

2/3
16

Quadrimestrale dell'Ordine Nazionale dei Geologi

Poste Italiane S.p.A. - Spedizione in Abbonamento Postale - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n. 46) art. 1 comma 1 DCB - ROMA Contiene I.P. In caso di mancato recapito, rinviare a Ufficio Poste Roma Romanina per la restituzione al mittente previo addebito. Contiene I.P.

GEOLOGIA

TECNICA & AMBIENTALE

In questo numero

Modellazione della piana di Prato

La grande deformazione
gravitativa territoriale profonda
della Sila Nord-Occidentale

La determinazione della
resistenza residua dei terreni

Geologi sul territorio:
il sisma in Centro Italia



CONSIGLIO NAZIONALE
DEI GEOLOGI

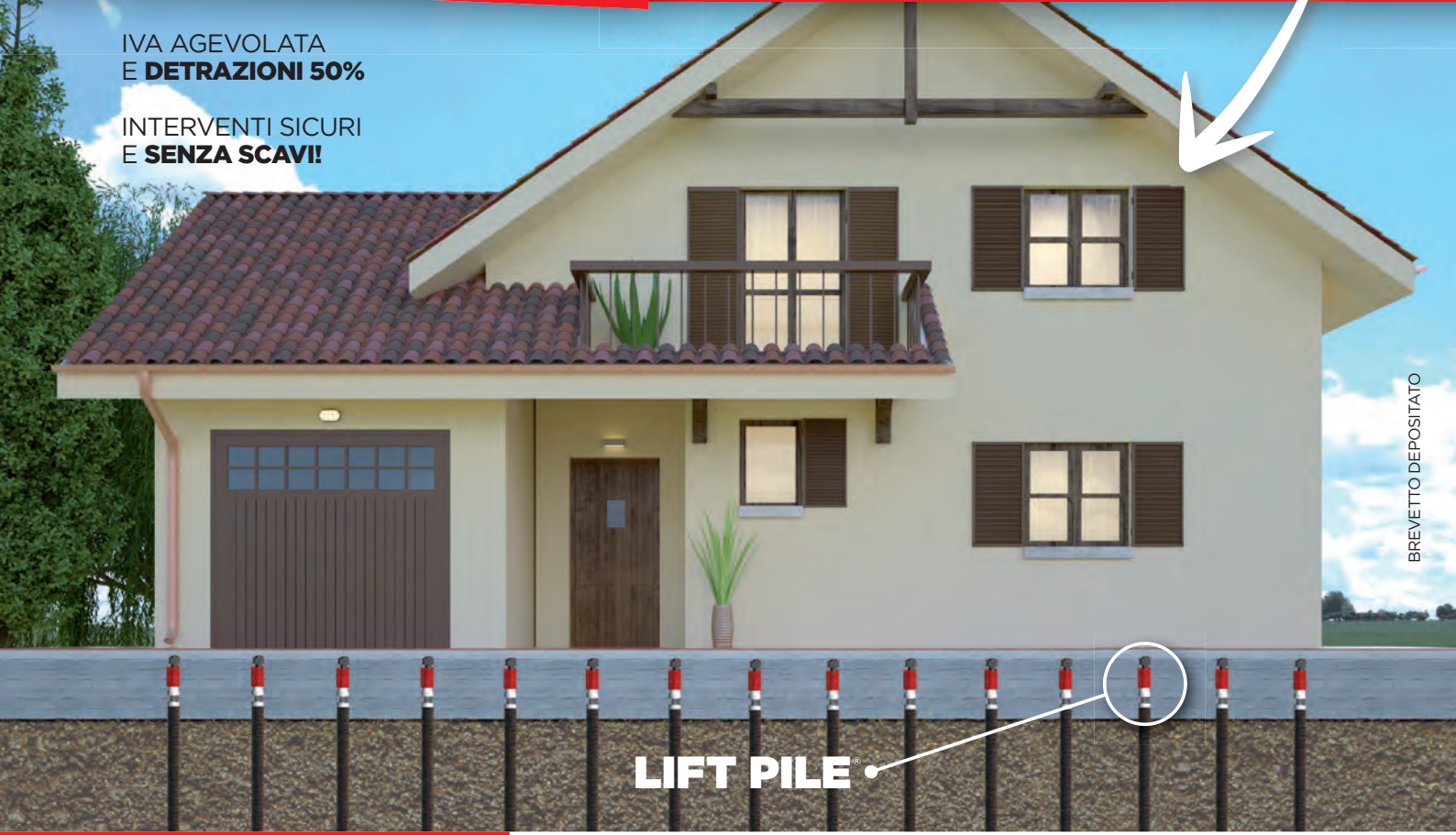


**LA TUA CASA
È INCLINATA?**

**Noi la riportiamo
in piano.**

IVA AGEVOLATA
E **DETRAZIONI 50%**

INTERVENTI SICURI
E **SENZA SCAVI!**



LIFT PILE

NOVATEK[®]
Consolidamento fondazioni.
novatek.it

Grazie all'innovativa
tecnologia **LIFT PILE**[®]
Novatek solleva la tua casa
e la riporta in piano.

SOPRALLUOGHI E PREVENTIVI
GRATUITI IN TUTTA ITALIA

Numero Verde
800-222273

GEA 24

IL SISMOGRAFO

La soluzione "smart" per tutte
le metodologie attive/passive
24/48 canali – ADC 24 bit

a partire da soli **2800*** Euro+IVA

5 anni di garanzia

**PERFORMANTE
ECONOMICO
SEMPLICE
AFFIDABILE**



* SOLO STRUMENTO



PASI
www.pasisrl.it

Seguire i tuoi corsi formativi accreditati
non è mai stato così spettacolare.



Mettiti comodo e scopri la nuova piattaforma corsi di Beta Formazione.

Nuovo design e nuove funzionalità studiate per offrirvi una esperienza di elearning ancora più evoluta, sempre più appagante. Solo con Beta Formazione guardi tutti i corsi che vuoi, ovunque.

Un vastissimo catalogo di corsi accreditati ad un unico e irripetibile prezzo.

Chiamaci allo **0545 916279** o visita il sito **betaformazione.com**

GEOLOGIA

TECNICA & AMBIENTALE

Quadrimestrale dell'Ordine Nazionale dei Geologi
N. 2-3/2016

DIRETTORE RESPONSABILE

Alessandro Reina

COMITATO DI REDAZIONE

Francesco Peduto, Vincenzo Giovine,
Arcangelo Francesco Violo, Raffaele Nardone,
Antonio Alba, Domenico Angelone, Lorenzo Benedetto,
Alessandra Biserna, Adriana Cavaglià, Luigi Matteoli,
Gabriele Ponzoni, Alessandro Reina, Paolo Spagna,
Fabio Tortorici, Tommaso Mascetti

COMITATO SCIENTIFICO

Eros Aiello, Vincenzo Simeone, Guido Giordano, Antonio Martini,
Giulio Iovine, Claudio Mariotti, Sergio Castenetto, Sergio Rusi,
Ezio Crestaz, Alfredo Degiovanni, Francesco Maria Guadagno,
Paolo Fabbri, Rocco Dominici, Domenico Guida, Tiziana Apuani,
Elisabetta Erba, Alessandro Conticelli, Nicola Casagli, Rinaldo
Genevois, Gilberto Panebianchi, Silvia Castellaro, Floriana Pergalani,
Vincenzo Morra, Silvia Fabbrocino, Gabriele Scarascia Mugnozza,
Massimiliano Imperato

SEGRETERIA DI REDAZIONE

Maristella Becattini
maristella.becattini@cngeologi.it

DIREZIONE, REDAZIONE, AMMINISTRAZIONE

Consiglio Nazionale dei Geologi
Via Vittoria Colonna, 40 - 00193 Roma
Tel. 06.68807736 / 06.68807737 - Fax 06.68807742

SITO INTERNET

www.cngeologi.it

UFFICIO STAMPA

Giuseppe Ragosta
addettostampa@cngeologi.it

PUBBLICITÀ

Agicom srl
Viale Caduti in Guerra, 28 - 00060 Castelnuovo di Porto (Roma)
Tel 06.9078285 Fax 06.9079256
agicom@agicom.it
www.agicom.it

GRAFICA E IMPAGINAZIONE

Agicom srl
Immagini: ©shutterstock.com

STAMPA

Spadamedia S.r.l.

Iscritto al Registro degli Operatori di Comunicazione (ROC)
al n. 4768. Autorizzazione del Tribunale di Roma n. 55 del
5 febbraio 1986.

Questa rivista viene spedita a tutti i geologi iscritti agli Ordini
regionali, Enti, Uffici Tecnici interessati e università.

Può essere scaricata online in PDF dal sito **www.cngeologi.it**
Spedizione in abbonamento postale 45%, art. 2, comma 20/b,
legge 662/96 - Filiale di Roma.

Un fascicolo € 16,00 - Numeri arretrati € 18,00.

Versamenti sul c/c n. 347005 intestato a:

Consiglio Nazionale dei Geologi

Via Vittoria Colonna, 40 - 00193 Roma, specificando la causale.

I manoscritti, anche se non pubblicati, non si restituiscono.

*L'autore dell'articolo è responsabile di quanto in esso contenuto,
delle autorizzazioni alla pubblicazione di figure, tabelle, ecc.,
dei riferimenti e strumentazioni.*

Associato all'USPI, Unione Stampa Periodica Italiana.

GARANZIA DI RISERVATEZZA

L'editore garantisce la massima riservatezza dei dati forniti dagli abbonati e la
possibilità di richiedere gratuitamente la rettifica o la cancellazione, scrivendo a:
Consiglio Nazionale dei Geologi - Via Vittoria Colonna 40, 00193 Roma.
Le informazioni custodite nell'archivio elettronico dell'Editore saranno utilizzate al
solo scopo di inviare la rivista o altre comunicazioni concernenti l'abbonamento
(D.L. 30/6/2003, n. 196, sulla tutela dei dati personali).

PER GLI AUTORI:

Le Norme di Stampa sono consultabili sul sito [cngceologi.it](http://www.cngeologi.it), nell'area Rivista.

Sommario

L'Editoriale]

A. Reina 7

Il Punto del Presidente]

F. Peduto 9

Interventi

Adriana Cavaglià 11

"Il terremoto dell'Italia Centrale.

Le attività del Consiglio Nazionale Geologi"

Victor Correia 15

"European Geologist title"

Risorsa acqua]

F. Consumi, I. Bonamini, G. Montini, V.M. Boscaino, 17

D. Quirino, M.E. Scardazzi

Modellazione numerica dell'acquifero della
piana di Prato

Dissesti e alluvioni]

A. Guerricchio, V. Simeone 35

La grande deformazione gravitativa territoriale
profonda della Sila Nord-Occidentale, con
sbarramento del fiume Crati, spostamenti ed
"effetti leva" nei terreni della Piana di Sibari,
condizionata anche dalle tettonica
trascorrente del Pollino

Geologi sul territorio]

T. Righini 56

Il sisma in Centro Italia

Geologo progettista]

R. Carbone, C. M. Tucci 63

La determinazione della resistenza
residua dei terreni: limiti connessi all'applicazione
delle diverse metodologie di laboratorio

Iniziative]

A. Reina, F. Tortorici, F. Esposito 77

La nuova Biblioteca dei Geologi Italiani

LexGeo]

R. Lombardi 79

L'energia geotermica nel Diritto Privato delle
Energie Rinnovabili

IMPIEGO DI TECNICHE INNOVATIVE NELLA REALIZZAZIONE DI **TERRE RINFORZATE RINVERDIBILI** E NEL MIGLIORAMENTO DEI **PARAMETRI GEOTECNICI DEL RILEVATO IN ARGILLA**

Massimo Salmi • Full Service Srl
Area Manager
Geotecnica e Ingegneria Naturalistica

Il caso di studio presentato illustra l'utilizzo di una **nuova tecnica costruttiva di terre rinforzate a paramento inclinato rinverdibile e del contestuale miglioramento geotecnico** - in termini di portanza e di lavorabilità - delle argille utilizzate nella realizzazione del rilevato mediante utilizzo di un'agente stabilizzatore ecocompatibile liquido permanente, alternativo alla addizione a calce; si rimarca infine l'importanza fondamentale del corretto drenaggio nelle opere di sostegno e consolidamento.

IL PROBLEMA

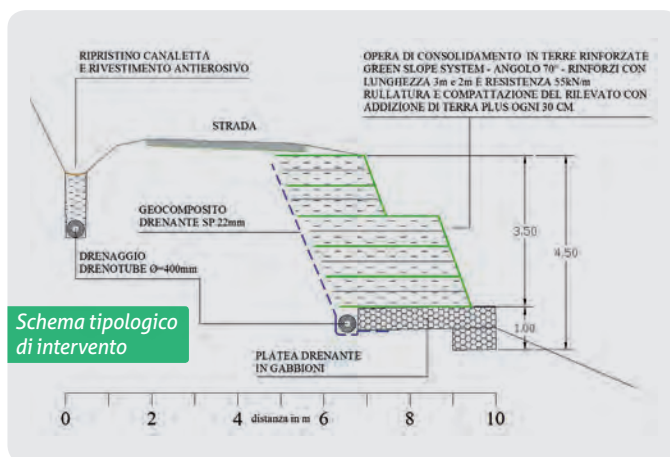
Il caso affrontato è una **classica frana**

di **sottoscarpa stradale**, particolarmente frequente e rappresentativo dei dissesti dell'*Appennino italiano*, in cui le cause preparatorie e scatenanti sono principalmente:

- LA REALIZZAZIONE DELL'ALLARGAMENTO MEDIANTE MATERIALE DI RIPIRTO ACCUMULATO ALLA SOTTOSCARPA
- ASSENZA DI DRENAGGI E CONSEGUENTE SCADIMENTO DEI PARAMETRI GEOTECNICI DEL RILEVATO
- MANCATA MANUTENZIONE DELLE CANALETTE E DELLA REGIMAZIONE DELLE ACQUE METEORICHE
- PIOGGE INTENSE E CONCENTRATE

LA SOLUZIONE

Il problema è stato affrontato attraverso la realizzazione di un **rilevato armato** con elementi completamente preassemblati **Green Slope System™** con angolo frontale e lunghezza delle code di rinforzo strutturale variabili secondo le esigenze geotecniche e con resistenze da 35 a 300 kN/m, in relazione alle prestazioni progettuali come da calcoli di stabilità strutturale.



terfaccia tra rilevato e terreno in posto, mediante un geocomposito drenante tridimensionale di 22 mm di spessore steso in parete; le acque convogliate da questi elementi drenanti sono state raccolte a tergo da un pacchetto drenante preassemblato **Drenotube®** con riempimento in polistirolo e tubo dreno da 160 mm confinati da un geotessile separatore di filtrazione, e allontanate a valle. A monte della strada, lungo l'asse, è stato realizzato un drenaggio **Drenotube®** alla profondità di 1,50 m e ripristinata l'efficienza idraulica della canaletta attraverso pulizia e stesa di materiale antierosivo. La presenza di materiale argilloso presente in sito (A6-A7 AS-SHTO-CNR UNI10006), e la necessità di riutilizzarlo hanno portato all'impiego di **Terra Plus**, uno stabilizzatore permanente di argille che, penetrando nel terreno si sostituisce all'acqua intralamellare espellendola e facendone perdere il tipico comportamento idrofilo. Il **Terra Plus** è stato applicato per semplice aspersione, al di sopra di ogni strato di 30 cm) - prima della compattazione - in ragione di 8/10 mL diluiti in 2,5 litri di acqua per ogni strato. La formulazione liquida rende l'utilizzo semplice e l'ambiente di lavoro salubre senza polveri in cantiere.



Conclusioni

L'utilizzo di un approccio olistico, seppur basato su concetti progettuali classici, declinati tuttavia attraverso tecnologie intelligenti e innovative, consente la realizzazione di opere "complessive" in cui ogni componente collabora a migliorare il comportamento degli altri; ne risultano interventi con caratteristiche resilienti, efficaci, duraturi ed economici.





Alessandro Reina

Direttore Responsabile

L'accessibilità alle ricerche, agli argomenti, alle problematiche e ai temi della geologia costituisce per i professionisti l'occasione di apprendere tecniche e metodi che possono essere utili alla propria attività di lavoro anche se in situazioni e circostanze dimensionalmente differenti.

La Rivista, in questo numero, propone ai professionisti geologi articoli che riguardano applicazioni di concetti e criteri tradizionali ed innovativi in contesti che hanno attinenza con i dissesti idrogeologici e geomorfologici.

L'articolo di Alessandro Guerricchio e Vincenzo Simeone compie una straordinaria ricostruzione del modello geomorfologico della Sila nord - occidentale attraverso l'osservazione delle evidenze morfologiche del territorio puntando alla interpretazione dei meccanismi di deformazione del suolo.

Attraverso il confronto e l'analisi critica dei metodi di laboratorio più utilizzati per la misura della resistenza al taglio residua Raffaele Carbone e Clemente Tucci indicano quali sono i vantaggi e i limiti delle tecniche di valutazione di questo parametro che è oggettivamente indispensabile nello studio delle condizioni di equilibrio dei versanti.

Un forte esempio di sinergia tra tecniche tradizionali e innovative è rappresentato dallo studio proposto con l'articolo sull'acquifero della piana di Prato. I componenti del gruppo di lavoro dopo una fase di raccolta ed interpretazione dei dati di base ha elaborato un modello idrogeologico che ha visto in ultimo l'implementazione del modello matematico di flusso con il codice numerico Mudflow.

Di particolare interesse è la testimonianza dell'esperienza tecnica e umana raccontata dai geologi in servizio presso il Centro Operativo di Accumuli. La scelta di pubblicare questa lettera pervenuta in redazione è stata motivata dalla descrizione del contributo altamente professionale e dall'apporto di solidarietà che i geologi hanno fornito durante la fase di emergenza, nelle zone del terremoto.

Complimenti per l'elezione a Presidente della Feg a Victor Correia... ad maiora!!!

Buona lettura



**... Ora è tutto più chiaro:
Georadar
MALA Ground Explorer**
Con nuova tecnologia HDR
Definizione superiore grazie
all'esclusivo processo
di campionamento
Antenne con frequenze
comprese da 80 MHz
a 750 Mhz

Distributore per l'Italia:



ABEM | MALA



geotomographie



W&R
instruments s.r.o.



Geophex, Ltd.



Società accreditata per corsi APC



Francesco Peduto

Presidente Consiglio Nazionale Geologi

Il 24 agosto un forte terremoto ha interessato l'Italia centrale con vittime e danni, acuiti dalle successive violente repliche del 26 e 30 ottobre, che hanno determinato una nuova pagina tragica e dolorosa nella storia sismica del nostro paese.

Il Consiglio Nazionale dei Geologi si è immediatamente messo a disposizione della Protezione Civile Nazionale per ogni forma di utile supporto e la nostra categoria per la prima volta è stata coinvolta in varie attività finalizzate al superamento dell'emergenza, che sono andate ben oltre rispetto alle intese in essere, anche grazie a quanto sviluppato nei mesi precedenti con lo stesso Dipartimento Nazionale di Protezione Civile.

Con il terremoto sono tornati prepotentemente alla ribalta i temi sul rischio sismico trattati durante il nostro congresso di aprile, dalla necessità di riconoscere la sicurezza sismica degli abitati come esigenza collettiva di carattere primario a quella di accelerare il programma nazionale di MZS, dall'importanza dell'adozione del "fascicolo del fabbricato" e della "certificazione sismica degli edifici" a quella dell'incentivazione fiscale degli interventi per la riduzione del rischio sismico, ma anche dell'uniformazione delle procedure di rilascio delle Autorizzazioni sismiche e di una maggiore presenza di geologi negli organi di controllo; temi che abbiamo ribadito in occasione della Consultazione sul progetto "Casa Italia" al Presiden-

te del Consiglio dei Ministri, in diversi altri incontri istituzionali e nelle tante trasmissioni tv e radiofoniche a cui abbiamo partecipato in questi mesi. Siamo stati punto di riferimento per il Paese e se almeno alcuni di questi temi oggi sono nell'agenda di governo, un po' del merito è anche nostro.

In questo stesso numero c'è un report curato da Adriana Cavaglià con il dettaglio delle attività del CNG a supporto del DPCN per l'emergenza terremoto, ma mi piace evidenziare in particolare due aspetti: il primo è che ogni problema, decisione ed attività è stata affrontata in modo del tutto sinergico e in totale condivisione con gli OO.RR. delle quattro regioni coinvolte dal sisma, la seconda è che i colleghi che finora hanno partecipato alle attività di supporto si sono contraddistinti per serietà, preparazione e competenza, motivo per il quale sento di doverli personalmente ringraziare.

In questi mesi, tuttavia, sebbene il contributo che i geologi danno in termini di prevenzione e sicurezza del territorio è da tempo parte integrante del tessuto sociale ed economico del Paese, come ha dimostrato anche questo terremoto ed ammesso che ce ne fosse ancora bisogno, ci stiamo scontrando con il problema delle nuove NTC, approvate in Consiglio Superiore dei LL.PP. nel 2014, ma che solo ora vedono la luce.

Nel massimo organo tecnico dello Stato siamo poco considerati e la componente geologica è fortemente minoritaria, marginale e spesso bistrattata; il risultato è che gli aspetti geologici, già poco evidenziati nelle precedenti norme, nel testo approvato nel 2014 risultano ancor più minimizzati e confinati, svuotati di significato e dei contenuti tecnico-progettuali.

Insomma per la categoria è un passo indietro.

Solo a luglio è stato possibile inserire un nostro rappresentante all'interno del CSLLPP e da allora stiamo provando a riaprire i giochi, abbiamo lanciato un appello alla politica ed alle istituzioni insieme a tutti i massimi esponenti della comunità scientifica geologica (che sento di dover pubblicamente ringraziare per questo), ci siamo fatti sentire in Parlamento e con il Governo e siamo riusciti ad aprire una contrattazione sia sulle norme che sulla relativa circolazione di nostro interesse.

Ovviamente affrontare una trattativa in queste condizioni, con le norme scritte ed approvate e la circolare pure, è molto difficile, si parte da una condizione di chiaro svantaggio e viene continuamente rimproverato al CNG di non aver fatto nulla al momento opportuno, quando le norme sono state approvate, se non il voto contrario del suo rappresentante.

Se le cose non dovessero cambiare i geologi ne sarebbero penalizzati, ma tentare di esautorare la nostra categoria dall'esercizio di alcune competenze proprie o concorrenti, come la sismica e la geotecnica, significa non puntare ad una vera qualità progettuale, alla sicurezza del territorio e delle costruzioni e chi ne pagherà le conseguenze sarà ancora una volta il Paese.

