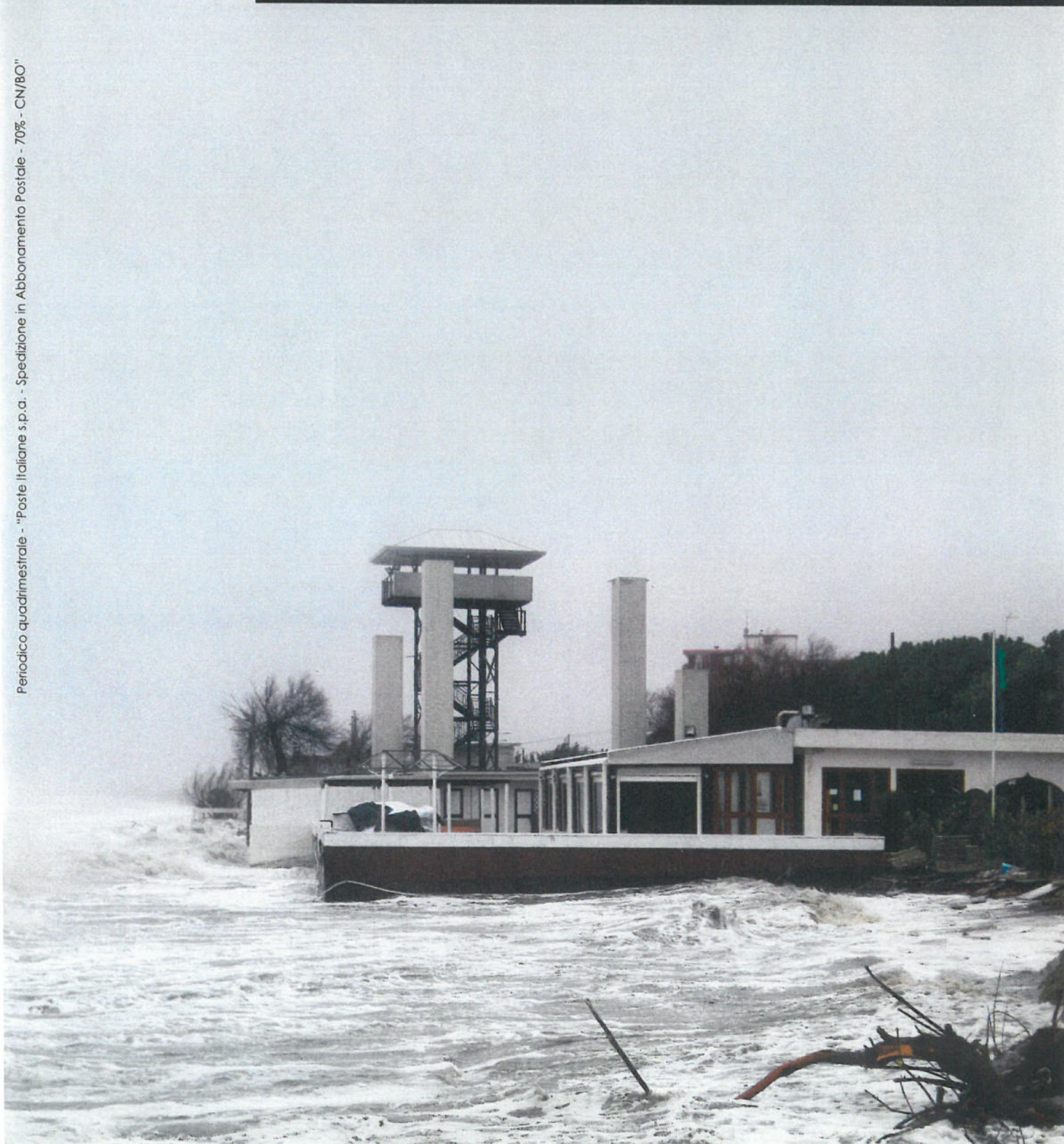


il GEOLOGO

DELL'EMILIA-ROMAGNA

Bollettino Ufficiale d'Informazione dell'Ordine
dei Geologi Regione Emilia-Romagna



il GEOLOGO

DELL'EMILIA-ROMAGNA

Bollettino Ufficiale d'Informazione dell'Ordine
dei Geologi Regione Emilia-Romagna

BOLLETTINO UFFICIALE D'INFORMAZIONE DELL'ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE EMILIA-ROMAGNA

ANNO XIV/2014 - N.52

PERIODICO QUADRIMESTRALE

"Poste Italiane s.p.a. - Spedizione in
Abbonamento Postale - 70% - CN/BO"

DIRETTORE RESPONSABILE

Maurizio Zaghini

COMITATO DI REDAZIONE

Rodolfo Baroncioni,
Gianluca Benedetti, Nicola Caroli,
Antonio Di Lauro, Emanuele Emani,
Francesca Rispoli,
Fabrizio Vannelli, Alessandro Zanna

SEGRETERIA DI REDAZIONE

Annalisa Parisi

DIREZIONE E REDAZIONE CENTRALE

Via Guerrazzi, 6 - 40125 Bologna
Tel.: 051 2750142 - Fax: 051 6561872
E-mail: info@geologiemiariomagna.it
Sito Web: www.geologi.emilia-romagna.it

CONCESSIONARIA PER LA PUBBLICITÀ

Industrie Grafiche Labanti e Nanni s.r.l.
Via G. Di Vittorio 3 - 40056
Crespellano (Bologna)
geologo@labantienanni.it

LAYOUT GRAFICO

Comunicattive srl
Via Sant'Isaia 24 - 40123 Bologna
www.comunicattive.it

IMPAGINAZIONE E STAMPA

Labanti e Nanni Industrie Grafiche srl
Via G. Di Vittorio 3
40053 Valsamoggia - Loc. Crespellano (BO)
Tel. 051/969262 - Fax 051/969155

COMITATO SCIENTIFICO

Matteo Berti, Lisa Borgatti, Alessandro Chelli,
Monica Ghirotti, Marco Marcaccio, Marco
Pizziolo, Anna Ponticelli, Sergio Storoni Ridolfi,
Silvia Castellaro

SOMMARIO

Lettera del Presidente	pag. 3
Opinione del Direttore	pag. 5

ARTICOLI

Il crollo del versante nord della rupe di San Leo del 27 febbraio 2014: studio e monito- raggio a un anno di distanza	pag. 6
I penetrometri nella pratica regionale	pag. 25
Le pietre della città di Reggio Emilia	pag. 34

ATTIVITÀ DI CONSIGLIO

Elenco delibere del Consiglio dell'OGER	pag. 43
---	---------

RUBRICA

Ad un anno dalla Frana di San Leo (RN) Considerazioni	pag. 44
Focus NORMATIVO "Terre e rocce da scavo"	pag. 46

IN COPERTINA: "Un momento della mareggiata di forte intensità che ha colpito le coste dell'Emilia-Romagna il 5-6 febbraio 2015 con conseguenza di danni alle infrastrutture, forte erosione dei litorali e allagamenti delle aree urbane, come nel caso di Lido delle Nazioni nel Ferrarese" - Foto di Clelia Mazzanti, 2015, fornita da Luisa Perini

L'Ordine declina ogni responsabilità in merito ai contenuti del redazionale che è a cura della Ditta scrivente.

Si invitano gli iscritti a comunicare il proprio indirizzo e-mail per rendere più efficiente e rapido il servizio di comunicazione delle informazioni dell'Ordine.

La Redazione invita i colleghi Geologi a partecipare attivamente alla vita del periodico, con articoli di interesse generale. Il materiale va spedito alla sede dell'Ordine Regionale in via Guerrazzi, 6 - 40125 Bologna

È espressamente vietata la riproduzione di testi e foto ai sensi e per gli effetti dell'Art. 65 della legge n. 633 22/04/1941

Indaghiamo e interveniamo per un'importante obiettivo: consolidare la Vostra Sicurezza



SOGEO®

L'ambiente in cui viviamo è sempre più sottoposto a modificazioni sia naturali che causate dall'intervento umano.

Questo provoca danni che mettono a rischio la stabilità delle strutture edili e compromettono, attraverso l'inquinamento, la qualità delle risorse naturali necessarie al nostro benessere.

Alla **SOGEO** da anni studiamo questi fenomeni con l'obiettivo di fornire risposte sicure e mettere a punto interventi mirati per risanare e stabilizzare l'habitat compromesso.

Un grande impegno per consolidare la vostra sicurezza.



- Sondaggi a carotaggio continuo
- Prove penetrometriche
- Indagini ambientali con Geoprobe System



SOGEO®

Sondaggi ■ Indagini Geonostiche ed Ambientali

Via San Potito, 43 - 48022 Lugo (Ra) - Tel. 0545/22042 Fax 0545/34443
e-mail: sogeo@sogeo-srl.com www.sogeo-srl.com



qualityitalia

UNI EN ISO 9001:2008

**Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti
Settore C - Decreto n. 005754 del 01/07/2010**

Lettera del Presidente

di Gabriele Cesari
Ordine dei Geologi dell'Emilia-Romagna

Care colleghe e cari colleghi

in una recente intervista rilasciata a seguito dei gravi dissesti che hanno interessato importanti opere infrastrutturali del nostro paese Erasmo D'Angelis - responsabile della Struttura di Missione Italiasicura contro il dissesto idrogeologico ha sostenuto che "...è colpa delle caste e dei costi da comprimere. I disastri accadono quando l'ingegneria ha la presunzione di fare a meno della geologia...". Nella stessa intervista D'Angelis ha ipotizzato la centralità della figura del geologo arrivando a suggerire la presenza di un "geologo condotto" in ogni comune, "capace di realizzare studi e aiutare nelle progettazioni" affermando che, non a caso, aveva voluto il Presidente nazionale dei Geologi Gian Vito Graziano nella Sua Struttura di Missione.

L'utilizzo del termine "geologo condotto" può indurre a pensare che D'Angelis abbia avuto quale "suggeritore" il nostro direttore Maurizio Zaghini (che può certamente rivendicare di aver utilizzato per primo questo termine). Ma a parte la battuta, questo concetto espresso da una personalità tecnico-politica così qualificato ed in una posizione di elevata responsabilità fa capire bene l'inizio di un cambiamento epocale in atto, che - grazie anche all'accresciuta consapevolezza ambientale e alla domanda di sicurezza dei territori da parte dei cittadini - porta al centro delle politiche territoriali le competenze geologiche.

Mi si dirà che sono un inguaribile ottimista (ed in parte è vero), ma credo di non sbagliare se dico che proprio il contributo di Gian Vito Graziano all'interno di Italiasicura rappresenta un punto di non ritorno per la geologia in Italia. Proprio in queste settimane - infatti - il nostro Presidente ha presentato alla cabina di regia dell'Unità di Missione le "linee guida per la progettazione di opere contro il dissesto idrogeologico" che saranno adottate per la progettazione di ogni intervento di prevenzione e mitigazione dei rischi di frane, alluvioni ed erosione costiera. Abbiamo avuto l'onore di essere tra i primi a conoscerne i contenuti, spiegati dallo stesso Presidente Graziano alla giornata formativa di San Leo del 29 maggio. Certamente - dopo gli innumerevoli disastri ambientali che hanno colpito i nostri territori in questi anni - non sarà facile ignorare questi criteri che peraltro prevedono una valutazione di "inserimento territoriale" dell'opera progettata: non basta che essa sia pensata per mitigare un rischio se non si dimostra di evitare nuovi problemi. Non lo sarà a maggior ragione se - come mi auguro - le Regioni e gli Enti Locali vorranno adottare immediatamente queste linee guida e renderne cogente la verifica di congruità per tutti i progetti e gli interventi di prevenzione. È questo che abbiamo chie-

sto recentemente alla nostra Regione, dando da subito la disponibilità dei liberi professionisti a supportare in tal senso i Servizi Tecnici di Bacino e gli altri Enti Competenti. Lo stesso proporremo anche alle Amministrazioni Comunali (o Unioni dei Comuni) che in questo momento di riordino degli Enti Locali conseguente alla soppressione delle Province ci auguriamo che possano vedere inserite professionalità geologiche precedentemente impiegate nelle Province, dall'interno dei propri organici.

È vero: c'è un rischio. In Italia (ma vale dappertutto) non basta fare una buona norma perché la prassi operativa persegua le stesse finalità virtuose della norma stessa. Di mezzo c'è la libertà di comportamento ed il rispetto della deontologia di noi geologi - professionisti o dipendenti di pubbliche amministrazioni - chiamati ad applicare le norme e le conoscenze scientifiche disponibili. È possibile che qualcuno si presti a sottomettere le conoscenze scientifico-professionali alle "esigenze del proprio portafoglio". E questo - occorre dirlo - è successo ripetutamente in passato nel campo della pianificazione territoriale e della progettazione, fornendo le premesse per notevoli disastri e danni territoriali, oltre che contribuendo a dare un'immagine a volte poco credibile della nostra categoria.

Quanti lavori professionali superficiali o distorti ha prodotto a volte la nostra categoria: se vogliamo dare un contributo rilevante al cambiamento culturale in atto lo dobbiamo riconoscere! Solo se saremo capaci di epurare questi comportamenti dalla nostra categoria - ribadisco: di professionisti e dipendenti pubblici - avremo il giusto spazio che in questi anni ci stiamo riconquistando. Ed in questo percorso un notevole contributo lo ha dato l'attività di aggiornamento professionale che noi geologi abbiamo intrapreso molto prima che diventasse un obbligo di legge: questo ha dato la possibilità a molti colleghi di intraprendere un percorso di miglioramento e di confronto continuo con gli esperti delle varie discipline, rendendo molto meno frequente l'approccio superficiale o l'impostazione da "tuttologi" che aveva caratterizzato i decenni precedenti. Per questo motivo riteniamo particolarmente importante e significativo avere ottenuto la stipula di due convenzioni mirate all'Aggiornamento Professionale Continuo: una con la Regione Emilia-Romagna ed una con il Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra dell'Università di Parma e ci auguriamo di concludere presto anche quelle con altri Atenei ed Istituzioni alle quali stiamo lavorando. Anche attraverso queste convenzioni sono già in atto percorsi formativi specifici come quello relativo al dissesto idrogeologico strutturato assieme al Servizio Geologico Sismico e dei Suoli e con il contributo del Dipartimento BiGeA di Bologna.



BORGHI AZIO® S.r.l.



1954-2014: 60 anni di esperienza e innovazione

DRENAGGIO GEOTECNICO PREASSEMBLATO SISTEMA GABBIODREN®



TERRE ARMATE PREASSEMBLATE SISTEMA FAST-TER®



www.borghiazio.com

Borghi Azio® Srl - San Polo d'Enza (RE)
Tel. 0522-873193 – Fax 0522-873267
e-mail: info@borghiazio.com

Opinione del Direttore

di Maurizio Zaghini

Ancora su protezione e pianificazione

Torno nuovamente sull'argomento della protezione civile (cfr. Il Geologo n. 38/2010 ,n. 42/2011 e 48/49 2013) stimolato da una lettera dell'ex senatore Massimo Veltri apparsa tempo fa nella rubrica delle lettere di Augias sul quotidiano Repubblica.

Il Veltri poneva domande essenziali: perchè dopo ciascuna calamità occorre ricominciare tutto daccapo come ripartire da zero?

Faceva gli esempi della Commissione Marchi istituita dopo l'alluvione di Firenze del 1966 e la legge n. 183/1989 sulla difesa del suolo per affermare come queste leggi siano state solo parzialmente applicate e come oggi si preferisca intervenire come Protezione Civile cioè solo in termini post-emergenziali abbandonando quasi del tutto la pianificazione territoriale.

La domanda era rivolta al giornalista Augias il quale scorrendo le finalità della legge n.183 "1) La legge ha per scopo di assicurare la difesa del suolo, il risanamento delle acque, la fruizione e la gestione del patrimonio idrico per gli usi di razionale sviluppo economico e sociale, la tutela degli aspetti ambientali ad essi connessi. 2) Per il conseguimento delle finalità perseguite dalla presente legge, la pubblica amministrazione svolge opportuna azione di carattere conoscitivo, di programmazione e pianificazione degli interventi, di loro esecuzione, in conformità alle disposizioni che seguono. 3) Ai fini della presente legge si intende a) per suolo: il territorio, il suolo, il sottosuolo, gli abitati e le opere infrastrutturali; b) per acque: quelle meteoriche, fluviali, sotterranee e marine; c) per corso d'acqua: i corsi d'acqua, i fiumi, torrenti, i canali, i laghi, le laguna e, gli altri corpi idrici". Tutto regolato e previsto ma passati venticinque anni non è successo niente (nel senso che la legge è stata sostanzialmente non applicata) concludeva Augias.

In realtà chi ha seguito queste vicende sa che si è fatto di tutto per depotenziare questa legge "illuminata". Dalla trasformazione delle Autorità di Bacino in Distretti idrografici (sotto il controllo politico) e svuotamento progressivo delle funzioni previste originariamente.

Per non parlare poi del nefasto periodo in cui si è utilizzata la Protezione Civile per approvare progetti di dubbia utilità (avendo valore immediatamente esecutivo e quindi bypassando le norme ordinarie).

E veniamo alle vicende di casa nostra, avete sentito la comunità dei geologi (espressa nei Consigli Nazionali) intervenire in queste questioni?

Che ricordi io (ma mi posso sbagliare) no. Mi riferisco ovviamente ai Consigli Nazionali dell'epoca (non certo quello attuale).

Eppure il geologo come libero professionista è formato nelle Università per fornire un contributo di conoscenze proprio nel campo della pianificazione territoriale (a grande e piccola scala).

Oggi vedo che il nostro Consiglio Nazionale è impegnato fortemente nel campo della Protezione Civile.

D'accordo che in Italia vada aumentato il senso civico della protezione civile (che purtroppo manca) attraverso comportamenti che vedono in campo anche i geologi ma non ne farei una questione di fondamentale importanza.

Lodevole è invece lo sforzo del nostro CN per quanto riguarda la proposta di adozione del cosiddetto geologo di zona che deve trovare applicazioni specifiche nelle diverse regioni a seconda delle peculiarità geomorfologiche esistenti.

Si darebbe spazio, infatti, a nuove figure professionali e si salvaguarderebbe maggiormente il territorio.

Il crollo del versante nord della rupe di San Leo del 27 febbraio 2014: studio e monitoraggio a un anno di distanza

Claudio Corrado Lucente

Geologo | funzionario del Servizio Tecnico di Bacino Romagna - Rimini - Regione Emilia-Romagna

1. Introduzione

L'area su cui insiste l'abitato di San Leo è storicamente nota per il succedersi di numerosi e, a volte, disastrosi eventi franosi, riportati in documenti storici e rappresentazioni pittoriche (Benedetti et al., 2011; Nesci & Guerra, 2013). Anche di recente San Leo è stato oggetto di dissesti importanti che hanno interessato i bordi della rupe insistenti sui due fossi di Seripa e Campone, che incidono profondamente le argille policrome su cui "galleggia" la placca di San Leo. In diverse occasioni è stata colpita la storica fortezza e più volte si è assistito a crolli lungo il versante sud della Rupe che hanno minacciato la sicurezza dell'abitato e dell'unica via di accesso all'abitato stesso, aree da ritenersi a elevata vulnerabilità.

L'ultimo crollo in ordine di tempo, avvenuto tra le ore 17.50 e 18.00 del 27 febbraio 2014, si aggiunge alla lunga serie di fenomeni franosi che continuano a minacciare l'integrità dell'ammasso roccioso e con esso la sicurezza della città di San Leo. Il crollo ha interessato un'ampia porzione della Rupe di San Leo sul versante nord (spigolo nord-est), poco lontano dal precedente crollo del 2006.

Il crollo febbraio 2014 aggiunge un fatto nuovo nella gestione del rischio dell'intera rupe di San Leo poiché prima di tale evento, il versante nord non era ritenuto una zona a rischio alla stessa stregua dei versanti sud ed est, poiché gli elementi a rischio si limitavano al depuratore e alla strada circonvallazione di San Leo. Oggi invece, avendo la frana generato un arretramento del ciglio della rupe tale da avvicinarsi alle abitazioni civili, anche il lato nord ha assunto una connotazione di alta vulnerabilità e rischio elevato.

Il mattino successivo al crollo (28 febbraio 2014) furono fatte le prime verifiche sul terreno e dall'alto, con l'impiego di elicottero (messo a disposizione dal comando dei vigili del fuoco) per determinare, in via preliminare,

l'estensione del fenomeno franoso e valutare l'area a rischio. Al tavolo tecnico per le valutazioni hanno preso parte, oltre al Servizio Tecnico di Bacino e l'Agenzia di Protezione civile, esperti dell'Università di Bologna e di Modena - Reggio Emilia.

In considerazione degli elementi esposti e tenuto conto della possibilità di una riattivazione del movimento franoso anche con dinamica rapida e improvvisa (pericolosità elevata), è stato ritenuto necessario avviare, con la massima urgenza, un approfondimento conoscitivo del dissesto e della nuova morfologia dei luoghi e l'allestimento di un monitoraggio strumentale da aggiungere al monitoraggio con radar interferometrico da terra, avviato, quest'ultimo, già dopo alcuni giorni dal crollo. Il presente contributo è una documentazione dell'attività conoscitiva e dell'impegno profuso per superare la fase di emergenza a seguito del crollo, evidenziando l'approccio multidisciplinare attraverso l'impiego di diverse metodologie investigative in grado, nell'insieme, di fornire un modello dettagliato dell'ammasso roccioso e del suo stato di fratturazione.

Tale approfondimento conoscitivo, assieme all'avvio del monitoraggio, ha consentito di assumere importanti decisioni nella gestione dell'emergenza mediante la definizione di scenari di rischio a tutela della pubblica sicurezza e fornendo, quindi, gli elementi necessari alla formulazione del Piano di emergenza di Protezione Civile.

L'esperienza maturata nell'affrontare il delicato problema dell'emergenza, a seguito del crollo della Rupe di San Leo, ha permesso di sperimentare positivamente un metodo di lavoro per affrontare situazioni complesse come è stato ed è il "caso San Leo", attraverso una perfetta sinergia tra la compagine tecnica e quella istituzionale.

2. Inquadramento geologico – geomorfologico

L'abitato di San Leo e la storica fortezza sorgono su di una rupe situata all'estremità meridionale della Regione Emilia-Romagna, nella valle del fiume Marecchia. La placca rocciosa di San Leo che si eleva ad una quota di 590 m s.l.m., assume una forma rettangolare lunga 600 m, in direzione ovest-est e larga 500 metri, in direzione nord-sud (Fig. 1). Le pareti rocciose ai margini della rupe si presentano subverticali e in alcuni casi aggettanti, con altezze che raggiungono i 100 metri (Fig. 2).

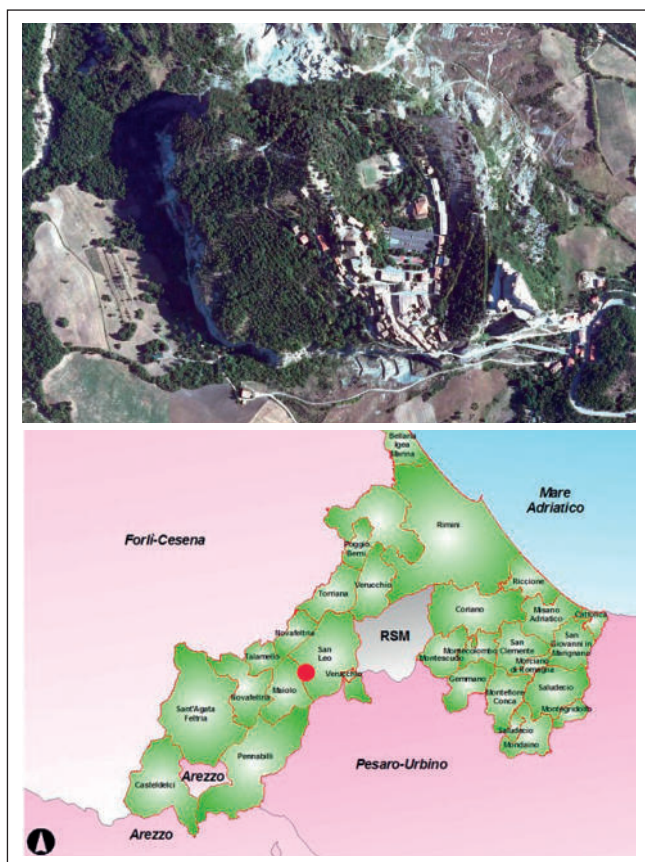


Fig 1 - La placca rocciosa di San Leo che si eleva sulla valle del fiume Marecchia, all'estremità meridionale della Regione Emilia-Romagna.

Le principali unità geologiche, che affiorano in zona, appartengono ai due domini paleogeografici Ligure ed Epiligure, che formano la ben nota "Coltre della Val Marecchia" (Ruggeri, 1958). Si tratta di una coltre tettonica e/o gravitativa, la cui messa in posto è avvenuta durante la formazione della catena appenninica sovrapponendosi, in posizione alloctona, sulla successione umbro-marchigiano romagnola, in posizione autoctona (Ricci Lucchi & Ori, 1985; De Feyter, 1991; Conti, 1994; Roveri et al., 1999; Lucente et al., 2002).

Le unità Liguri sono costituite principalmente da terreni argillosi, marnosi e siltesi e sono intensamente deformati per via della strutturazione tettonica subita durante l'orogenesi appenninica.

Attraverso una discordanza stratigrafica d'importanza regionale (Ricci Lucchi, 1986), le unità Liguri sono coperte da rocce sedimentarie (Epiligure), in prevalenza calcaree e arenacee, la cui deposizione è avvenuta durante la traslazione della Coltre Ligure giungendo, nel corso delle varie fasi di avanzamento, a occupare l'attuale posizione geografica.

La rupe di San Leo è costituita da rocce appartenenti alle unità Epiliguri; si riconoscono due distinte formazioni geologiche: la F.ne di San Marino, prevalentemente calcarea, e la F.ne di Monte Fumaiolo, prevalentemente arenacea (Fig. 3).

La F.ne di San Marino affiora sostanzialmente nella porzione nord-orientale della placca caratterizzando le pareti est e nord della rupe. La F.ne di Monte Fumaiolo occupa, invece, la porzione sud-occidentale della placca, caratterizzando, per gran parte, le pareti ovest e sud della rupe. Nell'insieme l'assetto stratigrafico mostra un'immersione verso sudovest. Il substrato argilloso su cui poggia la rupe appartiene invece alle Argille Varicolori, formazione basale delle unità Liguri in Alta Val Marecchia, intensamente deformata e caotica dalla tipica struttura "scagliosa".

