltuariamente registrati, con ipocentri inferiori ai 5 km di profondità.

Tale carsismo profondo è anche alimentato dai bacini endoreici ampiamente distribuiti in tutta la regione, con fondo direttamente conformato a vora (e quindi direttamente connettente alla falda profonda) o colmato da terre rosse, filtranti e rallentanti il flusso verso il basso.

Altri sistemi, presenti e sviluppati sul bordo W della Murgia, al contatto attuale tra il carbonatico e il filler bradanico, è costituito da sistemi ibridi.

Vedi vallone della Silica, (toponimo IGM più volte ricorrente); si tratta di sistemi in cui in alcuni tratti del reticolo, sulla canalizzazione gerarchizzata si sovrappone il punteggiamento di vore carsiche. In definitiva, bacini non endoreici si comportano come tali per bassi valori di deflusso, mentre drenano superficialmente per portate elevate

Il bordo W della Murgia presenta numerosi esempi di questo tipo, tuttora attivi, e che costituiscono linee di alimentazione diretta della falda carsica profonda.

Un esempio tipico è presente nella piana di Viglione, antica piana carsica sommersa e poi ricoperta da sedimenti della sequenza stratigrafica bradanica, contenuti da bordi carbonatici, lungo i quali si sviluppano le reti ibride.

Tra le connessioni con il substrato carbonatico carsificato devono infine valutarsi anche quelle generate o potenzialmente generate da azioni antropiche: la grossa cava di argille, a servizio di un cementificio; pozzi idrici attivi o abbandonati pescanti direttamente in falda profonda. Sono tutti elementi che possono indurre significative alterazioni dell'idrologia superficiale, o dei rapporti di connessione tra superficie e serbatoio carsico profondo.

Scheda C

Falde superficiali di interesse locale e di ampia estensione

La copertura dei depositi argillosi pleistocenici è costituita in continuità stratigrafica, da terreni sabbioso conglomeratici, o, nelle aree soggiacenti ai rilievi carbonatici in emersione, calcarenitici.

Tali contatti sono inevitabilmente pronti alla costituzione di acquiferi di non elevata potenzialità, ma di interesse locale, anche storico, ed agricolo. Tali acquiferi seguono il tetto delle argille, praticamente continuo su larghe estensioni e drenano verso bordi non sempre a priori noti, essendo il drenaggio governato dalle originarie pendenze del basamento argilloso e da eventuali successive deformazioni tettoniche o pseudo tettoniche.

Nell'area murgiana larghe estensioni in tali condizioni si rinvencono in corrispondenza delle piane terrazzate costiere o ex tali (bordo W della Murgia); esempi tipici per quanto di nostro stretto interesse, nella piana attraversata dal torrente Iesce e in quella di Viglione.

Si segnala anche dalla letteratura un fenomeno poco noto, il drenaggio ad uso potabile delle stesse argille: Bixio R., Parise M., Sai S., Traverso M., L'acquedotto sotterraneo di Gravina in Puglia, Sant'Angelo -Fontane della Stella. Opera Ipogea n. 1 2007.

Scheda D

Cenni Geologico-tecnici

Si fa riferimento essenzialmente alle argille azzurre subappennine, entro le quali ricadranno le principali opere.

La letteratura riferisce di aspetti di anisotropia delle proprietà sforzo-deformazione connessi sia a diversi contesti deposizionali, sia a fratturazione. Il materiale è infatti classificabile come stiff fissured clays.

Altra importante caratteristica di tale materiale, di sedimentazione marina, deriva dall'interazione con fluidi dolci, falde o acque meteoriche. Tale interazione conduce a restituzione di energia immagazzinata nel processo di consolidazione, con sviluppo di rigonfiamento e pressioni rilevanti di rigonfiamento, e nel medio-lungo termine, perdita di addensamento e riduzione delle resistenze e dei moduli di deformazione.

Tali processi sono guidati anche in profondità dalle fessurazioni tettoniche.