Se le cose non dovessero cambiare le nuove norme si porrebbero in contrasto con fonti normative di rango primario o superiore, che stabiliscono quali sono le attività proprie della professione di geologo. Ma noi continueremo a provarci con tutte le nostre forze e con tutti i mezzi che abbiamo a disposizione fino alla fine e vedremo come andrà a finire.

Anche in questo caso stiamo seguendo un percorso di condivisione con la Conferenza dei Presidenti degli OO.RR. ed insieme a loro decideremo il da farsi, senza escludere la possibilità di ricorrere nelle opportune sedi se non dovesse essere raggiunto quantomeno un compromesso accettabile.

È un paradosso che nel Paese dei disastri naturali la figura del geologo non riesca a ritagliarsi un ruolo centrale e sovraordinato nel campo delle costruzioni e nel governo del territorio, ma noi continueremo a lavorare per questo, convinti che ci sarà ancora un futuro per la nostra professione.

Ed a proposito di disastri, il 4 novembre scorso ricorreva il 50° anniversario dell'alluvione di Firenze ed insieme all'O.R.G. della Toscana abbiamo voluto ricordare quell'evento e fare il punto della situazione dopo mezzo secolo, organizzando un convegno su Città storiche ed alluvioni – la geologia e la gestione del rischio”.

Nonostante i tanti passi avanti fatti, ogni anno siamo assistiamo ancora ad una escalation sempre maggiore di eventi idraulici ed idrogeologici e per il futuro le previsioni sono tutt'altro che rosee: secondo diversi studi il rischio di alluvioni aumenterà costantemente nei prossimi anni e quelle più violente diventeranno più frequenti. Nel nostro paese con Italiasicura, la Struttura di Missione sul dissesto idrogeologico, è stato dato un segnale importante, che va nella direzione di mettere finalmente mano ai problemi legati alla difesa del suolo, iniziando un percorso virtuoso che i geologi chiedono da tempo, cioè la possibilità di programmare e pianificare gli interventi strutturali sulla difesa del suolo evitando finanziamenti a pioggia spesso inutili. Cosa importante, finalmente si ritorna a finanziare la progettazione, per puntare su progetti di qualità.

Italiasicura, però, è solo una delle cose da fare, vanno messe in campo anche altre azioni parallele, integrate e sinergiche.

Uno dei problemi cardine è la questione normativa, dove l'inadeguatezza e la frammentarietà del quadro vigente e la mancanza di dettati legislativi di rango primario fanno sì che molte norme di settore, alcune perfino lungimiranti, restano di fatto inapplicate o inoperanti. Come quelle riguardanti le misure “non strutturali”, presidi satellitari, strumentali e tecnico-specialistici, che vanno necessariamente affiancate agli interventi strutturali per conseguire gli obiettivi di salvaguardia e tutela del territorio, perché per quante risorse si riescano a reperire, non saranno mai sufficienti visto lo stato di dissesto in cui versa il paese. Da questo ne potrebbero derivare nuove opportunità per la nostra professione e, soprattutto, si conseguirebbe un vero salto di qualità nelle politiche di contrasto al dissesto idraulico ed idrogeologico, motivi per i quali anche su questi temi stiamo portando avanti un confronto serrato con le istituzioni e con la politica. ◀

Il terremoto dell'Italia Centrale

Le attività del Consiglio Nazionale Geologi

a cura di **Adriana Cavaglià**, Coordinatore della Commissione Protezione Civile del CNG

Le 3.36 del 24 agosto 2016 hanno segnato l'inizio di un nuovo capitolo della storia sismica dell'Appennino Centrale: un terremoto di magnitudo momento Mw 6.0 con area epicentrale nel reatino, e le successive scosse, hanno profondamente ferito un esteso territorio compreso tra il Lazio, le Marche, l'Umbria e l'Abruzzo.

Già dalle prime ore della mattina è iniziato un immediato confronto tra la scrivente, Coordinatrice della Commissione Protezione Civile del CNG, il Presidente Francesco Peduto ed i Presidenti degli Ordini territoriali delle quattro Regioni coinvolte, per offrire un immediato supporto tecnico attraverso l'invio di geologi nelle aree gravemente danneggiate, in un territorio profondamente trasformato da deformazioni permanenti.

Acquisita la disponibilità dei colleghi, la stessa mattina del 24 agosto è stata quindi inviata, da parte del CNG, una comunicazione al Dipartimento della Protezione Civile Nazionale, relativa alla disponibilità di geologi professionisti a supporto delle attività tecniche in emergenza, in riferimento all'Accordo di Collaborazione tra CNG e DPC.

Il Consiglio Nazionale ha manifestato da subito la volontà di coin-

volgere appieno gli Ordini territoriali interessati nelle successive fasi, che sono state quindi affrontate e portate avanti insieme ed in modo sinergico anche a livello decisionale.

È importante evidenziare che, nel mese di luglio 2016, si era svolto un incontro tra il Dipartimento della Protezione Civile, rappresentato dal Capo Dipartimento Fabrizio Curcio, ed il Consiglio Nazionale dei Geologi rappresentato dal Presidente Francesco Peduto. Durante l'incontro era emersa la volontà reciproca di riavviare ed ampliare un percorso congiunto finalizzato alla preparazione dei professionisti ad intervenire in emergenza, dando però anche ampio spazio ad iniziative mirate alla prevenzione non strutturale, attraverso attività di diffusione della cultura geologica e dei rischi naturali.

Al fine di pianificare e di rendere operative azioni congiunte, il Gruppo di Lavoro, costituito da rappresentanti del CNG e del DPC, si sarebbe dovuto riunire i primi giorni di settembre. Ma gli eventi sismici del 24 agosto, con la conseguente dichiarazione dello stato di emergenza, hanno necessariamente sospeso la ripresa delle attività.

Tuttavia, gli intenti manifestati nel corso della riunione citata erano stati decisivi per il coinvolgimento dei geologi anche in attività non previste dall'Accordo di Collaborazione siglato nel mese di aprile 2011, che prevedeva, in caso di emergenza, il coinvolgimento dei geologi a supporto della sola *Funzione Tecnica di Valutazione e Pianificazione*. In risposta alla disponibilità offerta dal CNG, difatti, con nota della Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento Protezione Civile, Prot. n° UC/TERAG 16/0044424 del 3 settembre 2016, viene richiesta la mobilitazione di geologi a supporto della *Funzione Censimento Danni e rilievo agibilità post evento*, istituita presso la Di.Coma.C., che non rientrava nella suddetta intesa.

Tale nota segna un momento importante per la nostra categoria professionale che, per la prima volta, viene coinvolta in attività di protezione civile finalizzate al contrasto ed al superamento di un'emergenza sismica, di carattere nazionale.

Viene così avviato il coordinamento delle attività che viene svolto dal Consiglio Nazionale dei Geologi che, a sua volta, si interfaccia con gli Ordini territoriali.

interventi



Foto M. Palombella



Foto C. Boccali

Durante una riunione operativa svoltasi il 6 settembre presso la Di.Coma.C. di Rieti, vengono definite le attività di collaborazione e, il 12 settembre, 9 geologi provenienti da Abruzzo, Lazio e Marche partecipano al primo turno, stabilito in 8 giorni di attività, rivolte alla gestione informatica e georeferenziata delle istanze di sopralluogo e delle schede *AeDES* in ambiente GIS, attraverso l'utilizzo dell'applicativo *ERIKUS*, sviluppato e sperimentato dal Settore Sismico della Regione Piemonte nel corso dell'esercitazione nazionale "Magnitudo 5.5" dello scorso mese di giugno.

Il ruolo dei geologi in tale ambito è prevalentemente finalizzato alla formazione ed assistenza al personale dei COC che dovranno gestire, con tale applicativo, le istanze dei cittadini e gli esiti di agibilità degli edifici, previa formazione degli stessi geologi, fornita dai tecnici del Settore Sismico della Regione e dell'Arpa Piemonte. I colleghi, viste le forti criticità che contraddistinguono questa emergenza, in alcuni casi si sono inoltre resi disponibili ad eseguire anche il *data entry* nonché fornire un supporto per l'organizzazione delle squadre di tecnici abilitati alle verifiche di agibilità e danno degli edifici.

Sempre a supporto della *Funzione Censimento Danni e rilievo agibilità post evento*, e sempre nel mese di settembre, sono state avviate attività di rilevamento geologico-tecnico finalizzate alla definizione di criticità geologiche afferenti gli edifici oggetto di verifiche di agibilità, con esito D ed F, ovvero per i quali l'esito di agibilità fornito dalle squadre di "agibilitatori" viene rimandato ad un maggiore approfondimento o alla valutazione del rischio esterno, a causa della presenza di problematiche per le quali è necessaria la valutazione da parte di un geologo.

Il 20 settembre sono state così avviate, in via sperimentale, le prime attività di rilevamento grazie al contributo di colleghi, liberi

professionisti, provenienti da Abruzzo, Lazio, Marche e Umbria, ovvero le Regioni direttamente interessate dagli eventi sismici.

Dopo una prima riunione operativa presso la Di.Coma.C. di Rieti, vengono definite le modalità di restituzione delle informazioni geologiche, utili ai fini di protezione civile.

Viene nel frattempo predisposta ed utilizzata, in via sperimentale, una scheda di approfondimento alla scheda *AeDES*, denominata *AGeoTec*, nella quale vengono inquadrare, oltre alle principali informazioni anagrafiche dell'edificio o dell'aggregato strutturale oggetto di sopralluogo, le problematiche geologico-tecniche che caratterizzano il pericolo esterno individuato e gli eventuali provvedimenti di pronto intervento già eseguiti o da eseguire per la rimozione del rischio esterno.

Il 29 settembre, con nota Prot. n° UC/TERAG 16/0050551 della Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento Protezione Civile, perviene la richiesta di mobilitazione di geologi anche a supporto della *Funzione Tecnica di Valutazione e Pianificazione* istituita presso la Di.Coma.C. per attività di rilevamento degli effetti geologici indotti dal sisma e delle interferenze



Foto A. Cavaglià



Foto M. Manuel

di tali effetti sull'ambiente, ai sensi dell'art. 14 dell'Ordinanza CDPC n. 394 del 19 settembre 2016.

Durante una riunione operativa del 13 ottobre, presso la Di.Coma.C. di Rieti, con i referenti del CNG e delle Funzioni *“Tecnica di Valutazione e Pianificazione”* e *“Censimento danni e rilievo agibilità post evento”*, vengono definiti gli aspetti di dettaglio delle attività da svolgere, individuate nelle verifiche delle criticità geologiche che interferiscono con la viabilità di accesso alle aree destinate all'insediamento delle Strutture Abitative di Emergenza (S.A.E.), nonché con le arterie strategiche di accesso alle aree destinate allo stoccaggio delle macerie; inoltre, un altro compito è l'approfondimento del rischio esterno che incombe sugli aggregati edilizi e che potrebbero compromettere l'esito di agibilità degli stessi.

Il 26 ottobre, proprio durante una riunione tra il Capo Dipartimento della Protezione Civile ed i rappresentanti dei Consigli Nazionali delle professioni tecniche coinvolte dalla *Funzione Censimento Danni*, una prima scossa di magnitudo 5.4 e, poi, una successiva di magnitudo

5.9, sempre con area epicentrale in provincia di Macerata, configurano un nuovo scenario nel quadro della gestione dell'emergenza.

A seguito di tali eventi, i colleghi operativi nella turnazione del 24-31 ottobre, vengono immediatamente invitati a lasciare le proprie postazioni, a meno di un alloggio in campi di accoglienza e in strutture operative sicure.

Alle 7.40 del 30 ottobre, un ulteriore evento sismico di magnitudo momento Mw 6.5, con area epicentrale in provincia di Perugia, modifica ancor più gravemente lo scenario del danneggiamento, coinvolgendo territori più ampi, anche in relazione alle nuove deformazioni permanenti.

Le attività tecniche vengono sospese, dando nuovamente ampio spazio alle attività di soccorso alla popolazione.

Il 7 novembre segna una parziale ripresa delle attività e, una prima squadra di geologi professionisti, provenienti da Abruzzo e Lazio, viene attivata a supporto della *Funzione Tecnica di Valutazione e Pianificazione*, al fine di verificare le criticità geologiche interferenti con la viabilità principale nel reatino, legate agli effetti indotti dal sisma, riconducibili prevalentemente a frane sismo indotte.

Inizia così la prima esperienza in emergenza dei geologi a supporto della Funzione Tecnica.

A partire dal 14 novembre, inoltre, vengono riprese le operazioni di supporto alla *Funzione Censimento danni e rilievo agibilità post evento* con nuove attività in ambiente GIS, legate alla gestione informatica delle schede *FAST (Fabbricati per l'Agibilità Sintetica post-Terremoto)*, per la definizione di una urgente valutazione di agibilità degli edifici, legata alle esigenze abitative sul territorio. I geologi operatori GIS sono di nuovo presenti nei Centri di Coordinamento delle quattro Regioni coinvolte, per l'utilizzo di una nuova estensione dell'applicativo *ERIKUS*.

Tra le attività dei professionisti svolte a titolo gratuito a supporto della Di.Coma.C. non sono stati invece ricompresi gli Studi di Microzonazione Sismica, in quanto tali studi rientrano in attività di pianificazione e, pertanto, devono essere affidati a professionisti attraverso un disciplinare di incarico.

L'art. 14 dell'OCDPC n. 394 del 19 settembre aveva infatti creato degli equivoci in tal senso poiché, tra le verifiche geologico-tecniche sul territorio, erano state ricomprese anche le indagini propedeutiche alle attività di microzonazione sismica con lo scopo di *“favorire l'urgente sistemazione alloggiativa provvisoria nelle aree colpite dagli eventi sismici”* e per la *“realizzazione dei moduli provvisori per uso scolastico ed altri usi pubblici”*. Al fine di chiarire tale aspetto, si sono svolte riunioni con il DPC e, ad inizio ottobre, il CNG e gli OO.RR. di Abruzzo, Lazio, Marche ed Umbria diramano una nota congiunta che viene trasmessa a tutti gli OO.RR. ed al Dipartimento della Protezione Civile Nazionale, con la quale vengono ribaditi tali concetti.

Con OCDPC n. 405 del 10 novembre scorso, anche a seguito di richieste informali del CNG e delle altre professioni tecniche coinvolte nell'emergenza, viene inserita una novità in merito alle attività dei professionisti mobilitati attraverso i rispettivi Consigli Nazionali ed impegnati, a titolo volontario, nell'emergenza sismica dell'Italia Centrale a supporto della *Funzione Censimento danni e rilievo dell'agibilità post evento*. Viene infatti riconosciuto, anche in maniera retroattiva, il rimborso per il mancato guadagno giornaliero, come previsto dall'art. 9 comma 10 del DPR n. 194/2001. Con l'Ordinanza CDPC n. 418 del 29.11.2016, il rimborso per il mancato guadagno viene riconosciuto anche ai geologi attivati tramite il CNG, impegnati in attività di supporto alla *Funzione Tecnica di Valutazione e Pianificazione*.

Nel corso di queste attività i Geologi stanno dimostrando una notevole competenza e preparazione nelle attività in cui sono stati coinvolti e, in particolare, si sono contraddistinti nella gestione dei dati informatici, in ambiente GIS. Altro contributo, è il fondamentale supporto tecnico che stanno offrendo per la definizione degli effetti sismo indotti e del rischio residuo, interferenti con le infrastrutture e gli edifici.

Tali attività concorrono al rapido rientro della popolazione nelle proprie abitazioni ed al ripristino delle attività economiche e produttive.

I colleghi, a loro volta, nel complesso hanno dimostrato soddisfazione per le attività svolte e per la loro crescita, sia da un punto di

vista professionale sia umano, maturata con l'esperienza vissuta in campo nonché con il positivo confronto con le altre categorie professionali.

Sicuramente, nel corso di questi mesi, sono state incontrate delle criticità, del resto inevitabili considerato che stiamo sperimentando nuove attività e procedure, che stiamo scrivendo proprio in fase di emergenza ma, per la prima volta, stiamo partecipando alla gestione ed al superamento di un'emergenza sismica di carattere nazionale, attraverso attività che si stanno via via definendo con il Dipartimento della Protezione Civile.

Ad oggi, a partire dal 12 settembre scorso, nelle attività sopra descritte sono stati coinvolti oltre 100 Geologi provenienti da Abruzzo, Lazio, Marche, Umbria, Campania, Emilia Romagna, Toscana, Piemonte, Lombardia, Molise, Veneto, Basilicata, Calabria, Puglia, Sicilia, Friuli Venezia Giulia e Trentino Alto Adige.

Un sentito ringraziamento è dovuto ai Colleghi che hanno sinora operato, con entusiasmo, e che continueranno a dare disponibilità in questa emergenza, ai Coordinatori delle Commissioni Protezione Civile degli OORR, ai tecnici del Settore Sismico della Regione e dell'Arpa Piemonte, al personale ed ai Funzionari del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale, tutte persone con le quali è nata una splendida sinergia, con l'obiettivo comune di superare, nel più breve tempo possibile, l'emergenza che ha sconvolto l'Italia Centrale.

European Geologist title

*EurGeols are recognised all over Europe and in Australia, Canada, South Africa and United States.

Dear Colleagues,

I recently had the pleasure to talk about the European Geologist title in a Conference organised by the Consiglio Nazionale dei Geologi and the Ordine dei Geologi di Toscana. The interest the Italian colleagues showed on this topic justifies these brief lines.

The search for excellence in geology and its application has been, and will remain, one of the fundamental objectives of European Federation of Geologists (EFG). To achieve this, EFG has developed the European Geologist professional title (EurGeol), serving the mobility of geologists within Europe and globally*.

Professional titles have become important in demonstrating the suitability of a professional to provide geological services. The professional title provides a quality mark to demonstrate to clients, regulators and the general public that the individual is competent to provide geological advice, and allows employers to offer competitive commercial services. To adapt to the current and future challenges within the geo-political framework of the European Union, it is necessary that geologists achieve, and can demonstrate, a high degree of professional experience to be able to respond to the demands of Society in practicing their profession.

A professional geologist who is a member of a National Association member of EFG with not less than eight years of training and experience may apply to be validated as a European Geologist. The European Geologist concept covers four pillars:

- **Academic Qualifications.**
- **Professional Experience.**
- **Code of Ethics.**
- **Continuing Professional Development.**

An applicant for the EurGeol title must have followed and satisfactorily completed an educational programme at University level in geology or a related subject and have been awarded a degree or equivalent qualification. In addition, applicants must demonstrate also their professional experience through the application form, supporting documentation, professional practice report and a professional interview. An applicant who is only able to undertake routine activities or to require extensive supervision would not meet the requirements for award of the title of European Geologist.

All European Geologists are required to abide by the Code of Conduct established by the European Federation of Geologists. In case of allegations made against a European Geologist for breach of the Code of Ethics a complaint shall be submitted to the Secretary General who will collaborate with the Registration Authority of EFG to establish an Investigation Panel in order to evaluate the complaint.

To keep up-to-date the European Geologists are required to present annual Continuing Professional Development (CPD) records. CPD is the systematic maintenance, improvement and broadening of knowledge and skill and the development of personal qualities necessary for the execution of professional and technical duties throughout a practitioner's working life. CPD addresses the pace of technological change in the geosciences, as well as the danger of skills obsolescence and over-specialisation. EFG has developed an electronic tool supporting the EurGeols in the completion of their CPD records and the LBs in the audit of these reports.

The EurGeol title is awarded by EFG. Applicants for registration must be recommended by their National Association and accepted by EFG before they are awarded the EurGeol title. The process of vetting applications for the title is carried out for the Federation by its Licensed Bodies. Recommendations for award from the Licensed Bodies are passed to the EFG Council for ratification. A register of title holders is maintained on the EFG web site.

For more information visit eurogeologists.eu. I look forward to receiving applications for the EurGeol title from Italian colleagues.



Victor Correia
President, EFG

• SISMOGRAFI

• HVSR

• TOMOGRAFIA ELETTRICA

• GEORESISTIVIMETRI

• ENERGIZZATORI SISMICI

• IDROFONI



Seismograph
ECHO 24/2010 Seismic Unit - 24bit



Seismograph
ECHO 48/2012 Seismic Unit - 24bit



ECHO 3 HVSR - 24bit



3D/5D - 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

Modellazione numerica dell'acquifero della piana di Prato

Groundwater flow model of Prato plain

Termini chiave:

acquifero, modflow,
modello numerico di
flusso, bilancio idrico

Keywords:

acquifer, modflow,
groundwater flow
model, water balance

Francesco Consumi Autorità di Bacino del fiume Arno, Via dei Servi, 15 – 50122 Firenze

Isabella Bonamini Autorità di Bacino del fiume Arno, Via dei Servi, 15 – 50122 Firenze

Giovanni Montini Autorità di Bacino del fiume Arno, Via dei Servi, 15 – 50122 Firenze

Vito Marcello Boscaïno Provincia di Prato, Via Benedetto Cairoli, 25 – 59100 Prato

Daniela Quirino Provincia di Prato, Via Benedetto Cairoli, 25 – 59100 Prato

Maria Elena Scardazzi Ingegnerie Toscane Srl., Via De Sanctis, 49 – 50136 Firenze

Abstract

The groundwater flow modeling, developed by the Arno River Basin Authority, Province of Prato and Ingegnerie Toscane Srl, was aimed at producing a specific instrument in order to support the choices of the Public Administrations and water services authority in the management of groundwater, as for quantitative aspect. In the Prato plain subsoil is present an aquifer that consists of fluvial-lacustrine deposits among the most important of the Arno basin, widely studied and monitored for their relevance particularly in drinking water and industrial sectors. The work was developed through a first step of data collection and analysis, conceptual elaboration of the hydrogeological model and, finally, implementation of the mathematical model of flow using the numeric code Modflow. The model was calibrated by monitoring the piezometric local network for years 2007 to 2012. This model is capable of simulating the piezometric seasonal variations caused by different conditions of charging and removal with a good precision degree, in agreement with data available, and allowed us to understand and quantify the mechanisms of Prato groundwater recharge and perform the water balance.