Questa particolare sovrapposizione geologica favorisce un'erosione selettiva che si traduce nella presenza di placche rocciose rigide che "galleggiano" su terreni argillosi, relativamente più teneri ed erodibili. Nel caso



Fig. 2 - La parete sud della rupe di San Leo dove si affacciano, su ripide parti, l'abitato e la storica fortezza.

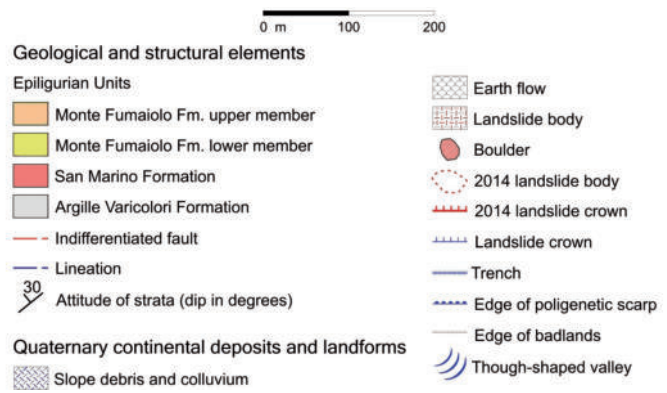
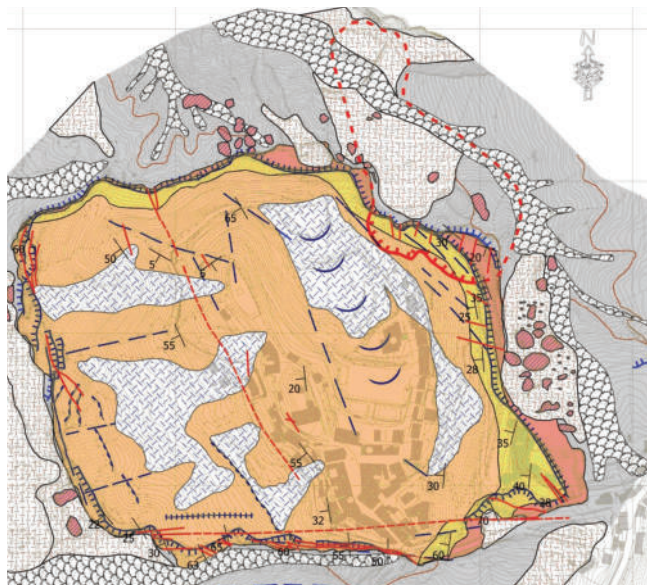


Fig. 3 - Carta geologica - geomorfologica della rupe di San Leo (da Borgatti et al., 2015, modificata da Badioli, 2012).

della rupe di San Leo, il fenomeno erosivo a spese delle argille (Argille Varicolori) è accentuato dall'azione delle acque lungo i due fossi, Seripa e Campone, che, circondando la placca rocciosa, hanno reso più ripidi i versanti.

La sovrapposizione di unità lapidee su terreni argillosi è una delle situazioni geologiche più sfavorevoli per ciò che riguarda la stabilità dei versanti, a causa della diversa risposta dei materiali alle sollecitazioni e alla circolazione dei fluidi che, tendenzialmente, si accumulano al contatto per diversa permeabilità (relativa).

Tutta la rupe è intensamente fratturata presentando più sistemi di fratture che suddividono la placca in blocchi progressivamente ribassati verso i margini quale effetto di processi tettonici e gravitativi (fossili e recenti) subiti nel corso della sua storia geologica. Evidenze di vasti fenomeni franosi si riscontrano in modo esemplare lungo la parete est e la parete nord, lasciando intendere che i fenomeni gravitativi più intensi sono concentrati ai bordi della placca. La cinematica di queste frane non si esaurisce probabilmente nei soli fenomeni localizzati ai margini della placca dovuta all'incipiente fratturazione, ma potrebbe essere ricollegata a deformazioni gravitative profonde (Cancelli & Pellegrini, 1987, Caturani et al., 1991) dovute al carico litostatico gravante sui litotipi argillosi che rispondono a tali sollecitazioni con cedimenti differenziali, lungo le numerose fratture. I cedimenti sono accompagnati da lenti ma costanti rifluimenti delle argille verso le zone esterne meno sollecitate, determinando così rigonfiamenti alla base della rupe (Fig. 4).

I processi di degradazione delle argille sono accompagnati da fenomeni gravitativi per scivolamento, colata e creep che promuovono la sotto-escavazione alla base della rupe e il successivo collasso di ampie porzioni di roccia lungo fratture verticali e sub-parietali che si sviluppano per l'intero spessore dell'ammasso roccioso. Viceversa, crolli minori che non coinvolgono l'intero spessore della rupe avvengono con distacchi di cunei di roccia la cui forma e dimensione è legata all'intersezione dei vari sistemi di fratturazione.

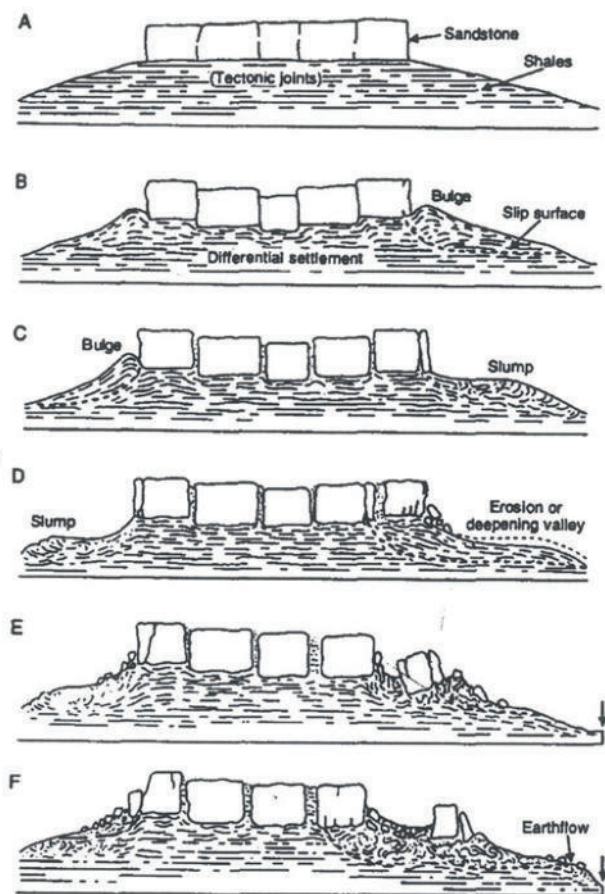


Fig. 4 - Modello evolutivo di deformazione gravitativa profonda che ben si adatta al caso della placca rocciosa rigida di San Leo che galleggia sul substrato argilloso plastico. (Da Cancelli & Pellegrini, 1987).

3. Il crollo del 27 febbraio 2014

Il crollo della rupe di San Leo, del 27 febbraio 2014, è avvenuto per il collasso di un'ampia porzione dell'ammasso roccioso per un fronte largo 160 metri e alto circa 90 metri con un volume complessivo coinvolto di 330.000 mc (Fig. 5).

La dinamica del collasso gravitativo, che si è esaurita nell'arco di pochi minuti, ha avuto origine a seguito del distacco di un'ampia porzione di roccia lungo un piano di frattura preesistente.

Durante il fenomeno testimonianze dirette riferiscono di un accenno al ribaltamento, lasciando presumere che la fratturazione si sia propagata dall'alto verso il basso, sino al contatto con le argille sottostanti, tale da coinvolgere l'intero spessore della placca rocciosa (Figg. 6a, b, c da Borgatti et al., 2015). La marcata colorazione rossastra della parete lasciata a giorno dal crollo è chiaro indice di ossidazione e quindi di manifesta circolazione idrica. Viceversa, le porzioni biancastre visibili in alcune parti del fronte (soprattutto nella parte basale) indicano la presenza di ponti di roccia che hanno ceduto al crollo; il boato che è stato udito dagli abitanti di San Leo la sera prima del crollo è probabilmente imputabile alla rottura/spaccatura delle porzioni di roccia sana (ponte di roccia). A seguito del collasso per ribaltamento (*toppling*) della massa rocciosa (Fig. 6d), il detrito che ne è derivato si è propagato sotto forma di un imponente



Fig. 5 - Foto panoramica da elicottero (vista da nord-est) che mostra la parete del crollo e l'accumulo detritico sottostante in tutto il suo sviluppo in corrispondenza del versante nord della rupe.

e violento crollo (*block and debris avalanche*, Fig. 6e) propagatosi lungo la valle del fosso Campone per un tratto di 400 metri, sollevando una gigantesca nuvola di polvere e proiettando blocchi di roccia per centinaia di metri, disseminati lungo il versante opposto. La coltre di detrito è arrivata a colmare parte della valle del fosso Campone per una superficie di 60.000 mq con blocchi ciclopici di dimensioni anche oltre i 10.000 mc.

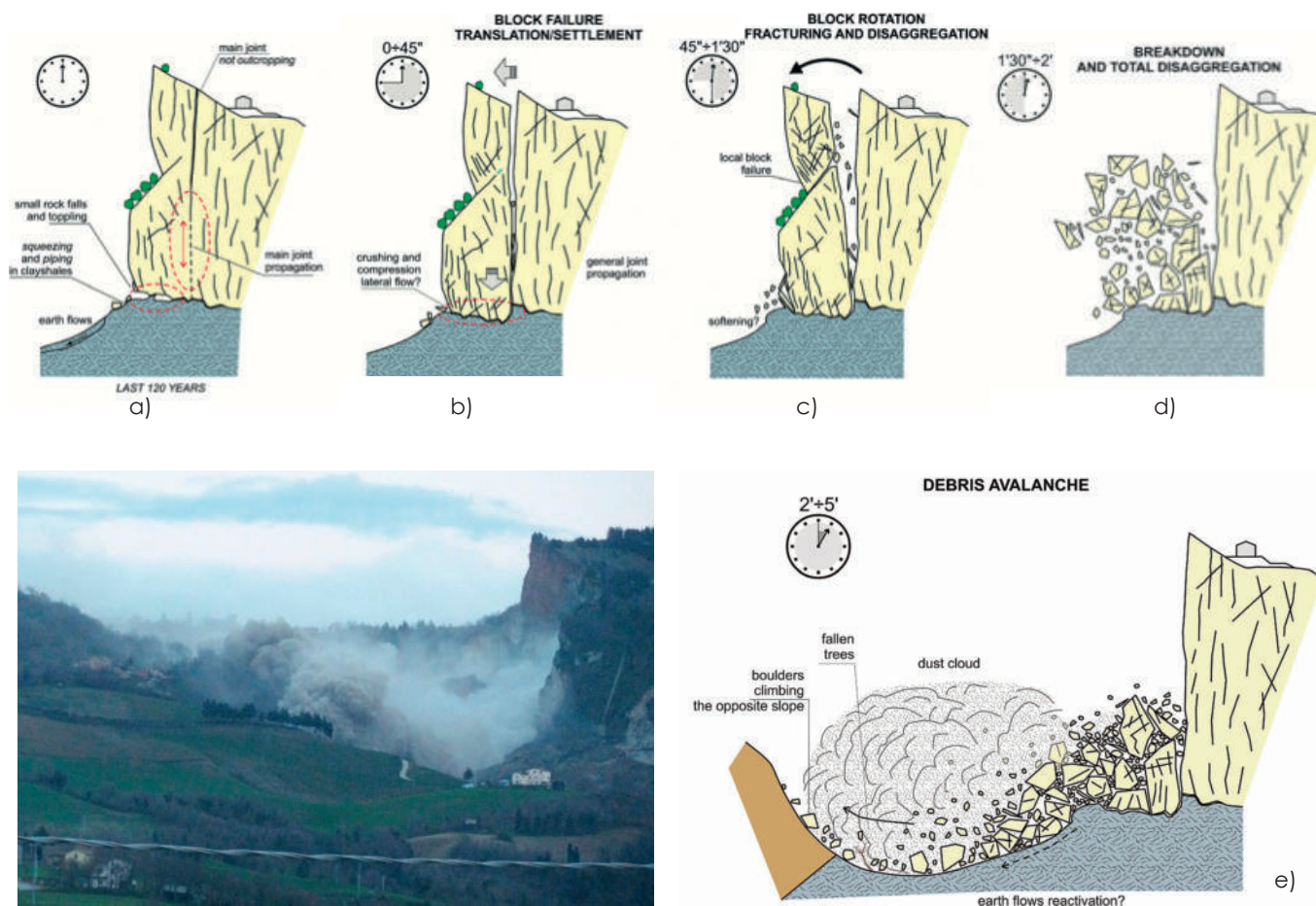


Fig. 6 - Ipotesi sulla dinamica del fenomeno franoso del 27 febbraio 2014: a) propagazione della frattura verso il basso; b) completa rottura e appoggio sulle argille rammollite del substrato; c) ribaltamento; d) crollo e disgregazione della massa rocciosa; e) propagazione del detrito (da Borgatti et al., 2015). Nella foto è immortalato il momento del crollo con il sollevamento di un'immensa nuvola di polvere e frammenti di roccia.



Fig. 7 - La parete nord della rupe di San Leo prima del crollo con alla base la marcata sotto-escavazione e fenomeni gravitativi (colate). La relativa foto di dettaglio fornisce un'idea delle dimensioni del fenomeno (come scala il Geol. M. Gabrielli).



Fig. 8 - Il confronto delle due foto, prese all'incirca dallo stesso punto di osservazione, evidenzia il volume di roccia crollato nell'evento "dicembre 2014".

Riprendendo i concetti espressi in precedenza in termini generali sulle cause del dissesto della rupe di San Leo, il crollo del 27 febbraio 2015 è sostanzialmente riconducibile ad alcuni fattori predisponenti, in breve elencati di seguito:

- la sotto-escavazione della placca calcarea a spese del substrato argilloso per rammollimento, degradazione e successivo rifluimento ed espulsione delle argille con il conseguente innescò di fenomeni gravitativi (colate e scivolamenti) (Fig. 7);
- diffusa fratturazione dell'ammasso roccioso con presenza di fratture principali profonde, persistenti e aperte, sede di circolazione idrica (Fig. 6)
- altezza della parete rocciosa con aggetti significativi.

Dopo il crollo del 27 febbraio, non si sono registrati ulteriori movimenti in parete se si escludono, localmente, modesti crolli pellicolari della parte di roccia più alterata a breve distanza dall'episodio parossistico. Si è registrato un crollo modesto anche di recente in una fascia intensamente fratturata e alterata (Fig. 8).

Sin dalle prime ore successive al crollo, il carico della coltre detritica ha generato la destabilizzazione delle argille policrome al piede della coltre stessa con una velocità di movimento di qualche centimetro al giorno. Viceversa, la parte prossimale della coltre detritica a ridosso della parete si è mantenuta sostanzialmente stabile.

4. Lo studio multidisciplinare

A seguito del crollo dopo le prime verifiche speditive e l'individuazione di un'ampia fascia a rischio, definita in forma cautelativa e in assenza di elementi conoscitivi significativi, è stata avviata un'attività di studio complessa e multidisciplinare necessaria per la comprensione del fenomeno franoso attraverso la determinazione della nuova morfologia dei luoghi, delle dimensioni (volumi di materiale coinvolto, ampiezza del fronte), delle cause e dello stato di fratturazione dell'ammasso roccioso. Le informazioni e i dati acquisiti durante la fase di studio (rilievi e indagini) hanno consentito di pianificare e realizzare un sistema di monitoraggio strumentale e di eseguire le verifiche di stabilità dell'ammasso roccioso intorno all'area di crollo.

4.1 Rilievo con Laser scanner terrestre

All'indomani del crollo è stato eseguito un rilievo del fronte del crollo con laser scanner terrestre generando una nuvola di punti opportunamente georeferenziata (nel sistema di riferimento WGS84) rispetto a due distinti punti di osservazione, acquisendo il fronte del crollo con una risoluzione dell'ordine dei 5 cm. In tal modo è stato possibile ricavare con estremo dettaglio la nuova morfologia della parete rocciosa attraverso la modellazione tridimensionale (Fig. 9). Il dato ottenuto dal rilievo laser scanner post-crollo è stato poi messo a confronto con un rilievo eseguito prima

del crollo, nel 2011 (STB Romagna - RER), consentendo di calcolare in maniera piuttosto precisa i volumi di roccia coinvolti nel crollo (Fig. 10).

L'utilizzo del rilievo laser scanner non è stato limitato alla sola valutazione morfologica della parete rocciosa, ma è stata ottenuta anche la giacitura interpolata dei piani di frattura, la cui analisi è stata eseguita con l'ausilio del software COLTOP 3D (Spreafico et al., 2015, in press). Sono state rilevate essenzialmente cinque famiglie di fratture, riconducibili alle medesime rilevate attraverso rilievo geomeccanico tradizionale sia in parete sia sulla sommità della rupe (vedi paragrafo "Rilievo geomeccanico").

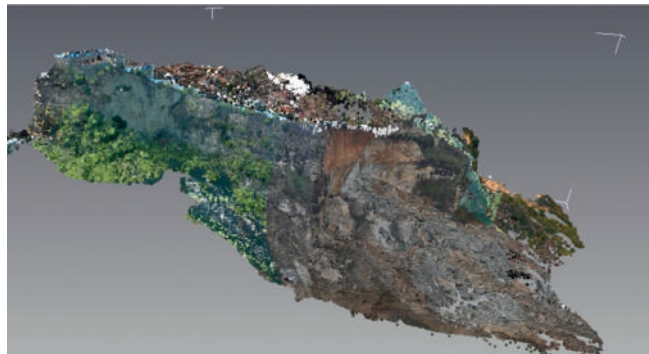


Fig. 9 - Modello tridimensionale da rilievo laser scanner raffigurante la parete nord, sede del crollo, e la parete est della rupe di San Leo (vista da nord-est, confronta con Fig. 5).

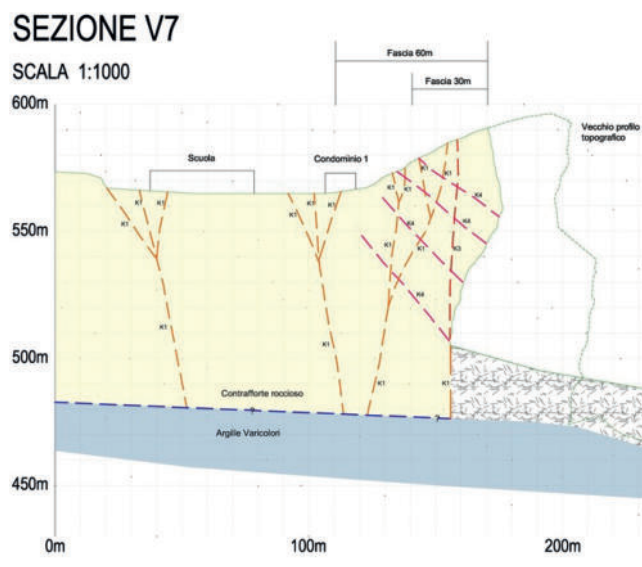


Fig. 10 - Esempio di sezione in cui si può apprezzare la differenza tra il profilo pre-crollo e quello post-crollo ottenuti attraverso l'utilizzo del laser scanner.

4.2 Rilievo con drone e ortofotogrammetria

L'impiego del drone è stato dettato da una duplice necessità: da una parte l'esigenza di verifiche dirette e puntuali sullo stato di stabilità della parete rocciosa per consentire ai geologi rocciatori di effettuare l'ispezione e il rilievo geomeccanico in sicurezza; dall'altra la necessità di avere un prodotto topografico e geometrico tridimensionale ad elevata accuratezza nel minore tempo possibile. L'utilizzo di mezzi a pilotaggio remoto (RPAS), equipaggiati con sensori fotografici ad elevata risoluzione, con sensori di posizionamento e sensori di assetto, assume sempre maggiore rilevanza nello studio dei fenomeni di dissesto idrogeologico sia da un punto di vista

geomorfologico che geotecnico-geomeccanico. I costi contenuti e tempi relativamente brevi si sommano al vantaggio della facilità di "ripetibilità" del dato che permette di confrontare dati e modelli successivi nel tempo con finalità anche di monitoraggio.

Per la verifica del livello di sicurezza della parete sono stati prodotti dei filmati *full HD* che hanno consentito, fra l'altro, di analizzare nel dettaglio le fratture presenti sul fronte del crollo. Le immagini di dettaglio sulle fratture sono state utilizzate per le valutazioni geomeccaniche dello stato fessurativo, integrando le analisi sulla sommità della rupe e le verifiche dirette in parete (vedi paragrafo "Rilievo geomeccanico").

Il rilievo ortofotogrammetrico è stato realizzato su tutta la rupe, comprendendo le aree limitrofe dei fossi Campone e Seripa, per un'estensione complessiva di 84 ha e una quota di volo inferiore ai 70 metri, variabile in funzione della morfologia del terreno. Sono stati eseguiti n. 29 voli fotogrammetrici con camera fotogrammetrica nadirale per la copertura territoriale dell'area e n. 1 volo con camera inclinata per la realizzazione del modello di superficie ad alta densità della parete di crollo, riprendendo l'oggetto di analisi del rilievo con laser scanner terrestre. Per l'acquisizione il drone è stato dotato di: i) fotocamera reflex a focale fissa calibrata ad alta risoluzione, ii) di sistema satellitare per determinare le traiettorie di volo e i cosiddetti valori approssimati dei centri di presa fotogrammetrici e iii) di un sistema inerziale triassiale per controllare l'assetto di volo.

Attraverso le varie fasi di processamento fotogrammetrico si è ottenuto come prodotto di partenza una nuvola di punti densa (DSM - Digital Surface Model) dalla quale poi si è ricavato il modello numerico digitale del terreno (DTM - Digital Terrain Model) ad alta risoluzione con accuratezza planimetrica 0,03-0,10 m e accuratezza altimetrica 0,08 - 0,15 m (Fig. 11).

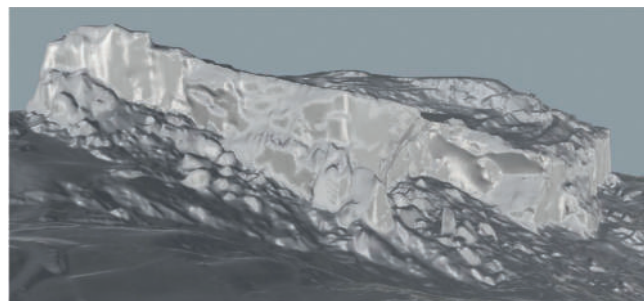


Fig. 11 - Modello tridimensionale da rilievo con drone di tutta la rupe di San Leo (vista da nord-est).

4.3 Rilievo geomeccanico

Il rilievo geomeccanico eseguito per la determinazione delle principali famiglie di fratture che caratterizzano l'ammasso roccioso, si è articolato in due distinti approcci: uno, rivolto alle fratture visibili sulla sommità dell'ammasso roccioso, l'altro, eseguito in parete con tecnica alpinistica.

Il rilevamento geomeccanico dello stato di fratturazione sulla sommità ha riguardato la porzione nord orientale della rupe di San Leo, in un'area individuata attorno alla parete di crollo, in relazione al primo scenario di rischio emerso subito dopo il crollo.

Il rilievo si è articolato in due distinte campagne di rile-

vamento attraverso la raccolta dei seguenti dati:

- direzione di immersione delle discontinuità con bussola da geologo;
- inclinazione delle discontinuità, con bussola da geologo;
- tracciamento della frattura con GPS;
- rimbalzo del martello di Schmidt;
- profilo delle discontinuità con pettine di Barton.

Il rilievo geomeccanico in sommità ha messo alla luce la presenza di quattro famiglie di discontinuità principali identificate con sigla convenzionale K1, K2, K3 e K4 con l'aggiunta della stratificazione denominata Ks (sono state identificate altre due famiglie minori K0 e K5) (Figg. 12, 13, 14).



Fig. 12 - Traccia delle principali fratture sulla sommità della rupe (famiglie K1, K2, K3 e K4).

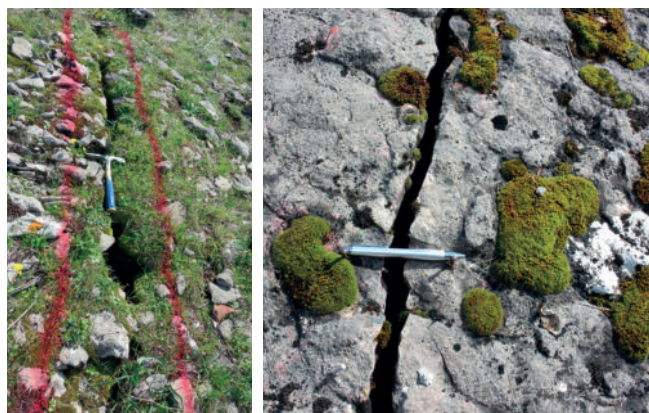


Fig. 13 - Alcune immagini della frattura K3.2. La frattura lungo cui è avvenuto il distacco appartiene alla stessa famiglia di fratture.



Fig. 14 - Vistose cavità lungo l'allineamento di fratture appartenenti alla famiglia K2 laddove c'è l'intersezione con la famiglia K1 (confronta con Fig. 12).

In breve, la famiglia K1 individua le strutture tettoniche per faglia diretta con alto angolo di inclinazione. La famiglia K2 individua le fratture associate al sistema di faglie principale di San Leo, sempre ad alto angolo di inclinazione. La famiglia K3 individua fratture disposte a circa 70° rispetto alla famiglia K1 e sempre ad alto angolo di inclinazione. Tale famiglia, che ha generato la nicchia di crollo attuale, mostra due fratture ben distinte, denominate K3.1 e K3.2, aperte anche diversi centimetri e probabilmente parecchio in profondità, analogamente alla frattura che ha generato la nicchia di crollo dell'evento del febbraio 2014. La famiglia K4 è circa parallela alla famiglia K1, ma mostra un'inclinazione variabile tra i 30 e i 60 gradi. Sono stati raccolti complessivamente 86 dati di giacitura delle diverse discontinuità. Tali dati sono stati elaborati con un apposito software denominato DIPS (Rocscience, Toronto), fornendo classici stereogrammi dei poli e dei piani nel reticolo di Wulff (Fig. 15).

Il rilievo in parete è stato eseguito con tecnica alpinistica (calate in corda); sono state effettuate 7 calate, 4 delle quali lungo la parete est, compresa tra la Rocca ed il ciglio di crollo e 3 lungo la parete di crollo (Fig. 16).