Figure

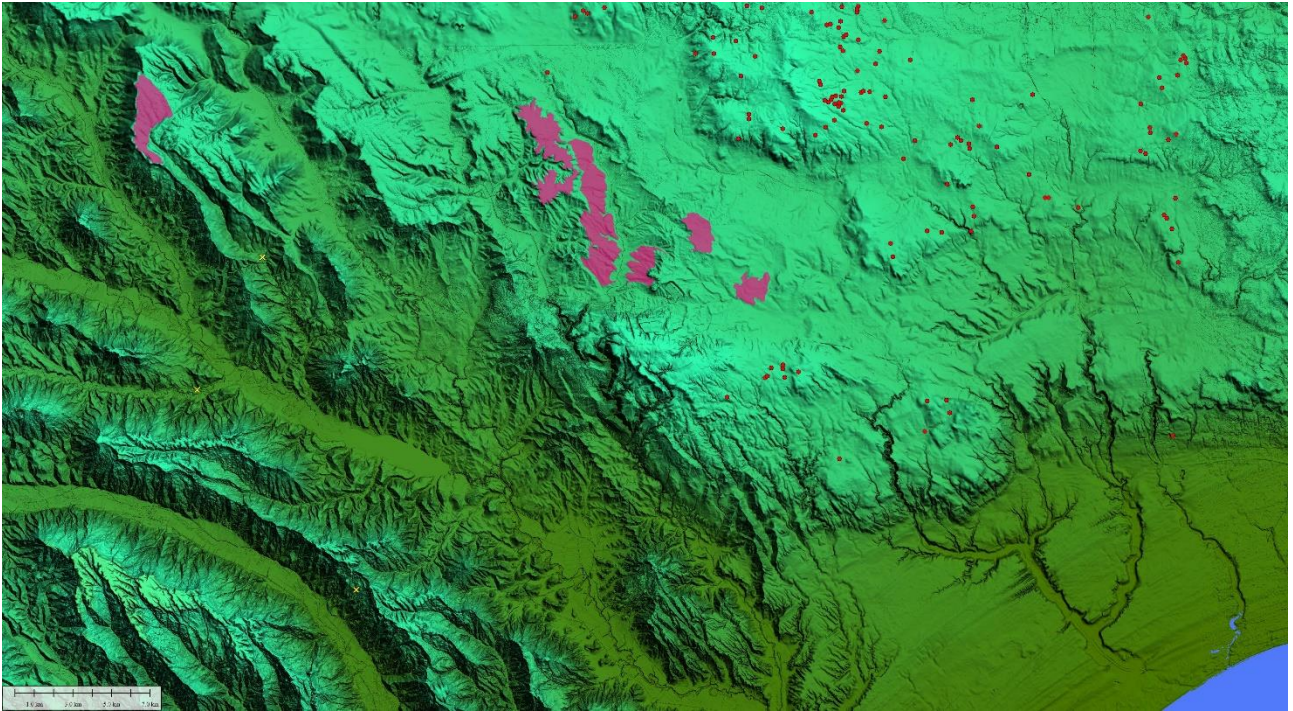


Fig. 1 Modello digitale dell'elevazione, con i siti indicati, i vulcanelli di fango, le fuoriuscite di fluidi salinizzati e le doline.



Fig. 2 Tettonica pleistocenica: monoclinale fagliata nelle argille di Aliano (Mt)