Riassunto

Il modello numerico di flusso, sviluppato da Autorità di Bacino del fiume Arno, Provincia di Prato ed Ingegnerie Toscane S.r.l., è stato finalizzato alla produzione di uno strumento specifico in grado di supportare le scelte delle Pubbliche Amministrazioni e del gestore del servizio idrico nelle gestione delle acque sotterranee, in relazione all'aspetto quantitativo. Il sottosuolo della pianura pratese è sede di un acquifero costituito da depositi fluvio-lacustri fra i più importanti del bacino dell'Arno, ampiamente studiato e monitorato proprio in considerazione dell'importanza che riveste per gli usi cui è soggetto, in particolare l'idropotabile e l'industriale. Il lavoro è stato sviluppato attraverso una prima fase di raccolta ed interpretazione dati, l'elaborazione del modello concettuale idrogeologico ed infine l'implementazione del modello matematico di flusso usando il codice numerico Modflow. Il modello è stato calibrato in base ai dati della rete di monitoraggio piezometrico provinciale per gli anni dal 2007 al 2012 ed è in grado di simulare le variazioni piezometriche stagionali dovute a differenti condizioni di ricarica e di prelievo con un buon grado di precisione, compatibilmente con i dati disponibili; ha quindi permesso

di comprendere e quantificare i meccanismi di ricarica del corpo idrico sotterraneo pratese ed effettuarne il bilancio idrico.

1) Introduzione

L'area di studio (Figura 1) corrisponde alla proiezione in superficie del corpo idrico significativo individuato nel Piano di Gestione delle Acque del Distretto Appennino Settentrionale (Direttiva 2000/60 CE), corrispondente all'acquifero alluvionale della pianura di Prato. Tale superficie ha un'estensione di circa 73 km².

La falda pratese è la più importante ed utilizzata fra quelle del Medio Valdarno e più in generale del bacino dell'Arno, con consistenti prelievi sia ad uso potabile che industriale. L'area di Prato, proprio per la sua ricchezza di riserve idriche sotterranee, è stata oggetto, nel corso degli anni, di un eccessivo sfruttamento che ha determinato la formazione di un esteso cono di

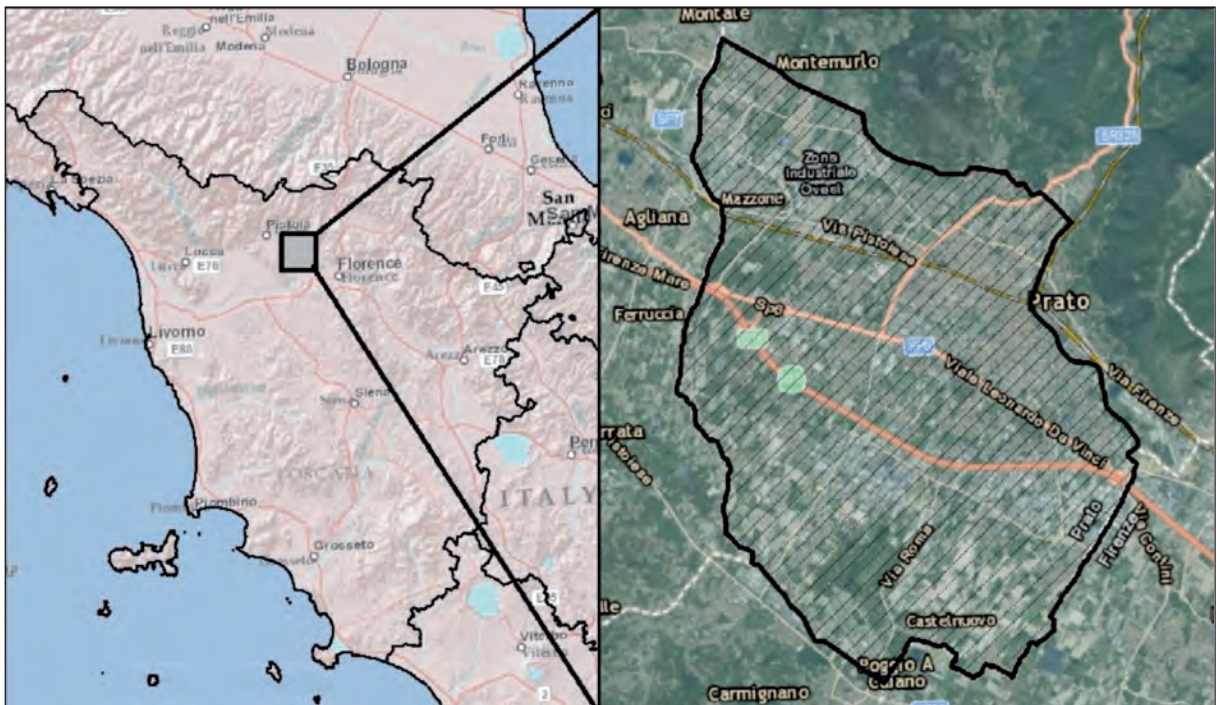
depressione della superficie piezometrica che ha raggiunto la sua massima estensione alla fine degli anni '80.

Questa situazione di deperimento della falda, peraltro monitorata già da fine anni cinquanta, ha necessariamente indirizzato verso la ricerca di soluzioni atte a migliorare il suo utilizzo ed evitare di portare la riserva all'esaurimento.

Il bilancio idrico effettuato per il periodo 1993 – 2006 (ADB ARNO, 2008) ha evidenziato un miglioramento rispetto al periodo di massimo sfruttamento, con ancora alcune situazioni di criticità. Il cono di depressione si è gradualmente ridotto per effetto delle misure messe in atto per la disincentivazione all'emungimento e soprattutto, in seguito alla crisi dell'industria tessile pratese che ha determinato una marcata riduzione dei prelievi di acque sotterranee ad uso industriale. Tale riduzione dei prelievi e la contemporaneità di anni con precipitazioni sopra la media hanno peraltro determinato situazioni di risalita della

Figura 1 – Ubicazione dell'area di studio

Figure 1 – Location of the analysed area



falda tali da creare problemi alle strutture interrate di alcuni edifici.

2) Inquadramento idrogeologico

L'area in oggetto è collocata nella parte centrale del bacino sedimentario di Firenze-Prato-Pistoia (Figura 1) instauratosi a partire dal pliocene superiore in seguito alla tettonica distensiva post-orogonica. I depositi fluviolacustri di riempimento del bacino che si trovano nel sottosuolo della pianura pratese possono essere divisi in tre unità principali, ovvero i depositi lacustri, i depositi di delta conoide del Bisenzio e i depositi recenti di esondazione.

I depositi lacustri sono costituiti da argille limose, talvolta leggermente sabbiose, con livelli di lignite e torba; strati di ghiaie, generalmente in matrice limosa, si intercalano alle argille con spessore decrescente procedendo verso il centro della pianura. Questi ultimi rappresentano i depositi sedimentari rilasciati dal Bisenzio allo sbocco nella pianura ed evidenziano il passaggio da un ambiente di sedimentazione di conoide fluviale a uno di delta lacustre (LANDINI et alii, 1990).

Il progressivo abbassamento del bacino veniva compensato dal notevole trasporto solido dei corsi d'acqua, tra cui il Bisenzio rivestiva un ruolo preminente a causa del forte sollevamento dell'area appenninica di provenienza, determinando un'evoluzione sedimentaria tendente ad un aumento dell'apporto macroclastico. Nell'area di Prato le ghiaie diventavano prevalenti via via che la conoide avanzava nella pianura, fin quasi al margine opposto.

Terminata nell'Olocene questa fase sedimentaria, il Bisenzio ha cominciato a incidere la sua conoide. La successione sedimentaria termina con la deposizione di materiali limoso-argillosi più o meno sabbiosi corrispondenti agli episodi alluvionali recenti.

La geometria tridimensionale dell'acquifero è stata ricostruita con un buon dettaglio, visti i numerosi dati a disposizione, in occasione della redazione del Piano di Bacino del fiume Arno - Stralcio

Bilancio Idrico e dei suoi aggiornamenti (AdB ARNO, 2008). Tale analisi ha portato ad individuare due corpi idrici principali, facenti parte della conoide del fiume Bisenzio (Figura 2a), tra loro sovrapposti e sormontati da 1-2 m di depositi di esondazione recenti a carattere prevalentemente limoso (LANDINI & PRANZINI, 1991; LANDINI et alii, 1990, 2004).

L'acquifero più superficiale è caratterizzato da una prevalenza di ghiaie grossolane in matrice limoso-sabbiosa, con subordinate intercalazioni di lenti argilloso-limose che diventano più frequenti verso i margini della conoide. Lo spessore varia da 10 m a 50-60 m e la falda può considerarsi libera, vista l'assenza di litotipi impermeabili sufficientemente continui da isolare i livelli di ghiaie; in Figura 2b viene mostrata la ricostruzione della profondità delle ghiaie acquifere.

L'acquifero sottostante è invece caratterizzato da una prevalenza di sedimenti limoso-argillosi con intercalazioni, localmente anche abbondanti, di ghiaie grossolane in matrice limoso-sabbiosa. I livelli permeabili sono in contatto tra loro solo in corrispondenza di alcuni contatti geologici, concentrati in particolare nella parte apicale della conoide. In questo secondo sistema acquifero possono essere distinte più falde confinate con possibilità di scambi, sia tra loro che con la falda libera sovrastante, nella zona apicale e centrale della conoide (LANDINI et alii, 1990).

3) Materiale utilizzato

Le attività sostanzialmente sono state articolate in due fasi, una prima di ricognizione e reperimento dei dati esistenti sulla idrogeologia della piana di Prato, la seconda di modellazione numerica vera e propria. L'aggiornamento del quadro conoscitivo di base ha riguardato in primo luogo lo screening e l'analisi dei numerosi studi effettuati sulla falda di Prato. Si è quindi preceduto all'acquisizione del quadro dei prelievi, dei dati piezometrici e pluviometrici aggiornati e alla loro elaborazione, nonché al reperimento di nuove informazioni relative alle caratteristiche idro-strutturali del corpo idrico.

La ricostruzione tridimensionale del corpo idrico

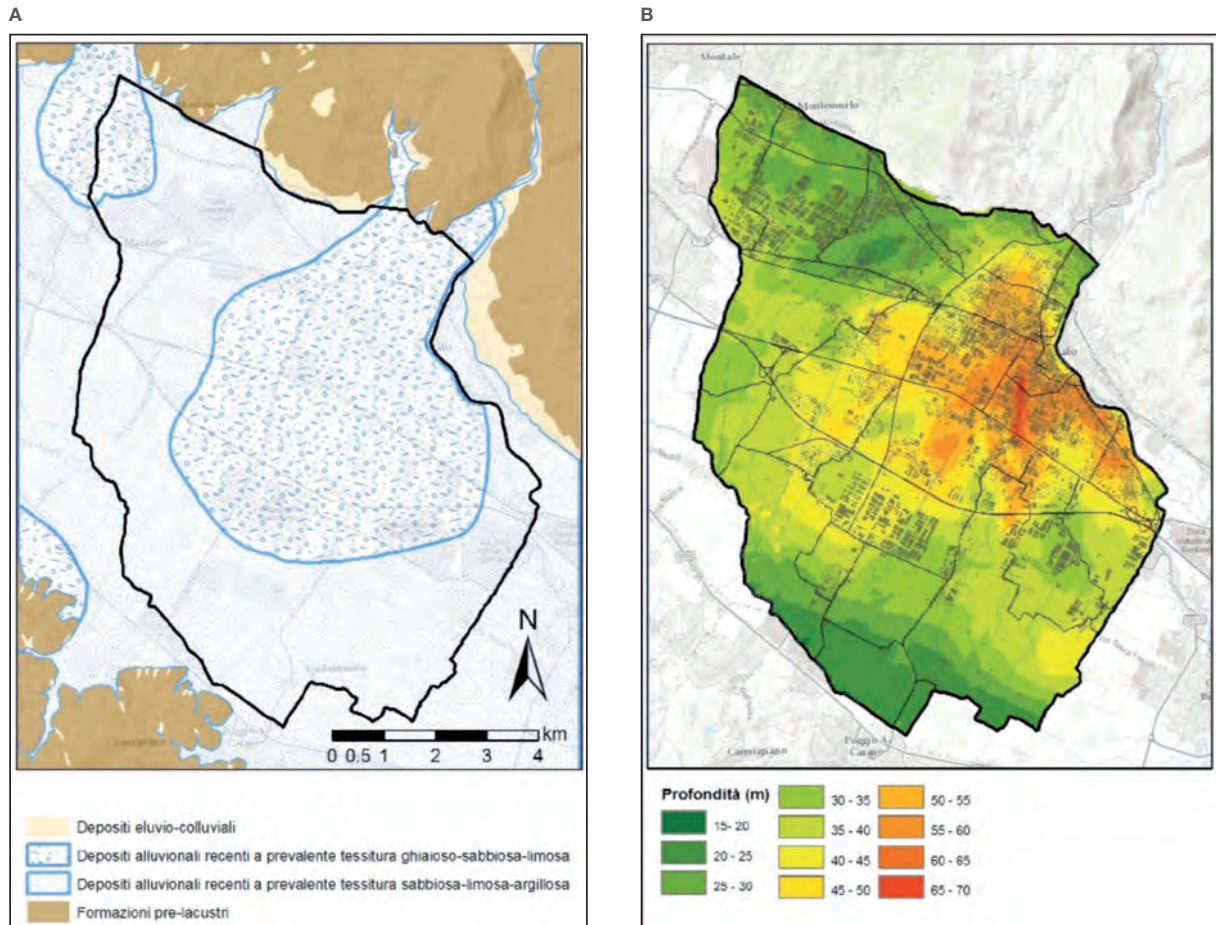


Figura 2 – Carta geologica semplificata dell'area di studio (a) e distribuzione della profondità delle ghiaie acquifere (b)
Figure 2 – Simplified geological map of the analysed area (a) and depth distribution of the aquifers gravel (b)

è stata effettuata sulla base delle numerose stratigrafie disponibili e di quelle raccolte dalla Provincia di Prato con riferimento alle concessioni di derivazione di acque sotterranee ed alle autorizzazioni alla ricerca di acque sotterranee. I dati stratigrafici sono stati interpretati coerentemente con i profili geologici di LANDINI et alii, 1990, e successivamente sono stati spazializzati e omogeneizzati in modo da procedere alla ricostruzione del modello tridimensionale del sottosuolo. Un'ulteriore elemento di controllo, relativamente ai primi 15 m di spessore, è stato fornito dalla consultazione delle tavole geologiche del Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Prato (2009).

La ricostruzione delle superfici piezometriche è stata effettuata utilizzando i dati di soggiacenza

della falda registrati dall'Amministrazione provinciale di Prato sulla rete di monitoraggio piezometrico, istituita nell'ambito del "Progetto per lo studio e l'analisi delle risorse idriche della Provincia di Prato con riferimento all'archivio storico del Demanio Idrico" (DOVERI M., 2006) e dal gestore del servizio idrico. In particolare, i dati registrati dalla Provincia coprono l'intervallo considerato e riportano mediamente 4-5 misure l'anno relative ai mesi di marzo, giugno, luglio, agosto e dicembre; tali dati presentano una buona distribuzione sull'area in studio e risultano molto utili per esaminare l'andamento spaziale dei livelli della falda nel tempo. I dati del monitoraggio piezometrico sono stati così analizzati ed elaborati, in modo da renderli utilizzabili dal modello come targets di

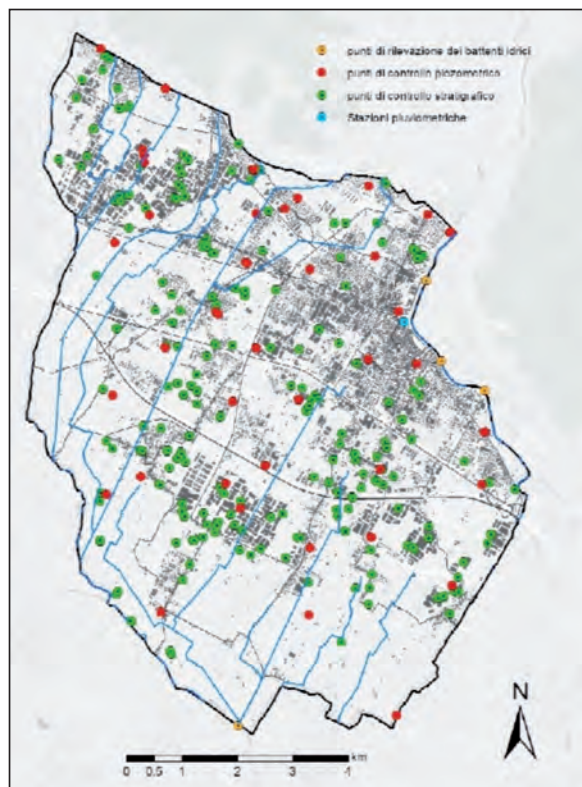


Figura 3 – Distribuzione dei dati puntuali utilizzati

Figure 3 – Distribution of reference point for the measurements

calibrazione e taratura, per un totale di 23 punti di calibrazione.

La distribuzione dei punti di misura, e di tutti i dati utilizzati in questo lavoro (stratigrafie, pluviometri, punti di controllo dei battenti idraulici), è riportata in Figura 3.

Ai fini della corretta implementazione del modello per il periodo 2007 – 2012 sono stati analizzati ed elaborati i dati di precipitazione e temperatura giornalieri, estratti dal database del Servizio Idrologico Regionale, per poi procedere alla loro aggregazione mensile e spazializzazione su tutta l'area di studio (Figura 4).

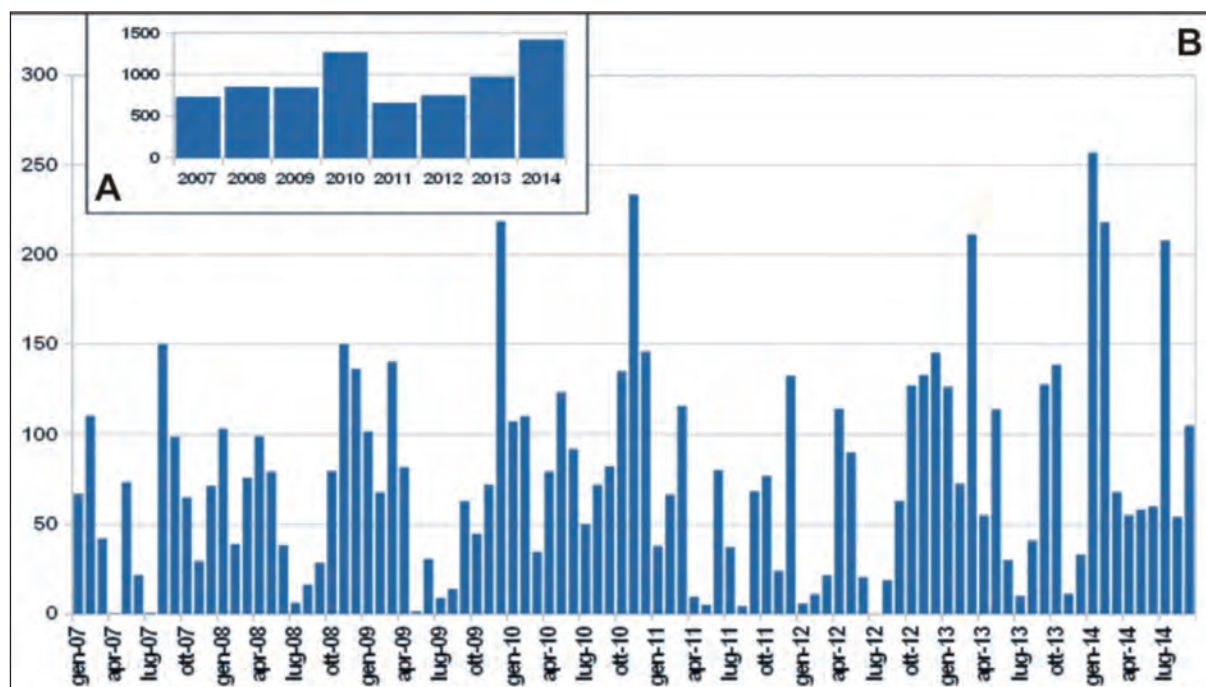
I dati di pioggia sono stati utilizzati per il calcolo delle ricariche.

Una corretta conoscenza dei prelievi idrici è elemento indispensabile per la determinazione di qualunque bilancio idrico.

La Provincia di Prato, ha introdotto, per le

Figura 4 – Precipitazioni annuali negli anni 2007 – 2014 (A) e mensili (B)

Figure 4 – Trend of rainwater in the period 2007 – 2014 (A – annual rainfall; B – monthly rainfall)



concessioni di derivazione ad uso industriale l'obbligo di misurare e comunicare gli effettivi consumi entro il mese di febbraio successivo all'annualità di riferimento di validità della concessione. Ciò ha consentito, già a partire dall'anno 2005, di avere dati certi sugli emungimenti ad uso industriale. Tali informazioni sono riportate in Figura 5.

Per quanto riguarda l'approvvigionamento idropotabile da acque sotterranee, il quadro dei prelievi ad uso potabile è ben noto nelle sue caratteristiche spaziali e di volumi estratti ed è riportato in Figura 6.

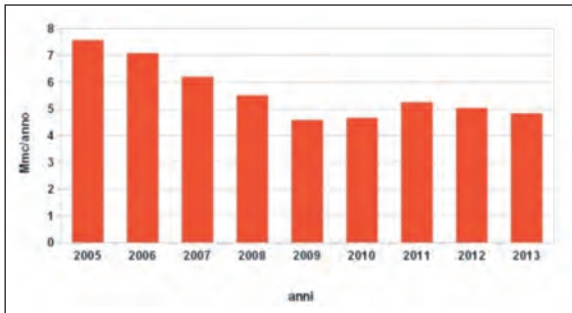


Figura 5 – Prelievi industriali, in Mmc, di acque sotterranee nel dominio negli anni dal 2005 al 2013

Figure 5 – Trend of groundwater withdrawals for industrial use in the period 2005 - 2013

4) Metodologia di analisi

L'implementazione di un modello consiste nel tradurre il modello idrogeologico in input per il modello numerico, definendo tutte le variabili

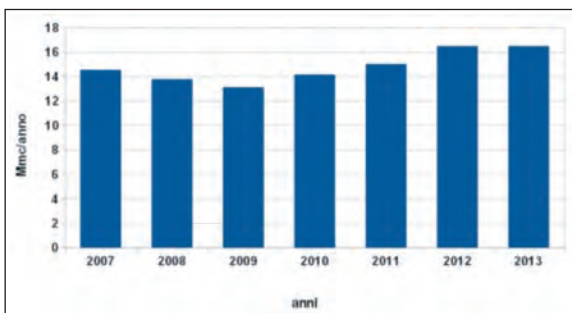


Figura 6 – Prelievi acquedottistici, in Mmc, di acque sotterranee nel dominio negli anni dal 2007 al 2013

Figure 6 – Trend of groundwater withdrawals for drinking use in the period 2007 - 2013

interne al sistema idrogeologico stesso, come le proprietà idrauliche di ciascuna cella, le caratteristiche di corpi idrici, come i fiumi, presenti all'interno dell'area da modellare e gli stress esterni al sistema, quali emungimenti, drenaggi e ricariche. Il modello è stato realizzato usando il codice numerico MODFLOW (McDONALD E HARBAUGH, 1988; HARBAUGH A.W et alii, 2000) integrato nel software Groundwater Vistas 6, ed è stato impostato per simulare le condizioni di flusso stagionale per gli anni dal 2007 al 2012. Questo intervallo è stato quindi suddiviso in 24 stress periods (periodi all'interno dei quali le sollecitazioni sono costanti). La scelta di operare attraverso la simulazione di stress periods stagionali risiede nel fatto che le misure disponibili per la calibrazione non sono a cadenza mensile bensì circa trimestrale; si è ritenuto comunque che l'implementazione di un modello con cadenze stagionali, ma che copre un periodo di 6 anni, sia significativo ai fini di una corretta valutazione delle risorse idriche alla scala dell'intero corpo idrico.