I rilievi eseguiti hanno avuto il duplice scopo di osservare da vicino i grandi sistemi di fratture individuate da ispezione visiva frontale con uso di binocolo e drone e di seguire i grandi sistemi di giunti rilevati sulla sommità. Le ispezioni in parete non hanno la pretesa di un'indagine a tappeto delle discontinuità, bensì mirano all'osservazione delle caratteristiche peculiari dei giunti, quali apertura, condizioni di riempimento, possibili indizi di movimenti recenti,

umidità ed eventuali circolazioni idriche. Inoltre, è bene precisare che le indagini sono state indirizzate soprattutto ad ispezionare le fratture maggiormente pervasive, che potenzialmente possono originare crolli di una certa entità, mentre si è dato minor peso ai dissesti localizzati e/o corticali, meno importanti nella fase di emergenza. Nelle Figg. 17 e 18 sono rappresentate, rispettivamente per la parete nord e per la parete est, le principali fratture rilevate attraverso le calate dei geologi rocciatori. Il mutuo incrocio delle fratture principali (*master joints*) ottenute nel corso delle singole calate ha permesso di identificare in via schematica i blocchi principali in cui può essere suddivisa la parete rocciosa e l'area più prossima in sommità, ai fini delle verifiche di stabilità.

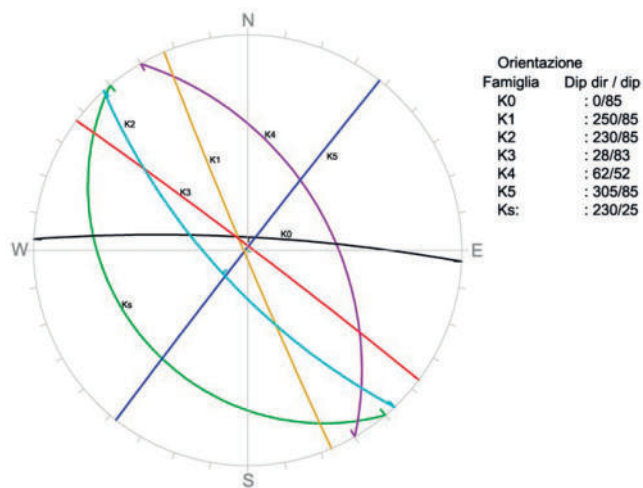


Fig. 15 - Ciclografiche delle famiglie delle fratture individuate e loro giacitura media.



Fig. 16 - Calata del geologo rocciatore lungo la parete del crollo. Si noti la colorazione rossastra della superficie per via dell'ossidazione a seguito delle infiltrazioni d'acqua prima del crollo.



Fig. 17 - Principali fratture rilevate lungo la parete del crollo (parete nord).

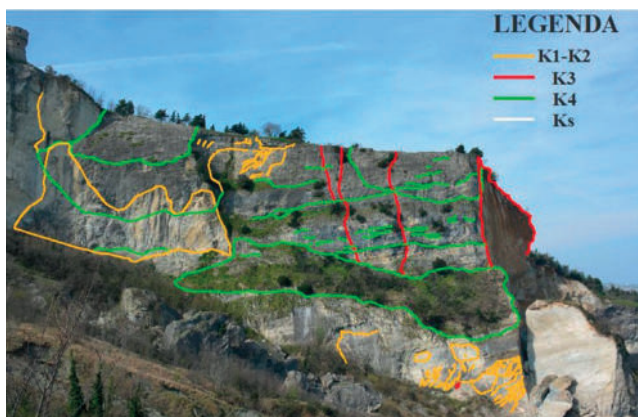


Fig. 18 - Principali fratture rilevate lungo la parete est.

4. 4. Sondaggio profondo

Lungo la strada di accesso alla fortezza, nella zona del tornante, risultata dopo i primi rilievi piuttosto delicata in termini di sicurezza, è stato eseguito un sondaggio profondo per una verifica diretta delle fratture dell'ammasso roccioso ad integrazione del rilievo di terreno (sulla sommità della rupe e in parete) (Fig. 19). L'indagine è stata completata con un rilievo video e acustico all'interno del foro.

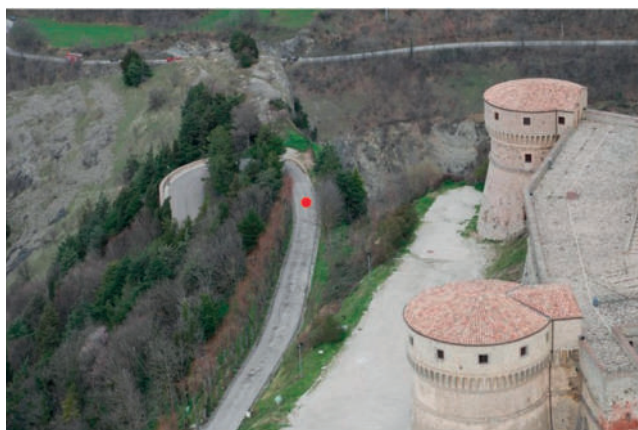


Fig. 19 - Ubicazione del sondaggio profondo nella zona del tornante lungo la via di accesso alla fortezza.

Il sondaggio, ubicato all'incirca sulla linea di mezzzeria della strada, è stato spinto fino alla profondità di 111.0 m dal piano campagna attraversando essenzialmente rocce calcaree e calcarenitiche stratificate, con immersione verso ovest - sudovest ed inclinazione di circa 25°, appartenenti alla formazione di San Marino. Lungo tutto

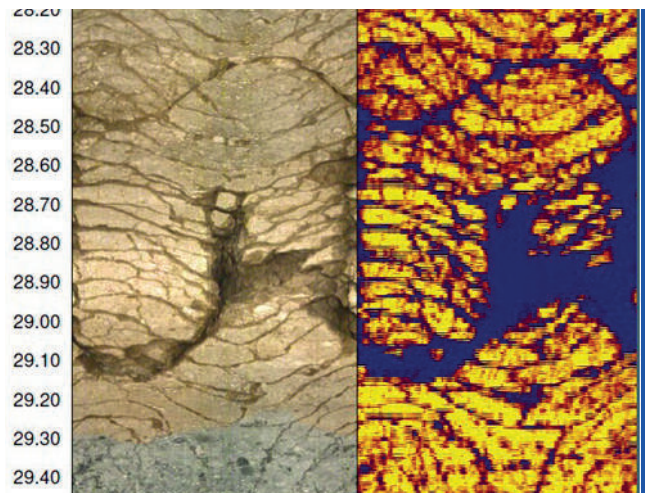


Fig. 20 - La carota e l'ispezione in foro (video e acustica) hanno evidenziato la presenza di importanti fratture presenti in profondità, non visibili in superficie.

il sondaggio sono stati rilevati orizzonti conglomeratici e, localmente, sottili livelli di argilla e sabbia.

Nel corso della perforazione sono state intercettate una serie di fratture alcune delle quali piuttosto significative riferibili alla famiglia K4 (facilmente riconoscibili per assetto contrario alla stratificazione): si tratta di fratture aperte anche se con lembi scabri e incastrati, generalmente sono accompagnate da una fascia di ossidazione (Fig. 20). Alla profondità di 84,80 m è stata individuata una faglia (frattura con evidenze di movimento reciproco fra i lembi), facilmente riconoscibile per le strutture presenti sulla superficie dei due lembi: il lembo superiore presente ciottoli levigati mentre il lembo inferiore risulta striato (Fig. 21). Dall'orientamento della frattura sembra che tale faglia si sia sviluppata lungo una preesistente superficie di strato. Dalla carota non è possibile determinare la vergenza dello spostamento né tantomeno stabilire se trattasi di una faglia diretta o inversa. Il confronto tra la sezione geomeccanica ottenuta utilizzando i dati del rilievo di terreno e l'aggiornamento eseguito dopo le risultanze della prova in situ (Fig. 22) testimonia l'importanza del sondaggio profondo nella determinazione dello stato fessurativo dell'ammasso roccioso. Molte delle fratture presenti sono probabilmente mascherate in superficie a causa della vegetazione e dei manufatti antropici (es. strada).

5. Monitoraggio

Sin dalle prime ore del crollo si è ritenuto urgente avviare il



Fig. 21 - L'immagine mostra i due lembi della faglia con tipiche levigature e striature.

monitoraggio nella zona della frana per la gestione della fase di emergenza e la raccolta dei primi dati sul comportamento del fronte del crollo. A tal fine è stato installato, a pochi giorni dalla frana (7 marzo 2015, Università di Firenze), il radar interferometrico da terra in grado di rilevare in tempo reale le deformazioni della parete di crollo. Successivamente, al radar interferometrico da terra è stato aggiunto un sistema di monitoraggio strumentale attraverso l'applicazione di sensori (estensimetri) direttamente sulle fratture in superficie (monitoraggio di fase 1) e sulle fratture in profondità (monitoraggio di fase 2).

5.1 Monitoraggio di fase 1.

Con i rilievi delle fratture in sommità è stata avviata anche l'installazione del sistema di monitoraggio di fase 1 volto al controllo delle fratture in superficie. La messa in opera dell'impianto è stata completata il 18 aprile 2014, giorno dell'avvio del monitoraggio di fase 1. In Fig. 23 è rappresentata l'ubicazione della strumentazione che consiste in: 13 estensimetri a filo (ES1-13, esempio in Fig. 24), 4 estensimetri a potenziometro (o a barra, EP1-4, esempio in Fig. 25), 2 vibrometri (misura le vibrazioni nel terreno) e 5 centraline di acquisizione dati (3 per gli strumenti estensimetrici, esempio in Fig. 26, e 2 per i vibrometri). Tutta la strumentazione è stata, opportunamente, dotata di struttura protettiva per limitare danni accidentali che possono derivare dal maltempo e da animali.

Come già per il sondaggio profondo realizzato per acquisire ulteriori informazioni, nella zona del tornate (Fig. 27) è stata valutata anche la necessità di procedere con il monitoraggio delle fratture in profondità, ad integrazione del monitoraggio di superficie e quale anticipazione del monitoraggio di fase 2 (vedi paragrafo successivo), attraverso l'impiego di estensimetri in foro (estensimetri multibase, Fig. 28). Pertanto, sono stati eseguiti due sondaggi a carteggio continuo, B01 e B02, profondi rispettivamente 32 m e 15 m e con inclinazione compresa tra 5° - 10° rispetto al piano orizzontale. Nel foro B01 sono stati installati 3 sensori: uno a fondo foro, a 32 m) e gli altri due a tergo delle principali fratture (22,80 m e 11,60 m). Nel foro B02, più corto, sono stati inseriti due sensori: uno, sempre a fondo foro, a 14,50 m, e l'altro a tergo di una frattura significativa, a 7,80 m. Gli estensimetri in foro sono operativi all'interno del

SEZIONE V17

SCALA 1:1000

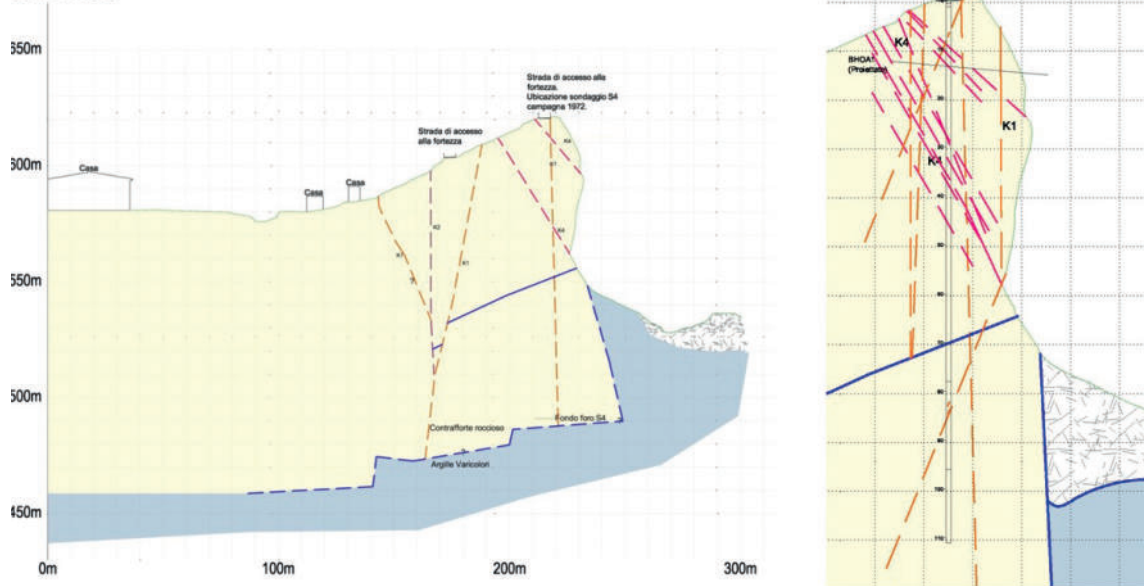


Fig. 22 - A sinistra la sezione (uno spaccato dell'ammasso roccioso) dopo i rilievi di terreno ma prima dell'esecuzione del sondaggio; a destra, dopo il sondaggio.

sistema di monitoraggio di fase 1 dall'8 luglio 2014. Le perforazioni, oltre a servire per l'installazione degli estensimetri multibase, hanno fornito importanti indicazioni sullo stato fessurativo della zona del tornante sia attraverso l'analisi delle carote che attraverso la video-ispezione, analogamente al sondaggio verticale profondo (vedi Fig. 29).

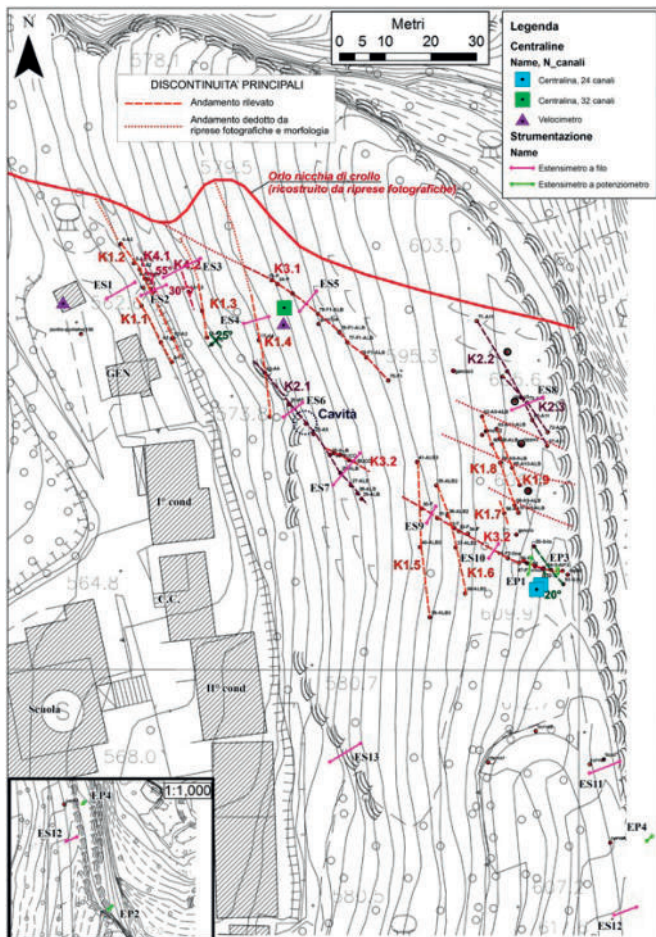


Fig. 23 - Planimetria della zona del crollo con ubicazione della strumentazione del monitoraggio di fase 1.



Fig. 24 - Estensimetro a filo. L'estensimetro a filo misura l'apertura della frattura attraverso un filo in acciaio in tensione. L'affidabilità è discreta, relativamente ingombrante come strumento necessita, per la presenza di fili, di un'adeguata protezione

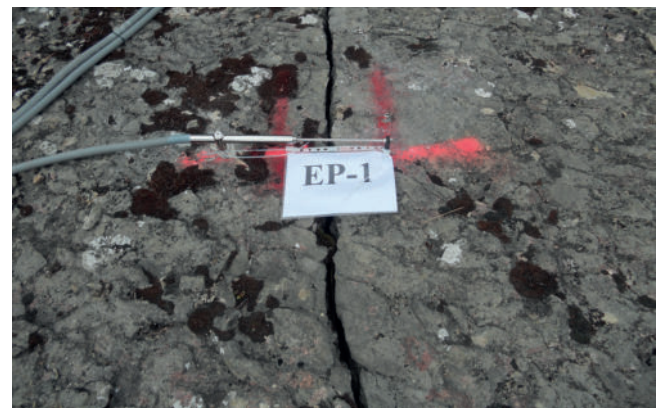


Fig. 25 - Estensimetro a barra. L'estensimetro a barra misura l'apertura della frattura con una precisione minore o uguale a 0,5 mm. È più affidabile e preciso dell'estensimetro a filo.



Fig. 26 - Centraline di acquisizione dati con relativi pannelli solari per l'alimentazione. Le centraline (non visibili) sono state opportunamente dotate di struttura protettiva.



Fig. 27 - Traccia dei sondaggi sub-orizzontali attrezzati con estensimetri multibase in foro nella zona del tornante della strada di accesso alla fortezza.

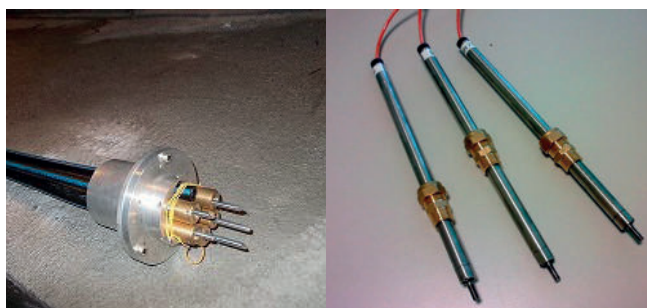


Fig. 28 - Testa di estensimetro multibase (a sinistra) e relativi trasduttori o potenziometri. Gli estensimetri in foro possono essere costituiti da una (estensimetro monobase) o più basi di misura (estensimetro multibase) ancorate mediante cementazione a quote prestabilite all'interno di una perforazione. I punti di ancoraggio sono collegati alla superficie con aste in acciaio opportunamente protette da guaine anti-attrito che favoriscono lo scorrimento. Il movimento delle aste rispetto alla testa di riferimento installata in superficie permette di determinare i movimenti dell'ammasso o della struttura monitorata attraverso la misura del loro spostamento.

Il funzionamento del sistema di monitoraggio avviene in automatico ovvero la raccolta e la trasmissione del dato avvengono senza la necessità di intervento da parte di un operatore. Lo schema di Fig. 30 illustra la struttura e il funzionamento del sistema di monitoraggio in essere:

1. Gli estensimetri installati consentono di misurare le variazioni di distanza fra i due lembi della frattura (apertura della frattura).
2. Sono collegati, a gruppi e mediante cavi, alle centraline di acquisizione alimentate con pannello solare.
3. Le centraline di acquisizione (unità periferiche) raccolgono i dati dai sensori collegati ogni 30 minuti (impostazione variabile) e li trasmettono, via GPRS, a postazione remota (server gestionale - centro acquisizione).
4. Attraverso una piattaforma WEB dedicata è possibile visualizzare, scaricare e gestire i dati in tempo reale.

Il monitoraggio è stato concepito con una duplice finalità.

1. Funzione di studio e conoscenza del comportamento dell'ammasso roccioso al fine di fornire indicazioni circa la possibile evoluzione dello scenario di rischio ed essere di supporto per eventuali interventi di mitigazione del rischio e di consolidamento.
2. Funzione di allerta/allarme a supporto del Piano di emergenza di protezione civile – in caso di superamento delle soglie il sistema di monitoraggio invia messaggio di allarme alla rubrica della rete di allarme.

Allo stato attuale la strumentazione che concorre all'attivazione del Piano di emergenza è la seguente:

- estensimetri a filo ES11 e ES12 - estensimetri a barra EP1, EP2, EP3 ed EP4 - estensimetri multibase in nei fori B01 e B02, relativamente alla zona del tornante (zona B2, vedi paragrafo "Scenari di rischio", vedi planimetria di Fig. 23);
- estensimetri a filo ES1, ES2, ES3, ES4, ES6, ES7, ES9, ES10 - estensimetri a barra EP1 ed EP3, relativamente alla zona che comprende la scuola, il condominio 2 e la caserma dei carabinieri (zona C, vedi paragrafo "Scenari di rischio", vedi planimetria di Fig. 23).

Al momento sono esclusi dal sistema di attivazione del sistema automatico del Piano di emergenza alcuni estensimetri a filo (ES5, ES8 ed ES13) e i due vibrometri.

Considerata la tipologia del potenziale dissesto (frana di crollo) si ritiene che, a seguito di superamento dei valori di soglia, il primo provvedimento urgente da adottare sia l'immediata evacuazione delle aree potenzialmente interessate. La scelta delle soglie rappresenta uno degli elementi più critici rispetto ai processi di installazione e gestione del monitoraggio, perché a priori non è possibile definire delle soglie ma occorre un congruo periodo di osservazione del dato di monitoraggio, con la consapevolezza che vi possa essere la necessità di dover aggiornare le stesse periodicamente, che è necessario bilanciare l'affidabilità delle soglie per assicurare segnalazioni tempestive evitando nel contempo l'accadimento di falsi allarmi. Nelle frane di crollo che interessano ammassi rocciosi fratturati, come nel caso specifico qui trattato, l'individuazione di soglie è estremamente difficile considerando che solitamente presentano tempi di preannuncio estremamente brevi, essendo, fra l'altro, difficilmente correlabili

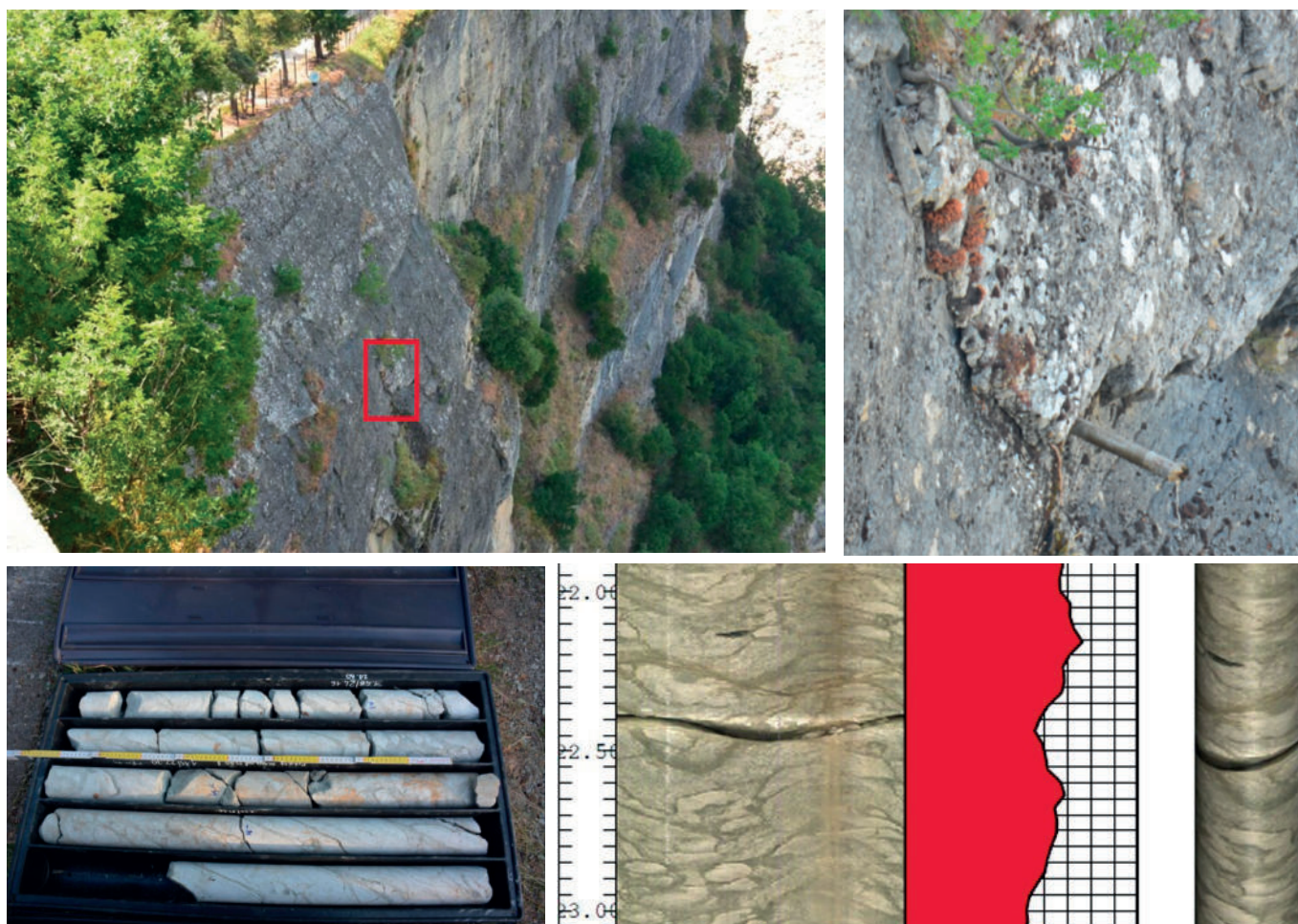


Fig. 29 - Sondaggio sub-orizzontale B01 eseguito in corrispondenza del tornante della strada di accesso alla fortezza. La perforazione è stata spinta fino alla venuta a giorno in parete della testa del carotiere. Il carotaggio ha messo in luce la presenza di importanti fratture visibili in carota e nell'elaborato della video-ispezione.

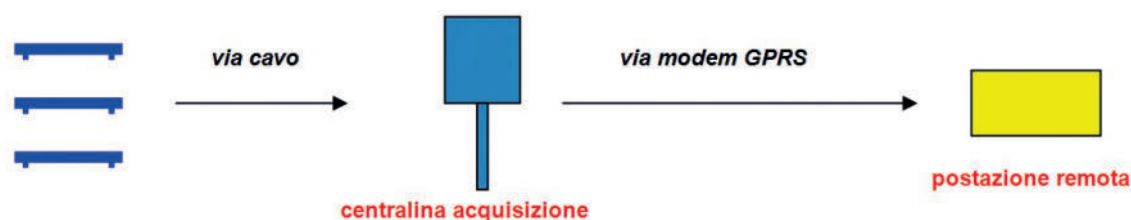


Fig. 30 - Schema di funzionamento del sistema di monitoraggio.

con cause scatenanti come ad es. gli eventi di pioggia. Le soglie stabilite nel monitoraggio della rupe di San Leo sono ancora in una fase di taratura e pertanto potranno essere oggetto di modifiche in relazione ai dati che verranno acquisiti nel corso delle misure, anche in relazione agli andamenti stagionali di lungo periodo non ancora registrati (il sistema di monitoraggio di fase 1 è operativo dal 18 aprile).

Dal 30 settembre 2014 sono attive soglie differenziali per superamento del valore rispetto alla media delle 24 ore precedenti, il cui valore cambia a seconda del tipo di strumento considerato:

- estensimetri a filo $\pm 2,5$ mm;
- estensimetri a barra $\pm 1,0$ mm;
- estensimetri in foro $\pm 0,5$ mm.