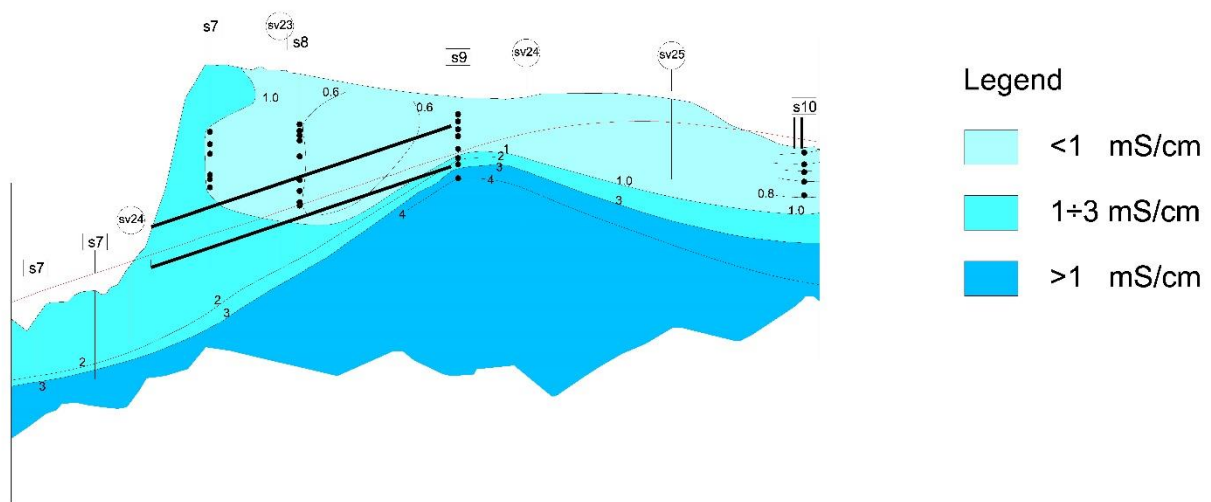


Fig. 3 Variazione della conducibilità elettrica dei fluidi interstiziali delle argille subappennine a SW di Gravina in Puglia per soggiacenza a una falda al contatto con depositi quaternari permeabili.



Fig. 4 Vulcanello di fango nel territorio di Gravina. Il fenomeno è connesso a circolazione di fluidi alimentati dalla superficie nelle ampie discontinuità presenti nelle argille subappennine da tettonica pleistocenica (v. testo).



Fig. 5 Inghiottitoio attivo sul vallone della Silica, margine Est della piana di Viglione.

Il vallone della silica altro non è che una delle ramificazioni estreme della gravina di Laterza. Il sistema è ibrido: per basse portate (come in figura) il deflusso è interamente cortocircuitato nel serbatoio carsico profondo (con deflusso verso il Tara); per deflussi più significativi e dopo saturazione della bocca successiva, la portata attraversa la Gravina di Laterza e quel che rimane arriva infine a mare.

Bibliografia

BIXIO R., PARISE M., SAI S., TRAVERSO M., L'acquedotto sotterraneo di Gravina in Puglia, Sant'Angelo -Fontane della Stella. Opera Ipogea n. 1 2007.

CIARANFI N., et Al., 1983, Carta neotettonica dell'Italia Meridionale. Pubbl. n 515 del PF Geodinamica, Bari, 1983

GUERRICCHIO A, SALVEMINI A., SPILOTRO G. (1977): Movimenti di massa connessi con fenomeni neotettonici nelle argille grigio-azzurre calabriane nella media valle del F. Sinni (Lucania). Atti 2° Congresso Nazionale sulle Argille dell'AIPEA, Bari, Ottobre 1976, Geol. Appl. e Idrog., Vol. XII, Parte II, pp. 261-285, Bari.

COTECCHIA V., SPILOTRO G. (1980): Anisotropia delle caratteristiche sforzo-deformazione delle argille grigio azzurre pleistoceniche nella fascia compresa tra il F. Sinni e Taranto. Atti XIV Conv. Naz. Geotecnica, Firenze 1980. Sess. Spec. B: Progressi nelle conoscenze dei movimenti franosi.

GRASSI D., ROMANAZZI L., SALVEMINI A., SPILOTRO G. (1982): Grado di evoluzione e ciclicità del fenomeno carsico in Puglia in rapporto all'evoluzione tettonica. Atti 2° Cong. Int. Utilizzazione delle aree carsiche, Bari. Geol. Appl. e Idrogeol., vol. XVII, Parte II.

SPILOTRO G., FIDELIBUS M. D. (1995): Sea level changes and salt content in the pore water. Proc. of XI ECSMFE, the Interplay between Geotechnical _Engineering and Engineering Geology, Copenhagen, 1995, Vol. 1, in dgf-Bulletin no. 11, pp. 259-264, Publ. By Danish Geotechnical Society, Copenhagen.

SPILOTRO G. (2003) Il condizionamento della tettonica recente nella valle del Cavone sulla circolazione dei fluidi nel sottosuolo e la possibilità di localizzazione di un deposito di rifiuti radioattivi. Mondo Basilicata, 1/2003 dic 03, pp 14-15

SPILOTRO G. (2004) La bassa valle del Cavone ed il deposito unico di materiali radioattivi : l'ambiente fisico, condizioni al contorno, dinamiche evolutive. Geologia dell'ambiente, periodico SIGEA, 2/2004, pp 51 .59, issn 1591-5352

CANORA F., FIDELIBUS M.D., SCIORTINO A., SPILOTRO G. (2008). Variation of infiltration rate through karstic surfaces due to land use changes: a case study in Murgia (SE-Italy). Engineering Geology, vol. 99, iss. 3-4, 2008, pp 210-227. DOI: 10.1016/j.enggeo.2007.11.018.