Il modello è stato sviluppato a partire da un precedente modello in regime stazionario medio annuo, sviluppato dagli stessi autori, discretizzato in 16900 celle con 100 m di lato, di cui 7463 attive; il dominio è stato suddiviso verticalmente in tre orizzonti: copertura, acquifero e il terzo layer comprendente le falde lenticolari profonde. L'acquifero coincide con la struttura sedimentaria del conoide del Fiume Bisenzio, come possibile osservare in Figura 7, ed è stato rappresentato come un unico layer nella modellazione, individuando il tetto e la base dell'acquifero attraverso l'esame e l'analisi delle stratigrafie disponibili.

4.1) Proprietà idrodinamiche

Ogni cella del modello non precedentemente definita come cella inattiva (i limiti dell'area modellata) deve essere caratterizzata da una serie di proprietà idrauliche quali la permeabilità e i parametri di immagazzinamento.

I valori di permeabilità sono stati ricavati sia dalle informazioni tecniche a corredo delle richieste di concessione idriche, sia dal materiale

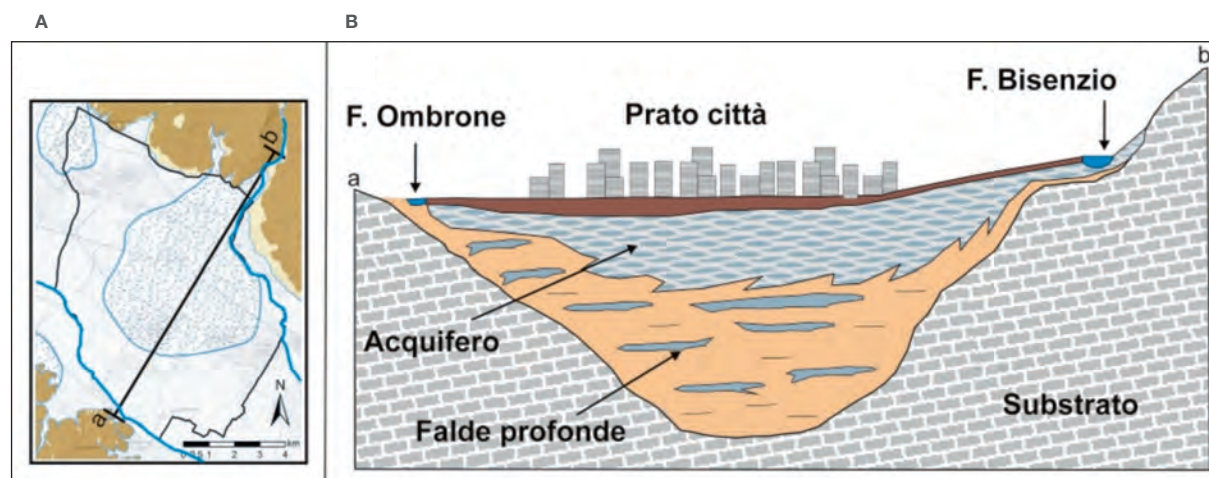


Figura 7 – Modello concettuale dell’acquifero pratese: traccia sezione dell’area di studio (A) e schema del modello concettuale adottato (B)
Figure 7 – Conceptual model of the Prato aquifer: section of the study area (A) and conceptual model scheme

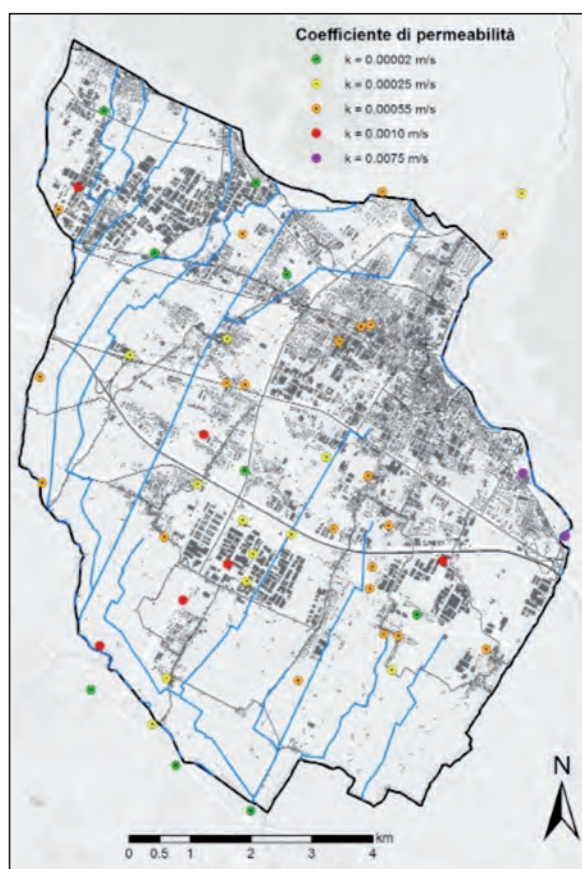


Figura 8 – Distribuzione dei dati e classi di conducibilità idraulica nell’area di studio

Figure 8 – Distribution of reference point for and permeability range values

bibliografico, fra cui ricordiamo il lavoro di Adrenelli & Baldini (1996), nel quale furono misurati i coefficienti di permeabilità di alcuni pozzi che, esclusi i valori estremi, risultarono, per l’area del conoide, $K = 1.65 \times 10^{-4} - 9.68 \times 10^{-4}$ m/s e, per l’area esterna al conoide, $K = 2.88 \times 10^{-5} - 1.61 \times 10^{-3}$ m/s. Nella Figura 8 sono riportati i 50 punti rilevati nei quali è disponibile un valore misurato, raggruppati per classi di permeabilità.

L’eterogeneità dei terreni, il tipo di prova che interessa un volume di acquifero limitato e la stessa metodologia di analisi, determinano l’incertezza dei valori che si esprime in un campo ampio fino a tre ordini di grandezza, crescente dall’interno all’esterno del conoide. Inoltre, i valori medi delle aree individuate sono pressoché omogenei e indicano che le misure in campo non hanno permesso di differenziare zone a conducibilità diversa. Principalmente per queste ragioni e considerando anche che si è reso necessario attuare alcune semplificazioni nella costruzione del modello concettuale, per rappresentare la distribuzione della permeabilità non si è ritenuto opportuno utilizzare una distribuzione di permeabilità interpolata dai singoli valori misurati.

Sull’area del conoide sono state quindi individuate delle zone a diversa conducibilità idraulica cercando di identificare aree abbastanza omogenee dal punto di vista dei dati misurati, ma anche cercando

che fossero coerenti con la sequenza deposizionale tipica dell'ambiente di conoide. I confini delle zone sono stati definiti anche tenendo conto della forma tridimensionale dell'acquifero; altre zone sono state discriminate attraverso l'analisi dei dati puntuali e della caratterizzazione sedimentaria del corpo idrico. La permeabilità è stata oggetto di calibrazione durante i run del modello.

Per la simulazione in regime transitorio risulta fondamentale la definizione dei parametri di immagazzinamento, che regolano le risposte dell'acquifero alle sollecitazioni a cui è sottoposto. In pratica viene quantificato l'effetto di riempimento o svuotamento del serbatoio idrico a seconda rispettivamente di un bilancio idrico attivo o passivo per quanto riguarda le acque sotterranee nell'area di studio.

Per quanto riguarda la determinazione del coefficiente d'immagazzinamento (S), i diversi valori sono stati in prima battuta desunti dal lavoro di ADRENELLI & BALDINI (1996) nel quale furono effettuate delle prove di portata pozzo-piezometro e nel quale furono determinati i valori di S dove $S = S_y + S_s \cdot b$ (b = spessore). S_y è quello per acquifero libero e S_s per la parte di acquifero confinato, trattandosi sostanzialmente di una situazione quella dell'acquifero pratese di tipo "misto".

In fase di calibrazione è stata eseguita una zonazione dei parametri di immagazzinamento sulla base dello spessore delle ghiaie, aumentando cioè S (agendo prevalentemente sulla parte "non confinata" di questo, cioè S_y) dove le ghiaie hanno maggior spessore, sempre rimanendo all'interno dei range di valori indicati dallo studio citato in precedenza. I valori di S_y variano quindi da 0,01 nelle aree interne al conoide a 0,0007 nelle aree più esterne.

4.2) Condizioni al contorno

Sono rappresentate da tutti quei fattori che condizionano la circolazione idrica, quindi la ricarica efficace, le interazioni falda – fiume, gli apporti da acquiferi contermini a quello studiato ed i prelievi da pozzi (Figura 9).

Possiamo notare che il solo limite naturale è

localizzato a N e N-E, dove lo spessore dell'acquifero si azzerava contro le rocce prelacustri; tali formazioni sono in prevalenza a bassa permeabilità (Ofioliti e Flysch argilloso – calcareo) ad eccezione della F. di Monte Morello, per la quale sono possibili scambi idrici con le ghiaie del conoide. Nelle altre direzioni le ghiaie del conoide si uniscono con quelle deposte dai corsi d'acqua contigui al Bisenzio: il T. Agna ed il T. Calice a ovest, il T. Ombrone a sud.

Riassumendo l'alimentazione del corpo idrico avviene attraverso:

- Ricarica diretta (precipitazioni)
- Reinfiltrazioni dovute alle perdite delle reti idriche
- Alimentazione dal F. Bisenzio e in subordine dall'Ombrone
- Afflusso proveniente dal margine montano a nord, dove la falda è alimentata anche dall'acqua di ruscellamento superficiale che raggiunge la pianura.
- Afflusso profondo dai calcari dei Monti della Calvana, appartenenti, dal punto di vista geologico, alla Formazione di Monte Morello posti immediatamente a nord est di Prato
- Contributo (comunque minoritario) dal margine ovest in corrispondenza del T. Calice.

I deflussi sono essenzialmente quelli dovuti agli emungimenti e in subordine al drenaggio dai corsi d'acqua.

I rapporti fra le varie voci di ricarica del corpo idrico di Prato sono stati desunti dallo "Studio idrogeologico e idrogeochimico delle risorse idriche di Prato" (CONSORZIO FERRARA RICERCHE & HYDROGEA VISION, 2011).

Lo studio, al quale si rimanda per maggiori dettagli, giunge, fra le altre, alla conclusione che nel bilancio complessivo dell'acquifero circa il 38% del volume è costituito da acqua di ricarica laterale del Bisenzio o dai Monti della Calvana e che la maggior parte (62%) è acqua di ricarica zenitale che alimenta direttamente il conoide; il contributo di ricarica da parte del T. Ombrone e dei rilievi del Monteferrato (afflusso da nord) è nettamente minoritario rispetto alle due componenti dominanti

(ricarica zenitale e Bisenzio-Calvana). Sulla base della metodologia isotopica impiegata, tali ulteriori fonti non sono discriminabili in maniera quantitativamente rilevante. Comunque viene ritenuto assai probabile che il contributo di Monteferrato e Ombrone alla ricarica della falda sia inferiore al 5% del bilancio complessivo. Solo localmente, nell'alta pianura di Montemurlo-Prato vicino alle colline o in fregio all'Ombrone nella bassa pianura, l'effetto di alimentazione è più consistente, anche se, in termini di bilancio globale, si tratterebbe comunque di poche unità percentuali.

4.2.1) Ricarica zenitale

Il codice MODFLOW implementa la ricarica zenitale efficace (tasso di precipitazione che realmente raggiunge la falda) per mezzo del pacchetto "Recharge", ovvero una condizione di II tipo o flusso imposto. Il problema da risolvere è quindi quale valore attribuire in ogni Stress Period al termine ricarica efficace.

Trattandosi di un'area in larga parte urbanizzata non è trascurabile il termine dovuto alle infiltrazioni dalle perdite delle reti. La ricarica zenitale è quindi composta da due termini: l'infiltrazione da precipitazioni, quella dovuta alle perdite di rete idrica ed, in misura molto minore, quella fognaria. Il dominio del modello è stato inizialmente diviso in zone urbanizzate e zone non urbanizzate. Per quanto riguarda le zone urbanizzate, il contributo dell'infiltrazione da piogge è stato considerato pari a zero, dovuto alla forte e pervasa impermeabilizzazione del suolo; in queste zone la ricarica è rappresentata unicamente dalle perdite della rete. Al di sopra del dominio così diviso è stata poi mappata la rete di distribuzione idrica e fognaria. Come risultato di questa sovrapposizione si sono individuate le seguenti zone ed i relativi contributi di ricarica zenitale:

- Zone urbanizzate con presenza di rete di distribuzione: solo infiltrazione da perdite della rete;
- Zone non urbanizzate con presenza di rete di distribuzione: infiltrazione da pioggia e da perdite della rete;

- Zone non urbanizzate con assenza di rete di distribuzione: solo infiltrazione da pioggia
- Non sono rinvenute zone urbanizzate senza presenza di rete di distribuzione nella zona di Prato.

Una volta effettuata la suddetta zonazione del dominio, sono stati applicati i vari termini d'infiltrazione, calcolati come di seguito descritto.

Per quanto riguarda l'infiltrazione efficace da pioggia, il dato di base è rappresentato ovviamente dalle precipitazioni. È stata quindi calcolata la precipitazione cumulata mensile per ciascun mese dell'intervallo temporale investigato e per ciascuna delle stazioni pluviometriche con dati disponibili nell'area, aggregate poi nei 24 stress periods trimestrali. La cumulata è stata regionalizzata sull'intero dominio di studio per mezzo dell'algoritmo kriging ordinario previa analisi geostatistica dei dati di base. Dalla pioggia lorda è stata quindi ricavata la pioggia efficace utilizzando il metodo del calcolo dell'evapotraspirazione potenziale di Thornthwaite.

Per la valutazione della infiltrazione efficace è stato suddiviso il dominio in zone omogenee in base ai vari fattori che condizionano l'infiltrazione, tenendo conto che tutti i parametri in gioco sono di difficile valutazione data l'estrema complessità del problema.

In ogni caso è stata effettuata tale zonazione in base ai dati disponibili e alle risultanze del modello stazionario, ulteriormente affinato in fase di calibrazione. Una frazione della pioggia è stata assegnata come valore iniziale di ricarica efficace a ciascuna delle zone sopra individuate. I valori iniziali così assegnati sono stati successivamente calibrati utilizzando i dati piezometrici meno influenzati dalla vicinanza di condizioni al contorno o termini di sorgente-pozzo, e quindi più influenzati dalla ricarica diretta, anche tenendo conto di altri parametri; ad esempio è stata assegnata una percentuale d'infiltrazione proporzionalmente più alta nelle zone dove il livello di falda risultava più prossimo al piano campagna.

Per quanto riguarda la quantificazione dell'infiltrazione da perdite idriche, a queste è stato

applicato un coefficiente d'infiltrazione pari al 20%, mentre per il calcolo delle perdite da fognatura è stata applicata una percentuale dello 0.02% sulla quantità di refluo in arrivo ai depuratori di Baciacavallo e Calice, prima del bypass, considerato che la maggior parte delle condotte non sono in pressione. Le perdite della rete fognaria sono da considerarsi di due ordini di grandezza inferiori a quelle della rete acquedottistica.

4.2.2) Fiumi

Il dominio di studio risulta interessato dalla presenza dei fiumi Bisenzio e Ombrone; soprattutto il primo è un'importante voce di ricarica della falda, mentre il secondo assume un ruolo decisamente minoritario. L'alimentazione dai fiumi è rappresentata tramite l'impostazione di una condizione di flusso dipendente dal carico idraulico (tipo "River"), che dipende dalla conducibilità idraulica del letto, dal suo spessore e dalla differenza di carico tra il livello del fiume e la piezometrica.

Per rappresentare al meglio le variazioni di flusso di scambio tra fiume e falda, in base all'andamento ed alla forma del letto, sono stati individuati 7 segmenti ("reach") per il Bisenzio e 4 per l'Ombrone (Figura 9). I valori della superficie del pelo libero, per ogni stress period, sono stati ricavati dalle stazioni di monitoraggio idrometrico disponibili, integrati da valori del battente ottenuto attraverso una simulazione idraulica del fiume durante il periodo di riferimento.

Più complessa è la determinazione dello spessore e della conducibilità dell'alveo dei fiumi, per la quale si è fatto riferimento a studi esistenti (LANDINI, 2005); in tale lavoro per la conducibilità dell'alveo dei fiumi sono stati stimati valori tra 2×10^{-6} e 3×10^{-6} m/s, valori rappresentativi di sabbie e sabbie fini. A prima vista questi valori potrebbero sembrare troppo bassi almeno per il Bisenzio, considerando i ciottoli ed i blocchi visibili nel letto del fiume. Comunque tra gli elementi più grossolani dell'alveo il flusso rallenta e provoca la sedimentazione di materiali più fini. Anche la degradazione di materiali organici provoca un accumulo di materiali fini tra gli elementi granulari.

Per queste ragioni il valore stimato è stato considerato sufficientemente realistico e assunto come oggetto di calibrazione durante le simulazioni.

4.2.3) Apporti da acquiferi contermini

Gli afflussi da parte dei rilievi prospicienti il dominio sono riassumibili in due termini: gli afflussi sotterranei dai Monti della Calvana e, in percentuale minore, quelli dovuti agli apporti dai bacini nord occidentali. Durante le simulazioni, anche in base ai risultati della modellazione in regime stazionario, è stato tenuto di conto delle percentuali di ricarica tra le varie voci, che risultavano essere di circa il 50% per ricarica diretta, 40% per apporti dal F. Bisenzio e per travaso dai Calcari dei Monti della Calvana e il restante 10% per apporti dei rilievi posti a nord (Monteferrato) e a sud (T. Ombrone) dell'area in esame. Questa condizione relativa alla ricarica dai rilievi è stata attribuita nel modello come un limite a flusso imposto (condizione di II tipo), e consiste quindi in un flusso di acqua entrante nel corpo idrico (Figura 9).

4.2.4) Prelievi

Per i prelievi industriali e acquedottistici, noti sia come ubicazione georiferita che come dato di prelievo, è stata presa la media annua degli emungimenti ed è stata ripartita come segue:

- I prelievi ad uso acquedottistico sono stati spalmati uniformemente sui vari stress periods durante tutto l'anno;
- I prelievi industriali sono stati diminuiti durante gli stress periods estivi, considerando la chiusura estiva dell'attività produttive;
- I prelievi per gli altri usi (domestico, irriguo, altri usi), di minor rilevanza rispetto ai precedenti in termini volumetrici, sono stati anch'essi spalmati uniformemente sui vari stress periods durante tutto l'anno.

In totale sono stati inseriti 1285 punti di prelievo nel modello (Figura 9).

4.3) Simulazione e calibrazione del modello

Sulla base di quanto sopra esposto è stato implementato il modello in regime transitorio per il

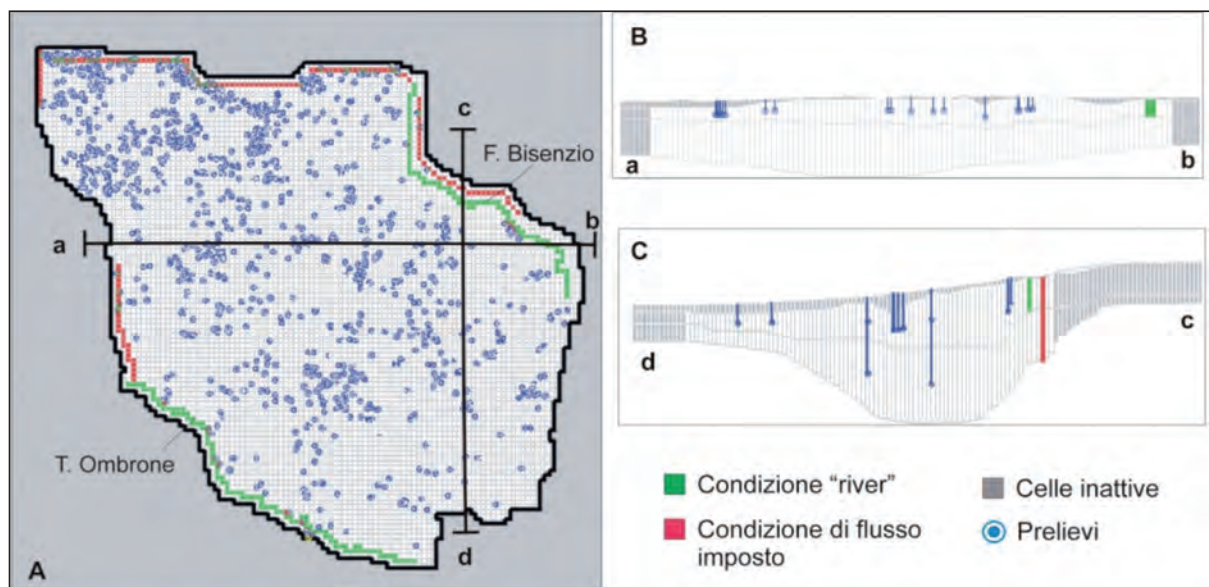


Figura 9 – Dominio di modellazione con evidenziazione della discretizzazione spaziale, delle condizioni al contorno e dei pozzi: in planimetria (A) e in sezione (B) e (C)

Figure 9 – Modelling domain, spatial discretization, boundary conditions and pumping wells is highlighted: planimetry (A) and sections (B) and (C)

periodo 2007 – 2012; la discretizzazione temporale è stata impostata a scala trimestrale, assegnando appunto ad ognuno dei 24 “stress period” una durata pari a tre mesi. All’interno di ogni periodo sono stati quindi variati i dati di input (ricarica, afflussi da monte, prelievi, livello dei fiumi), verificando che le quote piezometriche simulate presso i piezometri target corrispondessero a quelle misurate.