La deriva termica giornaliera, ovverossia il fenomeno che introduce un errore, più o meno grande, nella misura di un

segnale nei dispositivi elettronici al variare della temperatura, cambia in funzione della tipologia di strumento. Ad oggi non è possibile valutare la deriva termica stagionale in virtù della limitata quantità di dati registrata. Occorre avere almeno un anno di dati disponibili per avere una prima indicazione in merito. Le variazioni in apertura/chiusura registrate per effetto della deriva termica non sono associabili a un effettivo fenomeno fisico di apertura/chiusura della lesione e comunque le oscillazioni dei valori giornalieri sinora registrati si mantengono ben al di sotto dei valori di soglia definiti (Figg. 31 e 32). Si sono manifestati due episodi di superamento di soglia con allarme ma si è trattato di problemi tecnici e non di movimenti lungo le fratture. Sistemi di monitoraggio così complessi costituiti da sensori e dispositivi elettrici ed elettronici possono essere soggetti a inconvenienti tecnici legati a fulminazioni, a carichi di tensione, a interruzione del segnale per comunicazioni via GPRS, a danni provocati da animali.

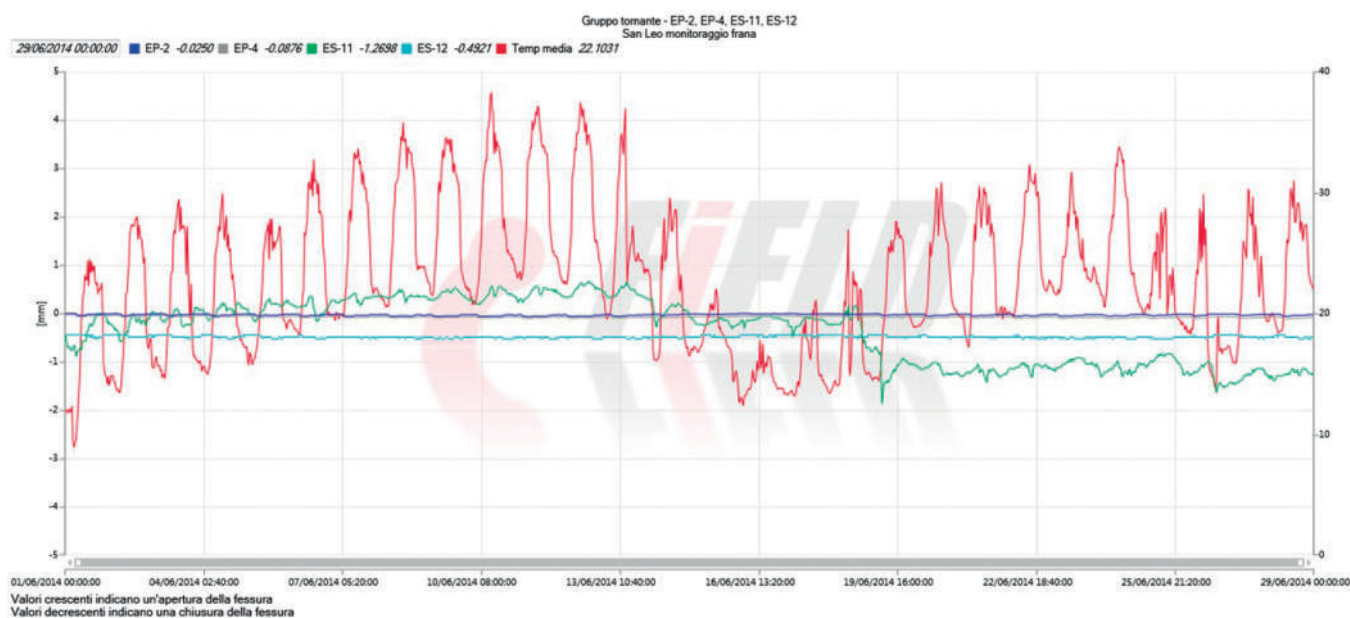


Fig. 31 - Andamento dei valori degli strumenti a presidio delle tornante della strada di accesso alla fortezza. I dati si riferiscono al mese di giugno 2014.

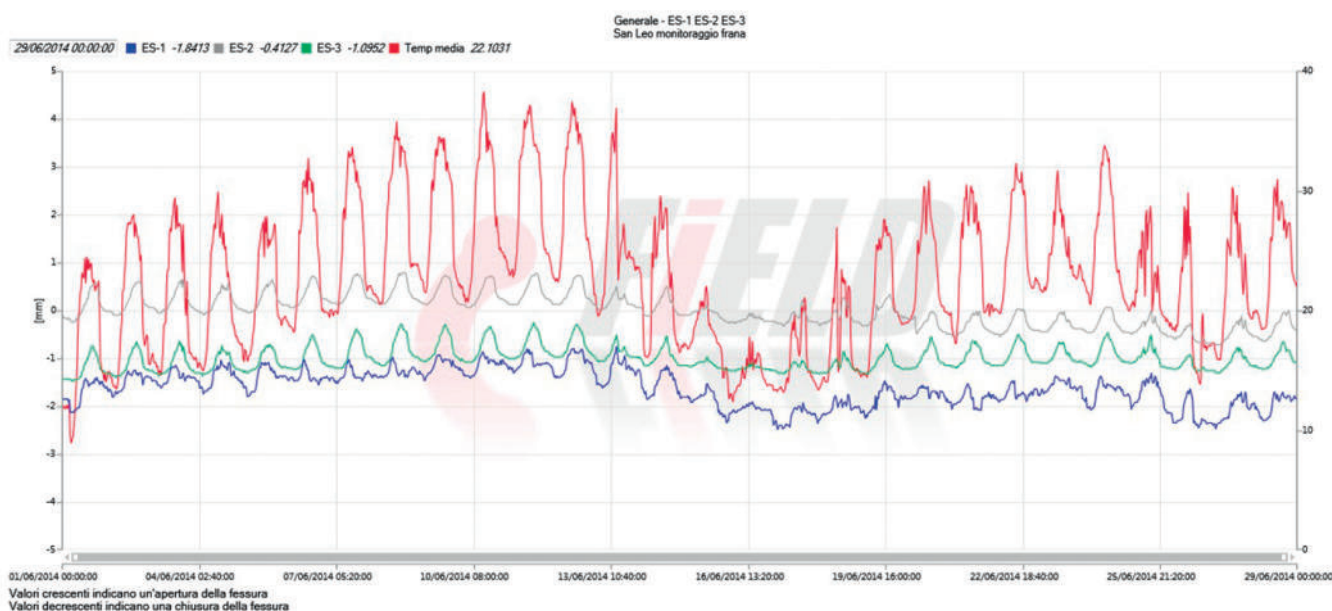


Fig. 32 - Andamento dei valori degli strumenti a presidio delle abitazioni private, Scuola e Caserma dei Carabinieri. I dati si riferiscono al mese di giugno 2014.

5.2 Monitoraggio di fase 2

Il monitoraggio di fase 2, come già sottolineato, nasce con lo scopo di controllare i movimenti lungo le fratture in profondità, mediante la posa di estensimetri multibase in foro. L'area d'installazione si sviluppa attorno al ciglio del crollo (coronamento della frana) con le perforazioni orientate dall'interno verso l'esterno con lo scopo di intercettare le principali fratture individuate in superficie (Fig. 33).

Sono stati eseguiti 6 sondaggi a carotaggio continuo con profondità variabile tra 20 m e 71 m e con inclinazione rispetto al piano orizzontale variabile tra 5° e 30°. Ciascun foro è stato attrezzato con n. 3 sensori (basi estensimetriche): a fondo foro e in corrispondenza delle fratture più significative come da tabella (Tab. 1). L'installazione è stata terminata il 24 febbraio 2015 e il sistema ha già iniziato a registrare i dati derivanti dai

sensori. Tuttavia sarà necessario un breve periodo di funzionamento per la validazione dei dati e l'inserimento di tale strumentazione nell'impianto di allarme per un sistema di monitoraggio integrato (fase 1 + fase 2) che dovrà garantire il controllo della stabilità dell'ammasso roccioso nella zona del crollo almeno per i prossimi 5 anni, prevedendo un'attività di manutenzione ordinaria (preventiva) e straordinaria (correttiva) per una gestione efficiente, affidabile e duratura nel tempo. La manutenzione è infatti estremamente strategica nell'ambito della gestione, a lungo termine, di un sistema di monitoraggio in automatico affinché se ne possa garantire il funzionamento dinanzi ad un'ampia gamma di inconvenienti che possono manifestarsi, dal degrado dei vari componenti ai danni per fenomeni naturali e accidentali, senza tralasciare l'evenienza di atti di vandalismo. Anche in questo caso, le perforazioni, oltre a servire per l'installazione degli estensimetri multibase, hanno forn-

to importanti indicazioni sullo stato fessurativo dell'ammasso roccioso nella fascia attorno al coronamento della frana, sia attraverso l'analisi delle carote che attraverso la video-ispezione (Fig. 34). In ciascun foro sono state identificate diverse fratture importanti non rilevate ovviamente attraverso il rilievo di campagna; in alcuni casi si tratta di fratture aperte con marcata ossidazione quale indice di circolazione idrica in profondità. Sono in corso le valutazioni geomeccaniche sui nuovi dati ottenuti attraverso i carotaggi.

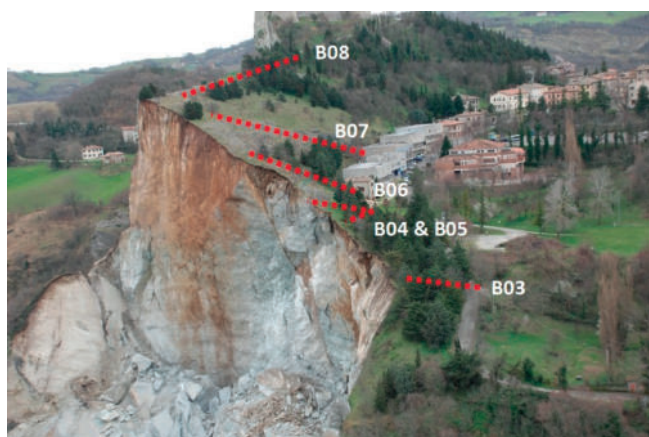


Fig. 33 - Traccia dei fori attrezzati con gli estensimetri multibase per il monitoraggio delle fratture profonde.

6. Analisi di stabilità

I dati geomeccanici ricavati dai rilievi di terreno e dal sondaggio sono stati utilizzati per le verifiche di stabilità, quale ulteriore elemento decisionale nell'ambito della valutazione e definizione degli scenari di rischio. Qui di seguito sono commentati i risultati delle verifiche di stabilità in forma sintetica.

- Analisi di stabilità globale della parete del crollo (parete nord).

Le analisi di stabilità globale della parete nord sono state condotte con metodi agli elementi finiti (FEM) e agli elementi distinti (DEM, Fig. 35). Le metodologie di verifica mettono in luce che il fenomeno predisponente all'innescò d'instabilità globale della porzione di placca frontale (crolli generalizzati) è dovuto alla sotto-escavazione della placca rocciosa. Tale fenomeno, che risulta determinante nell'instaurarsi di crolli di grandi dimensioni, appare ora sospeso poiché le argille alla base sono coperte dal detrito generatosi durante l'evento del 27 febbraio 2014. Nel lungo periodo potrebbero ripresentarsi le condizioni sfavorevoli alla stabilità nel momento in cui si riattiveranno i processi erosivi alla base con asportazione del detrito per opera di scivolamenti e colate della parete rocciosa.

- Analisi di stabilità locale della parete del crollo (parete nord).

Le analisi di stabilità locale della parete nord sono state condotte con metodi all'equilibrio limite.

L'analisi si è concentrata nella porzione centrale del crollo, ove è presente una zona molto fratturata dell'ammasso per via di fratture K1 e K4 (Fig. 36). Le analisi di stabilità dei cunei rocciosi sono staticamente soddisfatte sebbene permangono fattori di incertezza tali per rite-

SONDAGGIO	PROFONDITÀ	BASE 1	BASE 2	BASE 3	DATA
B01	32.50	32.00	22.80	11.60	luglio 2014
B02	14.80	14.50	7.80	====	luglio 2014
B03	25.10	24.50	15.95	8.70	feb 2015
B04	20.70	19.90	13.50	7.50	feb 2015
B05	28.20	27.75	23.40	15.00	feb 2015
B06	46.60	44.60	29.20	13.70	feb 2015
B07	71.00	70.50	52.10	10.70	feb 2015
B08	67.20	66.50	54.20	19.00	feb 2015

Tab. 1. Lunghezza dei sondaggi sub-orizzontali e profondità di posa dei sensori estensimetrici.

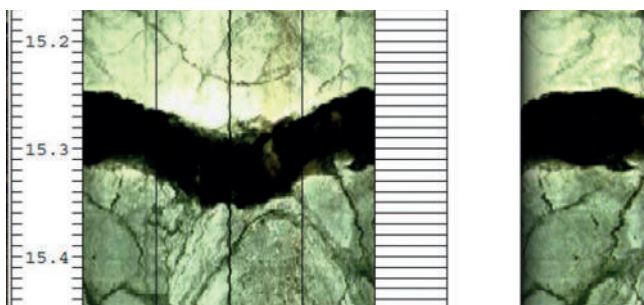


Fig. 34 - Un esempio di frattura significativa individuata nel corso dei carotaggi eseguiti per la posa degli estensimetri multibase in foro. In questo caso si tratta di una frattura aperta di circa 7,5 cm, ben riconoscibile anche in carota.

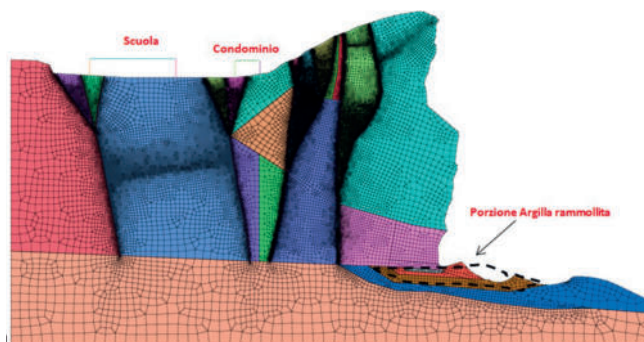


Fig. 35 - Verifiche di stabilità globale sulla parete di crollo. Il modello DEM evidenzia l'importanza della sotto-escavazione delle argille del substrato quale causa di predisposizione al dissesto (la sezione geomeccanica di riferimento è mostrata in Fig. 10).

nere il ciglio non sicuro. Per quanto riguarda la stabilità dell'area evidenziata in giallo, essa appare in condizioni di stabilità precaria per il possibile scivolamento di blocchi di roccia lungo le discontinuità della famiglia K4.

- Analisi di stabilità globale della parete est.

Le analisi di stabilità globale della parete est sono state condotte con metodi agli elementi distinti.

Come avviene per la parete nord, lungo la parete est la stabilità globale è assicurata dalla presenza di una coltre di detrito roccioso, generatosi probabilmente durante un crollo avvenuto nel 1700, che ha sospeso consistentemente il fenomeno di sotto-escavazione della placca rocciosa.

I modelli hanno mostrato che, nel caso in cui questi processi dovessero riattivarsi, in questa porzione della rupe potrebbero accadere fenomeni di perdita di resistenza lungo le discontinuità e successivi movimenti senza raggiungere il collasso della rupe nell'immediato. In questo caso, l'ammasso roccioso sembra riuscire ad assestarsi raggiungendo un nuovo equilibrio.

- Analisi di stabilità locale della parete est.

Le analisi di stabilità locale della parete est sono state condotte con metodi all'equilibrio limite e agli elementi finiti. Le analisi si sono concentrate nell'area sottostante la strada di accesso alla fortezza di San Leo ove è presente un'importante placca rocciosa il cui crollo potrebbe compromettere la viabilità stradale e la sicurezza dei mezzi e delle persone che vi transitano. Occorre precisare che le indagini effettuate consentono ragionevolmente di ritenere che il crollo avvenuto il 27 febbraio 2014 non ha prodotto risentimenti significativi e visibili nell'area in oggetto. La stabilità della placca in esame non risulta quindi sostanzialmente modificata a seguito degli eventi recentemente occorsi.

Il meccanismo di dissesto più probabile è quello di scivolamento planare lungo le discontinuità della famiglia K4, disposte a franapoggio in questa porzione della Rupe. Le analisi di stabilità condotte portano a concludere che le verifiche sono soddisfatte solo potendo ipotizzare la presenza di una certa percentuale di ponti di roccia lungo le fratture della famiglia K4. Purtroppo, la quantificazione della percentuale di ponti di roccia non è verosimilmente determinabile in sito con sufficiente attendibilità e precisione.

7. Gli scenari di rischio

Dopo il crollo è stato necessario definire un primo scenario di rischio, "scenario di rischio 1", ritenendo plausibile una riattivazione del dissesto; è stato perciò valutato in via cautelativa il potenziale interessamento di un'ampia area attorno al crollo, comprendente 5 edifici: abitazione privata, condomini 1 e 2, Caserma dei Carabinieri e la scuola materna – elementare (area rossa nella Fig. 37). Ovviamente, è stata considerata a rischio anche l'area ai piedi della parete che comprende tutto l'accumulo di frana.

L'interdizione dell'area ha comportato l'evacuazione di 15 persone e una sistemazione provvisoria per le attività scolastiche e la Caserma dei Carabinieri.

I primi rilievi eseguiti e l'impiego del radar interferome-



Fig. 36 - Fascia di parete rocciosa intensamente fratturata con intersezione dei due sistemi di frattura K1 e K4.

trico assieme all'avvio del monitoraggio strumentale di fase 1 (controllo delle fratture in superficie), a partire dal 18 aprile 2014, hanno consentito di aggiornare il primo scenario di rischio, elaborato subito dopo il crollo.

Con il nuovo scenario, denominato "scenario di rischio 2", l'area attorno al crollo è stata suddivisa in 4 zone: zona A, B1, B2 e C (Fig. 38).

Zona A. La strada di circonvallazione è stata ritenuta non più agibile perché esposta ad elevato rischio per un tratto di circa 100 metri (prossima al ciglio della parete rocciosa e interessata da fratture significative e piani di discontinuità della roccia a franapoggio). È stata perciò proposta la realizzazione di un percorso alternativo lontano dal ciglio e dell'area potenzialmente instabile.

Zona B1. La casa privata, prossima al ciglio della scarpata, e il Condominio 1 rientrano in un'area che, al momento, è ancora da considerarsi a rischio molto elevato e pertanto si è ritenuto di mantenere il vincolo di non agibilità con la condizione che a conclusione dello studio e installato il sistema di monitoraggio della fase 2, sarebbero state rivalutate le condizioni di rischio di entrambi i fabbricati e quindi di agibilità.

Zona C. La caserma dei carabinieri, il condominio 2 e la scuola sono apparse collocate in una fascia a minore rischio, esterna alle aree di potenziale coinvolgimento per evoluzione del dissesto. È stato ritenuto, pertanto, possibile rimuovere il vincolo di inagibilità alle seguenti condizioni: attivazione del monitoraggio di fase 1 e definizione del Piano di emergenza di Protezione Civile correlato.

Zona B2. Gli studi condotti hanno evidenziato che la zona del tornante della strada di accesso alla fortezza non rientra fra le aree di coinvolgimento del crollo del febbraio 2014, né si rilevano risentimenti visibili/tangibili riconducibili al crollo. Tuttavia, i primi rilievi in parete hanno evidenziato un'intrinseca situazione di rischio legata alla prossimità della strada al ciglio di scarpata e alla presenza di fratture significative. Relativamente alla riapertura della strada, è stato ritenuto quindi indispensabile portare a compimento un approfondimento delle indagini (geognostica profonda) ed estendere anche a questo settore il monitoraggio di fase 2 (controllo delle fratture profonde).

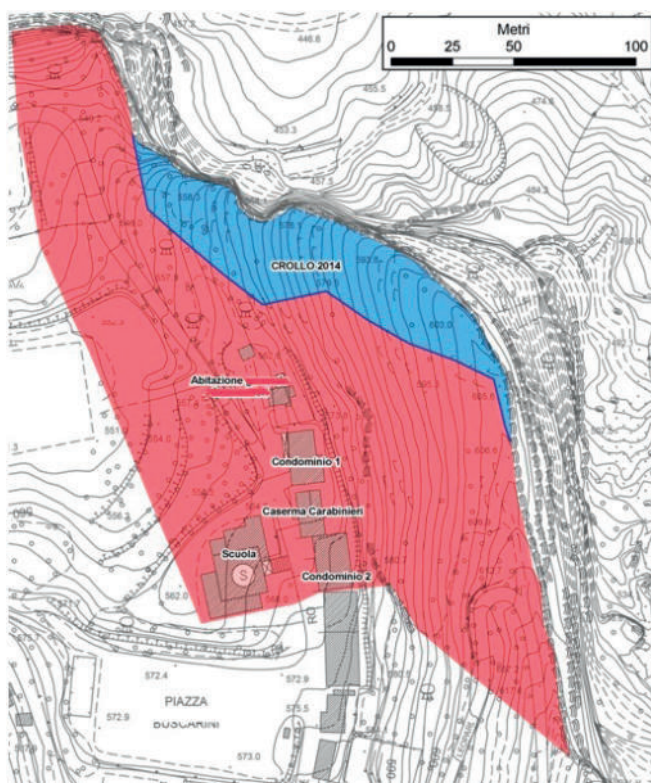


Fig. 37 - Primo scenario di rischio ("scenario di rischio 1", 28 febbraio 2014) con l'individuazione di un'ampia area a rischio evacuata (area rossa).

Il sondaggio verticale profondo e l'installazione degli estensimetri in foro nella zona del tornante (controllo delle fratture in profondità, luglio 2014) e le risultanze delle prime verifiche di stabilità hanno consentito di aggiornare il secondo scenario di rischio. Tale aggiornamento, che ha portato alla definizione dello "scenario di rischio 3", non ha comportato una modifica cartografica ma ha solamente variato i vincoli all'interno della zona B2, relativa alla via di accesso alla fortezza. L'aggiornamento ha consentito di riaprire l'accesso alla fortezza con l'utilizzo di navetta autorizzata con numero limitato di corse. Il monitoraggio di fase 2 (controllo delle fratture in profondità), la cui installazione è stata da poco completata, e le ulteriori verifiche di stabilità alla luce dei nuovi dati strutturali e geomeccanici potranno consentire di aggiornare il terzo scenario di rischio, attualmente in vigore. A tutt'oggi risultano ancora evacuate alcune famiglie.

8. Conclusioni

Il crollo della rupe di San Leo del 27 febbraio 2014 è stato un evento di portata eccezionale per dimensioni e complessità, che ha richiesto un notevole impegno tecnico-scientifico e un'assunzione di responsabilità in relazione al tema della pubblica incolumità. Attraverso l'intensa attività di studio condotta e descritta in queste pagine, si vogliono sottolineare due aspetti, sul piano tecnico, risultati determinanti nella gestione dell'emergenza:

1. l'approccio multidisciplinare attraverso l'impiego di diverse tecniche di rilievo e di indagine che hanno fornito elementi conoscitivi essenziali;
2. la messa a punto di un sistema di monitoraggio inte-

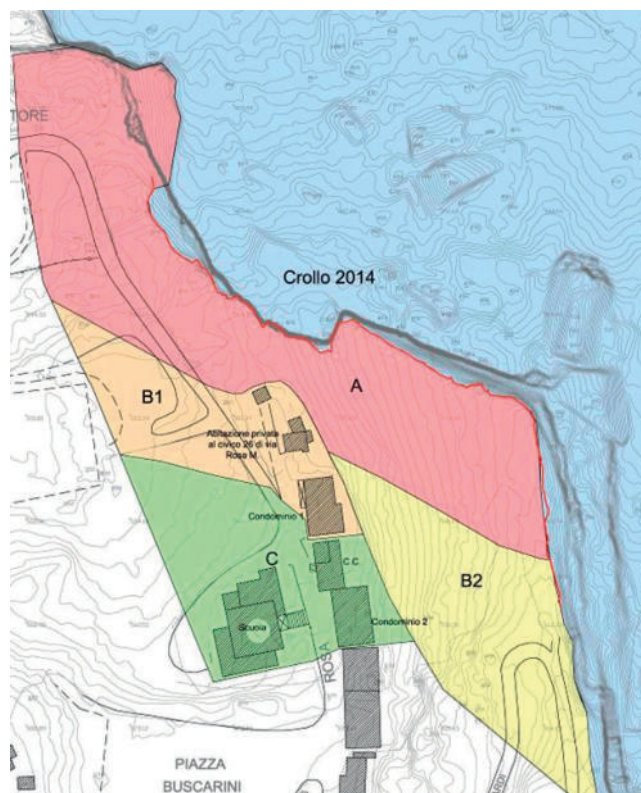


Fig. 38 - "Scenario di rischio 2" (22 aprile 2014) con l'individuazione di 4 aree a diverso rischio limitando l'interdizione definitiva alla sola fascia A (rossa) intorno al ciglio della parete di crollo.

grato, attraverso l'impiego del radar da terra per il controllo del fronte di crollo e l'installazione di una serie di sensori per il controllo delle principali fratture in superficie e in profondità, all'interno dell'ammasso roccioso.

Lo studio multidisciplinare e il monitoraggio integrato hanno fornito le necessarie conoscenze e il supporto tecnico per definire gli scenari di rischio risultati essenziali a livello decisionale, sperimentando, in tal modo, sul campo un metodo di lavoro che si è dimostrato efficiente e puntuale nei tempi di risposta.

L'evento franoso del febbraio 2014 ha, inevitabilmente, catalizzato su di sé tutta l'attenzione mediatica e le risorse per affrontare l'emergenza ma non va assolutamente trascurato lo stato di rischio in cui versa la parete sud, sede dell'abitato e dell'unica via di accesso, e la parete est, sottostante la fortezza. In tal senso, si ritiene opportuno estendere la metodologia di indagine adottata per l'evento "febbraio 2014" a tutta la rupe di San Leo attraverso l'esecuzione di: rilievi con drone in parete, rilievi con laser scanner, rilevamento geologico e geomeccanico, sondaggi profondi e indagine geofisica (sismica a riflessione). Lo stesso vale per il monitoraggio dal momento che le aree della rupe a rischio molto elevato (abitato e fortezza) sono attualmente prive di sistemi di controllo. Tutta l'attività conoscitiva sinora svolta, già prima del crollo del febbraio 2014, e quella in previsione, estesa a tutta la rupe di San Leo, ha come fine ultimo (e ambizioso) un progetto generale di interventi di mitigazione del rischio che prevede il consolidamento della rupe e delle aree limitrofe, ai piedi della rupe stessa.