SPILOTRO G., CANORA F., FIDELIBUS M. D. (2008) Rilevanza idrogeologica delle tessiture epicarsiche e delle forme carsiche dell'Alta Murgia (Puglia). ROL SGI vol 2, 2008, 1-3 Atti 84 Conv. Naz. SGI, Sassari, sett. 2008.

CANORA F., FIDELIBUS M., SPILOTRO G. (2012) Coastal and inland karst morphologies driven by sea level stando: a GIS based method for their evaluation. *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 37, pp 1376-1386, ISSN:0197-9337, DOI 10.1002/ESP 3246.

CANORA F., FIDELIBUS M., SPILOTRO G. (2012). I vulcanelli di fango sul bordo orientale della Fossa Bradanica (Confine Basilicata - Puglia). *Geologia dell'Ambiente* n 2 2012, pp2-10, ISSN 1591-5352, ed. SIGEA.

ARGENTIERO I., FIDELIBUS M., PARISI A., PARISI M., PELLICANI R., SPILOTRO G. 2017 L'acqua, le tecniche di captazione e gli insediamenti umani sul bordo occidentale dell'altopiano murgiano. Atti Conv. Idraulica Antica, Roma settembre 2016.

SPILOTRO G., FIDELIBUS M.D. 2017 Sorgenti, risorse idriche sotterranee, idrogeomorfologia: valorizzazione ed uso non conflittuale in un geoparco. UNESCO, 8^a Global Geoparks Workshop: Tutela, valorizzazione e gestione della geodiversità. Mormanno (Cs) - Senise (Pz), 4-6 luglio 2016, Bloise & Calabrese Edts.

MARIA DOLORES FIDELIBUS, ILENIA ARGENTIERO, FILOMENA CANORA, ROBERTA PELLICANI, GIUSEPPE SPILOTRO, GAETANO VACCA (2018) Squeezed interstitial water and soil properties in Pleistocene blue clays under different natural environments. *Geosciences* 2018,8,89; doi:10.3390/ geosciences8030089

PELLICANI R., ARGENTIERO I., FIDELIBUS M.D., FIORE S., SPILOTRO G. 2019 Stiff clay masses: pore water salinity, geotechnical properties and system energy. Proc. 3rd Int. Conf. On Applied Mineralogy & Advanced Materials - MMS2018. ProScience 6 (2018) 24-32; ISSN: 2283-5954 C 2018 The Authors- Published by Digilabs. DOI: 10.14644/mms.2018.005 .

DOLCE M., SCHIATTARELLA M., SPILOTRO G. 2002 Regione Basilicata - Dipartimento Ambiente e Territorio. Rapporto finale di Consulenza per l'esame e la valutazione del documento prodotto dal GDL Stato-Regioni e dello studio della "Task Force" Enea per la individuazione delle aree più idonee per la realizzazione del deposito nazionale dei rifiuti radioattivi.

Allegato 1

I Vulcanelli di fango del bordo W della Murgia. Origine e significato

CONTESTO GEOLOGICO

I vulcani di fango del bordo W della Murgia si inseriscono nel contesto geologico regionale della Fossa Bradanica ed in particolare, nel suo bordo orientale al confine con la struttura carbonatica della Murgia.

La Fossa Bradanica (Migliorini, 1937; Selli, 1962) rappresenta il bacino di sedimentazione plio-pleistocenico compreso fra l'Appennino Meridionale ad ovest, e l'Avampaese Apulo ad est (Ricchetti, 1980; Ricchetti et Mongelli, 1980) (Fig. 3).

La successione stratigrafica riconosciuta è rappresentata dal Calcare di Altamura (Cretaceo sup.), dalle Calcareniti di Gravina (Pleistocene inf.), dalla Formazione delle Argille sub-appennine (Pleistocene inf.), da depositi clastici grossolani, recentemente riclassificati come depositi costieri (Pleistocene med.), dalle Calcareniti di Monte Castiglione (Calabriano-Tirreniano). Negli specifici contesti sono presenti depositi marini terrazzati e sabbie di spiaggia attuali, depositi continentali eluvio-colluviali, alluvionali e palustri (Ciaranfi *et al.*, 1996).

Il contesto è particolarmente vivace sotto l'aspetto dei processi di origine tettonica, fisica, idrogeologica e geochimica che si sono verificati in tempi antichi e più recenti, e dei quali i vulcanelli di fango costituiscono contemporaneamente un aspetto fenomenologico derivato e di conferma degli stessi, offrendo, peraltro, una ulteriore possibilità di studio e verifica.