La simulazione del modello consiste dunque nella risoluzione delle equazioni di governo del flusso, per ogni cella del sistema (con esclusione delle celle non attive) e per l’intero periodo considerato, a partire da una situazione iniziale prefissata; al termine del calcolo, per ognuno dei 24 stress periods, viene prodotta una piezometria risultante e quantificati i volumi di acqua in entrata ed in uscita dal sistema, ossia il bilancio idrogeologico. Come carico idraulico iniziale è stato preso quello relativo al dicembre 2006, ottenuto dalle misure osservate nei piezometri della rete freaticometrica provinciale.

A tale fase è seguita quella di taratura e calibrazione del modello stesso, che risulta una delle fasi

più delicate dell’intera creazione di un modello; durante tale fase, infatti, si correggono gli iniziali dati di input caratterizzati da maggiore incertezza, in maniera da avvicinare statisticamente il risultato calcolato a quello osservato.

Il metodo di taratura utilizzato è quello diretto che consiste nel modificare entro un range di variabilità i parametri immessi, al fine di ottenere un’accettabile convergenza tra i valori piezometrici reali e quelli simulati con il modello. In altri termini mediante un procedimento “trial and error”, si è cercato di minimizzare lo scarto tra i valori di piezometria calcolati (modello teorico) con quelli realmente misurati (modello reale) sino ad ottenere un modello rappresentativo del sistema idrogeologico in esame.

La calibrazione ha coinvolto i parametri relativi al coefficiente di immagazzinamento, la ricarica areale e gli apporti dai rilievi, tenendo sempre presente le percentuali tra i vari termini derivanti dallo studio idrogeochimico. I targets di calibrazione sono stati quelli della rete piezometrica.

I risultati del processo di calibrazione sono riportati in Figura 10.

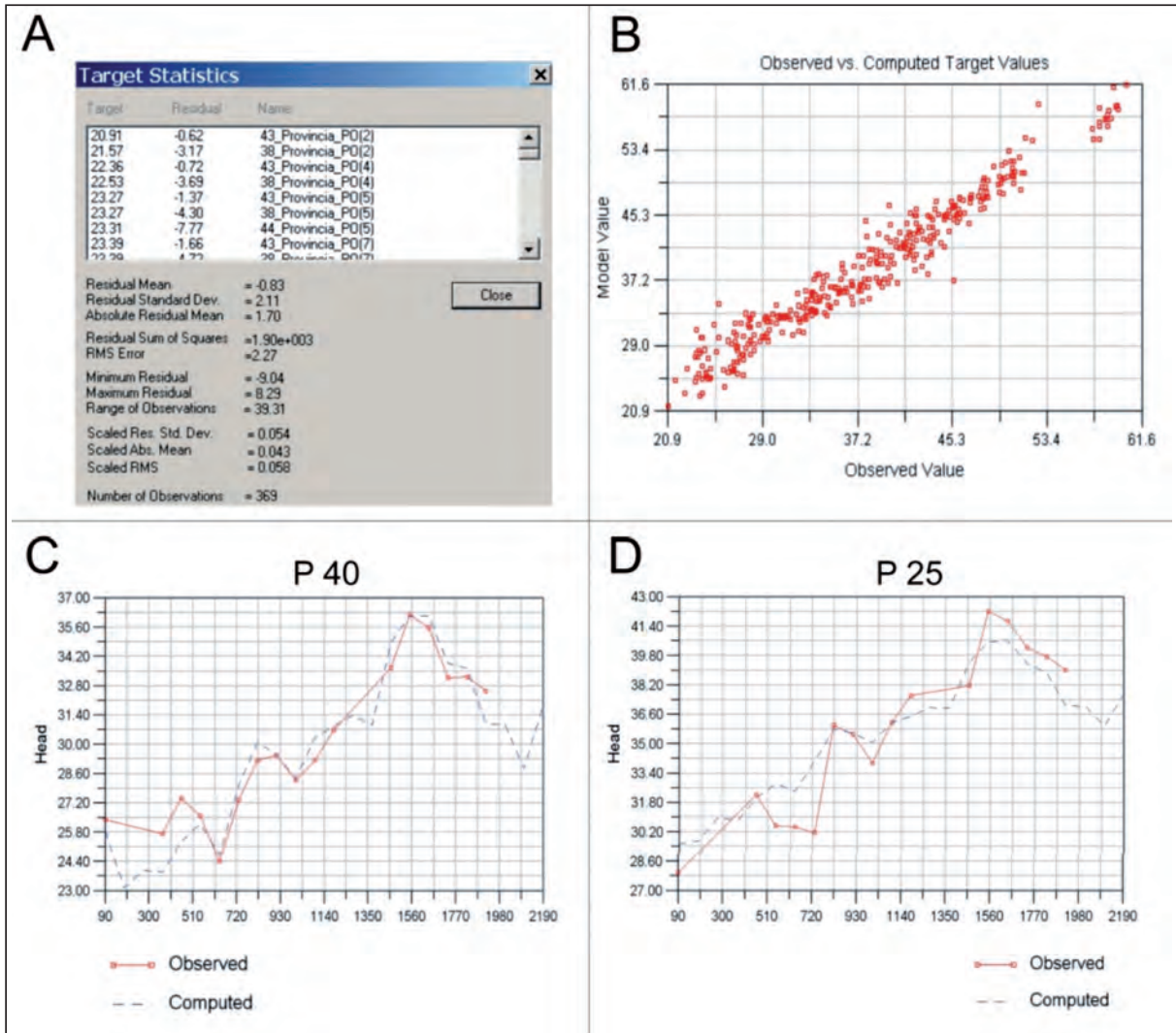


Figura 10 – Grafici di calibrazione del modello – A) valori statistici della calibrazione; B) grafico valori osservati/valori calcolati; C) valori osservati / calcolati nel punto P40 e D) nel punto P25

Figure 10 – Calibration plots for entire model – A) statistical indices; B) observed vs. computed targets values; C) observed vs. computed head in target n. 40 and D) in target n. 25

Dall'andamento della retta di calibrazione e dall'esame degli indici statistici calcolati, si può osservare come la calibrazione e taratura del modello implementato sia da ritenersi accettabile. L'errore massimo accettabile della calibrazione dipende dalla magnitudo del range dei valori piezometrici sul dominio di studio (Anderson M.P. e Woessner WW. - 1992). Il rapporto tra la deviazione standard dei residui e l'intervallo di quote piezometriche simulato viene utilizzato come indice di errore

di un modello. La calibrazione viene considerata accettabile ed il modello significativo quando questo rapporto è minore del 10% (Guide for using Groundwater Vistas version 6 - 2011). Altri autori indicano come limite per un modello significativo l'8%, (Rotiroti M. et alii 2012).

Il valore del rapporto tra deviazione standard dei residui e intervallo di quote piezometriche simulato è risultato pari al 5,4%, ovvero inferiore ai limiti suddetti, attestando così la significatività del

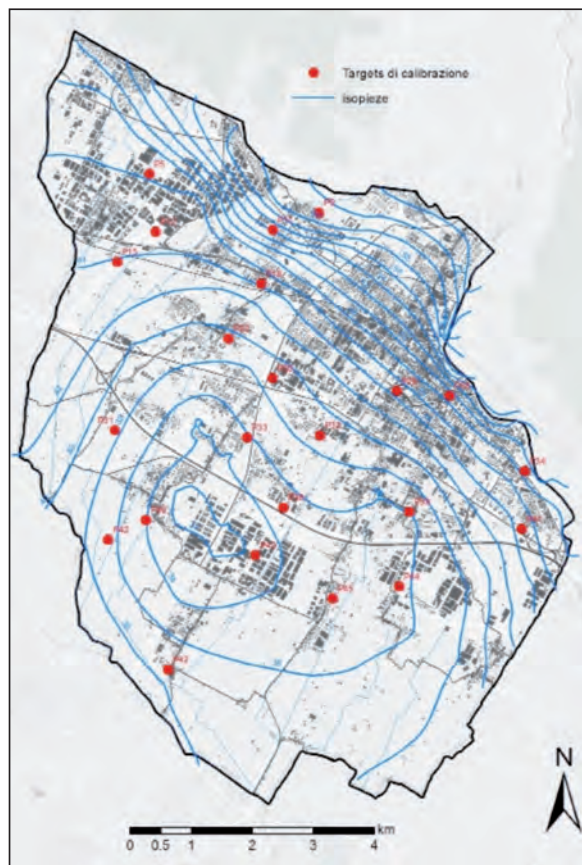


Figura 11 – Piezometria simulata relativa allo stress period n. 16 (inverno 2010)
Figure 11 – Calculated piezometric surface at stress period n. 16 (winter 2010)

modello. Anche il rapporto fra errore medio assoluto e intervallo delle quote piezometriche, che nel nostro caso risulta pari al 4,3 %, viene considerato allo stesso modo un indice di bontà della calibrazione (Pisinaras V. et al.).

5) Risultati ottenuti

Il modello in regime transitorio ha permesso di fare il bilancio del corpo idrico per il periodo considerato, dettagliando i singoli termini del bilancio di massa come mostrato in Figura 12.

Il bilancio idrico ha coinvolto, nel periodo 2008/2012 (è stato omesso il 2007 in quando è il primo anno di simulazione del modello, che ha necessitato di un anno di “training” per allineare

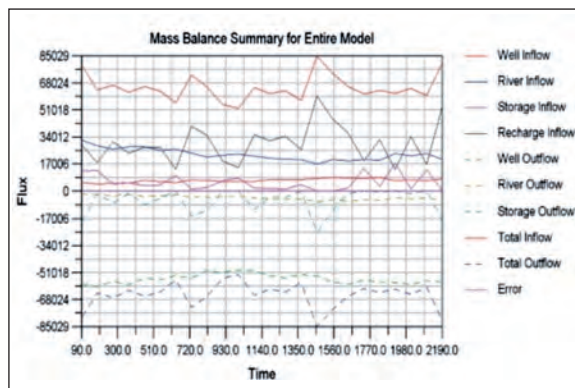


Figura 12 – Grafico del bilancio di massa del modello: in ascisse il tempo in giorni ed in ordinate i volumi in mc/giorno per i vari termini

Figure 12 – Mass balance summary for entire model

i valori simulati a quelli misurati), circa 103 Mmc di ricarica totale ripartita nel 55% da ricarica zenitale, 33% dai fiumi (sostanzialmente questo è il contributo del Bisenzio) e per il 12% come apporti dagli acquiferi contermini (Calvana e rilievi nord). Ovviamente tali percentuali possono variare in funzione delle condizioni meteoroclimatiche dei singoli anni, anche se i vari termini rimangono coerenti con quanto ipotizzato dallo studio idrogeochimico; ad esempio, anche se il 2009 ed il 2010 vedono aumentare il contributo della ricarica zenitale a percentuali di circa il 60%, tali valori mostrano comunque un sostanziale accordo con i dati generali, evidenziando come il modello converga in modo soddisfacente con le suddette assunzioni. Dal modello implementato si riesce a valutare il bilancio in un periodo caratterizzato da estrema variabilità climatica, con alternanza di anni piovosi (2009 e 2010) ed anni siccitosi (2007 e 2012), in un contesto caratterizzato da un lato dalla diminuzione del prelievo industriale e dall'altro da un incremento del prelievo acquedottistico, necessario anche per far fronte ai periodi siccitosi. Nel periodo considerato si è assistito ad una risalita piezometrica rilevante che il modello riesce bene ad evidenziare. Tale alto piezometrico si mantiene anche nel 2012, anno caratterizzato nei primi mesi da precipitazioni molto al di sotto della media stagionale. Il bilancio di massa mette in evidenza

come la ricarica zenitale, sostenuta in parte anche dalle perdite dalla rete idrica, assume un ruolo fondamentale per l'immagazzinamento dell'acquifero, ma anche come l'infiltrazione dal Fiume Bisenzio risulti un elemento regolatore dello scambio idrico, in quanto le sue acque, unitamente a quelle che per travaso arrivano al corso d'acqua dai Calcari dei Monti della Calvana, foriscano un contributo importante anche nei periodi di piogge sotto la media stagionale. Il bilancio risulta pertanto positivo nel periodo considerato, dovuto al già citato decremento del prelievo industriale ed all'incremento della ricarica negli anni idrologici 2009/10 e 2010/11; la falda risulta ancora sfruttata in maniera importante, come testimonia il flusso radiale centrifugo nella porzione centrale del conoide, ma non si trova più in uno stato di sovrasfruttamento come negli anni '80 e '90, data la risalita piezometrica avvenuta soprattutto negli ultimi anni. Già il bilancio dell'acquifero redatto nel 2008 (ADB ARNO, 2008) evidenziava un sostanziale pareggio per gli anni 1993 - 2006; negli anni

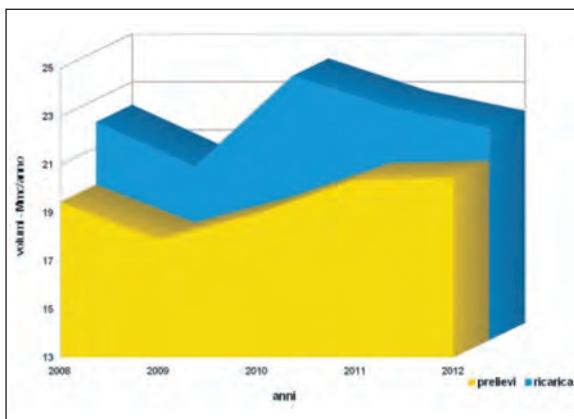


Figura 13 – Confronto fra ricarica e prelievi negli anni 2008 - 2012

Figure 13 – Recharge vs. withdrawals in 2008 - 2012 period

successivi il trend di risalita piezometrica si è ancora di più consolidato.

Dal modello si evince che nel periodo considerato la ricarica è sempre stata maggiore dei prelievi, come mostrato in figura 13, con un massimo

nell'anno 2010; gli anni 2009 e 2010 sono quelli che hanno registrato il minimo dei prelievi industriali (circa 4,6 Mmc) ed il massimo degli apporti meteorici; questo si riscontra nell'andamento dei livelli nei piezometri. Anche nel periodo fra il 2011 ed il 2012 contraddistinto da una forte siccità in tutta la Toscana, il bilancio si mantiene positivo.

La Conoide, per le sue caratteristiche idrostratigrafiche funge da vero e proprio "bacino di accumulo" di riserva idrica sotterranea; risulta infatti ben alimentato sia da nord-est (fiume Bisenzio), sia da nord ovest, ed essendo il sistema abbastanza chiuso lateralmente permette l'accumulo di un'importante riserva di acqua. Questa, nei periodi di bassa ricarica, attraverso la cessione di immagazzinamento sostiene le uscite. A tale proposito si possono identificare un'area di alimentazione diretta nella parte apicale del conoide ed una indiretta nelle vicinanze del Bisenzio, per infiltrazione di subalveo dal fiume e dai Monti della Calvana, anche per travaso delle sue acque nel corso d'acqua; le aree più interne sono invece quelle di accumulo ed immagazzinamento della risorsa.

Come periodo di validazione del modello è stato considerato il periodo dal gennaio 2013 al giugno 2014. Il modello è stato implementato partendo dall'elaborazione dei dati meteoroclimatici di tale periodo ed assumendo come buone le ipotesi fatte per il periodo 2007/2012. I risultati sono stati abbastanza confortanti, in quanto il modello è riuscito a prevedere con una buona approssimazione i valori della piezometria, con errori confrontabili a quelli del periodo di calibrazione 2007/12.

La validazione ha permesso quindi di estendere il bilancio anche per il periodo gennaio 2013 - giugno 2014. La figura 14 riporta l'andamento degli immagazzinamenti netti cumulati (OUT-IN) all'interno della zona del conoide di Prato da gennaio 2007 (inizio simulazione) a giugno 2014. I tratti di curva in innalzamento rappresentano le fasi di accumulo della risorsa idrica (aumento del livello piezometrico), mentre i tratti in abbassamento rappresentano le fasi di consumo di risorsa (abbassamento del livello piezometrico).

L'analisi degli immagazzinamenti cumulati

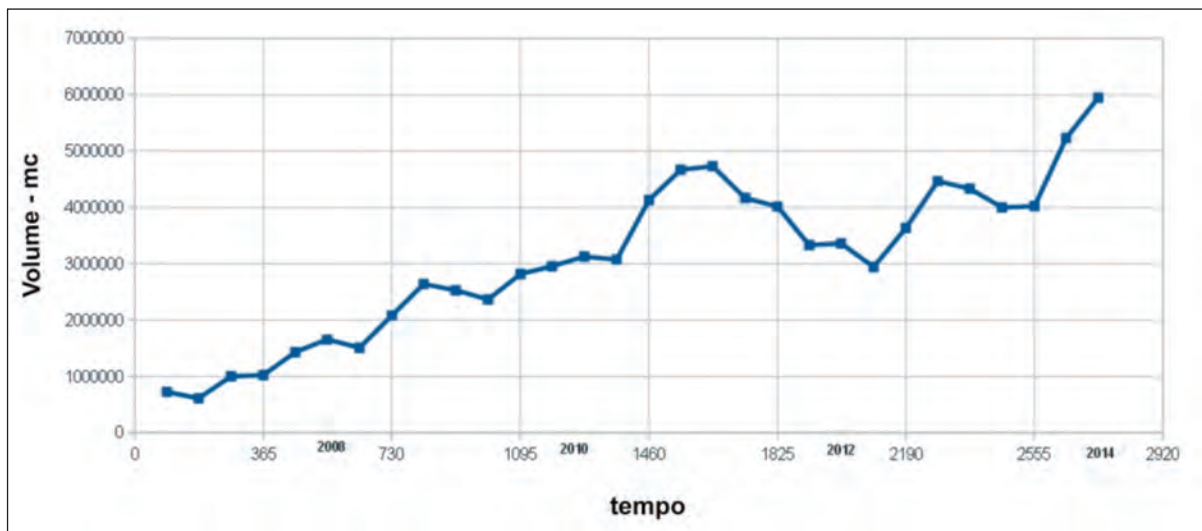


Figura 14 – Immagazzinamento cumulato nell'area della Conoide di Prato nel periodo 2007 – 2014

Figure 14 – Storage in the Prato alluvial fan in 2007 – 2014 period

nell'area del conoide evidenzia che nel periodo considerato si è registrato un aumento di risorsa di circa 6 Ml di mc, che si sono tradotti in innalzamento piezometrico generalizzato in tutta l'area pratese.

6) Conclusioni

Il modello implementato, al termine della calibrazione, ha raggiunto un'accettabile grado di precisione nel descrivere l'evoluzione piezometrica dal 2007 alla metà del 2014.

L'utilizzo del modello risulta pertanto corretto per valutazioni alla scala dell'intero corpo idrico; si tratta infatti di un modello regionale utilizzabile per elaborazioni di bilancio pluriennale che permette di sviluppare scenari previsionali circa l'utilizzo della risorsa.

Il modello matematico di simulazione del flusso nell'acquifero sotterraneo è infatti uno degli strumenti d'elezione per giungere ad una gestione della risorsa compatibile e sostenibile nel tempo. La reale attrattiva del modello di flusso dell'acquifero pratese è, a nostro avviso, l'applicazione che ne deriva, ovvero la possibilità di simulare scenari

futuri di utilizzo della risorsa. Il modello è in grado di fornire indicazioni sulla tenuta dell'acquifero a seguito, ad esempio, di un aumento di produzione da pozzi, correlandola agli eventi climatici nonché ad una eventuale concorrenza d'uso della risorsa storicamente presente nell'area pratese.

Lo strumento modellistico si rivela quindi un utile strumento di supporto alla programmazione, pianificazione e gestione della risorsa idrica, in quanto permette di prevedere scenari diversi a seconda delle forzanti che insistono sul sistema; queste forzanti possono essere naturali (piogge, temperature, portate dei fiumi), antropiche (perdite dalle reti, urbanizzazione), socio- economiche (variazione del prelievo industriale dovuto alla crisi economica, aumento di quello idropotabile); in ogni caso è palese l'utilità di uno strumento che permetta di elaborare scenari che considerano tutte le variabili che incidono sullo stato della risorsa idrica sotterranea. Infine il modello implementato e ed i suoi futuri aggiornamenti, concorrerà nella definizione dello stato quantitativo del corpo idrico così come determinato dalla direttiva 2000/60 che ha il Piano di Gestione delle Acque come strumento pianificatorio. L'implementazione di modelli numerici

è peraltro un'azione delineata nelle linee guida della Commissione Europea (EUROPEAN COMMISSION – 2007/09) come strumento per l'interpretazione del monitoraggio e dei trend ad esso associati.

Riferimenti bibliografici

ANDERSON M.P., WOESSNER W.W. (1992) – *Applied Groundwater Modeling. Simulation of Flow and Advective Transport*. Academic Press, Inc., San Diego, California

ANDRENELLI M. C. & BALDINI E. (1996) – Borsa di studio per l'esecuzione di prove di portata ed altri test sui pozzi del comune di Prato e loro interpretazione. Consiag, Prato.

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME ARNO (2008) - Piano di bacino Stralcio "Bilancio idrico" – adottato con Delibera di Comitato Istituzionale n. 204 del 28/2/2008

CONSORZIO FERRARA RICERCHE E HYDROGEA VISION PER PROVINCIA DI PRATO (2011) - *Studio idrogeologico-geochimico delle principali risorse idriche del territorio provinciale di Prato*. Relazione Finale

DOVERI MARCO (OTTOBRE 2006) - *Progetto per lo studio e l'analisi delle risorse idriche della Provincia di Prato con riferimento all'archivio storico del Demanio Idrico*. Servizio Difesa del Suolo e Protezione Civile della Provincia di Prato

ESI (2011) - *Guide for using Groundwater Vistas version 6*

EUROPEAN COMMISSION – *Common implementation strategy for water framework directive 2000/60/ce: Guidance Document n.15 - Guidance on Groundwater Monitoring* (2007)

EUROPEAN COMMISSION – *Common implementation strategy for water framework directive 2000/60/*

ce: Guidance Document n.18 - Guidance on groundwater status and trend assessment (2009)

HARBAUGH A.W., BANTA, E.R., HILL, M.C., McDONALD, M.G., (2000) - *Modflow-2000, the U.S. Geological Survey modular groundwater model. User guide to modularization concepts and the groundwater flow processes*. U.S. Geological Survey Open File Report 00-92.

LANDINI F. (2005) - *Indagini geologiche, idrogeologiche e progettazione di un sistema sperimentale di ricarica artificiale per un acquifero poroso sovrassaturo nel Valdarno Medio, con verifica dell'esercizio dell'impianto*. Tesi di dottorato, Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Scienze della Terra.