Ringraziamenti

Si coglie l'occasione per ringraziare tutti coloro che hanno fornito al Servizio Tecnico di Bacino Romagna, a diverso titolo, il proprio contributo tecnico-operativo nell'affrontare l'emergenza "San Leo": Agenzia regionale di Protezione Civile, Protezione Civile provinciale, Comune di San Leo, Enser (G. Marchi, G. Benedetti, F. Sciascia), Università di Bologna (L. Borgatti, G. Bitelli, M. Berti, D. Boldini, A. Landuzzi, C. Guerra, M.C. Spreafico), Università di Modena e Reggio-Emilia (A. Corsini), Alpigeo (G. Giacchetti, N. Doglioni, M. Di Giusto), Sal Engineering (M. Dubbini), Land Service (M. Martintoni), Waterstones (M. Rinaldi, G. Piffer), Field (G. Merati), OTR (E. Chini, P. Valesini), Tecnoin (L. Lambertini, M. Uliano), Geomonitoring service (G. Dragà) Università di Firenze (N. Casagli).

Bibliografia

- BADIOLI LUCREZIA (2012). Studio Geologico e strutturale della Rupe di San Leo. Tesi di laurea triennale - relatore G.A. Pini, correlatore C.C. Lucente. Corso di laurea in Scienze Geologiche - Università degli studi di Bologna, AA 2011-2012.
- BENEDETTI G., BERNARDI M., BORGATTI L., CONTINELLI F., GHIROTTI M., GUERRA C., LANDUZZI A., LUCENTE C.C., MARCHI G. (2013). San Leo: centuries of coexistence with landslides. In: Margottini C, Canuti P, Sassa K (eds) *Landslide science and practice*. Springer, Berlin, 6, pp 529–537
- BENEDETTI GIANLUCA, BERNARDI MATTEO, BONAGA GILBERTO, BORGATTI LISA, CONTINELLI FRANCESCA, GHIROTTI MONICA, GUERRA CRISTIANO, LANDUZZI ALBERTO, LUCENTE CLAUDIO CORRADO, M.G., 2013. SAN LEO: CENTURIES OF COEXISTENCE WITH LANDSLIDES C. MARGOTTINI, P. CANUTI, & K. SASSA, EDS. *LANDSLIDE SCIENCE AND PRACTICE*, 6(IV), PP.529–537. AVAILABLE AT: [HTTP://LINK.SPRINGER.COM/10.1007/978-3-642-31319-6](http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-31319-6) [ACCESSED JANUARY 14, 2015].
- BORGATTI L., GUERRA C., NESCI O., ROMEO R. W., VENERI F., BENEDETTI G., LANDUZZI A., MARCHI G. LUCENTE C.C. (2014). The 27th February 2014 San Leo rock fall (northern Italy). *Landslides*, DOI <http://link.springer.com/10.1007/s10346-015-0559-4>.
- CANCELLI A., PELLEGRINI M. (1987). Deep seated gravitational deformations in the Northern Apennines, Italy. 5th Int. Conf. and Field Workshop of Landslides, Australia e New Zealand
- CATURANI A., RIBACCHI R., TOMMASI P. (1991). The San Leo Cliff (Italy): stability conditions and remedial measures. VII ISRM Int. Congr. on Rock Mechanics, Aachen, 2, pp 853–858.
- CONTI S. (1994). La geologia dell'alta Val Marecchia (Appennino tosco-marchigiano). Note illustrative alla carta geologica 1:50.000. *Atti Tic. Sc. Terra*, 37, 51-98.
- DE FEYTER A.J. (1991). Gravity tectonics and sedimentation of the Montefeltro, Italy. *Geol. Ultraiect.*, 35, 1-168.
- LUCENTE C.C., MANZI V., RICCI LUCCHI F., ROVERI M. (2002). Did the Ligurian sheet cover the whole Romagna Apennines? *Boll. Soc. Geol. It.*, Volume speciale 1, 385-392.
- GUERRA C., NESCI O. (2013). L'analisi del paesaggio storico come strumento per la comprensione dell'evoluzione morfologica e ambientale del territorio. Alcuni casi studio nel Montefeltro. *Il Geologo dell'Emilia-Romagna*, Anno XIV/2013, n. 48 - 49 - Nuova Serie, 7-15.
- RICCI LUCCHI F. (1986). The Oligocene to Recent foreland basins of the northern Apennines. *International Association of Sedimentologists Special Publication*, 8, 105-139.
- RICCI LUCCHI F., ORI G.G. (1985). Field excursion D: syn-orogenic deposits of a migrating basin system in the NW Adriatic foreland. In Allen P.H., Hornwood P. & Williams G. Eds., *Excursion Guidebook, Foreland Basin Symp.*, Fribourg, 137-176.
- ROVERI M., ARGNANI A., LUCENTE C.C., MANZI V., RICCI LUCCHI F. (1999). Guida all'escursione nelle Valli del Marecchia e del Savio. Riunione Autunnale del Gruppo Informale di Sedimentologia.
- RUGGERI G. (1958). Gli esotici neogenici della colata gravitativa della Val Marecchia (Appennino Romagnolo). *Atti Acc. Sc. Lett. e Arti Palermo*, 17, 7-169
- SPREAFICO M.C., FRANCONI M., CERVI F., STEAD D., BITELLI G., GHIROTTI M., GIRELLI V.A. LUCENTE C.C., TINI M.A., BORGATTI L. (in press). Back analysis of the 2014 San Leo landslide using combined terrestrial laser scanning 3D distinct element modelling. *Rock Mechanics and Rock Engineering*.

GEO-PROBE s.r.l.

omaggi geognostici Bologna

INDAGINI GEOGNOSTICHE

Sondaggi geotecnici e stratigrafici

Sondaggi ambientali

Prove geotecniche in situ

Prove penetrometrie statiche

CPT, CPTe, CPTU

Prove dinamiche superpesanti DPSH

Prove dinamiche leggere DPL

Prove di carico su piastra

Letture inclinometriche

ATTREZZATURA PER GEOGNOSTICA

Penetrometro Pagani su

Unimog Mercedes 416 E 400 L

Cingolato Pagani TG 63/100

Penetrometro Pagani DPM 030

Sonda CMV

Sonda Ipc Mod. Drill 830L

Carotatrice Hilti DD 160

Piastra Controls

Sonda OTR OG 390

Via Cimarosa, 119 - 40033 Casalecchio di Reno (BO)

Tel. 051.6133072 – Fax 051.6133512

E-mail: geoprobe@geo-probe.com



LabService Analytica s.r.l.

Via Emilia 51/c – 40011 Anzola Emilia (BO)- tel. 051732351
www.labservice.it info@labservice.it



Analizzatori di Biogas

Rilevatori per sicurezza personale



Monitoraggio siti contaminati

Detector PID per monitoraggio di VOC



*...ora la qualità dell'aria
è nelle tue mani!*



ION SCIENCE *Authorised Service Centre*

TECNOLOGIE AL SERVIZIO DELL'AMBIENTE E DELLA GEOTECNICA

SONGEO S.R.L.

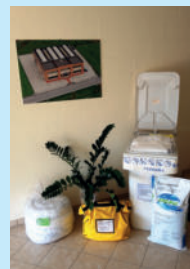


Via A. Ascari, 6
44019 Gualdo di Voghera (FE)
Tel. 0532/815683 - Fax 0532/776455
www.songeo.it - info@songeo.it

- PROVE PENETROMETRICHE CON PIEZOCONO SISMICO SCPTU
- KIT PRONTO INTERVENTO PER EMERGENZA AMBIENTALE

- Albo Nazionale Gestori Ambientali Cat. 9-E. iscrizione n° BO 03079
- Laboratorio autorizzato con decreto n° 56718 del 17/09/07 all'esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del DPR 380/2001 e Circ. min. 7619/STC
- SISTEMA QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008 - Certificato N. 17493 del 08/11/11

...dal 1980



...ad oggi

I penetrometri nella pratica regionale

Mario Mambrini
Geologo | libero professionista

1. Introduzione

L'Emilia-Romagna è una delle Regioni trainanti l'economia nazionale e ciò favorisce gli investimenti edilizi ed infrastrutturali. Inevitabile il confronto ingegneristico con le terre e le rocce che l'evoluzione geologica ha distribuito nell'area, conferendole morfologie alquanto articolate (figura 1).



Fig. 1 - Inquadramento cartografico regionale (tratto da Cartografia geologica interattiva regionale)

Dalla pianura alluvionale a Nord, al crinale dell'Appennino a Sud, alla costa adriatica ad Est, si alternano molteplici problematiche che richiedono il lavoro dei Geologi. Davvero non mancano le occasioni per conferire utilità a tali contributi ed è un peccato sprecarle. Le competenze professionali disponibili sono differenziate e, a volte, ciò porta a mobilitare quelle più solide in seconda battuta, soprattutto quando, nella prima, il criterio del minimo impegno ha prodotto guai. Personalmente ritengo che le ricerche applicative siano proficue quando concorrono a rendere razionale un Progetto o a mettere in Sicurezza una porzione di Territorio. Di converso, reputo inutili e dannosi sotto diversi profili quei prodotti che si limitano al riciclo d'informazioni bibliografiche, così da aggirare le difficoltà di un'attenta trattazione relativa all'argomento specifico in esame. Spesso i limiti tecnici del singolo sono compensati dalla convenienza economica, ottenuta riducendo gli oneri per sondaggi e prove, nonché i tempi per dare costrutto ai dati raccolti. L'articolo riporta alcune considerazioni sull'uso dei penetrometri, gli strumenti diagnostici più frequentemente utilizzati in ambito locale per contenere i costi d'indagine ed ottenere informazioni sul sottosuolo. Se diverse caratteristiche possono

essere effettivamente desunte dalle misure in situ, altre richiedono prove sperimentali di laboratorio. In una terra coesiva saturata che, notoriamente, risponde in modo difforme alle sollecitazioni rapide e lente, l'abbinamento di entrambe le tecniche speculative consente di delineare un quadro esaustivo. Per le terre incoerenti, le varie modellazioni presuppongono soprattutto condizioni drenate e, in tale ambito, i penetrometri sono insostituibili, giacché raccogliere campioni integri in quei materiali è un'operazione complessa e particolarmente costosa. Che si ricorra alla prova quasi statica (CPT e derivati elettrici), o a quella dinamica nelle sue varianti continue, l'interpretazione dei risultati non è banale: gli algoritmi offerti dalla bibliografia sono fondamentali, ma richiedono i filtri della cultura geologica e dell'esperienza geotecnica, senza i quali l'attività professionale si riduce ad un esercizio dilettantistico. Quell'esperienza si acquisisce soprattutto nel proprio territorio di lavoro, ricercando le occasioni di confronto con dati omologhi di diversa estrazione, verificando alla piena scala la rispondenza d'ogni sintesi e assumendosi le relative responsabilità. I casi esposti nel seguito mostrano i problemi più comuni che conseguono evitando tale processo. Nel testo sono richiamati alcuni algoritmi noti a chi si occupa di Geotecnica; gli eventuali adattamenti empirici derivano da scelte personali.

2. II CPT

Con tale sigla s'intende il sondaggio penetrometrico quasi-statico: una macchina a funzionamento idraulico spinge nel terreno una batteria d'aste dotata di un utensile terminale di foggia e dimensioni standardizzate. Nella configurazione più usata, quest'ultimo è illustrato in figura 2.

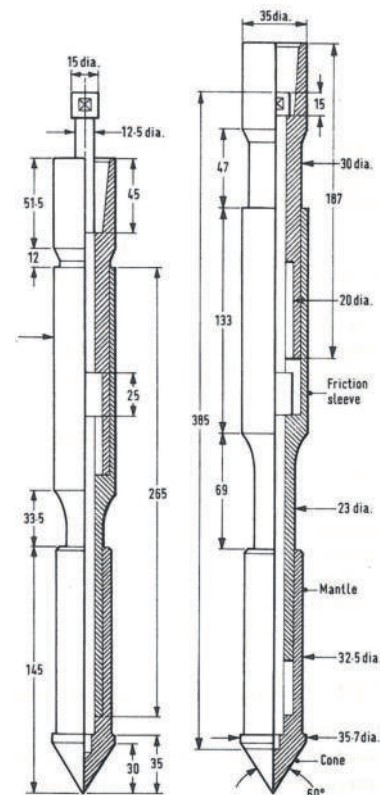


Fig. 2 - Puntale standard M2 all'inizio ed alla fine di ciascun tratto di misura

Un dinamometro a bordo macchina rileva dapprima la resistenza opposta dall'avanzamento del solo cono terminale, poi quella sul complesso costituito dalla punta e dal manicotto che la segue, preposto com'è a rilevare l'incremento dovuto all'attrito radente lungo il foro. In un metro d'avanzamento si ottengono cinque coppie di misure. La quantità dei dati aumenta di un fattore 10 con le punte che alloggiavano al loro interno sensori estensimetrici e sono infisse in continuo nel terreno. Le litologie argillose sono generalmente contraddistinte da attrito elevato in rapporto alla resistenza di punta. Avviene il contrario in quelle sabbiose. Tale sondaggio ha ottime prerogative nella Bassa e nella Media Pianura, dove gli orizzonti ghiaiosi sono subordinati a sabbie, limi ed argille. Dove la logistica è favorevole, conviene ricorrere agli strumenti più prestazionali (qualche esempio in figura 3) e sfruttarli appieno, procedendo in profondità fin dove è possibile, così da esaurire il potenziale offerto da quella tecnica d'indagine a costo contenuto.

Nonostante si possano estrarre stratigrafie alquanto articolate dal rapporto tra la resistenza d'attrito locale (f_s) e la resistenza di punta (q_c), non c'è poi modo di tradurle compiutamente nelle successive elaborazioni di carattere meccanico. Tuttalpiù la discriminazione riguarda la natura del terreno, da scegliersi drasticamente tra incoerente o coesiva.

2.1 Le terre incoerenti

Per le terre incoerenti, si deve ritenere che la risposta alle sollecitazioni statiche si svolga nell'ambito delle tensioni efficaci, dunque a drenaggio rapido, presumendo un'elevata mobilità dei fluidi interstiziali. È ritenuto alquanto attendibile il risultato relativo all'angolo di resistenza a taglio ϕ' , sempre che si abbia a che fare con sabbie quarzose o ghiaie fini. Il diagramma in figura 4 (Durgunoglu & Mitchell, 1975¹) trova larga applicazione. Ovviamente, i picchi di resistenza prodotti da eventuali elementi grossolani non sono da mettere in conto.



Fig. 3 – Macchine autocarrate da 200 kN o più

Diverse correlazioni riguardano la densità relativa (D_r) alla profondità di seppellimento, espressa dalla tensione litostatica efficace σ'_{v0} ; giudicata affidabile la seguente equazione empirica:

$$q_c = 15.31 \cdot \exp(0.0275 \cdot D_r) \cdot (\sigma'_{v0})^{0.516}$$

(ENEL CRIS et Al, 1983²)

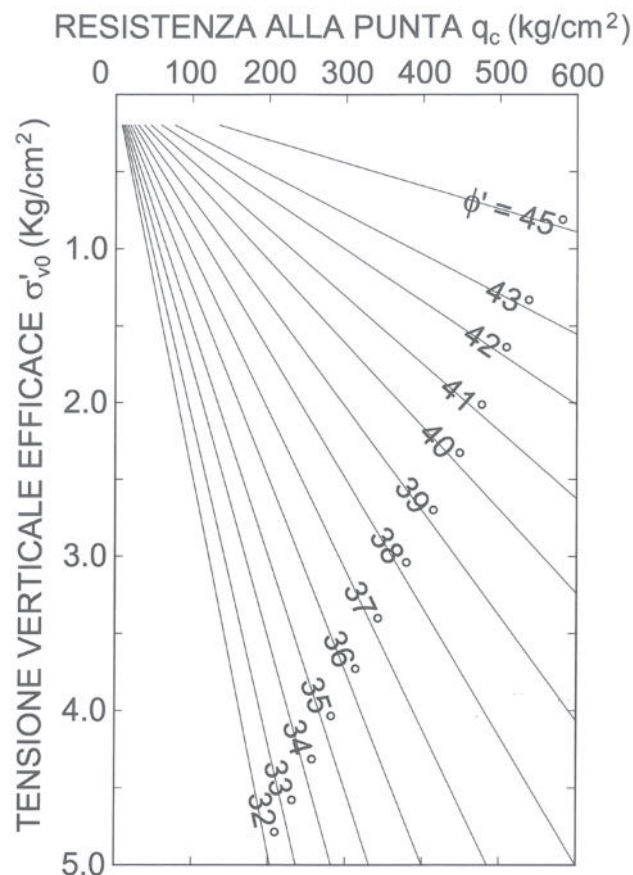


Fig. 4 - Angolo di resistenza a taglio da q_c e σ'_{v0} per le sabbie

ottenuta per le sabbie normal-consolidate del Ticino. È il caso di ricordare che, in Pianura, il processo di crescita prevalse sull'erosione, pertanto lo stato normal-consolidato dovrebbe costituire la regola, almeno per le terre in argomento. Per tale condizione s'intende un addensamento del deposito proporzionale al carico sovrastante; il rapporto tra una precedente tensione (σ'_p) maggiore di quella litostatica attuale (σ'_{v0}) è detto OCR; nel caso specifico OCR = 1.

In questa circostanza, il modulo di deformazione (E'), utilizzabile per i cedimenti delle fondazioni dirette, vale orientativamente ($2.5 \cdot q_c$) per le piante circolari e quadrate e ($3.5 \cdot q_c$) per quelle nastriformi (Schmertmann, 1978³).

Moduli sostanzialmente superiori riguardano, ad esempio, le sabbie precomprese dall'espansione e dal ritiro di cappe glaciali, eventi che non trovano riscontro nella storia geologica della nostra Regione.

Il CPT serve anche per valutare il rischio di liquefazione, fenomeno di natura dinamica conseguente a terremoti d'elevata intensità. Le rapide deformazioni indotte in una sabbia sciolta immersa in falda determinano una particolare condizione non-drenata che annulla la resistenza a taglio, provocando in superficie cedimenti ed espulsioni del sedimento. Per il calcolo si utilizza in genere la procedura di Robertson & Wride, 1997, e la sintesi di Iwasaky et Al., 1982. Le relative descrizioni sono reperibili nella bibliografia specialistica⁴. A tal proposito, occorre evidenziare che quegli Autori considerarono le misure ottenute dal puntale elettrico (CPTe), non quelle relati-

ve alla punta meccanica più correntemente usata. La differenza è sostanziale per quanto riguarda l'attrito laterale locale (f_s), parametro sensibile al contenuto della frazione granulometrica fine e, pertanto, fondamentale nello sviluppo del procedimento.

Disponendo di un semplice CPT, il ricorso a quel metodo richiede dunque una correzione ad f_s . In via approssimativa, è consigliabile dimezzare quel valore per rendere congruente la classificazione litologica adottata dagli Autori con quella relativa all'utensile meccanico (Schmertmann, 1970, 1978⁵, figura 5).

Ciò vale per le sabbie, ma l'operazione è lecita, giacché l'obiettivo è prevedere proprio per quelle la liquefazione, fenomeno peraltro non quantificabile in via rigorosa.

È tuttavia essenziale che la rilevazione delle misure in situ sia eseguita da tecnici esperti, magari col controllo di chi elaborerà quei dati in chiave sismica: nelle sabbie, infatti, la lettura della resistenza complessiva di punta e manicotto è particolarmente critica e va colta nell'attimo dell'aggancio dei due componenti, non verso la fine della corsa meccanica. Probabilmente le discrepanze anomale con l'attrito frizionale f_s ottenuto dai puntali elettrici dipendono dall'operatore o dal dinamometro con display digitale, che, in questo caso, si rivela una pessima alternativa ai tradizionali manometri analogici. Infine, il CPT si presta per stimare il modulo di taglio (G_0).

Per le sabbie, è disponibile la seguente relazione:

$$G_0 = 1634 \cdot q_c^{0.25} \cdot \sigma_{v0}^{0.375}$$

(Rix & Stokoe, 1991⁶)

valida per l'unità di misura kPa.

Stimato il peso di volume del terreno (ρ), da G_0 si può poi risalire alla velocità delle onde di taglio V_s tramite l'equazione:

$$V_s = (G_0 / \rho)^{0.5}$$

parametro fondamentale per valutare la risposta sismica locale.

Ovviamente, quest'ultimo metodo non sostituisce l'approccio geofisico, ma torna utile per verificare l'interpretazione delle prospezioni di superficie, che generalmente tendono a sovrastimare le velocità negli strati profondi.

Protrarre il CPT fino a -30 m (o più) trova ulteriore giustificazione in tale controllo, inteso a definire correttamente la categoria stratigrafica secondo le *Norme Tecniche per le Costruzioni* (NTC 2008).

Quanto sopra costituisce l'attrezzatura di base che personalmente preferisco tra gli analoghi algoritmi offerti dalla bibliografia.

Difficile controllare quali, tra quelli, siano i più consoni alle sabbie padane, giacché i riscontri sperimentali sono rari; la mia scelta è basata sulla semplice esperienza di numerose applicazioni positive alla scala ingegneristica. Nella pratica edilizia corrente, le tecniche più raffinate sono improponibili.

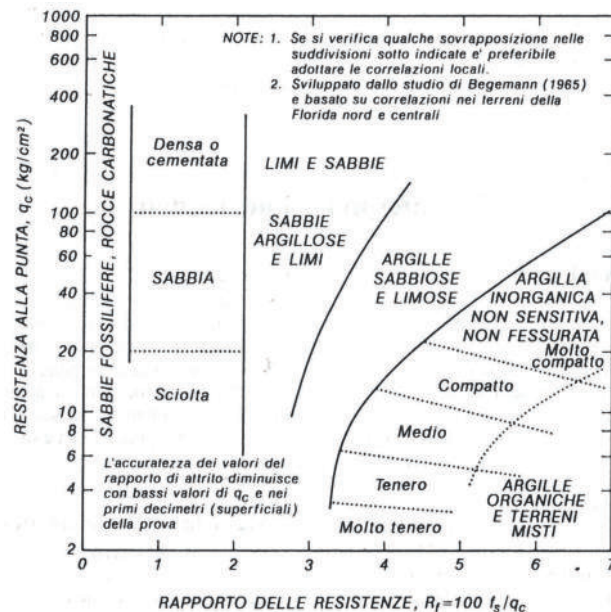


Fig. 5 - Classificazione litologica da q_c ed f_s valida per il puntale M2

2.2 Le terre coesive

Per queste, si deve ritenere che la risposta alle sollecitazioni si svolga inizialmente nell'ambito delle tensioni totali, dunque a drenaggio impedito, per poi risolversi nel quadro delle tensioni efficaci con l'adeguamento della pressione interstiziale all'idrostatica. Ovviamente, tale processo vale per lo stato saturo; per quello insaturo, la presenza della fase gassosa complica notevolmente il modello. La rapida penetrazione del puntale in una terra a bassa permeabilità modifica inevitabilmente la pressione dell'acqua imprigionata nei pori, dunque il CPT non può che risultare significativo per saggiare la condizione iniziale non-drenata. Per determinare quella finale drenata, non c'è alternativa alle prove di laboratorio sulle campionature, che sono dunque necessarie per descrivere compiutamente il modello geotecnico ed ottemperare ai dettami normativi. Ciò riguarda sia la resistenza a taglio, sia le caratteristiche di compressibilità. I numerosi CPT eseguiti nella Regione rivelano il ripetersi di un cliché morfologico.

Il diagramma q_c relativo ai banchi coesivi si presenta con andamento articolato nell'ambito dei primi 10 ÷ 20 m di profondità; i valori denunciano spesso consistenze in eccesso rispetto a quelle conseguenti al semplice seppellimento. Ciò indica terre sovraconsolidate, giacché, altrimenti, il diagramma giocherebbe su una retta ad inclinazione costante con $q_c = 0$ in superficie e con gradiente assai ridotto a scendere.

La figura 6 mostra, appunto, l'andamento da attendersi in un deposito del genere; il test fu eseguito con una particolare tecnica (figura 7) nei sedimenti accumulati nel bacino idroelettrico di Mignano in Val D'Arda. Svuotato l'invaso fino a rendere affioranti le isole di fango, ci si rese conto che quel terreno non avrebbe retto un qualsiasi mezzo di superficie, pertanto s'installò un piccolo penetrometro statico-dinamico autoancorante (DINASTAR - Tecnotest) su un barchino. Arenandosi sul bagnasciuga, quest'ultimo fungeva da piattaforma per il sondaggio.

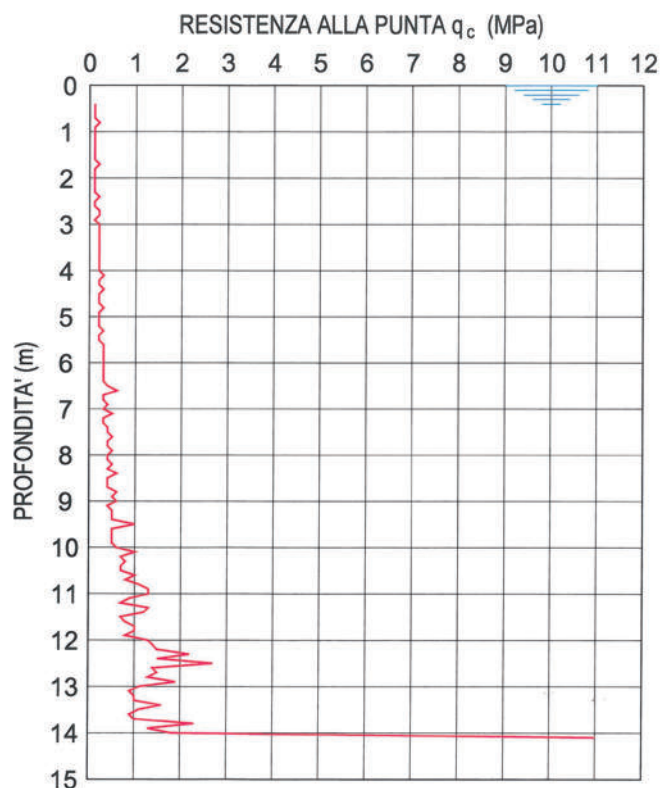


Fig. 6 - Diagramma di q_c in fanghi normalconsolidati saturi; il picco finale corrisponde al fondo roccioso del lago

In Pianura, la sovraconsolidazione non può dipendere da sgravi litostatici, perché qui gli apporti sedimentari prevalsero sull'erosione. Più logico imputare la consistenza acquisita dai fanghi originari ad un essiccamento seguito al deposito. Notoriamente, il meccanismo che indurisce il suolo è regolato dalla tensione superficiale dell'acqua, la forza che ne incurva il pelo libero al contatto con un solido. Il deposito fresco è privo della fase gassosa ed il liquido interstiziale costituisce una trama continua soggetta alla sola pressione idrostatica. La desaturazione genera bolle di gas nella compagine e suscita i menischi capillari che attraggono reciprocamente i grani. In un'argilla, questi sono di dimensioni minime, pertanto, grande è l'area specifica esposta alla tensione superficiale dell'acqua, tant'è che essa produce effetti complessivi rilevanti, nonostante le singole forze in gioco siano assai deboli. Il risultato è la riduzione del volume e l'incremento della consistenza. La nuova densità assunta dallo scheletro minerale tende a resistere alla risommersione in falda, sempre che la frazione argillosa non sia fortemente rigonfiante.