CARATTERISTICHE DEL FANGO DI ESPULSIONE

La maggior parte dei vulcani di fango si localizza in aree caratterizzate dalla presenza di argille marine plio-pleistoceniche, notoriamente impermeabili alla grande scala.

Nell'area bradanica, al confine appulo-lucano essi testimoniano circolazioni di fluidi, essenzialmente acqua con fanghi limosi, lungo estesi circuiti sotterranei che si sviluppano lungo fratturazioni tettoniche.

La roccia madre dei fanghi espulsi dai vulcanelli nell'area di interesse è costituita dalle argille azzurre subappennine.

Le argille azzurre granulometricamente sono costituite da particelle argillose ($D < 0.002 \text{ mm}$) per circa il 50-60%, da frazione limosa per circa il 30-40% e da frazione sabbiosa per circa il 10-20%. Nelle parti bordiere del bacino di sedimentazione si possono avere frequenti intercalazioni sabbiose, che preludono a variazioni sempre più consistenti di granulometria fino al passaggio alle sabbie. La mineralogia delle argille è definita da minerali della classe della illite e della caolinite; marginale è la presenza di smectite e di altre famiglie di minerali argillosi; notevole è la presenza di carbonati (superiore al 20%) in forma di piccoli cristalli dalle varie forme di cristallizzazione e da frammenti di gusci di organismi; la frazione non argillosa è riconducibile a numerosi minerali, dal quarzo ai feldspati. Sono infine presenti, sia in forma di precipitati, sia nelle acque interstiziali sali ed ossidi di ferro e manganese, oltre ovviamente a cloruri, e soprattutto solfati. In condizioni di flusso capillare per essiccamento, la precipitazione dei solfati dà luogo alla formazione di cristalli di gesso, anche di grosse dimensioni.



L'analisi granulometrica del fango emesso mostra una composizione costituita per circa il 30-35% da particelle argillose, da frazione limosa per circa il 55-60% e da frazione sabbiosa per circa il 5-10%. La granulometria dei fanghi emessi risulta essere sostanzialmente quella di un'argilla azzurra subappennina, con debole perdita della componente argillosa e profondamente destrutturata.

INTERPRETAZIONE FENOMENOLOGICA

Il meccanismo di formazione e funzionamento dei vulcanelli di fango del bordo W della Murgia rientra tra quelli riconosciuti alla base di tali manifestazioni fenomenologiche, ma, anche in ragione della loro più modesta intensità, derivante da processi meno profondi.

La formazione e l'attività di un vulcanello di fango richiedono la concomitanza di tre elementi:

a - un meccanismo di generazione del fango e la sua associazione ad un fluido, liquido o gassoso, vettore;

b - l'energizzazione del materiale così creato, di regola per pressurizzazione, banalmente gravitativa o più in generale, di origini anche più complesse;

c - infine la discontinuità preesistente, che consente al fluido vettore di raggiungere la superficie topografica, punto a potenziale minore dal punto di vista fluidodinamica.

I vulcanelli di fango individuati al confine appulo-lucano, sono situati su impilamenti di strati sedimentari recenti, coinvolti da (o determinanti con il loro sovraccarico) una tettonica recente, con la conseguente loro dislocazione in ampie monoclinali per lo più allungate parallelamente al bordo della struttura murgiana.

Le discontinuità profonde così generate e successivamente integrate nel modellamento superficiale della regione, costituiscono contemporaneamente le zone di generazione dei fanghi e di mescolamento con fluidi idrici, di provenienza superficiale, e subordinatamente gassosi.

Il materiale sedimentario destrutturato, fluidificato e pressurizzato scorre con deboli pendenze attraverso le discontinuità trascinando sedimenti argillosi e altri tipi di sedimenti strappati durante il percorso, dando luogo in emersione e con l'energia residua alle particolari strutture morfologiche.

Le argille bradaniche sul bordo orientale della fossa sono dunque affette da discontinuità alla piccola ed alla grande scala, riconducibili a deformazioni in fase di consolidazione e nelle successive fasi tettoniche; queste ultime nell'area sono state tipicamente distensive e hanno dato luogo a successioni di monoclinali fagliate, bordate da vistose strutture di taglio, su cui si sono successivamente impostate morfologie erosionali e nello specifico, calanchive.