LANDINI F., PRANZINI G., VENTURUCCI E. (1990) *La falda idrica della conoide di Prato* (Firenze). Acque sotterranee, Giugno 1990.

McDONALD M.G., A.W. HARBAUGH. (1988) - *A modular three-dimensional finite difference groundwater flow model*. USGS TWRI 6-A1.

PISINARAS V., PETALAS C., BOSKIDIS I., MOUTSOPOULOS K, GEMITZI A, TSIHRINTZIS V.A. – *Groundwater modeling of two alluvial aquifers within Nestos river basin, north Greece*

PTC DELLA PROVINCIA DI PRATO: approvato con D.C.P. n°7 del 04/02/2009 - *Variante di adeguamento alla L.R. 1/2005 del Piano Territoriale di coordinamento Provinciale*

ROTIROTI M., BONOMI T., FUMAGALLI L., CANEPA P., VALENTINI P., FASOLI M. (2012) – *Modellazione del flusso idrico sotterraneo e del trasporto di idrocarburi in un area nella città di San Pietroburgo (Russia)*, Italian Journal of Engineering Geology and Environmental

NON ACCONTENTARTI
DI UN SOFTWARE
QUALSIASI.



SCEGLI IL MEGLIO. SCEGLI GEOSTRU.

GEOSTRU TI OFFRE I SOFTWARE PIÙ POTENTI ED AFFIDABILI PER LA TUA PROFESSIONE.

Produciamo software di successo a livello mondiale per numerosi settori professionali. La suite principale comprende programmi per ingegneria civile, geotecnica, geologia, geofisica, prove sui terreni, topografia, idrologia ed idraulica; i nostri software sono caratterizzati da un costo molto competitivo e da una qualità garantita da oltre 30.000 installazioni in più di 135 paesi nel mondo. I prodotti GEOSTRU sono caratterizzati da un'estrema

SOFTWARE

Ingegneria - Geologia e Geotecnica - Meccanica delle rocce - Prove in situ - Idrologia e Idraulica
Topografia - Energia - Geofisica - Ufficio

SERVIZI

Molteplici servizi gratuiti per i nostri clienti
geoapp.geostru.eu

facilità d'uso: ogni software risolve uno specifico problema, riducendo i dati di input a quelli strettamente necessari. Inoltre tutti i software sono integrati fra loro con la possibilità di esportare dati da/e per ogni applicazione della suite.

Tutti i prodotti sono pienamente compatibili con Normativa Italiana (NTC) e gli Eurocodici, in particolare l'EC7 per le opere geotecniche, l'EC8 per la sismica e l'EC2/3 per le verifiche strutturali.



Troverai software, risorse, info, servizi ed offerte sul nuovo sito: www.geostru.eu



NUOVO SISMOGRAFO DOREMI 24 BIT

- + BANDA PASSANTE
- + DINAMICA ISTANTANEA
- + FUNZIONI SOFTWARE



- + PROFONDITÀ
- + RAPIDITÀ
- + QUALITÀ



sara

**SOLUZIONI E TECNOLOGIE
PER LA GEOFISICA**

**SARA electronic instruments s.r.l. - www.sara.pg.it - info@sara.pg.it
Via Settevalli 199/A - Perugia - Tel. 075 5051014 Fax 075 5006315**

La grande deformazione gravitativa territoriale profonda della Sila Nord-Occidentale, con sbarramento del fiume Crati, spostamenti ed “effetti leva” nei terreni della Piana di Sibari, condizionata anche dalle tettonica trascorrente del Pollino

The large deep seated territorial gravitational deformation of northern-western side of Sila Massif, with the damming of river Crati, displacement and leverage effect in the Sybaris Plain soils, conditioned by Pollino transcurrent tectonic

Termini chiave:

Deformazioni gravitative territoriali profonde; reticolo idrografico e deformazioni gravitative; massiccio della Sila; sollevamenti da frana al piede; fiume Crati;

Keywords:

Deep seated territorial deformation; drainage network and gravitational deformations; Sila massif; landslide toe uplift; river Crati

Alessandro Guerricchio Professore Emerito di Geologia Applicata - Dipartimento d'Ingegneria Civile Università della Calabria
Vincenzo Simeone Professore Ordinario di Geologia Applicata Politecnico di Bari

Abstract

On the Upper Pleistocene, almost at the beginning of Holocene, a giant deep seated gravitational collapse, involving an area of about 1000 km² and a volume of about 40 Mm³, triggered by the Sila “crickogeno” tectonic function, has involved the north-western side of the Sila Massif, dammed the Crati river near the present “Stretta di Tarsia”, producing a lake, here named Crati Lake, whose extension reached the town of Cosenza. This huge phenomena has been favored, very probably, by the large spreading towards NW of the northern part of Calabria in consequence of Pollino right transcurrent fault, which has displaced towards the Tyrrhenian sea the “la Mula, Montea, etc. chain”. This movement could have exerted an attraction, just towards NW (a sort of “chain suck”), affecting up to Sila side.

This huge, large gravitational phenomena, on the basis of the morphological shape and features, has been interpreted as post tectonic phenomena to be included in the wide range of gravitative phenomena. Owing to its very large dimensions, which exceed by far the usually sizes for such deformations, we propose to name it as deep seated gravitational “territorial” deformations (DSGTD).

The phenomena was favored by structural conditions of that region, in which the unit of phyllades (Bagni Unit), tectonically underlain to gneiss, biotite schists and granites of Polia Copanello Unit, have had the function of weak, “plastic” body respect to the more rigid superposed rocks. The giant deformation has involved, in the foot zone, also the whole hilly territory, where the hydrographic net appears strongly deformed and the

terrains of Plio-Pleistocene age raised by means of the “lever effect” of the deep and hidden gravitative thrusts in the foot zone itself. It caused kilometric deviations of the water courses, “snatches”, narrowing of the valley sections, changes of the attitude of strata, tilting, planimetric rotations, river captures, etc. During the displacement the DSGTD body has undergone also an initial clockwise rotation, which has brought about a change of the orientation of the numerous river valleys which cross it. The northern foot zone of the deformation has moved forward to north in confront of the remaining part of the base of the Sila slope towards Rossano town. The remarkable geomorphological effects on the territory give evidence of the recent age of the giant gravitative phenomena, not yet masked or cancelled by erosive Holocene processes. Finally, this work must have an undoubted significance for seismological aspects of that territory.

Riassunto

Nel Pleistocene superiore-inizio dell'Olocene, per il sollevamento tettonico della Sila (“crickogeno”), sul suo versante nord occidentale si è attivato un grande movimento gravitativo, che ha coinvolto un'area di oltre 1000 km² ed un volume di circa 40 Mm³. Detto movimento ha sbarrato il fiume Crati all'altezza dell'attuale “Stretta di Tarsia”, originando un grande lago che si estese fino a Cosenza. Le masse in gioco comprendono unità di rocce intrusive e metamorfiche di alto e basso grado, ascrivibili alle Unità Alpine, depositi marini post orogeni del Pleistocene-Calabrian-Pliocene ed i depositi alluvionali clastici, terrazzati e non dell'Olocene. Alla

sua attivazione ha probabilmente contribuito l'allargamento della piana di Sibari conseguente al movimento della faglia trascorrente destra del Pollino, che avrebbe esercitato un'azione di richiamo appunto verso NW (una sorta di “risucchio”), risentitosi fin nel versante silano.

Si tratta di un fenomeno che per le sue dimensioni può essere definito una Deformazione Gravitativa Territoriale Profonda (DGTP) e che a grande scala ha forme morfologiche analoghe a quelle delle mega-frane rotazionali multiple: con abbassamenti e basculamenti, “rigonfiamenti”, rotture multiple, innalzamenti al piede. Il fenomeno di macro-scala ha generato i presupposti per la franosità p.d. passata e futura di tutto quell'ampio settore territoriale silano, avendo agito a livello delle “strutture” delle rocce ivi affioranti, nonché del loro grado di alterazione chimico-fisica. Rilevante è stato lo spostamento delle aste fluviali del Fiume Crati e di altri corsi d'acqua verso nord, come pure l'effetto di sollevamento nelle zone di piede da parte delle rotture gravitative sepolte nelle unità Plio-Pleistoceniche, evidenziando un'epoca alquanto recente del gigantesco fenomeno gravitativo, che i fenomeni di erosione olocenici non hanno ancora mascherato o cancellato. Infine il tema del presente lavoro ha un indubbio significato per gli aspetti sismici del territorio in oggetto.

Introduzione

Alcune aree, specialmente se interessate da fenomeni di sollevamento tettonico recente presentano lineamenti morfologici comparabili, a grandissima scala, con quelli delle mega-frane rotazionali multiple (Varnes, 1978), abbassamenti e basculamenti delle porzioni alte del versante, “rigonfiamenti” nelle loro parti medio-basse e possibili “estrusioni” al piede. Si tratta di aree le cui dimensioni raggiungono anche alcune decine di chilometri quadrati, che sono state interessate da fenomeni di deformazione di macro-scala. Si tratta di deformazioni che, per le loro dimensioni, non possono immediatamente essere inquadrare nell'ambito delle Deformazioni Gravitative Profonde di Versante DGPV, (Stini, 1941; Jahn, 1964; Melidoro & Guerricchio, 1969; Ter-Stepanian, 1977; Guerricchio & Melidoro, 1981; Sorriso Valvo, 1984; Hutchinson, 1988). Potrebbero essere considerati fenomeni assimilabili a quelli tettonici ma che, essendo essenzialmente legati alla gravità, per le loro dimensioni possono essere definite di “Deformazione Gravitativa Territoriale Profonda” (DGTP), (Guerricchio

2010, 2014 e 2015).

Fenomeni di questo tipo sono stati riconosciuti sia in Calabria (Guerricchio 2014 e 2015), che in altre aree del territorio italiano (Guerricchio & Melidoro, 1996; Guerricchio, 2010; Galeandro et Al. 2013). In molti casi risultano legati al movimento di rocce lapidee di elevata rigidità che si muovono su litotipi argillosi e/o lapidei di minore rigidità meccanica, con pendenze motrici anche molto modeste. Nel territorio calabrese e della Sila in particolare sono stati riconosciuti movimenti gravitativi di rocce cristalline rigide in appoggio su unità come quelle filladiche che, in confronto, hanno un comportamento meccanico che può essere considerato “duttile-plastico” [Melidoro & Guerricchio, 1969; Guerricchio & Melidoro, 1981; Guerricchio & Ronconi, 1997; Guerricchio & Melidoro, 1998; Guerricchio, 1985; 1990; 1994; 2000; 2001; 2004; 2010; 2014; 2015; Guerricchio & Biamonte, 2007; Guerricchio & Mastromattei, 2007; Guerricchio & Ponte, 2009; Guerricchio et Al., 2001; 2003; 2006; 2008 a), b); 2012 a), b); Guerricchio & Simeone, 2012].

Il lavoro presenta un caso di fenomeno gravitativo di grande scala che può essere definito una DGTP (Figg. 1 e 2) che interessa il versante nord occidentale del massiccio della Sila. Esso riprende ed amplia i concetti ed i modelli geologico-geomorfologici già individuati in un precedente lavoro (Guerricchio, 2000) di questa enorme deformazione gravitativa.

Il fenomeno è stato favorito dal sollevamento tettonico della Sila (“crickogeno” secondo la definizione di Guerricchio (2014 e 2015) e dal movimento della faglia trascorrente destra del Pollino che, spostando tutta la catena de la Montea, la Mula, C.zo del Pellegrino, ecc., avrebbe esercitato un richiamo verso NW fin nel versante silano (Fig. 3). L'area coinvolta è di circa 1000 km² e il suo volume circa 40 Mm³. Sbarrando il fiume Crati all'altezza dell'attuale “Stretta di Tarsia”, ha originato un enorme lago, qui denominato Lago Crati, di cui resta traccia nell'estesa, valle fino a Cosenza (Fig. 4) e nei suoi depositi Olocenici. La freschezza delle forme morfologiche e le deformazioni che hanno coinvolto i terreni anche del Pleistocene Superiore fanno datare il fenomeno gravitativo al Pleistocene superiore-inizio dell'Olocene. Anche il reticolo idrografico (Fig. 5) assume forme molto particolari, con andamenti, a “campana e/o a ferro di cavallo”, in quanto impostato lungo le rotture di piccola e grande scala della suddetta deformazione gravitativa. Il movimento ha deformato anche i depositi marini post orogeni del Pleistocene-Pliocene-Calabrian, nonché,

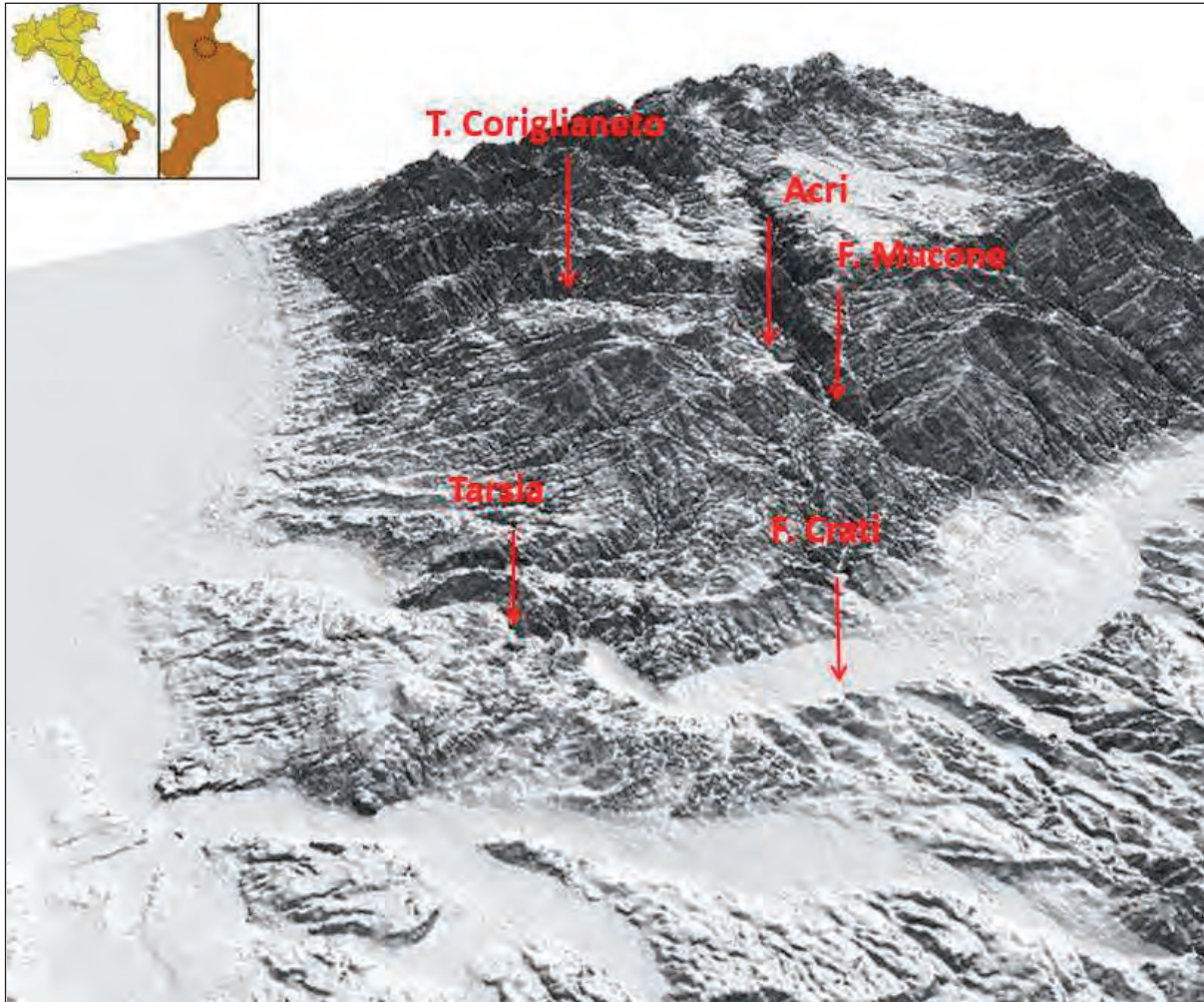


Figura 1 – DEM dell'imponente fenomeno di deformazione gravitativa territoriale della porzione Nord-Occidentale del rilievo della Sila. Si può notare la profonda rottura dove si è impostato il F. Mucone, e poco a monte dell'abitato di Acri la profonda incisione dove defluisce il T. Coriglianeto. Nel suo movimento, anche con rotazione antioraria verso l'attuale Piana di Sibari, ha sollevato, compresso e spostato i corpi geologici in primo e secondo piano, determinando significative modificazioni geomorfologiche in tutta la piana. La valle dell'antico F. Crati è stata sbarrata creando un lago che giungeva probabilmente fino a Cosenza. Si sono avute importanti variazioni degli andamenti dei paleo fiumi di quel territorio, tutti spostati e deviati verso i settori settentrionali e occidentali rispetto ai loro primitivi percorsi.

Figure 1 – DEM showing the large deep seated territorial gravitational deformation of the Northwestern portion of the Sila massif. It is possible to observe the deep fracture where is located Mucone river, and upstream the town of Acri, the deep incision where Coriglianeto stream flows. During its movement with anti-clockwise rotation towards the current Plain of Sybaris, it has uplifted, compressed and moved the geological bodies foreground and background, causing relevant geomorphological changes in whole plain. The valley of the ancient F. Crati was dammed by the "landslide" creating a lake that probably came up to Cosenza. There have been important changes in patterns of the ancient streamlines of this territory, that were moved and diverted toward the northern and western sectors respect to their previous pathways.

forse, anche i depositi alluvionali clastici, terrazzati e non dell'inizio dell'Olocene.

2. Lineamenti geologici schematici

Il versante nord occidentale del rilievo della Sila è

costituito principalmente da unità metamorfiche di variabile composizione, intruse da masse di plutoniti acide e basiche (Carta Geologica della Calabria, 1969) o tettonicamente sovrascorse sulle prime (Amodio Morelli et Al. 1976), (Fig. 6). Secondo questi ultimi, nelle parti più orientali le plutoniti acide hanno notevole

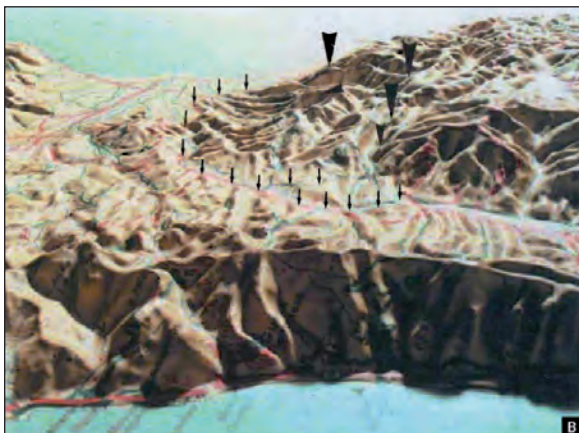


Figura 2 – Veduta da ovest su un plastico geografico della DSGTD, che ne mette in evidenza il corpo, interessato almeno da altre due rotture; il trench del F. Mucone, costituente il profondo "strappo" nelle sue parti alte e sinistre, l'espulsione dal profondo delle masse nella zona di un "primo" piede, ove le cinque piccole frecce definiscono anche il limite del conoide del F. Mucone. L'alta densità di drenaggio, poi, è indicativa della profonda disarticolazione delle masse rocciose coinvolte nella deformazione gravitativa, (da Guerricchio, 2000).

Figure 2 – View from the western side of a geographic model of DSGTD, which highlights the part of the territory affected by at least two main fractures; the trench of F. Mucone that is the deep "tear" on its left side the extrusion of the depths masses just at the toe of the slope where the five small arrows also define the limit of the F. Mucone fan. The high drainage density is indicative of the deep disarticulation of rock masses involved in the gravity deformation (after Guerricchio, 2000).

estensione e comprendono: le granodioriti passanti a graniti e tonaliti, sintettiti femiche e sialiche dell'Unità del M. Gariglione (Amodio Morelli et Al., 1976) e, in contatto tettonico per falda con quest'ultimi i graniti delle Unità di Longobucco-Longi-Taormina. In quelle centrali ed occidentali affiorano unità da elevato a basso grado metamorfico: gneiss biotitici e muscovitici, gneiss a biotite, granato e sillimanite con intercalazioni di marmi, anfiboliti; gneiss dioritici (Unità di Polia-Copanello) del Paleozoico. In contatto tettonico, seguono, verso il basso, filladi e metareniti, porfiroidi; subordinatamente metabasiti e anfiboliti dell'Unità di Bagni-Fondachelli del Carbonifero (?).

Le unità ad elevato grado metamorfico sono sovrascorse in falda su quelle a basso grado, che affiorano nei versanti in piccole finestre tettoniche, ma soprattutto nella "Stretta" di Tarsia" (Fig. 6). Tra quest'ultima località e Spezzano Albanese riemergono come calcescisti con intercalazioni filladiche, molto deformate con associati scisti verdi e rocce basiche. In quest'ultima zona sono associati i calcari selciferi, attribuiti da Amodio Morelli



Figura 3 – DEM della Calabria settentrionale; la freccia rossa evidenzia il motivo del probabile richiamo ("risucchio") del versante silano da parte del movimento trascorrente destro della faglia del Pollino che coinvolge la catena della Mula, la Montea, C.zo del Pellegrino, ecc., in movimento verso il Mar Tirreno.

Figure 3 – DEM of northern part of Calabria Region; the red arrow shows a possible reason for the appeal ("backwash") of the northern part of Sila massif by the right strike slip movement of the Pollino fault involving the chain of Mula, Montea, C.zo del Pellegrino, etc., moving towards the Tyrrhenian Sea

et Al. (1976) all'Unità Diamante-Terranova (Cretaceo ?). Nel territorio di Terranova da Sibari, affiorano calcescisti con intercalazioni di scisti filladici associati a calcari selciferi, o al fronte degli accavallamenti dei soprastanti gneiss e scisti biotitici. Piccole finestre potrebbero ancora essere definite i modesti affioramenti di calcari cristallini presso S. Giorgio Albanese, come pure, poco ad Est, l'affioramento di C.zo del Pesco (1183m) riportato come scisti cornubianitici al contatto tra i graniti e gli scisti filladici (Carta Geologica della Calabria, 1969) dell'Unità di Bagni p.d. (Fig 6).