In una piana alluvionale soggetta ad apporti ciclici di sedimenti fini, ogni nuovo strato aggiunto finisce naturalmente esposto all'aria ed ai conseguenti processi di ritiro, dunque non sorprende che di questi si conservi il ricordo in un pacco di paleosuoli via via sovrapposti. In profondità, la sovraconsolidazione scompare e i diagrammi penetrometrici tendono ad assumere un andamento crescente. Ciò è logico, giacché il ritiro conseguente alla desaturazione è limitato alle forze intergranulari disponibili nel processo; laddove il carico litostatico provoca un maggiore addensamento, si perde la memoria della storia vissuta in precedenza e la normal-consolidazione diviene la regola.

In ogni caso, resta la tendenza a ridurre la compressibilità proporzionalmente all'invecchiamento del deposito. La figura 8 mostra come tale ragionamento si traduca nella pratica; l'area in colore è il campo entro cui collocare OCR di terre argillose presso Carpi (a sinistra) ed a Zadina di Cesenatico (a destra).



Fig 7 - CPT eseguiti nel bacino di Mignano Val d'Arda

I due depositi sono alluvioni continentali e giacciono in falda; il primo è in gran parte sopra il livello del mare, il secondo sotto. In una visione attualistica, l'essiccamento sarebbe da escludersi per entrambi, mentre la storia geologica conferma il fenomeno. Le ciclicità descritte più sopra sono plausibili non solo per i terreni di Carpi, ma anche per quelli di Zadina; infatti, segnatamente ad essi, occorre considerare il ritiro della costa padana verso l'Italia meridionale durante le glaciazioni pleistoceniche, nonché il fisiologico processo subsidente della Pianura. Un semplice CPT può dunque riflettere scenari geologici a grande scala territoriale e temporale, oltre a produrre numeri d'interesse geotecnico. Diversi risvolti conducono a quel tipo di sovraconsolidazione.

Innanzitutto occorre sottolineare che l'essiccamento produce in genere fratture: tipici i suoli poligonali dei campi in estate. Con l'accumularsi di diversi orizzonti incorsi in quel fenomeno, si genera un reticolo di discontinuità che riduce la compagine ad una giustapposizione di prismi. La resistenza dedotta dal CPT potrebbe dunque valere per determinate direzioni dello spazio e per la piccola scala del puntale, non per l'ammasso complessivo. Relativamente alle fondazioni dirette, il calcolo in termini non-drenati della capacità portante richiederebbe, dunque, una riflessione sulla possibile anisotropia del terreno chiamato ad interagire con la struttura. A maggior ragione, la cautela è d'obbligo qualora sia in gioco la stabilità di una trincea verticale: infatti, è sufficiente un velo d'acqua nelle fratture beanti per ribaltare il fronte. Il collasso è improvviso, il senso di rotazione è opposto a quello che contraddistingue gli scoscendimenti, dunque è del tutto fuori luogo basare una verifica su schemi classici. L'instabilità può interessare anche scarpate inclinate, come mostra la figura 9. E' il caso di un canale presso

SEZIONE 3

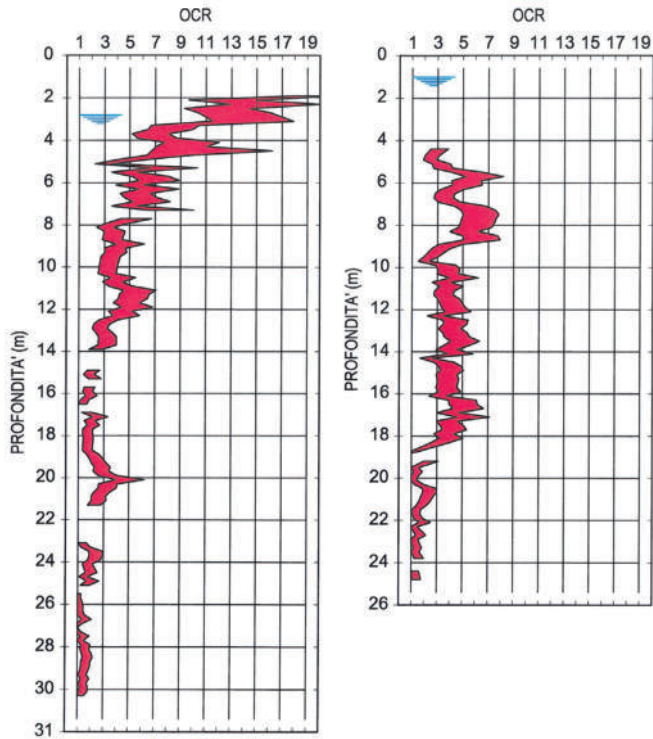


Fig. 8 - OCR da CPT nei siti citati

Piacenza; in rosso la sezione col relativo rivestimento in calcestruzzo, in verde un profilo prodotto dalla frana che interessò lunghi tratti spondali. La resistenza a taglio delle argille denunciata dal CPT avrebbe dovuto offrire margini di sicurezza ridondanti, poi vanificati dall'eccessiva fratturazione e dalla conseguente tessitura discontinua che raccolse le acque di pioggia.

Quanto ai cedimenti delle fondazioni, la sovraconsolidazione è determinante. Alcuni ritengono inaffidabile il contributo delle vicende sin-sedimentarie a ridurre la compressibilità di un'argilla, ma ciò contrasta col fatto che le costruzioni in Pianura cedono di regola assai meno di quanto loro prevedono. Il calcolo ortodosso delle deformazioni implica la conoscenza dei rapporti caratteristici CR, RR ed OCR, rispettivamente: di compressione vergine, di ricomprensione e di sovraconsolidazione. Le prove edometriche, qualora ben program-

mate, eseguite ed interpretate per risalire alla curva vergine in situ, forniscono quei parametri. D'altra parte, l'esperienza di numerosi tests di laboratorio sulle normali argille padane indica che CR gioca in media sul valore 0.20, RR difficilmente supera 0.02, mentre la maggiore variabilità riguarda OCR, il cui peso condiziona il comportamento deformativo del terreno più dei valori propri assunti dai restanti parametri. Se si dispone del solo CPT, per valutare l'ordine di grandezza del cedimento atteso, non si può che far riferimento a quell'indicazione statistica ed a OCR desunto da s_u , vale a dire la resistenza a taglio in termini di tensioni totali, detta più comunemente coesione non-drenata.

La relazione seguente si rivela affidabile:

$$s_u/\sigma'_{v0} = (0.23 \pm 0.04) OCR^{0.8} \quad (\text{Ladd e Foot, 1974, Ladd et al., 1977})$$

A tal proposito, la figura 10 mostra quanto deducibile da un CPT comparato ai risultati d'alcune prove triassiali ed edometriche su campioni prelevati in un carotaggio adiacente. Il sito è in prossimità di Moglia.

Per ottenere quelle convergenze sia di OCR, sia di s_u , quest'ultimo parametro è stato calcolato tramite la seguente espressione empirica:

$$s_u = \lambda (q_c - \sigma_{v0}) / (q_c/4 + 17.5)$$

con: q_c e σ_{v0} (tensione litostatica totale) in bar, $\lambda = 0.75$ per i loam, $\lambda = 1.00$ per le argille "magre", $\lambda = 1.25$ per le argille "grasse", $\lambda = 1.50$ per le torbe e le terre miste.

Tale espressione si rifà all'equazione:

$$s_u = (q_c - \sigma_{v0}) / N_k \quad (\text{Meigh, 1987}^8)$$

con $N_k = 17.5$ (valore medio suggerito dall'Autore); la modifica apportata deriva dall'esperienza di numerosi riscontri personali tra CPT e prove di laboratorio. Premesso tutto ciò, è semplicistico prevedere i cedimenti di una fondazione diretta senza mettere in conto la storia tensionale del terreno: spesso si ottengono sovrastime che possono condizionare il ricorso a strutture d'appoggio più impegnative e costose di quelle necessarie. Ciò capita utilizzando il modulo edometrico (M) tratto in via

SEZIONE 3

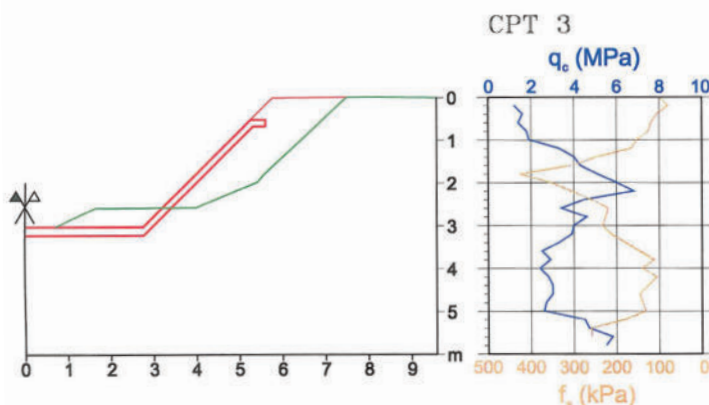


Fig. 9 - Un caso d'instabilità in argille fratturate

S 2



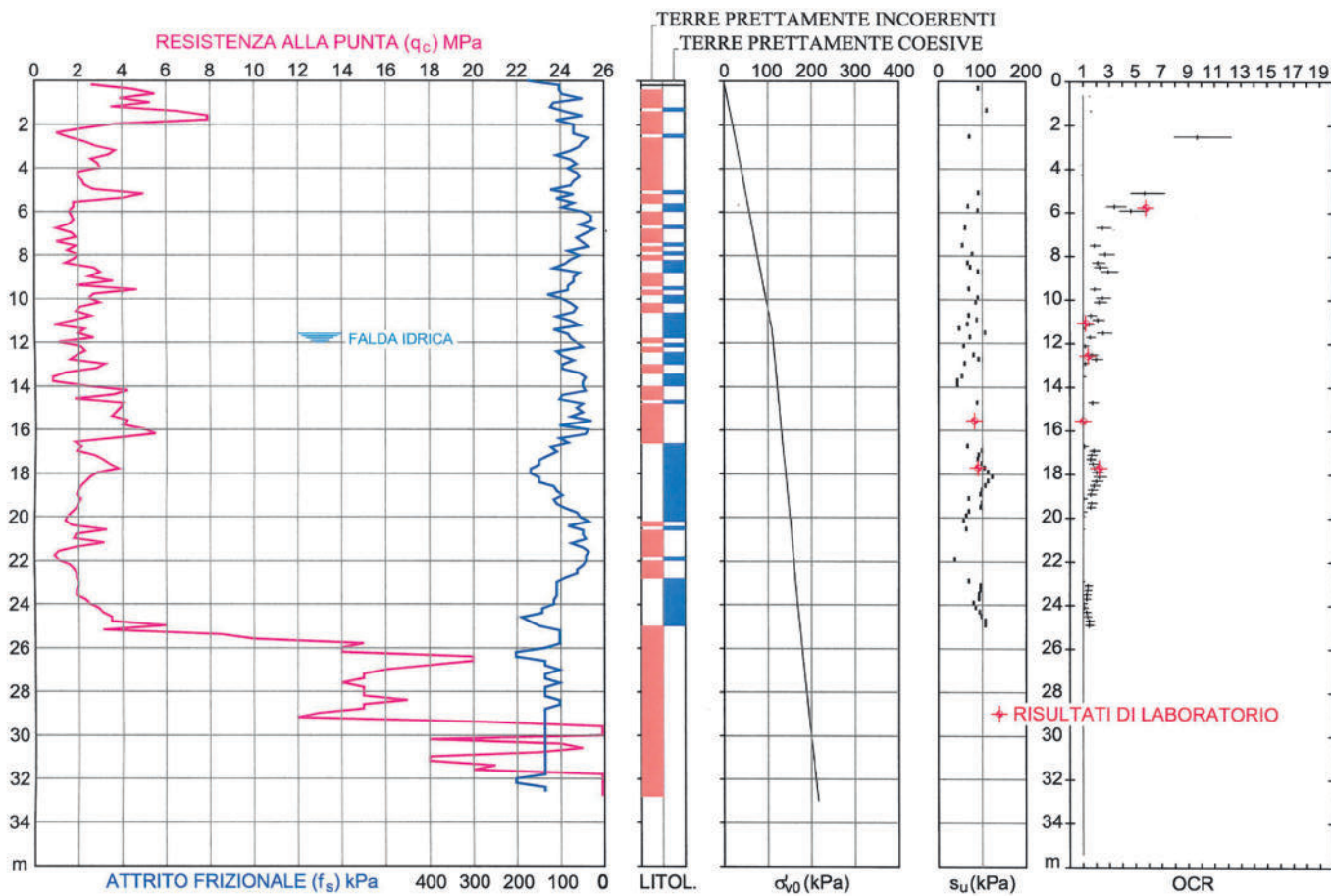


Fig. 10 - Ricerca della congruenza tra dati in situ e di laboratorio

speditiva dal CPT.

Classica la correlazione:

$$M = \alpha q_c \quad (\text{Sanglerat, 1972}^9)$$

con i seguenti valori di α per le terre inorganiche:

- argilla di bassa plasticità (CL):
 - $q_c < 7 \text{ bar}$ $3 < \alpha < 8$
 - $7 < q_c < 20 \text{ bar}$ $2 < \alpha < 5$
 - $q_c > 20 \text{ bar}$ $1 < \alpha < 2.5$
- loam di bassa plasticità (ML)
 - $q_c < 20 \text{ bar}$ $3 < \alpha < 6$
 - $q_c > 20 \text{ bar}$ $1 < \alpha < 2$
- argilla e loam ad elevata plasticità (OH, MH, OH)
 - $q_c < 20 \text{ bar}$ $2 < \alpha < 6$
 - $q_c > 20 \text{ bar}$ $1 < \alpha < 2$

Conviene fare un esempio numerico per valutare quali differenze possono derivare dai calcoli secondo l'uno e l'altro approccio. Consideriamo per semplicità un'argilla inorganica con q_c costante di 1 MPa ed un plinto con pianta $a = b = 4 \text{ m}$, che sollecita l'appoggio a -2 m con una sovrappressione media d'esercizio $\sigma_v = 100 \text{ kPa}$. Poniamo la falda idrica a 4 m dalla superficie ed un peso di volume del terreno pari a 2 Mg/m^3 . Per il masso coinvolto nel modello non-drenato si può far conto su una resistenza s_u intorno a 45 kPa, sufficiente per soddisfare la verifica allo Stato Limite Ultimo relativa a quell'azione fattorizzata secondo le Norme. Vediamo la verifica allo Stato Limite d'Esercizio. Come si diffonda nel terreno la

sovrappressione imposta dipende dal modello assunto a riferimento e dalla rigidità della fondazione. Generalmente si assimila l'appoggio al semispazio elastico di Boussinesq. In quest'ambito, per ottenere la tensione media $\Delta\sigma_z$ prodotta alle varie quote da un corpo rigido di forma quadrata o rettangolare di dimensioni (a, b) , si usa la seguente equazione:

$$\Delta\sigma_z = (\arctg(a_1 b_1 / z / (a_1^2 + b_1^2 + z^2)^{1/2}) + (1 / (a_1^2 + z^2) + 1 / (b_1^2 + z^2)) a_1 b_1 z / (a_1^2 + b_1^2 + z^2)^{1/2}) + (\arctg(a_2 b_2 / z / (a_2^2 + b_2^2 + z^2)^{1/2}) + (1 / (a_2^2 + z^2) + 1 / (b_2^2 + z^2)) a_2 b_2 z / (a_2^2 + b_2^2 + z^2)^{1/2}) + (\arctg(a_3 b_3 / z / (a_3^2 + b_3^2 + z^2)^{1/2}) + (1 / (a_3^2 + z^2) + 1 / (b_3^2 + z^2)) a_3 b_3 z / (a_3^2 + b_3^2 + z^2)^{1/2}) + (\arctg(a_4 b_4 / z / (a_4^2 + b_4^2 + z^2)^{1/2}) + (1 / (a_4^2 + z^2) + 1 / (b_4^2 + z^2)) a_4 b_4 z / (a_4^2 + b_4^2 + z^2)^{1/2}) \sigma_v / 2\pi$$

con: $a_1 = 0.7885 a$; $b_1 = 0.2115 b$; $a_2 = 0.7885 a$; $b_2 = 0.7885 b$; $a_3 = 0.2115 a$; $b_3 = 0.7885 b$; $a_4 = 0.2115 a$; $b_4 = 0.2115 b$.

Si tratta della sintesi di diversi algoritmi e procedimenti basati sulla classica soluzione di Steinbrenner, 1939¹⁰. Ottenuta $\Delta\sigma_z$ alla mezz'ora di uno strato generico di spessore H_0 , il cedimento del medesimo vale:

$$\Delta H = H_0 (RR \log(\sigma'_p / \sigma'_{v0}) + CR \log((\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_z) / \sigma'_p)) \quad (\text{con } \sigma'_p = \sigma'_{v0} \cdot OCR)$$

$$\text{oppure: } \Delta H = H_0 \Delta\sigma_z / M$$

Per $CR = 0.2$, $RR = 0.02$ e $\alpha = 5$ si ottengono i risultati in figura 11, posto il pacco cedevole di spessore 3 b.

profondità	q_c	σ'_{v0}	α_{v0}	s_{u0}	OCR	σ'_p	$\Delta\sigma_v$	CR	RR	cedimento	α	M	cedimento
m	kPa	kPa	kPa	kPa		kPa	kPa			cm		kPa	cm
0.5	1000	9.8	9.8	49.5	47.6	466.0		0.2	0.02		5	5000	
1.5	1000	29.4	29.4	48.5	11.7	345.4		0.2	0.02		5	5000	
2.5	1000	49.0	49.0	47.6	6.0	296.3	73.8	0.2	0.02	0.80	5	5000	1.48
3.5	1000	68.6	68.6	46.6	3.9	265.4	50.7	0.2	0.02	0.48	5	5000	1.01
4.5	1000	83.3	88.2	45.6	3.0	246.2	36.5	0.2	0.02	0.32	5	5000	0.73
5.5	1000	93.1	107.8	44.6	2.5	233.0	27.5	0.2	0.02	0.22	5	5000	0.55
6.5	1000	102.9	127.4	43.6	2.1	221.0	21.2	0.2	0.02	0.16	5	5000	0.42
7.5	1000	112.7	147.0	42.7	1.9	210.0	16.6	0.2	0.02	0.12	5	5000	0.33
8.5	1000	122.5	166.6	41.7	1.6	199.8	13.2	0.2	0.02	0.09	5	5000	0.26
9.5	1000	132.3	186.2	40.7	1.4	190.2	10.7	0.2	0.02	0.07	5	5000	0.21
10.5	1000	142.1	205.8	39.7	1.3	181.3	8.8	0.2	0.02	0.05	5	5000	0.18
11.5	1000	151.9	225.4	38.7	1.1	172.8	7.3	0.2	0.02	0.04	5	5000	0.15
12.5	1000	161.7	245.0	37.8	1.0	164.7	6.1	0.2	0.02	0.18	5	5000	0.12
13.5	1000	171.5	264.6	36.8	1.0	171.5	5.2	0.2	0.02	0.26	5	5000	0.10
										TOTALI			5.55

Fig. 11 - Calcolo comparativo di cedimenti per la consolidazione primaria

Come si vede, i due metodi portano a risultati sostanzialmente diversi, tanto che una verifica SLE potrebbe essere soddisfatta nel primo caso e non tornare nel secondo. Per ottenere la congruenza, occorrerebbe porre $\alpha = 10$, valore ragionevole per livelli di deformazioni assai ridotti. D'altra parte, l'esempio sembra confermare la regola pratica che valuta $q_c/10$ la pressione ammissibile per le usuali fondazioni dirette, anche se originariamente essa fu associata alle terre incoerenti (L'Herminier, 1953¹¹). È tuttavia un azzardo usare in modo sistematico stime del genere; è poi un errore grossolano associarle ad ogni passo di misura del penetrometro. Ma anche il calcolo più ragionato potrebbe essere fuorviante se non si considerano le condizioni che possono modificare le misure di base. Infatti, il CPT in argille attive fornisce diagrammi diversi se lo si esegue nella stagione estiva piuttosto che in quella umida. La differenza riguarda ovviamente lo spessore soggetto a desaturazione, dove i più ottimisti posano le fondazioni superficiali, attratti dalla temporanea consistenza del suolo. Per la stima di V_s da CPT, nelle argille si utilizza sovente la procedura di Mayne & Rix, 1993¹².

Gli Autori traggono il modulo di taglio iniziale G_0 dalla seguente correlazione empirica:

$$G_0 = 406 \cdot q_c^{0.696} \cdot e_0^{1.13}$$

(con q_c espresso in kPa)

per poi calcolare la velocità delle onde di taglio come già visto per le terre incoerenti. Il problema è stimare e_0 , vale a dire l'indice dei vuoti, qualora non si disponga di misure sperimentali. È tuttavia verosimile supporre un qualche legame tra e_0 e q_c , giacché quell'indice si riduce al crescere della consistenza.

Segnatamente alle argille padane, nei diversi tentativi personali di correlare i risultati di specifiche prospezioni geofisiche con V_s da CPT, ho trovato buona concordanza utilizzando l'equazione:

$$e_0 = 1.0246 - 0.0106 q_c$$

con q_c nel campo $5 \div 50$ bar.

La figura 12 mostra il risultato per un terreno a Luzzara, dove si alternano bancate coesive ed incoerenti.

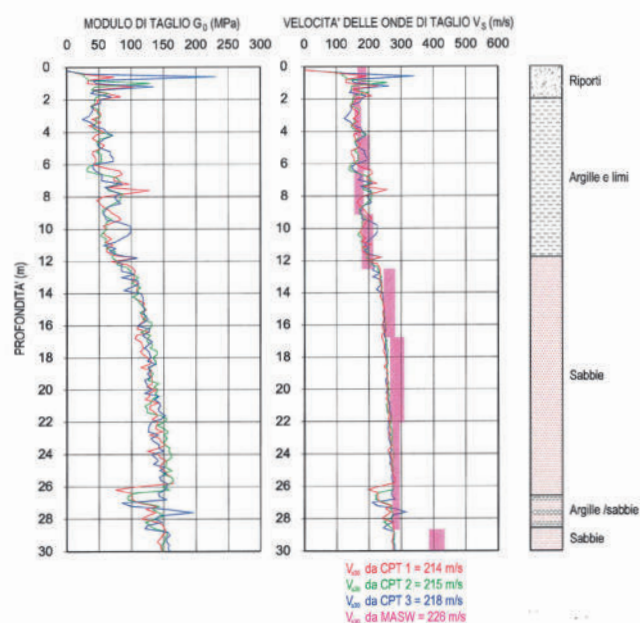


Fig. 12 - Velocità delle onde di taglio desunte da CPT e MASW

2.3 I casi particolari

Di là dalle formule, il diagramma CPT costituisce di per sé un ausilio diagnostico prezioso quando si ha a che fare con cedimenti fondali differiti nel tempo. Spesso bastano alcuni tests all'intorno dell'edificio in crisi per evidenziare resistenze alquanto differenziate nello spessore interagente con la struttura: in genere, le terre argillose più dure si rinvengono in corrispondenza delle lesioni più evidenti. Se l'opera si è mantenuta integra per anni o decenni, evidentemente quelle anisotropie indicano un'evoluzione occorsa nel frattempo al terreno. Col ripetersi delle stagioni siccitose, le derive in tal senso hanno assunto connotazioni endemiche dove dominano le argille, tanto da suscitare la proliferazione di rimedi per qualche verso bizzarri. La prova statica offre quindi un riscontro comparativo immediato, poi un semplice sguardo all'intorno può orientare la diagnosi. La maggiore responsabilità dei danni è attribuibile alla vegetazione circostante, o piuttosto a non prendere in considerazione la prerogativa degli alberi di crescere sottraendo sempre più acqua al suolo; poi

vengono le pavimentazioni esterne e, in genere, le coperture impermeabili. Anche in questi casi, ad agire è l'essiccamento e l'associato ritiro volumetrico. A titolo d'esempio, l'involuppo in figura 13 riporta gli andamenti di q_c registrati presso gli spigoli adiacenti di un vecchio edificio rurale, l'uno integro (diagramma in verde), l'altro con profonde lesioni di taglio (in rosso). Il sito è alla periferia di Reggio Emilia.

Il fico cresciuto presso il secondo angolo ha prodotto la differenza. A fronte di simili evidenze, sfugge la logica che induce a tentare il consolidamento di una terra già di per sé consolidata in eccesso.

Ma ciò meriterebbe una lunga digressione, con l'elenco degli innumerevoli insuccessi e, magari, la verifica dell'effettiva utilità degli interventi giudicati efficaci.

3. IL PENETROMETRO DINAMICO

Si tratta di uno strumento assai approssimativo, per quanto utile nell'alta Pianura ghiaiosa, dove il CPT trova il suo limite operativo. Una punta a geometria definita è infissa tramite un maglio ad energia costante; il numero di colpi per approfondimenti di pari lunghezza è funzione della resistenza dinamica del terreno. In genere le misure sono trasposte in termini di SPT, così da sfruttare la ricca bibliografia di correlazioni relative allo *Standard Penetration Test*. Quest'ultima prova si esegue a fondo foro, interrompendo l'avanzamento di un carotaggio. La differenza consiste nel fatto che ad SPT è associata la stratigrafia, mentre la prova continua nulla dice in proposito. L'alea è poi insita nelle formule di passaggio, tutt'altro che univoche, ma ciò non costituisce un problema grave dove la terra è comunque resistente ed in piano, sempre che lo strumento sia in grado di sondare il volume interagente con l'opera in progetto. Laddove la granulometria è particolarmente grossolana, ciò non è sempre possibile. L'arresto prematuro imporrebbe il ricorso a tecniche di sondaggio più proprie, ma c'è chi si accontenta! A tal proposito, Internet riporta un caso emblematico: in un recente lavoro nelle ghiaie di Sasuolo, le prospezioni DPSH (Dynamic Probing Super Heavy) raggiunsero profondità comprese tra 1.2 m e 2.0 m; nonostante ciò, la relazione illustrativa riporta con dovizia di decimali la "pressione ammissibile" a quelle quote (da 18.38 kg/cm² a 20.10 kg/cm²). Un risultato che, di per sé, merita la pubblicazione. Lo strumento trova largo impiego anche in montagna, soprattutto nelle coperture detritiche e nelle cosiddette *Argille scagliose*. Mancando ogni classazione granulometrica, la pezzatura degli inclusi è quanto mai varia, tanto che capita d'intercettare prima o poi un masso sepolto che arresta l'avanzamento. Se poi la matrice è un'argilla molle che si richiude sulle aste nude, le misure perdono ogni significato. In tal caso è un grave errore interpretare un diagramma in crescita progressiva come un miglioramento del terreno, così come attribuire il picco finale al substrato integro. Pure fantasie, se non avvalorate da opportuni riscontri! Se da un lato c'è modo di valutare sommariamente l'incidenza dell'attrito, ruotando, ad esempio, la batteria d'aste o alternando parziali estrazioni e reinfissioni, dall'altro il definitivo rifiuto a procedere impone la ripetizione del test a brevi distanze, per ac-

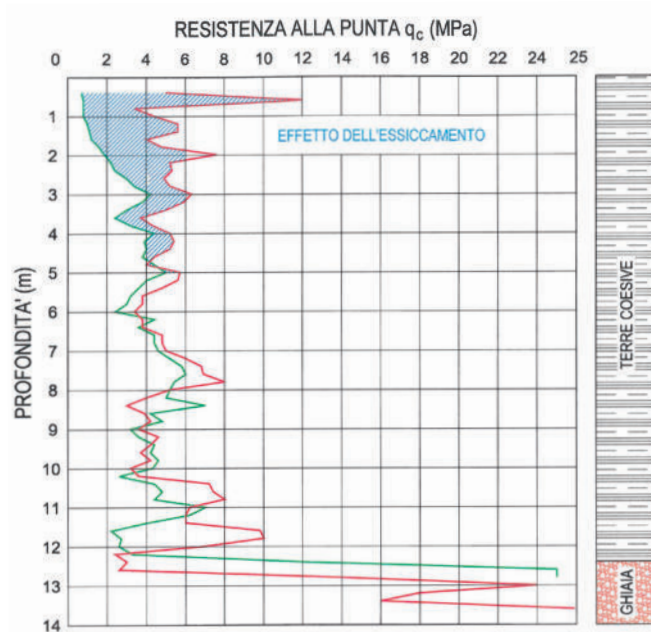


Fig. 13 - Il ritiro differenziale delle argille mostrato da due CPT vicini

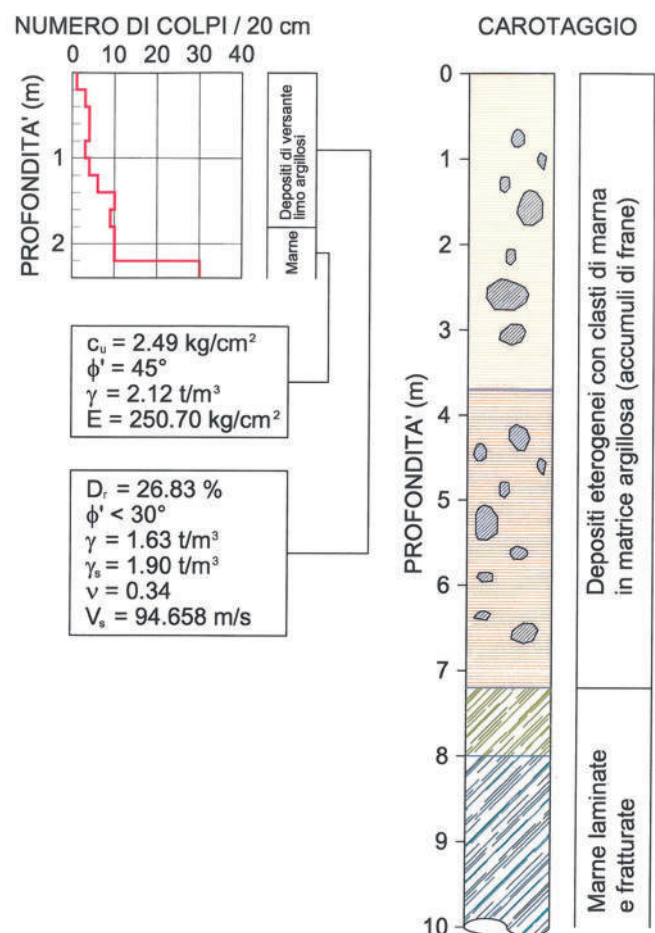


Fig. 14 - A sinistra un'interpretazione erronea, a destra la realtà

certare l'eventuale continuità laterale dell'ostacolo. In ogni caso, si giunge alla fantascienza quando i numeri raccolti sono immessi acriticamente in un *software* che promette classifiche stratigrafiche e geomeccaniche. Un esempio: a sinistra in figura 14 il diagramma DPSH con la relativa interpretazione automatica, a destra la stratigrafia del carotaggio eseguito nelle immediate vicinanze. Siamo a Castelnovo ne' Monti. La differenza riguarda anche la tempistica dei due sondaggi: il primo contribuì a confermare la stabilità del versante, il secondo seguì alla frana che rese inagibili un paio di case. Nonostante la progettazione geotecnica sia regolata da precise Norme, gli archivi dei Tribunali sono ricchi di casi analoghi, e questo dovrebbe far riflettere gli addetti ai lavori. Dunque, può essere pericoloso prestare eccessiva fiducia a quello strumento e, soprattutto, ai programmi informatici dedicati, per i quali non è ancora disponibile l'*upgrade* del senso critico. L'uso a sproposito dell'uno e degli altri abbatte i tempi ed i costi d'indagine ottenendo *outputs* a profusione, vantaggi non sempre positivi, se non veri e propri danni.

4. CONCLUSIONI

Nell'attività professionale del Geologo, le prove penetrometriche costituiscono un ausilio prezioso, che tuttavia non esclude la necessità di procedere ad integrazioni e verifiche utilizzando mezzi d'indagine differenti. Ma, a mio avviso, i principali strumenti di lavoro sono altri: in egual misura, la cultura naturalistica e la consapevolezza quotidiana che questa non basta per cimentarsi nel campo applicativo.

Bibliografia

1. Durgunoglu & Mitchell (1975), da Bellotti, Ghionna e Jamiokowski "Le prove penetrometriche statiche nei terreni non coesivi" – Politecnico di Torino – Atti dell'Istituto di Scienza delle Costruzioni N. 606 (1983).
2. ENEL CRIS et Al, 1983, da Bellotti, Ghionna e Jamiokowski "Le prove penetrometriche statiche nei terreni non coesivi" – Politecnico di Torino – Atti dell'Istituto di Scienza delle Costruzioni N. 606 (1983).
3. Schmertmann, 1978, da Lancellotta "Geotecnica" – ed. Zanichelli (1991).
4. Robertson & Wride, 1997, Iwasaky et Al., 1982. Una sintesi delle pubblicazioni originali è offerta da "CPT-based liquefaction hazard maps for an Italian coastal area" di Crespellani, Madiari e Vannucchi riportato sulla Rivista Italiana di Geotecnica, anno XXXVII, n. 4.
5. Schmertmann, 1978, da Cestari "Prove geotecniche in sito" – ed. Geo Graph (1996).
6. Rix & Stokoe, 1991, da "Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica" - Associazione Geotecnica Italiana, 2005.
7. Ladd e Foot, 1974, Ladd et al., 1977, da Lancellotta "Le prove penetrometriche statiche nei terreni coesivi" – Politecnico di Torino – Atti dell'Istituto di Scienza delle Costruzioni N. 605 (1983).
8. Meigh, 1987, da "Cone Penetration Testing – methods and interpretation", CIRIA - London.
9. Sanglerat, 1972, da "The penetrometer and soil exploration" – ed. Elsevier Scientific Publishing Company.
10. Steinbrenner, 1939, da Cestelli Guidi "Geotecnica e tecnica delle fondazioni" vol. 1 – ed. Hoepli (1981).
11. L'Herminier, 1952, da Sanglerat, "The penetrometer and soil exploration" – ed. Elsevier Scientific Publishing Company.
12. Mayne & Rix, 1993, tratto da "Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica" - Associazione Geotecnica Italiana, 2005.

Le pietre della città di Reggio Emilia

Luigi Vernia

Già professore, docente di "Litologia e Geologia" | Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali, Università degli Studi di Parma

1. Premessa

Esiste nella letteratura geologica un bellissimo libro di un geologo famoso nel passato, intitolato "Le pietre delle città d'Italia", nel quale l'Autore descrive le più importanti rocce da costruzione ed ornamentali, usate nei numerosi splendidi monumenti storici della nostra nazione, quasi a voler sottolineare lo splendore delle rocce usate e a voler suggerire la composizione litologica qualora esse dovessero essere restaurate o sostituite. Pieri non trascura nessuna città, neppure quelle più piccole, fornendo per primo una grande fonte di informazioni da legare con le altre di origine storica. Dopo questo lavoro, è nata tra i geopetrografi italiani una corrente di pensiero e di attività scientifica che potremmo definire di archeometria e petrografia storica, volta a fare un censimento e una raccolta di dati delle pietre usate nei monumenti delle nostre città. Mi risulta, ma non ho documentazione, che tale operazione è stata fatta a Modena dal Prof. Silvio Capedri, così come lo stesso Capedri con il Prof. Gianpiero Venturelli, ha descritto le pietre storiche depositate nella litoteca del Museo Spallanzani di Reggio Emilia. Infine occorre citare un bel lavoro dell'amico e collega petrografo Marco Dal Monte (Università di Bologna) che ha descritto le pietre della città di Bologna, assai più ricca di pietre della mia piccola città. Mi ha stupito, in quel lavoro, il sorprendente uso del gesso messiniano, derivato dalla "vena del gesso", nella costruzione degli edifici medievali. Questo litotipo è stato usato anche nelle fondazioni di importanti edifici (torri, porte), mostrando una sorprendente resistenza nel corso dei secoli. Purtroppo la mia distanza dalla biblioteca del dipartimento, mi impedisce di essere più preciso nelle citazioni ma, il ricordo di questi lavori, mi ha a suo tempo suggerito l'idea di fare la stessa cosa per Reggio Emilia, la mia città, approfittando del tempo libero del pensionato e del mio ritorno nella mia città dopo 40 anni di vagare per l'Italia. Ne è venuto fuori un discreto lavoro che ha ottenuto interesse e plauso in numerose conferenze e che ora l'Ordine dei Geologi mi suggerisce di scrivere per il nostro periodico.

2. Passeggiata attraverso la città di Reggio

Reggio Emilia, l'antica Regium Lepidi fondata nel 175 a.C., ha cominciato ad avere l'impronta della città nel 90 a.C. dopo essere stata per quasi un secolo un accampamento romano. Il poco che rimane della Reggio romana è raccolto nel museo e dimostra che in città sono state usate pietre dei primi contrafforti dell'Appennino, prevalentemente arenarie calcaree facilmente lavorabili. Recenti scavi hanno però mostrato che la centrale via Emilia era selciata con rocce vulcaniche trachitiche



Fig. 1 - Il battistero. Sulla colonna di sinistra sono registrate le misure reggiane (braccio = 0.58 cm e pertica = 3.14 cm)

derivate dai Colli Euganei, come del resto era noto nella tradizione ed in altre opere della vecchia via Emilia (es., il Ponte di Mezzo a Parma). Vagando per la litoteca del museo Spallanzani, sorprende la presenza di alcuni "pezzi" che vengono dalla zona di Brescello: un manufatto tipo ara sacrificale fatta di marmo Botticino e due imponenti macine di lava a leucite (tefrite leucitica), probabilmente derivata da una colata vulsina o vicina dei vulcani viterbesi. La città di Reggio è fatta prevalentemente di mattoni, prodotti da cave ubicate in prossimità dell'abitato, per es. la cava Da Mosto, attiva nella seconda metà del '400, che citeremo più avanti nel testo. Rimane assai poco dell'alto Medioevo. Citeremo soltanto le pietre trovate nella cripta del duomo, usate per la costruzione delle colonne e dei capitelli di stile romanico, e quelle usate nel bel Battistero dedicato a S. Giovanni, una delle poche parti del Duomo non rimaneggiate in epoca recente: si tratta di calcareniti, non facilmente attribuibili, ma dai pochi tratti fisici forse riferibili alla formazione di Marola del gruppo Bismantova (Fig. 1).

Le rocce dei primi contrafforti dell'Appennino sono quelle più usate anche nella seconda metà del quat-



trocento quando Reggio, passata sotto il dominio della casata d'Este, costruisce alcuni importanti palazzi della nobiltà e della ricca borghesia. Prendendo come direttrice il cardine della città (via Guazzatoio, via San Carlo, via Roma), strade percorse anche dallo storico canale di Secchia, realizzato nel 1200, si trovano palazzi ed opifici, che ancora oggi esibiscono i loro aspetti strutturali originali: citeremo alcuni esempi particolarmente interessanti, tutti caratterizzati dalla presenza parziale di un'altra bella calcarenite miocenica, che i documenti citano come "cock ed Canossa", vale a dire una roccia appartenente alla Formazione di Bismantova, membro di Pantano, affiorante nei dintorni di Canossa, a M. Valestra e a Pantano. Si tratta di arenarie "spor-

Fig. 2 - Palazzo dei Mercanti dell'arte della lana e della seta (Seconda metà del '400-1541). La biocalcarenite di Canossa fu spesso utilizzata per i monumenti reggiani dell'epoca

Il materiale calcarenitico utilizzato in questo periodo, è stato cavato con tutta probabilità nella zona di Canossa, distante circa 30 km dalla città, certamente non dalla rupe ma dalla vicina parete est di Monte Tesa dove di trova l'abitato di Cavandola, nome che sembra confermare un sito di cava o estrattivo. Le sezioni sottili effettuate su rocce dei manufatti e i campioni prelevati in quel sito, confermano questa ipotesi. La roccia di Canossa è facilmente lavorabile ma anche degradabile come è rivelato dagli importanti monumenti che andiamo a descrivere. Palazzo Boiardi in via Boiardi, le cui colonne sono minate alla base (Fig. 3) dal degrado atmosferico.

Ancor più malmesse sono quelle del Palazzo Sacrati Fontanelli in via Emilia S. Pietro, addirittura rinforzate con un assai poco elegante accorgimento visibile in Fig. 4, poi restaurate e restituite all'antica bellezza.



Fig. 3 - Le colonne di Palazzo Boiardi (seconda metà del 1400) che " calcaree, con matrice argilloso-marnosa, facilmente lavorabili, impiegate solo parzialmente, come elemento ornamentale o di sostegno, in fabbricati fatti prevalentemente di mattoni. Citiamo fra tutti il Palazzo dei Mercanti o dell'Arte del Panno, con le Arti della lana e della seta, situato in via San Carlo, corredato da un pilastro con cornucopie e teste di ovino, a significare che lì si lavava nel canale di Secchia e poi si tesseva la lana, e, dice la storia, anche la seta. Il palazzo fu iniziato nella seconda metà del '400 e finito nel 1541 (Fig. 2).

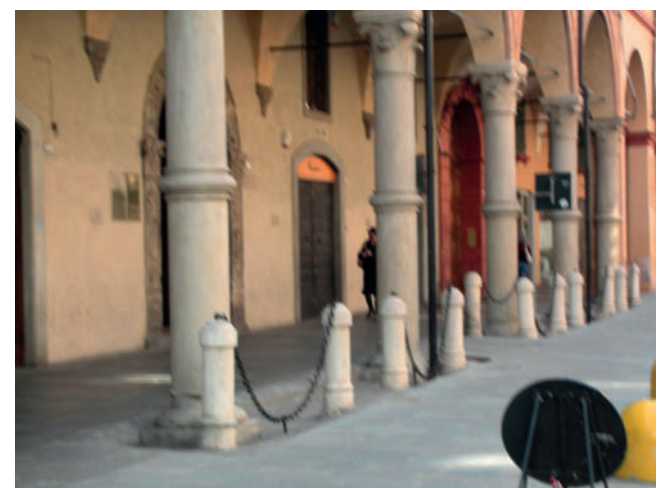


Fig. 4 - Palazzo Fontanelli Sacrati

Vogliamo citare alcuni altri monumenti nei quali ha trovato impiego la pietra di Canossa, tutti edificati tra la fine del '400 o l'inizio del '500, periodo di grande prosperità e fervore costruttivo della città, come ad esempio i Palazzi Fontanelli Ceretti e il Palazzo Da Mosto, siti in vicinanza di quella via Roma, cardine della città romana. Palazzo Fontanelli Ceretti, all'angolo tra via Roma e via Dante, mantiene poco della facciata originaria, di grande pregio artistico, che è stata smontata e ricostruita nel museo Spallanzani, per sottrarla al degrado dei tempi e degli agenti atmosferici. (Fig. 5): è una raffinata opera d'arte dello scultore Bartolomeo Spani, che sottolinea l'importanza della famiglia Fontanelli Ceretti in città.

Verso la fine del '400 arriva a Reggio da Ferrara il nobile Da Mosto, "Gran Massaro" del Duca, con l'incarico di "Procuratore delle farine", dotato di grande ricchezza come tutti quelli che manovrano il pane quotidiano; egli, nel 1475, ottiene il permesso di costruirsi un'abitazione, che sarà ammirata e criticata per il gran lusso e che poi, nei secoli successivi, prenderà il nome di Palazzo Manodori. Anche in questo caso viene utilizzata, sebbene in parte, la pietra di Canossa negli angoli, nei contrafforti e nel portale (Fig. 6). Altri monumenti di notevole importanza in cui sono state usate pietre di Canossa sono la Torre del Bordello (1490-1502), in cui la roccia compare soltanto nella prima parte come pietra angolare, e la Torre di S. Prospero (Arch. Pacchioni e Costa su disegno di Giulio Romano, 1523-1537), nella quale i conci di calcarenite si distinguono per il loro colore biancastro, e si associano a pietre derivate da flysch ad elmintoidi, da arenarie grigio-scure silicoclastiche e cordoli in marmo di Verona.

Durante i recenti lavori di restauro, si è potuto verificare che anche le colonne della navata centrale del Duomo, sono costituite dalla calcarenite di Canossa, non visibile perché ricoperta da scotolari in muratura, perché la roccia è forte ma sicuramente non elegante. Uno dei monumenti più caratteristici della città. Quasi un simbolo, è rappresentato dalla Torre del Bordello, iniziata nel 1490, eretta in una prima fase fino a 28 m, interrotta nel 1501 in corrispondenza del grande terremoto di Sassuolo, che fece danni anche nella nostra città e poi completata fino a 42 m dopo il 1502. Le differenze strutturali si notano dal fatto che la torre è caratterizzata, nella prima parte, da pietre angolari calcarenitiche, ed è uno dei pochi monumenti cittadini per i quali si dichiara, nei documenti, che quelle pietre sono costituite dal "cock ed Canossa" e quindi hanno una derivazione canusina (Cavandola), cosa che ci ha orientato circa la provenienza di tutte le pietre simili usate in città. (Fig 7)

Tra le pietre dei primi contrafforti dell'Appennino, sono da ricordare le arenarie calcaree derivate dal Flysch ad elmintoidi di M. Duro e quelle silicoclastiche derivate dalla formazione di Ranzano affiorante a Paderna e a Montalto. Si tratta di georisorse cavate sempre a distanza contenuta dalla città (20-25 km), ma meno impiegate rispetto alla pietra di Canossa. Le arenarie del flysch si riconoscono macroscopicamente per le strutture fisiche tipiche delle torbiditi (laminazioni piano-parallele e convolute) e per la presenza in sezione sottile delle clas-



Fig. 5 – Palazzo Fontanelli Ceretti



Fig. 6 – Palazzo Da Mosto oggi Manodori (1485)



Fig. 7 - La Torre del Bordello (1498-1502)

siche spicole di spugna. Essendo costituite da clasti calcarei extrabacinali, esigono una classificazione come calcilititi e non calcareniti.

Questa pietra è stata impiegata nel palazzo cinquecentesco Canossa, oggi Rangone, in piazza Roversi (Fig. 8), nei conci bugnati e nei cordoli che rivestono la facciata, caratterizzati da una ben evidente laminazione piano-parallela, che, tra l'altro, ha minato la conservazione della roccia, oggi in corso di restauro. Altri esempi di uso della arenaria di M. Duro, confrontabile con quelle del Flysch di M. Cassio del Cretacico superiore, si rinvengono in belle colonne site in via San Carlo, dotate di laminazioni piano- parallele, ed in conci usati nella Torre di S. Prospero, caratterizzati da laminazioni convolute.

La Fig. 9 mostra un esempio di convolute derivanti dal flysch e la Fig. 10 mostra le colonne di via S. Carlo. Tra le rocce arenacee silicoclastiche, assai poco usate, ricordo le arenarie litiche grigie presenti nella Torre di S. Prospero, come conci subordinati alle altre litologie, forse usati in epoche successive come conci di sostituzione; sono probabilmente derivate dalle arenarie oligoceniche di Ranzano delle zone di Paderna e Montalto (Fig. 11). Non è escluso che questi conci siano stati messi in posa in epoca più recente, in sostituzione di altri particolarmente rovinati, da operatori assai poco sensibili alle differenze litologiche e cromatiche con quelli precedenti.

Da quanto descritto appare chiaro che durante il XV secolo vengono usate in città pietre provenienti dai primi contrafforti dell'Appennino a non più di 25-30 km di distanza, estratte da litotipi arenacei facili da estrarre e lavorare, sia in conci che in colonne. Queste ultime sono ricavate dai banchi più spessi del flysch ad elmitoidi, lavorate al verso, tanto da presentare in verticale laminazioni piano parallele, tipiche degli intervalli Tb degli strati torbiditici; alcuni conci che presentano belle laminazioni convolute, sono stati estratti dagli intervalli Tc degli stessi strati. L'uso delle arenarie del primo Appennino è coerente con i fondamentali principi della giacimentologia, che prevedono per le georisorse, facilità di reperimento, estrazione, lavorazione e trasporto tra i luoghi di affioramento e quelli di utilizzo. Le cose sembrano cambiare radicalmente con l'inizio del '500.

3. Le Pietre delle Alpi

Al passaggio tra i secoli XV e XVI , cominciano ad apparire le pietre di derivazione alpina, a dimostrazione delle migliorate possibilità economiche e di trasporto. Le rocce maggiormente impiegate sono i marmi veronesi, cavati dai Monti Lessini, prevalentemente da una formazione del Giurassico medio-superiore, nota con il nome di "Rosso Ammonitico", che ha una distribuzione ampia in tutto il settore delle Alpi meridionali, dove, all'interno di una formazione di modesto spessore (20-30 m), si riscontrano ben 13 "corsi", diversi per gli aspetti tessiturali e per il colore, variabile dal bianco e beige a varie tonalità di rosso. L'impiego delle rocce alpine è



Fig. 8 – Palazzo Canossa, oggi Sogliani Raschini Rangone in Piazza Roversi



Fig. 9 – Conci con laminazioni convolute Torre S. Prospero



Fig. 10 - Colonne in via S. Carlo



Fig. 11 – Arenarie litiche di Paderna presenti nella Torre di S. Prospero

stato facilitato dalle migliorate possibilità di trasporto, effettuato non più soltanto con l'uso di carriaggi, ma anche per via fluviale, specialmente per i manufatti più voluminosi e pesanti. Dicono gli storici che, a migliorare queste possibilità, fu scavato da Rinaldo d'Este un canale tra il Po e la zona di Mancasale, ai margini della città, dove esiste tutt'ora un ampio "naviglio" noto col nome di Canalaccio, che corre tra Reggio e Guastalla.

Altrimenti non si potrebbe spiegare il trasporto di manufatti pesanti ed ingombranti come "i Leoni" di S. Prospero, di cui parleremo in seguito. Si parla anche di un canale, noto con il nome di "Fossa di Ostiglia", realizzato per collegare Adige e Po, in modo tale da facilitare il trasporto con navigli dei marmi, dai luoghi di estrazione fino alle città emiliane. Esempio lampante di questa variazione è l'uso combinato di pietre dell'Appennino e delle Alpi utilizzato, per esempio, nella Torre del Pacchioni adiacente alla basilica di S. Prospero, la cui costruzione, effettuata su disegno di Giulio Romano, è del 1523, e completata nel 1537 (Fig. 12).

In quest'opera gli architetti hanno utilizzato pietre dell'Appennino per i conci utilizzati nelle pareti, mentre i marmi veronesi compaiono nei cordoli, fra un piano e l'altro, e nelle opere di sostegno come capitelli, basamenti di colonne, statue ed altri ornamenti. Queste opere, sia nella torre che nella facciata della basilica, sono realizzate in marmo bianco, mentre le varietà rosse sono state utilizzate nei pavimenti, in cui compaiono belle ammoniti fossili, e nei maestosi leoni stilofori, che portano la data del 1503-1504 (scultore Gaspare Bigi, inaugurati sotto il pontificato di Giulio II Della Rovere), sul cui dorso doveva essere edificato un protiro o un'altra opera di copertura, sorretto da colonne (Fig. 13 e 14). Molto più difficile interpretare l'arenaria grigia utilizzata nei finestroni della Torre, che sembra appartenere alle arenarie silicoclastiche del crinale, non raggiungibile a quei tempi e forse di derivazione toscana (macigno o pietra serena?). Altri conci di arenaria grigia presenti negli ordini inferiori della Torre, sono quasi sicuramente messi in opera in sostituzione e quindi di derivazione più recente. I marmi veronesi entrano nei programmi di restauro del Duomo nel XVI secolo, utilizzati in particolare nella parte frontale della basilica. Dalle foto si evince che essi sono stati parzialmente utilizzati nella facciata e nelle scalinate, nella varietà bianca-beige (Fig. 15).

La tradizione vuole che, dopo un primo intervento di copertura della facciata, fino alla sommità del portale, i lavori siano stati interrotti per la mancanza di marmo, peraltro già ordinato ma non fornito dalle cave. In realtà il marmo, spedito da Verona, era stato scaricato in riva al Po a Gualtieri, senza che nessuno avvisasse i committenti del suo arrivo, sicché, dopo un certo lasso di tempo, la nobile famiglia Bentivoglio, lo aveva preso e usato nel suo sontuoso palazzo in paese. Ne era nata un contenzioso e poi una lite con il Capitolo del Duomo di Reggio, vero proprietario, ricomposta dopo alcuni anni con un parziale rimborso da parte dei Bentivoglio, ma nel frattempo il lavoro della facciata è rimasto incompiuto e forse è meglio così, perché si è conservata l'antica facciata romanica in mattoni, tutt'altro che brutta (Fig. 15).