Le unità geologiche cristalline presenti, a partire da quelle più profonde, possono essere così schematizzate:

- Scisti filladici grigio – verdastri, lucenti (Unità di Bagni – Carbonifero?);
- Scisti quarzosi biancastri, a luoghi a composizione granitica, con vene e lenti di quarzo parallele alla scistosità; Scisti e gneiss biotitici, a luoghi granatiferi;
- Granitoidi in forma di migmatiti, degradati, con profondità dell'alterazione variabile con la composizione mineralogico-strutturale condizionata dal cinematisimo e scompaginamento conseguente al collasso gravitativo qui descritto. Essi fanno parte

dell'Unità del M.te Gariglione (Permo – Carbonifero), affiorano estesamente nella zona in esame e costituiscono la maggior parte delle principali elevazioni;

- Rocce intrusive acide variabili tra la quarzodiorite, la quarzo-monzonite, la granodiorite ed il granito. I litotipi sono in genere molto fratturati e degradati. (Unità di Longobucco - Longi – Taormina del Permo – Carbonifero), (Amodio Morelli et Al. 1976).

Chiudono la serie litologica i sedimenti marini miocenici, pliocenico-calabrianici limi argillosi, sabbie e conglomerati, disposti in fasce relativamente continue che bordano l'intera zona pedemontana, in destra e sinistra dei fiumi Crati, Esaro, Coscile o Sibari ed i depositi pleistocenici, spesso terrazzati, anch'essi in prevalenza al piede del versante silano, infine i depositi alluvionali, olocenici nelle depressioni topografiche (Fig. 6).

3. Caratteri geomorfologici del versante nord-occidentale della Sila e della parte meridionale della piana di Sibari

Sul versante nord occidentale della Sila, come detto, è stato riconosciuto un imponente fenomeno gravitativo profondo che può essere considerato come una DGTP (Guerricchio, 2010, 2014, 2015), (Fig. 1). L'area coinvolta è delimitata a Sud dalla rottura sede oggi dell'alveo del Fiume Mucone, ad est, a partire dalla località di Serra la Capra (1.179m s.l.m.), poco ad est di Acri, la rottura involuppo si sviluppa verso NNE, con andamento a ferro di cavallo, lungo l'intero alveo del T. Coriglianeto e prosegue verso l'attuale costa, segnando di fatto la scarpata principale del movimento gravitativo a Est (Figg. 1 e 7). Entrambi i corsi d'acqua sono, pertanto, impostati nella rottura gravitativa principale. Questa, nel suo fianco orientale, ha anche svolto un'azione "meccanica di "richiamo" per le masse immediatamente ad est, producendo i "trench", le depressioni oggi percorse dai torrenti Cino e Colognati a Sud Est dell'area oggetto di studio. Lo "strappo o distacco" della superficie di rottura principale nella parte alta ha dato luogo ad uno spostamento di non meno di 4 km e la sua lunghezza complessiva è non minore di 40 km.

Si può riconoscere una interessante analogia tra questa DGTP con la grande frana californiana di Blachhawk (Shreve 1968), (Fig. 11).

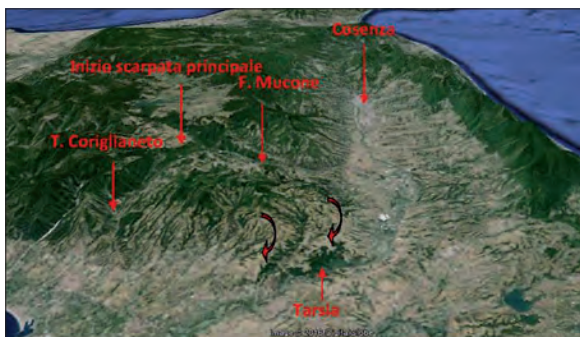
Il grande conoide di deiezione del F. Mucone, impostato nella rottura principale, ha spostato verso ovest il corso del F. Crati, innescando fenomeni di erosione nel

versante sinistro della valle di quest'ultimo fino alla base orientale della Catena Costiera. Più a monte, verso Acri l'incisione del F. Mucone costituisce uno strappo da trazione (trench) dell'intero corpo nel fianco sinistro della DGTP, con spostamento prevalente verso nord. Questo appare evidente dall'andamento a Z della rottura del tratto di circa 1 km di lunghezza dell'incisione del Mucone stesso compreso tra la località Montagnola (a nord, 1000 m s.l.m.) e la Serra Todaro a sud, 1117 m s.l.m. poco a Est di Acri (Guerricchio, 2013; 2014), (Figg. 1 e 7).

Il fenomeno gravitativo profondo si è attivato con una iniziale rotazione planimetrica oraria ed ha coinvolto unità di rocce intrusive e metamorfiche di alto grado (Unità di Polia-Copanello e del M. Gariglione). Queste risultano molto disarticolate (Figg. 1, 6 ed 8) per effetto dei movimenti sulle sottostanti unità metamorfiche filadiche di basso grado dell'Unità di Bagni e di Diamante Terranova (Amodio Morelli et al., 1976) e sedimentarie, che nella zona di piede della stretta di Tarsia hanno subito una vera e propria estrusione (Figg. 6, 8 e 9). La primitiva deformazione ha generato i presupposti, quindi, per la franosità p.d. dell'intera area, avendo degradato a livello "intimo" la "strutture" delle rocce ivi affioranti favorendone l'alterazione chimico-fisica.

All'interno della massa dislocata sono presenti rotture secondarie che, secondo un criterio di gerarchizzazione, involuppano grandi frane e frane di più piccole dimensioni, le cui fasce di rottura, hanno profondità via via minori man mano che le deformazioni gravitative diventano di ordine gerarchico inferiore. La disarticolazione e lo "smembramento" dei litotipi cristallini ha anche controllato l'impianto e lo sviluppo del reticolo idrografico (Fig. 4). I numerosi torrenti di ordine inferiore ricadono nelle rotture secondarie, anch'esse con spostamenti di qualche chilometro. Il T. Galaltrella, impostatosi su una rottura della larghezza di 2 km circa, i T.ti Muzzolito e Pisacane su un'altra di 3 km circa, come pure i T.ti Pietra Morella, Farnagrossa, V.ne della Mortella, per un complessivo spostamento di ulteriori 8 km circa verso NW (Figg. 7 e 13).

Nella sezione geomorfologica schematica (Fig. 8) le superfici di rottura sono rappresentative delle fasce di scorrimento e di cataclasizzazione delle zone più profonde i cui piccoli assestamenti possono anche dare origine a sismi di bassa magnitudo e di modesta profondità (Fig. 10), favoriti probabilmente anche dalla presenza delle acque sotterranee evidenziate dalle numerose sorgenti nel territorio e le terme di Spezzano. La lunghezza della massa coinvolta dal grande movimento gravitativo,



dalla scarpata principale del T. Coriglianeto fino alla valle del fiume Crati in corrispondenza della stretta di Tarsia, è di circa 20 km. In questa zona su entrambe le sponde del F. Crati affiorano le filladi appartenenti all'Unità di Bagni, cui, nella zona di Terranova, sono associati i calcari Cretacei(?) dell'Unità Diamate-Terranova. Le prime appaiono fortemente deformate (Fig. 9) ed a luoghi verticalizzate come può avvenire per le masse a comportamento pseudo “plastico” nelle zone di piede di una grande deformazione come quella in esame. Sulle formazioni cristalline e lapidee, nella zona al piede del versante, poggiano le unità trasgressive mio-plio-pleistoceniche (Figg. 6, 8 e 13). La loro giacitura, con immersioni di almeno 15° verso nord e nord ovest delle sabbie, è molto probabilmente l'effetto della rotazione (“tilting”) subito per il sollevamento del piede della DGTP. Sono infatti rivolte tutte verso la valle del T. Follone confinante con quella del Crati. Ciò fa ragionevolmente ritenere che l'ampia e profonda deformazione gravitativa in realtà ha coinvolto una porzione di territorio molto più ampia a N-NW della stretta di Tarsia. Il fronte avanzato del piede del fenomeno gravitativo è costituito da veri e propri thrust gravitativi profondi, sepolti sotto i depositi Plio-Pleistocenici della Piana di Sibari, che sono stati spinti e deformati verso i quadranti settentrionali, così che la lunghezza complessiva dell'area coinvolta dal movimento è di circa 40 km. Nello spostamento orizzontale verso l'esterno, nei settori occidentali, le unità geologiche si sono segmentate a raggiera. La stessa striscia collinare di Tarsia, Spezzano e Terranova si è arcuata come oggi la osserviamo ed i terreni che la formano sono stati rialzati, “stirati” e basculati verso W, NW, N ed E a causa delle spinte dal basso ed orizzontali operate nelle zone di piede della DGTP, ove sono state massime (thrust rialzato verso NW), (Figg. 7 ed 8). Tuttavia, il maggiore protendimento

Figura 4 – Immagine Google Earth dell'area studiata. Si individua il gigantesco fenomeno gravitativo, con direzione di movimento verso NW, che nelle porzioni medio-basse subisce pure rotazioni planimetriche orarie. Il blocco più esterno ha sbarrato il F. Crati presso l'abitato di Tarsia generando l'antico, esteso “lago Crati”, che doveva giungere fino a Cosenza. La massa della deformazione ha poi spostato le unità geologiche nella zona di piede, in primo e in secondo piano, modificando le giaciture degli strati, in particolare delle unità postorogene, variando significativamente gli andamenti dei paleo fiumi di quel territorio, tutti spostati di qualche chilometro e deviati verso i settori settentrionali e occidentali.

Figure 4 – Google Earth image of the studied area. It is possible to identify the large gravitational phenomenon moving in NW direction that in its lower middle portions suffers of hourly planimetric rotations. The western block of the dislocated masses has dammed F. Crati near the town of Tarsia generating the ancient, extended “Crati lake”, which flood the whole valley up to Cosenza. The large deep seated territorial gravitational deformation is evident foreground and background geological units in the foot area, changing the layers attitude, especially of postorogene units, significantly changing the stream path of paleo rivers, all dislocated few kilometers and toward the northern and western sectors.

della zona di piede è nella zona di confluenza dei Fiumi Esaro e Coscile, ma anche Coscile-Crati, seppure la zona ultima d'influenza ha coinvolto pure tutto il territorio a nord di Doria (Fig. 8). Infatti, a seguito delle spinte orizzontali del piede del grande fenomeno gravitativo, nella piana di Sibari tutti i corsi d'acqua provenienti da Ovest sono stati dislocati verso nord per alcuni chilometri, rispetto ai loro tracciati originali; degni di nota sono gli spostamenti delle aste fluviali del F. Crati in primis, del T. Follone e del F. Coscile o Sibari. Il percorso del paleo Crati lungo il piede del promontorio silano, infatti, prima della DGTP era più spostato verso Sud Est, disegnando una curva molto più dolce di quella odierna, come pure la sua foce, nell'attuale Piana di Sibari, doveva ricadere più a sud del moderno abitato di Schiavonea. All'altezza dell'abitato di Tarsia lo spostamento del F. Crati è valutabile in non meno di 10 km verso Nord, mentre per il secondo (T. Follone) è possibile stimare un ulteriore spostamento di 3-5 chilometri. Il piccolo rilievo di Tarsia, come detto, spinto verso W e N, si è deformato ad arco e nella striscia di territorio tra S. Marco Argentano, Tarsia e Terranova da Sibari tutti i corsi d'acqua trasversali sono impostati lungo le numerose rotture a taglio prodottesi a seguito del detto fenomeno, che appaiono come piccole trascorrente sinistre (Fig. 7). Le spinte nella zona di piede sepolto hanno prodotto innalzamenti, rotazioni planimetriche, “strappi” e basculamenti delle unità Plio-Pleistoceniche della Piana di Sibari, che evidenziano che il fenomeno o quanto meno le sue riattivazioni sono relativamente non troppo antiche. Questo tipo di movimento deve

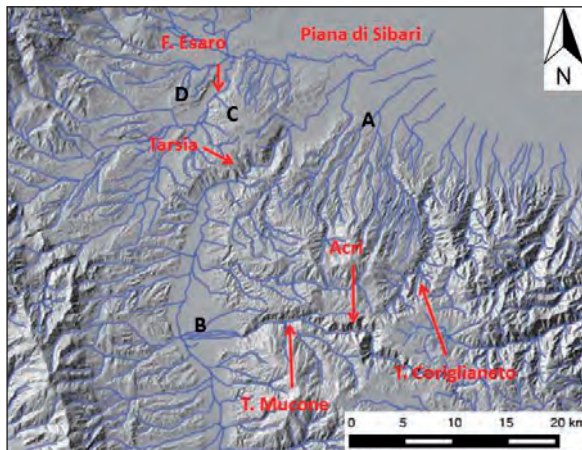


Figura 5 – DTM e reticolo idrografico dell'area studiata, che ben evidenzia il profondo ed esteso fenomeno gravitativo, compreso tra il F. Mucone ed il T. Coriglianeto, i quali, impostatisi lungo le rotture principali, lo delimitano rispettivamente a sud e a est. Nel movimento verso NW la massa ha subito anche un'iniziale rotazione oraria, determinando una variazione dell'orientazione delle aste dei numerosi corsi d'acqua che percorrono, nel suo versante settentrionale, le aree a valle, Piana di Sibari compresa. Una parte della zona di piede (A) è notevolmente avanzata verso nord rispetto alla residua base del versante silano ad est. La lettera B segnala l'esteso cono di deiezione del F. Mucone, che ha spostato il fianco sinistro del F. Crati di circa 2.5 km verso ovest. Con la lettera C è indicata la zona di piede di Tarsia, Spezzano A., Terranova da Sibari, rialzata, spostata e ruotata in senso orario verso Est; la D il piccolo rilievo di località Serra di Paola-Costa del Diavolo, "strappato" di 1.5km e ruotato verso nord-ovest di 40° in senso antiorario, originando la cattura fluviale del T. Grondo, attuale tributario di sinistra del F. Esaro, come meglio evidenziato in Fig. 14.

Figure 5 – DTM of the studied area with the streamlines showing the deep and large gravitational phenomenon, involving the area between Mucone River and T. Coriglianeto that flow along the main failures, respectively on the South and East side. In its movement toward NW the masses has been subject to an initial clockwise rotation creating a change in the orientation of streamline flowing in its northern side and in Sybaris Plain. A part of the foot area (A) is greatly advanced towards north with respect to the residual part of eastern Sila the slope. Letter B indicates the large alluvial fan of River Mucone, which dislocated about 2,5 km the left side of River Crati. Letter C indicates the foot area of Tarsia, Spezzano A., Terranova da Sibari, uplifted, moved and rotated clockwise to the east; D is the small relief of Serra di Paola Costa del Diavolo, dislocated of 1.5km and rotated to the north-west of 40° counter-clockwise, creating the river catching Grondo Torrent, tributary of left side of River Esaro, as better showed in Fig. 14.

essere stato favorito dal maggior "grado di libertà" di movimento in direzione N-W legato agli spostamenti subiti in quella direzione dalla catena della Montea, la Mula, C.zo del Pellegrino, M. te Vernita a seguito del movimento causato dalla grande faglia trascorrente destra con l'altra catena, quella del Pollino. Tale movimento è come se avesse "risucchiato" il territorio situato a SSE, compresa la grande DGTP

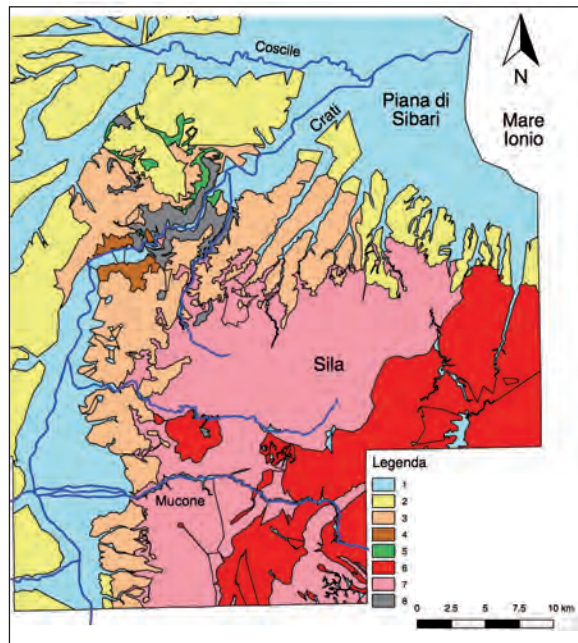


Figura 6 – Carta geologica schematica dell'area di studio
Post-Orogeno:

1. Depositi clastici, terrazzati e non. Attuale –Pleistocene Sup.;
2. Calcareni, sabbie, argille e conglomerati. Pleistocene Inf.;
3. Sabbie, silt argille e conglomerati. Pliocene Sup.;
4. Conglomerati, arenarie con intercalazioni di argille e calcari algali. (Miocene Medio-Sup.)

Unità di Diamante – Terranova:

5. Calcescisti, metabasiti e serpentiniti: Cretacico Inf.-Giurassico (?)

Unità del M.te Gariglione:

6. Granodioriti passanti a graniti a megacrystalli di feldspati e Gneiss biotitici e muscovitici con intercalazioni di marmi, anfiboliti. Permo-Carbonifero;

Unità di Polia Copanello (Form. Dioritico-Kinzigitica Auct.):

7. Gneiss e scisti biotitici, talora granatiferi, con intercalazioni di marmi, rocce basiche e ultrabasiche. Paleozoico(?);

Unità di Bagni-Fondachelli:

8. Filladi e metareniti, subordinatamente metabasiti e anfiboliti. Carbonifero?.

Figure 6 –Schematic geological Map of the study area

Post-Orogenic deposits:

1. Clastic deposits, terraced and not. Present – Upper Pleistocene;
2. Calcareni, sands, clays and conglomerates. Lower Pleistocene;
3. Sands, silts, clays and conglomerates. Upper Pliocene;
4. Conglomerates, sandstones with interbedded clays and algal limestones. (Middle- Upper Miocene).

Diamante - Terranova Unit:

5. Calcschists, metabasites and serpentinites: Lower Cretaceous-Jurassic (?).

Mount Gariglione Unit:

6. Granodiorites passing to granites with megacrysts of feldspars and to biotitic and muscovite gneisses intercalated with marbles, amphibolites. Permo-Carboniferous.

Polia Copanello Unit (Auct. Dioritic-Kinzigite Formation):

7. Biotitic gneiss and schists, sometimes garnetiferous, intercalated with marble, basic and ultrabasic rocks. Paleozoic (?).

Bagni-Fondachelli Unit:

8. Phyllites and metarenites, subordinatly metabasites and amphibolites. Carboniferous ?.

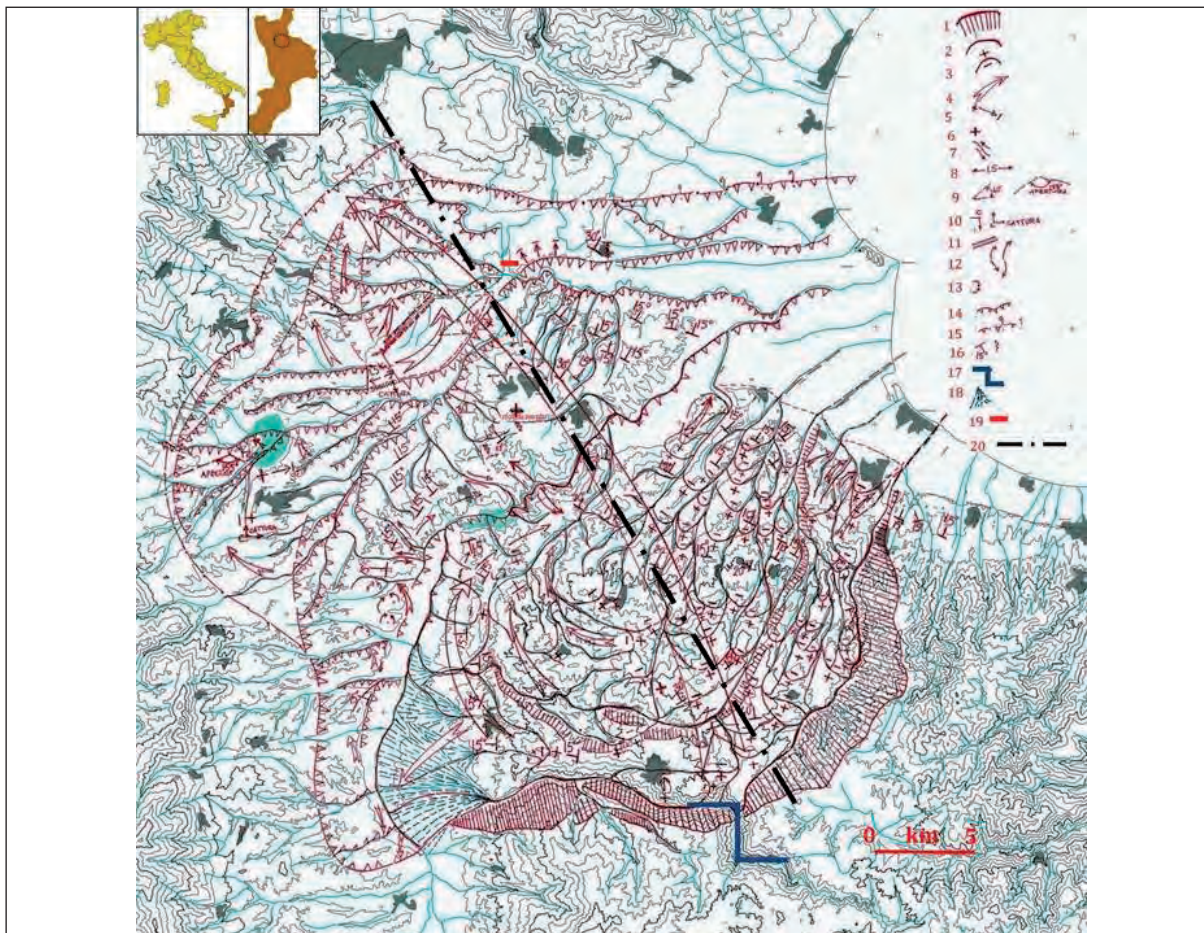


Figura 7 – Carta geomorfologica (scala 1:100.000), finalizzata alle rotture gravitative da DGTP e da grandi, antiche frane, del settore nord-occidentale della Sila e della Valle del F. Crati-Piana di Sibari.