Fig. 12- La torre degli architetti Pacchioni e Costa, realizzata su disegno di Giulio Romano (1523)



Fig. 13 – Il pavimento della Basilica e i leoni stilofori inaugurati nel 1503 sotto il papato di Giulio II Della Rovere



Fig. 14 – Piazza San Prospero

Altra opera monumentale del XVI secolo, è rappresentata dalla chiesa e dai chiostri di San Pietro, convento Benedettino situato sulla centrale via Emilia, lato est; si tratta di un'opera poco conosciuta dai reggiani, perché per molto tempo è stata chiusa, trascurata e non restaurata. Oggi è accessibile a tutti, è un'opera splendida che merita di essere utilizzata come contenitore culturale. Sia nella chiesa (facciata, gradinata, pavimenti) che nei chiostri c'è il più largo impiego di marmi veronesi sia bianchi che rossastri (Fig. 16).

Tra i chiostri viene segnalata un'età di costruzione tra il 1541 ed il 1622. Il primo chiostro, il più piccolo e più antico, vede un porticato sorretto da colonne binate, una di marmo rosso ed una di marmo bianco abbinata (Fig. 17a, b). Questo primo chiostro è sopraelevato, rispetto al principale, di circa 3 metri. Altrettanto eleganti e sontuosi sono i portali ed i corridoi interni, che hanno un notevole sviluppo sia in superficie che in lunghezza; anche essi risultano ornati di marmi bianchi e rossi veronesi. Come detto i marmi veronesi sono ampiamente usati in città in tutto il secolo XVI, che segna il passaggio dal Rinascimento al Barocco.

Molto popolare e cara ai reggiani è la Basilica della Madonna della Ghiara, edificata nel 1590 in seguito ad un miracolo della Madonna e considerata la seconda Protettrice della città (Fig. 18). Per edificare questo monumento i reggiani non hanno lesinato alle spese, e se la facciata ripete il motivo dell'associazione matrone-marmo, con grande uso del marmo bianco di Verona, l'interno è ancor più dotato di marmi di vario genere, tra i quali spiccano, in associazione con i soliti veronesi, un marmo nero, usato nei pavimenti e nelle colonne, ed uno giallastro con tessitura brecciata. Per il marmo nero, tonalità cromatica non molto frequente, si ipotizza una derivazione o da Varenna (Como) o da Lozio (Val Camonica), litotipi del Triassico medio-inferiore, che vengono frequentemente usati nel Nord Italia per gli interni delle basiliche più importanti. Per il marmo giallastro si è ipotizzata una derivazione dalla zona di Siena, dove veniva estratto il "broccatello senese".

Il marmo di Verona trova impiego, sempre nel tardo Rinascimento ed inizio Barocco, in molte altre chiese e monumenti, sempre in associazione con il materiale laterizio. Citiamo brevemente alcuni esempi significativi come l'antica chiesa di S. Agostino, originariamente nata in età bizantina col nome di Sant'Apollinare, ristrutturata come chiesa degli agostiniani (Fig. 19) nel primo seicento, e la chiesa di S. Giorgio, in via Farini, legata al convento dei Gesuiti.

Non possiamo tra l'altro dimenticare un altro monumento del centro storico, dalle splendide linee barocche, la chiesa del Cristo in piazza Roversi (Fig. 20), con finiture e statue di marmo bianco veronese.



Fig. 15 – Il Duomo di Reggio



Fig. 16 – Chiostro interno, minore (anno 1524)



Fig. 17a – Il chiostro principale (1541 – 1622)



Fig. 17b – I corridoi e i locali interni



Fig. 18 – Basilica della Beata Vergine della Ghiara

Completiamo la panoramica circa l'uso dei marmi veronesi, con due curiosità: l'una è la statua del Giano Bifronte, dello scultore Prospero Sogari detto il Clemente (anno 1563), collocata sullo spigolo del Palazzo Magnani Rocca, in corso Garibaldi, che, sull'ispirazione della divinità etrusco-romana, protettrice delle coltivazioni, nella versione del Clemente invece rappresenta le due età della vita, la giovinezza e la vecchiaia (Fig. 21).

Ed infine le belle lastre di varietà rossa, ricca di ammoniti, che coprono la sede storica della Cassa di Risparmio in via del Torrazzo, costruita all'inizio del '900 (Fig. 22).

4. Altre osservazioni

Come già accennato, il passaggio dal XV al XVI secolo, segna il graduale abbandono delle pietre dell'Appennino ed sempre maggior impiego dei marmi veronesi, che diventano protagonisti, così come era già avvenuto per le altre città emiliane, come Parma e Ferrara. Non sono trascurate altre pietre ornamentali, come i marmi di Carrara, ma si tratta quasi sempre di un uso limitato per interni e statue. A conclusione di questa trattazione vorremmo fare accenno alla presenza di alcune particolari pietre usate in altri monumenti importanti della città. In particolare vorremmo sottolineare la presenza di rocce cristalline monolitiche presenti in monumenti della metà dell'800, che hanno richiesto una impegnativa attività di trasporto quasi sicuramente per via fluviale. Si tratta di opere costituite dai "graniti dei laghi", provenienti dal Lago Maggiore e dalla Val d'Ossola, e cioè il granito bianco di Montorfano ed il granito rosa di Baveno. Il granito di Montorfano compare nell'obelisco di piazza Gioberti, eretto nel 1857 in onore del matrimonio tra Francesco V, ultimo duca di Modena e Reggio, e Aldegonda di Baviera (Fig. 23). I graniti suddetti sono stati usati anche nelle colonne monolitiche del porticato del teatro Municipale (1857), in particolare il rosa di Baveno per il basamento e quello bianco di Montorfano per il fusto (Fig. 24). Adiacente al teatro sorge il Monumento ai Caduti, eretto tra le due Guerre Mondiali, in roccia granodioritica o quarzodioritica, tipo tonalite, roccia tra l'altro derivata da luoghi in armonia con gli eventi bellici avvenuti sull'Adamello nel 1915-18 (Fig. 25).



Fig. 19 – Sant'Agostino e San Giorgio



Fig. 20 – Chiesa del Cristo in piazza Roversi



Fig. 21 - Il Giano Bifronte del Clemente (1563)

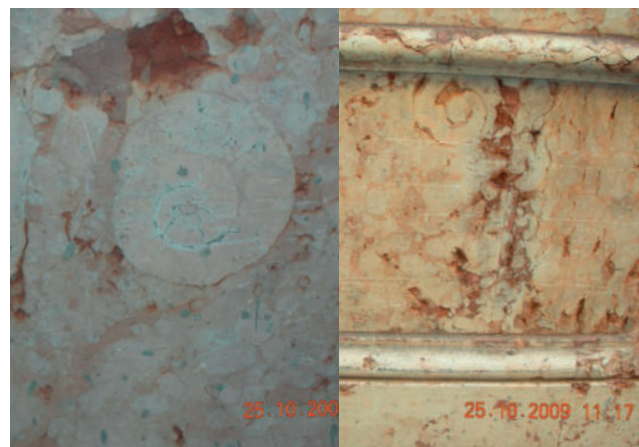


Fig. 22 – Fossili giurassici (ammoniti) nel marmo di Verona



Fig. 23 – L'obelisco di Piazza Gioberti e basamento di una colonna del teatro Municipale

Altra curiosità storica, all'interno dei giardini pubblici, è rappresentata dalla tomba dei Concordi, ricchi liberti del II sec. d.C.: la stele funeraria è stata recuperata tra Boretto e Brescello durante i lavori di bonifica, collocata poi nei giardini, è fatta di marmo di Botticino, e quindi uno dei pochi esempi di questo marmo in città (Fig. 26).

Nella vicina via Franchetti, sorge il Palazzo dei Baroni Franchetti, ottocentesco: viene citato perché rappresenta l'unico esempio in città di uso di un conglomerato continentale poligenico quaternario noto con il nome di "ceppo gentile" lombardo (Fig. 27).

Particolare interesse ha attratto lo scrivente circa i fondi ciottolosi presenti in alcune vie e piazze della città e che un tempo rappresentavano il fondo più comune al posto dell'attuale asfalto. In Fig. 28a è riportato il fondo della Piazzetta Pignedoli, davanti a Sant'Agostino, che ricorda il più comune fondo presente fino agli anni '50 in quasi tutte le vie del centro storico. Questo basolato è costituito da ciottoli che rappresentano i litotipi comuni nell'Appennino, e quindi probabilmente derivati dal vicino Torrente Crostolo. I ciottoli sono disomogenei dimensionalmente e malmaturati dal punto di vista morfologico a testimonianza di un trasporto breve. Al contrario in Piazza Fontanesi compare un acciottolato di sicura derivazione alpina (Fig. 28b).

Tale selciato è invece costituito da ciottoli quasi perfettamente sferici, monodimensionali (diametro 5 – 7 cm) con presenti litotipi derivati da rocce delle Alpi Sudalpine quali porfidi di vario colore, graniti, granodioriti, rocce metamorfiche, selci di vario colore, calcari oolitici, calcari micritici ecc.. Questi selciati, molto comuni nella città di Ferrara, vengono dai depositi alluvionali dell'Adige o del Mincio. Esistono tuttora cave attive a Veggio e a Volta mantovana.

Un'ultima curiosità riguarda le pietre esistenti nel Museo Spallanzani di età Romana. Già abbiamo detto del basolato della via Emilia presente sepolto in città, scoperto pochi anni fa durante lavori di scavo, che ha rivelato di essere coperto da lastre di trachiti terziarie derivate dai colli Euganei, notizia peraltro nota da numerosi documenti storici e reperti. Segnaliamo un'altra curiosità relativa a due macine, anche loro ritrovate nella zona di Brescello (Fig. 29), e che già macroscopicamente rivelano una marcata tessitura porfirica a leucite. Quasi



Fig. 24 – Le colonne del teatro Municipale



Fig. 25 – Monumento ai caduti



Fig. 26 - Tomba dei Concordi nei Giardini Pubblici della città



Fig. 27 – Palazzo Franchetti



Fig. 28a - Selciato Piazza Pignedoli Fig. 28b - Selciato Piazza Fontanesi

sicuramente si tratta di lave tefritiche a leucite, molto comuni nei vulcani del Lazio, in particolare nel vulcano di Vico (Civita Castellana). Questo dimostra che, quan-



Fig. 29 - Macine di lava tefritica a leucite

do si trattava di manufatti importanti, i Romani non esitavano ad attuare lunghi trasporti, in questo caso non meno di 340-400 km.

Elenco delibere del Consiglio dell'OGER

GIUGNO - DICEMBRE 2014

Emanuele Emani | Segretario

Verbale n. 7 del 30 GIUGNO 2014

- Delibera n. 35** Vidimazione parcella Daini Lorenzo
- Delibera n. 36** Vidimazione parcella Archilli Mario
- Delibera n. 37** Approvazione Bilancio Consuntivo 2013

Verbale n. 8 del 28 LUGLIO 2014

- Delibera n. 38** Iscrizioni
- Delibera n. 39** Vidimazione parcella Fiorini Eugenio

Verbale n. 9 del 9 SETTEMBRE 2014

- Delibera n. 40** Iscrizioni
- Delibera n. 41** Cancellazioni
- Delibera n. 42** Vidimazione parcella Cesari Gabriele

Verbale n. 10 del 30 SETTEMBRE 2014

- Delibera n. 43** Determinazione quote e tasse per l'anno 2015

Verbale n. 11 del 28 OTTOBRE 2014

- Delibera n. 44** Iscrizioni
- Delibera n. 45** Compenso per incarico dott.ssa Soliani Livia
- Delibera n. 46** Richiesta contributo al CNG

Verbale n. 12 del 13 NOVEMBRE 2014

- Delibera n. 47** Trasferimento
- Delibera n. 48** Programmazione Corsi e convegni

Verbale n. 13 del 28 NOVEMBRE 2014

- Delibera n. 49** Iscrizioni
- Delibera n. 50** Vidimazione parcella dott. Fiorini Eugenio
- Delibera n. 51** Vidimazione parcella dott. Bruschi Andrea
- Delibera n. 52** Variazioni Bilancio Previsionale 2014
- Delibera n. 53** Concorso per assunzione
- Delibera n. 54** Pagamento quota sociale SIGEA
- Delibera n. 55** Piano triennale per la corruzione, la trasparenza e l'integrità
- Delibera n. 56** Nomina del Responsabile Anticorruzione e Trasparenza
- Delibera n. 57** Nomina dei membri dell'Ufficio Procedimenti Disciplinari
- Delibera n. 58** Nomina di un organismo interno di valutazione
- Delibera n. 59** Adozione del Codice di Comportamento dei dipendenti pubblici
- Delibera n. 60** Nomina del Responsabile per l'accesso agli atti

Verbale n. 14 del 19 DICEMBRE 2014

- Delibera n. 61** Iscrizioni
- Delibera n. 62** Cancellazioni
- Delibera n. 63** Cancellazione per decesso
- Delibera n. 64** Approvazione Bilancio Previsionale 2015
- Delibera n. 65** Rinnovo incarico dott.ssa Parisi Annalisa
- Delibera n. 66** Spese Consulta Modena 23 gennaio 2015

Ad un anno dalla Frana di San Leo (RN) Considerazioni

a cura del Sindaco Geol. Mauro Guerra



Aspetto della parete orientale della rupe di San Leo (RN) - (Formazione di San Marino), prima e dopo l'imponente fenomeno di crollo del 27 febbraio 2014 (Foto di Cristiano Guerra)

Potrebbe essere capitato, anche al lettore di questa stimata rivista, di aver avuto la tentazione e l'occasione di essere coinvolto in un organismo amministrativo, una rappresentanza civica, una associazione di volontariato.....

In tal caso, il lettore avrà sperimentato nel concreto quanto impegno, studio, tenacia e tempo sia necessario per svolgere adeguatamente il proprio ruolo di rappresentante. Avrà anche sperimentato che, senza motivazioni e senza la passione, non c'è ruolo facile da evadere.

È facilmente intuibile quanto allora possa essere impegnativo e totalizzante il ruolo dei Primi Cittadini, soprattutto nelle piccole realtà, quelle dove il contatto con la gente è costante e quotidiano. Sono gli stessi Sindaci che, credetemi, devono affrontare - quasi sempre senza adeguato personale - criticità di ogni tipo. Nella stessa giornata si può tranquillamente passare da problemi sociali di gravità assoluta, alla sagra paesana di turno, dal comprensibile sfogo di chi ha perso il lavoro, alla polemica per il divieto di sosta di turno, ma senza mai concedersi il lusso di potersi assentare, dando costante reperibilità nei confronti di una cittadinanza che, sempre e comunque, riconosce ormai solo nel Sindaco ed in altre poche figure (il Parroco, il Maresciallo, il Farmacista...), un punto di riferimento certo, per ogni problema, anche per quelli chiaramente irrisolvibili.

Distintamente però, oltre all'attività amministrativa di routine, talvolta capitano eventi imprevedibili e drammatici, in grado di sconvolgere letteralmente la vita delle municipalità.

Affrontarli come singolo Comune è impossibile. Il solo impegno civico non può più bastare.

Ecco allora che "il Sindaco" si attiva, si guarda attorno, cerca solidarietà, esaurisce nervosamente la propria rubrica telefonica, contatta altri amministratori pubblici, riferimenti politici, amici, colleghi per avere aiuto, sponda, consiglio e, pur di dare risposte, è disposto a tutto.

Poiché chi scrive è un Sindaco (un Sindaco che svolge la libera professione di Geologo) sappiate che nella maggiore criticità che ho dovuto affrontare finora (crollo di porzione di rupe orientale), ho riscontrato in realtà un numero limitato di veri e propri riferimenti. Solo alcuni sono stati infatti i caposaldi veramente capaci di collaborare per affrontare l'emergenza.

Allo scrivente, non per scelta, "è toccato" gestire il drammatico crollo della Rupe di San Leo del 27 febbraio 2014; alle ore 18 circa, un sinistro tremore ed un pauroso rumore hanno lasciato impietriti gli abitanti del centro storico di San Leo che, dalla Piazza Dante Alighieri, con lo sguardo verso la costa, hanno visto alzarsi una enorme nuvola di polvere, alta centinaia di metri dal suolo, fra boati e fragori inauditi.

I più lesti, dalla Piazza Dante Alighieri, hanno addirittura visto una porzione del pendio orientale, quello che guarda verso l'Adriatico, spaccarsi, sprofondare, trascinando con sé gli alberi e scomparire all'orizzonte. Qualcosa di inaudito era accaduto. Infatti, seppur il crollo del 2006 sul versante nord (quello che guarda verso il Marecchia) impressionò per dimensioni (30.000 mc) e per effetti, quello del 27 febbraio 2014 è stato di ben circa 300.000 mc.

Ebbene, senza retorica, oggi metto in evidenza che la categoria dei Geologi si è dimostrata da subito la più sensibile e determinante per affrontare questo gigantesco fenomeno, per attivare le prime azioni e per gestire l'emergenza.

Decine le telefonate, le offerte spontanee di aiuto professionale, gli interessamenti accorati dei colleghi, liberi professionisti, dipendenti pubblici, professori universitari, ecc. Mi sento in obbligo di ringraziare soprattutto l'Ordine Regionale che ha dato grande supporto a tutte le operazioni. Non a caso, il Presidente Cesari è stato relatore nel Convegno del 2 marzo 2015, alla presenza del Ministro dell'Ambiente e del Presidente Regionale (Palazzo Mediceo, Piazza Dante SAN LEO, RN) "Il crollo di porzione del versante settentrionale della Rupe di San Leo (27 febbraio 2014) - Ad un anno di distanza: interventi, monitoraggi, prospettive".

Allo stesso modo non posso non evidenziare, fra gli altri, il grande lavoro della Regione Emilia-Romagna (Servizio Tecnico di Bacino in primis) e dell'Agenzia di Protezione Civile EMR.

È dunque nella categoria dei Geologi che ho nettamen-

te registrato la maggiore affinità, la maggiore voglia di dare concreto aiuto, solidarietà, contributi professionali. Non me lo spiego solo facendo appello alla categoria dell'evento in questione, ovvero un enorme fenomeno geologico, bensì ad un atteggiamento intrinseco della categoria professionale, un atteggiamento razionale, un atteggiamento che allontana l'emotività, riflessivo e non impulsivo, scientifico e solidale, che fa parte del DNA dei Geologi, di cui dobbiamo essere veramente orgogliosi e che spesso, però, diamo per scontato.

Arrivi, dunque, forte e chiaro un riconoscimento onesto e motivato alla categoria dei Geologi; un sentitissimo grazie da parte di uno dei tanti Primi Cittadini che, al contrario di quanto accade in altre vicende, non è stato lasciato solo ad affrontare un evento naturale così imponente e drammatico.



analitica

laboratorio analisi mineralogiche e ambientali



Composizione Mineralogica in Diffrazione RX

Composizione Chimica in Fluorescenza RX

(Suoli, Rocce, Sabbie, Argille, Sedimenti, Materie Prime)

Studio Petrografico in Microscopia Ottica

(Rocce, Aggregati, Malte)



Analisi e Valutazione Rischio Amianto

(Eternit, Rifiuti, Terre e Rocce da scavo)

Via Emilia 295/5 - 40068 S. Lazzaro di Savena (BO)

info@analitica-lab.it www.analitica-lab.it tel. 051 0390224

Focus **NORMATIVO** “Terre e rocce da scavo”

a cura della Commissione Ambiente OGER

A partire dal mese di dicembre 2014 sono iniziati i lavori della Commissione Ambiente i cui componenti sono:

- Dott. Geol. Antonio Di Lauro (coordinatore – libero professionista)
- Dott. Geol. Rodolfo Baroncini (libero professionista)
- Dott.ssa Geol. Linda Collina (libero professionista)
- Dott. Geol. Daniele Biondi (dipendente HERA)
- Avv. Bernardino Albertazzi (libero professionista)
- Dott. Biol. Stefano Baroni (libero professionista)

Scopo di questa commissione sarà quella di occuparsi di sviluppare alcune delle principali tematiche legate all'ambiente quali le Terre e rocce da scavo, i siti contaminati, le problematiche legate ai contratti di fiume e alle procedure di VIA e VAS legandoli ai temi del dissesto (il coordinatore della Comm. Dissesto OGER è il Dott. Baroncini) e non dimenticando la divulgazione della normativa vigente in materia.

La commissione ha al suo interno diverse competenze specifiche proprio per cercare di comprendere tutti gli aspetti ambientali e osservarli anche sotto differenti prospettive per arrivare ad avere una visione più ampia possibile delle tematiche affrontate.

Per fare questo saranno creati dei gruppi di lavoro che si occuperanno dei vari temi.

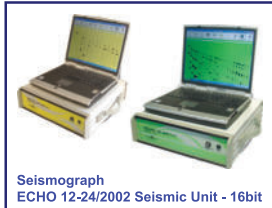
Per iniziare abbiamo deciso di pubblicare uno schematico focus normativo sui materiali da scavo dove vengono individuate le casistiche, i riferimenti normativi, le disposizioni e gli adempimenti delle varie situazioni che il geologo può incontrare nel suo percorso professionale. La commissione resta a disposizione per eventuali chiarimenti in materia ambientale facendo capo alla segreteria dell'Ordine dei Geologi della Regione Emilia-Romagna.

Casistica	Riferimento Normativo	Disposizione	Regime	Adempimenti
I materiali da scavo riutilizzati nell'ambito dello stesso cantiere.	Art. 185, c. 1, lett. c) – Testo Unico Ambientale D.lgs. 2/2012 Art. 3	Non rientrano nel campo di applicazione della parte quarta del presente decreto c) “il suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale escavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato”. ... 1. Ferma restando la disciplina in materia di bonifica dei suoli contaminati, i riferimenti al “suolo” contenuti all'articolo 185, commi 1, lettere b) e c), e 4, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, si interpretano come riferiti anche alle matrici materiali di riporto di cui all'allegato 2 alla parte IV del medesimo decreto legislativo	Non rifiuti	Nel caso in cui siano materiali di riporto è necessario effettuare il Test di cessione e ai sensi dell'articolo 9 del decreto del Ministro dell'ambiente 5 febbraio 1998, pubblicato nel supplemento ordinario alla Gazzetta ufficiale 16 aprile 1998, n. 88, ai fini delle metodiche – si veda Chiarimenti MAT Prot. 001338/TRI del 14/05/2014

Casistica	Riferimento Normativo	Disposizione	Regime	Adempimenti
I materiali da scavo che provengono da opere soggette a VIA e/o AIA	Art. 184-bis, c. 2-bis - Testo Unico Ambientale D.M. 161/12	"Il decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare di concerto con il Ministro delle infrastrutture e dei trasporti 10 agosto 2012, n. 161, adottato in attuazione delle previsioni di cui all'articolo 49 del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 marzo 2012, n. 27, si applica solo alle terre e rocce da scavo che provengono da attività o opere soggette a valutazione d'impatto ambientale o ad autorizzazione integrata ambientale".	Sottoprodotti	Esecuzione indagine ambientale e Redazione del Piano di Utilizzo secondo quanto previsto dagli allegati del DM 161/2012
I materiali da scavo che provengono da opere NON soggette a VIA e/o AIA	Art. 41-bis, D.L. 69/13	"In relazione a quanto disposto dall'articolo 266, comma 7, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e successive modificazioni, in deroga a quanto previsto dal regolamento di cui al decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare 10 agosto 2012, n. 161, i materiali da scavo di cui all'articolo 1, comma 1, lettera b), del citato regolamento, prodotti nel corso di attività e interventi autorizzati in base alle norme vigenti, sono sottoposti al regime di cui all'articolo 184-bis del decreto legislativo n. 152 del 2006, e successive modificazioni, se il produttore dimostra: ..."	Sottoprodotti	In Emilia Romagna esecuzione indagine ambientale e dichiarazione sostitutiva atto notorietà scaricabile dal sito web ARPA Emilia Romagna
I materiali da scavo che non rispettano le condizioni di sottoprodotto e/o di cui il produttore se ne vuole disfare	Art. 184, c. 3, lett. b) Testo Unico Ambientale	"Sono rifiuti speciali: ... b) i rifiuti derivanti dalle attività di demolizione, costruzione, nonché i rifiuti che derivano dalle attività di scavo, fermo restando quanto disposto dall'articolo 184-bis".	Rifiuti speciali	Analisi di classificazione come rifiuto



Seismograph
ECHO 24/2010 Seismic Unit - 24bit



Seismograph
ECHO 12-24/2002 Seismic Unit - 16bit



ECHO-3 HVSF

AMBR GEO

Strumenti per Geofisica

• SISMOGRAFI

• HVSR

• TOMOGRAFIA ELETTRICA

• GEORESISTIVIMETRI

• ENERGIZZATORI SISMICI

• IDROFONI



3D-5D Borehole Geophone
3D Twin Borehole Geophone

Seismic Source P-Wave Borehole

Seismic Source P/S-Wave Borehole



Mangusta TMG 255E Geoelectric
Tomography Equipment



Resistivity Meter Datares-10

AMBROGEO Strumenti per Geofisica
Tel. +39.0523.956119 - Fax +39.0523.956226 - www.ambrogeo.com e-mail: info@ambrogeo.com - Piacenza - Italy



Le Industrie Grafiche Labanti e Nanni nascono a Bologna nel 1953. Una serie di importanti acquisizioni di aziende del settore consente alla Labanti e Nanni di svilupparsi in modo significativo nei rami editoriale/commerciale e cartotecnico. Investimenti tecnologici in macchine di ultima generazione (collegate in linea al sistema informatico, che ge-

stisce e controlla l'intero ciclo produttivo) hanno permesso, insieme alla elevata professionalità dei tecnici, di raggiungere l'eccellenza nella qualità dell'intero ciclo produttivo. Nell'ambito della stampa realizziamo etichette, fogli illustrativi, listini tecnici, dépliant pubblicitari, calendari, brochures, manifesti, ma anche riviste, volumi e

cataloghi impreziositi da effetti di finisaggio e confezionamento. Nell'ambito cartotecnico produciamo espositori, cartelli-vevina, blister e astucci finiti con vernici all'acqua o serigrafiche, opache, lucide, perlucide, metallizzate, UV o profumate assolutamente ecologiche e naturali. Gestiamo inoltre lavorazioni a caldo o in rilievo incluso il braille.



Azienda certificata
UNI EN ISO 9001:2008
Certificazione
numero 50 100 7927

Insieme ai nostri clienti
con lo sguardo rivolto al futuro



Labanti  Nanni
INDUSTRIE GRAFICHE
E CARTOTECNICHE

Via G. Di Vittorio, 3 40056 Crespellano Bologna Italy tel. +39 051.969262 ca. fax +39 051.969155 www.labantinnanni.it info@labantinnanni.it