1. Scarpata principale di rottura gravitativa;
2. Rottura gravitativa principale;
3. Rotture gravitative secondarie (il segno - indica la parte ribassata);
4. Versi dei principali movimenti gravitativi;
5. Direzione e verso dei basculamenti;
6. Principali innalzamenti da compressioni gravitative (anche sfondamento/punzonatura);
7. Piccole trascorrenze sinistre nella fascia "stirata ed arcuata" di Tarsia;
8. Direzioni e versi dei movimenti di rotazione ed "apertura" della zona del T. Grondo e di località Serra di Mezzo e Costa del Diavolo;
9. Angoli di apertura da effetti delle rotazioni e "strappi" nelle località "il Pantano (T. Grondo) e Pauciuro" (T. Esaro);
10. Catture fluviali;
11. Valle abbandonata e compressa del T. Grondo;
12. Direzioni e versi dell'espulsione delle filladi nella "stretta di Tarsia";
13. Piccole compressioni nei terreni calabrianici, a seguito delle rotazioni maggiori;
14. Thrust gravitativi;
15. Possibili limiti d'influenza dei thrust gravitativi della DGTP;
16. Giacitura e inclinazione degli strati e della schistosità (contorta quando ondulata);
17. Rottura a Z nel F. Mucone, citata nel testo.
18. Coni di deiezione del F. Mucone, Valle di Castello e F. di Duglia.
19. Zona di depressione legata all'allargamento verso Nord-Ovest della Piana di Sibari in conseguenza degli spostamenti della trascorrente Pollino
20. Traccia della sezione della figura 8

Figure 7 – Geomorphological map (scale 1: 100,000), aimed at cracking gravitational DGTP and large, ancient landslides, in the north-west area of the Sila and the Crati River Valley-Plain of Sybaris.

1. Main scarp of gravitational fractures;
2. Main gravitational fractures;
3. Secondary gravitational fractures (the sign - indicates the lowered part);
4. Direction of the main gravitational movements;
5. Direction of the tilting;
6. Main elevations from gravitational compression (even breaking / punching);
7. Small left strike slips in the "stretched and arched" Tarsia band;
8. Directions and ways of turning movements and "opening" of the T. Grondo zone and Serra di Mezzo and Costa del Diavolo locality;
9. Opening angles from the effects of rotations and "tears" in "the Pantano (T. Grondo) and Pauciuro" (T. Esaro) localities;
10. River captures;
11. Abandoned and compressed T. Grondo valley;
12. Directions and versus of expulsion of phyllites in the "gorge of Tarsia";
13. Small compressions in Calabrian terrains, following higher rotations;
14. Gravitational thrusts;
15. Possible limits of influence of DGTP gravitational thrusts;
16. Attitudes and inclinations of the strata and the schistosity (corrugated when twisted);
17. Breaking in Mucone River, cited in the text;
18. Alluvial fans of Mucone, Valle di Castello and Duglia rivers;
19. Zone of depression linked to enlargement to the northwest of the Plain of Sibari as a result of movements of Pollino strike slip fault;
20. Track of the geomorphic cross section of figure 8.

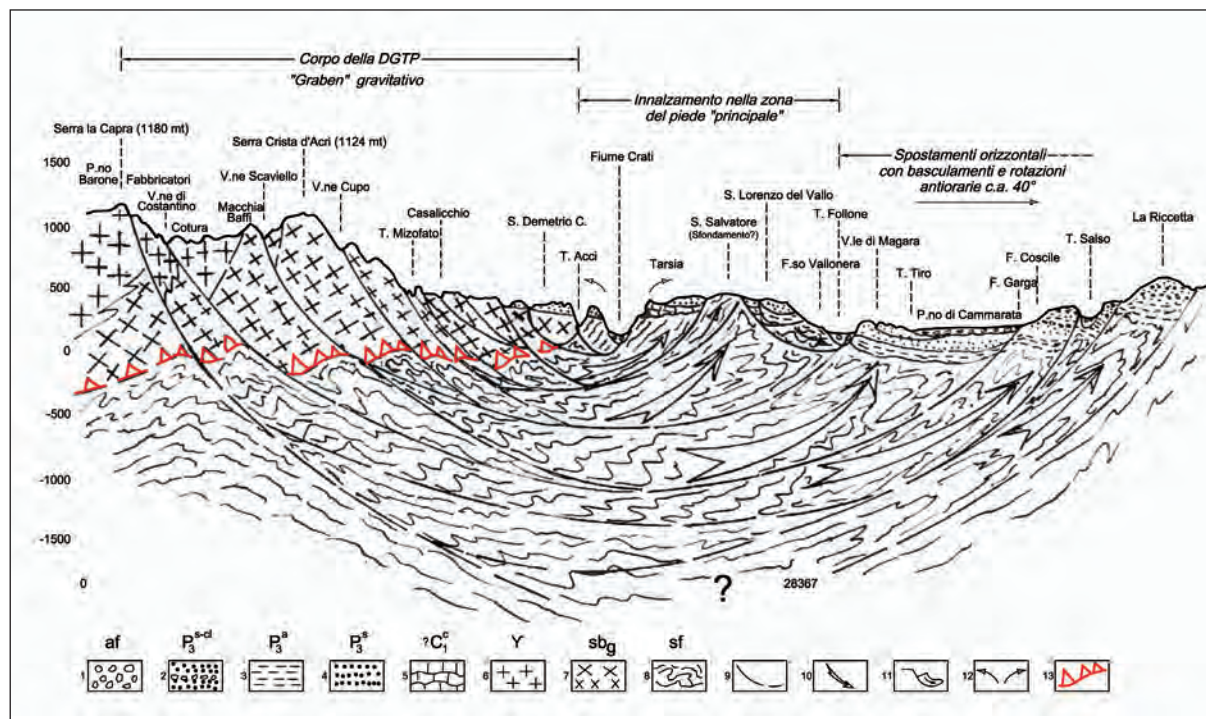


Figura 8 – Sezione geologica schematica del movimento gravitativo della porzione nord-occidentale del promontorio della Sila, che, mediante rotture profonde multiple, produce innalzamenti, spostamenti orizzontali e rotazioni planimetriche nelle formazioni Plio-Pleistoceniche affioranti nella zona dell'attuale Piana di Sibari. La sezione topografica è stata ricavata dalla traccia della Fig. 7

1. Alluvioni fissate - Olocene (af);
2. Sabbie e conglomerati (P_3^{s-cl})-Calabriano;
3. Argille grigio-azzurre (P_3^a)-Calabriano;
4. Sabbie e arenarie (P_3^s)-Calabriano;
5. Calcarei selciferi (?C₁)-Cretacico Inf.;
6. Quarzo-dioriti e Graniti (g)-Paleozoico;
7. Gneiss e scisti biotitici (sbg)-Paleozoico;
8. Scisti filladici grigi e lucenti (sf)-Paleozoico;
9. Superfici principali di scorrimento gravitativo;
10. Versi principali di movimento delle masse, i cui corpi hanno sollevato (effetto leva) le unità meso-cenozoiche;
11. Innalzamenti divergenti nella zona di piede della "stretta di Tarsia";
12. Corpi di frana di più modeste dimensioni e versi di movimento;
13. Sovrascorrimenti.

4. Analisi geomorfica di dettaglio

A partire dalla rottura principale, si analizzano alcuni aspetti geologico-geomorfologici di dettaglio dell'intera area esaminata, con riferimento alle indicazioni della cartografia 1:25.000 dell'IGM (Fig. 12) con un percorso da monte a valle e in senso orario, enfatizzando la funzione delle rotture gravitative sull'impostazione del reticolo idrografico e quelle dei thrust gravitativi nel sollevamento dei terreni della Piana di Sibari attraverso sezioni

Figure 8 – Schematic geological section of the gravitational movement in the north-western part of Sila massif, which, by means of multiple deep ruptures, produces uplift, horizontal displacements and planimetric rotations in Pliocene-Pleistocene formations outcropping in the Plain of Sibari area. The section track is in Fig. 7

1. Fixed alluvials - Holocene (af);
2. Sands and conglomerates (P_3^{s-cl}) -Calabriano;
3. Blue-gray clays (P_3^a) -Calabriano;
4. Sands and sandstones (P_3^s) -Calabriano;
5. Flinty limestones (? Cc1) -Lower Cretaceous;
6. Quartz-diorites and granites (g) -Palaeozoic;
7. Biotitic gneisses and schists (sbg) -Palaeozoic;
8. Gray phyllitic and shiny schists (sf) -Palaeozoic;
9. Main surfaces of gravitational shifts;
10. Main directions of mass movements, whose bodies have raised (leverage) the Meso- Cenozoic units;
11. Divergent elevations in the foot area of "gorge of Tarsia";
12. Landslide bodies of more modest sizes and movement directions;
13. Thrusts

geologiche schematiche Figg. 12 e 13).

Nel T. Coriglianeto, nell'area di **San Giorgio Albanese**, nei pressi delle località Pometo, Palombella (654m), C.zo del Giustopago (885m s.l.m.), C.zo Domenichella (925m), Croce dei Ponti (1.010 m), Caserma Forestale (1.100m), Tronazzo (1029 m), Croce di Corato (1.097 m) e Serra la Capra (1.179 m), si riconosce il fianco destro dello "strappo" principale ("binario destro") della DGTP, con andamento NNE-SSW. La sua larghezza è in media non inferiore ai 3.5 km, mentre l'altezza media



Figura 9 – Filladi fortemente deformate da piccoli thrust a vergenza NW, estruse in prossimità della diga nella stretta di Tarsia.

Figure 9 – Strongly deformed phyllites by small thrusts with NW vergence, extruded near the dam in the gorge of Tarsia.

dell'antica scarpata è di ca. 450 m (Figg. 1, 7, 13-Sez. AA). Tale strappo (rottura), di direzioni dapprima NNE-SSW quindi N-S, arcuandosi poi presso C.zo Patari (575m), riprende la direzione N-S e NNE-SSW verso settentrione, nella confinante striscia di Corigliano Calabro (Fig. 7). Il tratto arcuato è prodotto dal grosso richiamo verso ovest (ampia antica frana) da parte della DGTP principale, che determina due incisioni da rottura gravitativa, in località Bosco dell'Acqua. Mentre la rottura principale coinvolge l'area di Bosco Demaniale del Baracone, Cardonetto, ecc. l'ampia zona di richiamo ha origine da Serra Castagna (1.310 m), C.zo del Pesco (1183 m) nella quale ricade il T. Cino impostatosi nella rottura centrale della omonima valle (Fig. 7 e 12). Nella parte alta, poi, il V.ne del Sorbo (assieme al V.ne la Cotura), tributario di sinistra del Coriglianeto, ha un andamento

arcuato da ribassamenti gravitativi multipli dei graniti verso NNW; quest'ultimi, poco più a Nord del paese di S. Giacomo d'Acri, passano, con contatto tettonico(?), all'unità degli scisti e gneiss biotitici. Tutti gli alvei dei corsi d'acqua principali ricadono nelle rotture gravitative e gli “spartiacque” rappresentano i cigli delle loro scarpate. Esse hanno direzione in prevalenza NNE-SSW, mentre il movimento generale nella zona è, come detto, a NNW (Figg. 1 e 7). Molte di tali rotture costituiscono la coorte di discontinuità meccaniche connesse al trench della zona tra l'abitato di S. Giacomo d'Acri ed il T. Coriglianeto, passando per località Casalinella (Figg. 5 e 7). Più a monte, in territorio di **Monte Paleparto** l'altezza della scarpata principale scende prima a ca. 200 m, quindi a una trentina di m e meno procedendo verso le località Feliciosa (1.105m), Vedace (1.133m) e Piano del

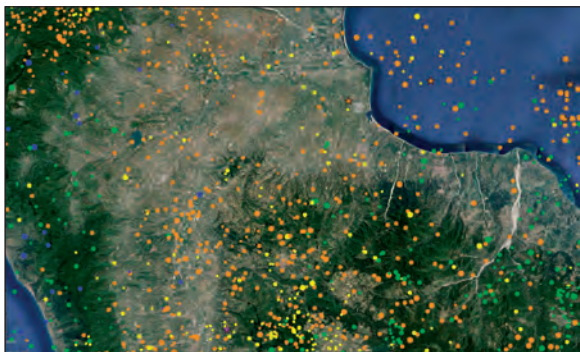


Figura 10 – La concentrazione di epicentri di sismi relativamente superficiali, rilevati dal 1985 dall'INGV, nel territorio compreso tra il Piano del Barone-M.te Paleparto e la Valle del Crati – Piana di Sibari, può essere causata da movimenti in atto del grande scendimento, che, non del tutto stabilizzato, con movimenti a scatti, può dare origine a sismi in genere di non alta magnitudo e di relativamente basse profondità ipocentrali, in linea proprio con la rimobilizzazione delle grandi DGTP. I terremoti profondi, invece, sarebbero prodotti dalla continuazione dei movimenti (“risucchio”) della Catena de la Mula, Montea, ecc, verso WNW.

Figure 10 – The concentration of epicenters of relatively superficial earthquakes, measured since 1985 by INGV in the studied area between the mountains Piano del Barone-Paleparto and Crati Valley - Plain of Sybaris, can be caused also by active movements in the great “scendimento” (slipping), not yet completely stable with jerkily movements, can generate earthquakes of low magnitude and relatively low hypocenter depth, related to the large DGTP. The deep earthquakes, on the contrary, would be produced by the continuation of the movements (“backwash”) of the Chain la Mula, Montea, etc. towards WNW.

Barone (1.100m), da cui essa prosegue in quelle di Corato (1.096m), Ceraso (1.113m), Croce del Greco (1.149m), etc. (Figg. 5 e 7). Da queste inizia la rottura della grande DGTP, coinvolgendo in primis i rilievi di Serra la Capra (1180m) e Colle Savuco (1.114 m), seguita da una seconda discontinuità gravitativa, nella quale si imposta la Valle del Sorbo (Figg. 5 e 7).

Un' ulteriore rottura della DGTP si riconosce lungo il T. Duglia e il V. Scaviello, nella parte meridionale del territorio di **S. Demetrio Corone** (Figg. 5, 7, 13-sez. CC). Il primo, proveniente dai Colli di Costantino (990 m) - Montagnola (897 m), con direzione iniziale S-N, attorniano la Serra Giuranna (961 m) ruota ad Ovest proprio lì dove riceve un tributario di destra in località Reda (Figg. 5 e 7). Quest'ultimo è impostato lungo la rottura gravitativa ad orientazione NNE-SSW, che prosegue, verso nord, con pari orientazione, nel citato V.ne Scaviello per confluire nel T. Malfrancato (Figg. 5 e 12). Questi descrivono un ampio “ferro di cavallo”, che definisce la richiamata rottura gravitativa negli gneiss e scisti biotitici dell'unità Polia Copanello (Figg. 12-Sez. CC), che



Figura 11 – La frana di Blackhawk in California è caratterizzata da litologie simili a quelle del versante nord occidentale della Sila e da fenomeni di deformazione e sollevamento di una ampia fascia di piede analogamente a quanto riscontrato nel versante nord-occidentale della Sila.

Figure 11 – The Blackhawk landslide in California is characterized by lithologies similar to those of the north-western side of the Sila and by deformations with the uplift of a wide foot area similar to that found in the north-western slope of Sila massif.

ribassa verso NW un esteso corpo, in cui ricadono, ad oriente la Serra Crista d'Aciri (1.125 m) e ad occidente il C.zo S. Angelo (910m). Verso nord seguono altre rotture gravitative multiple in cui ricadono i V.ni della Pietra e Catenazzo (a nord di Serra d'Aciri) e Galatrella (a nord di C.zo S. Angelo), (Figg. 5 e 7). I primi isolano un'altra unità della DGTP, al cui interno ricadono il C.zo Petramone (931m) e la frazione di Paganà. Questa unità, al pari della limitrofa definita dal Galatrella, si mobilita verso NNW, ma, poco dopo il parallelo di Macchia e S. Cosmo Albanese ruota in senso orario di 45°, come si osserva nel settore del piede settentrionale della DGTP dagli allineamenti del reticolo idrografico e degli assi delle fasce collinari calabrianne e pleistoceniche (Figg. 12 e 13sez. CC).

Gran parte del fianco sinistro della DGTP è costituita dalla porzione centro orientale della zona di **Luzzi Bisignano**, in destra F. Crati (Figg. 1, 5 e 7). Essa, pervenendo nell'attuale cono di deiezione del F. Mucone, ruota e sposta i depositi del Calabrian di C.zo di Muri verso SSW (Figg. 12e 13sez. DD), smembra i depositi del tardo Pleistocene e, al di là del Crati, innalza le “colliette” di località Contessa Sottana (225 m), Serra di Piro (222 m), C.zo Carbonaro (199 m), C.zo la Torre (228 m), etc.. Più a Nord, in territorio di Bisignano, la DGTP innalza di quota i depositi del Calabrian di C.zo

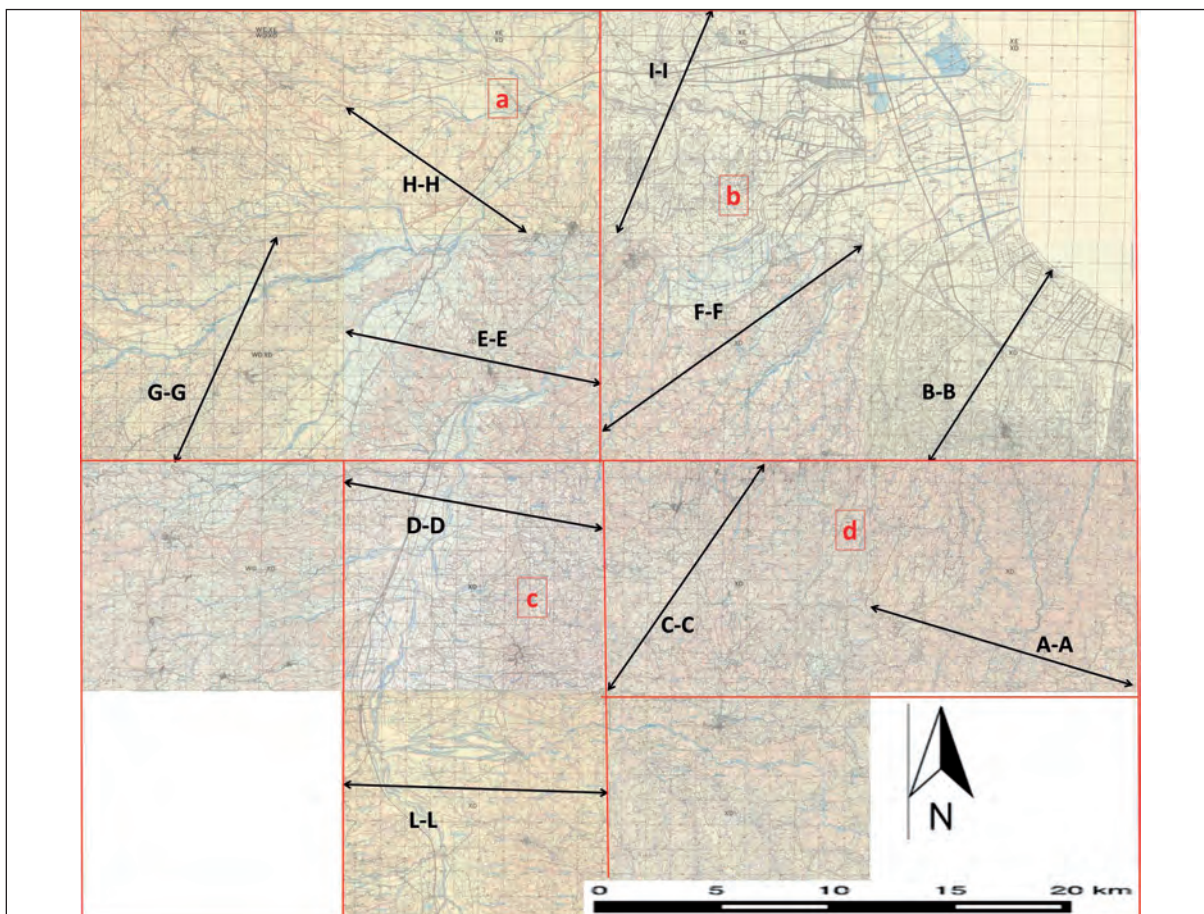
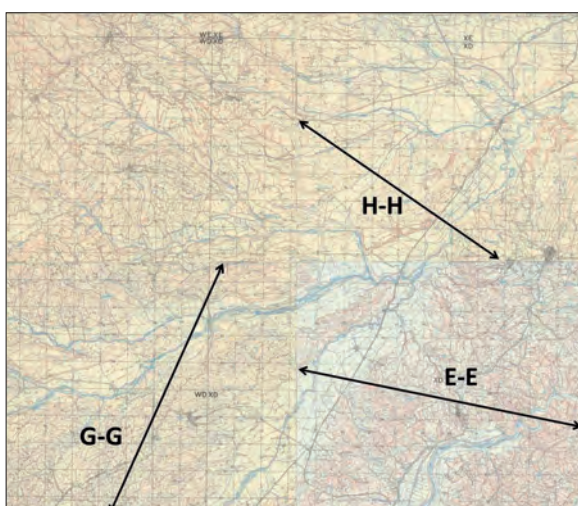
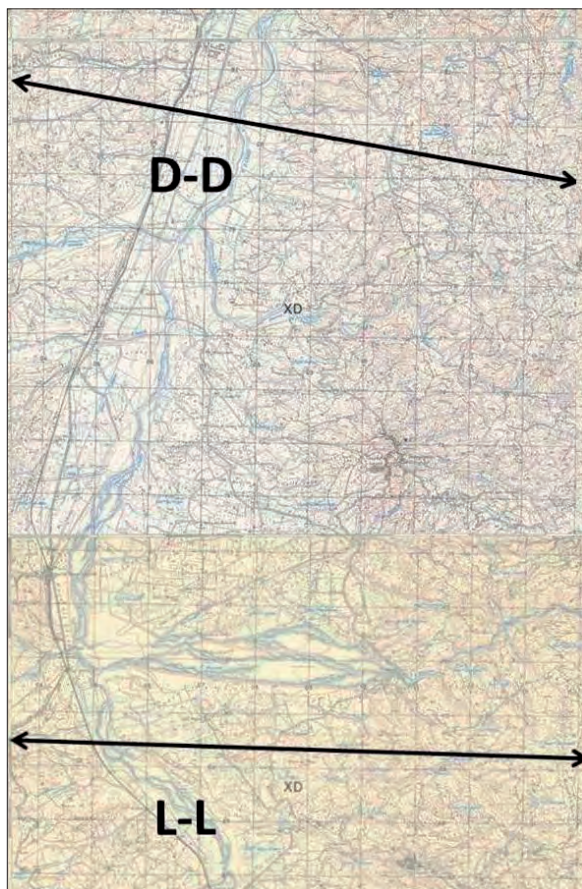


Figura 12 – Stralcio in riduzione delle carte topografiche 1:25000 con riportate le località citate nel testo e l'ubicazione delle sezioni geologiche, dalla AA alla LL.

Figure 12 – Reduction of the topographic maps 1: 25000 which shown localities mentioned in the text and of the geological sections, from AA to LL.

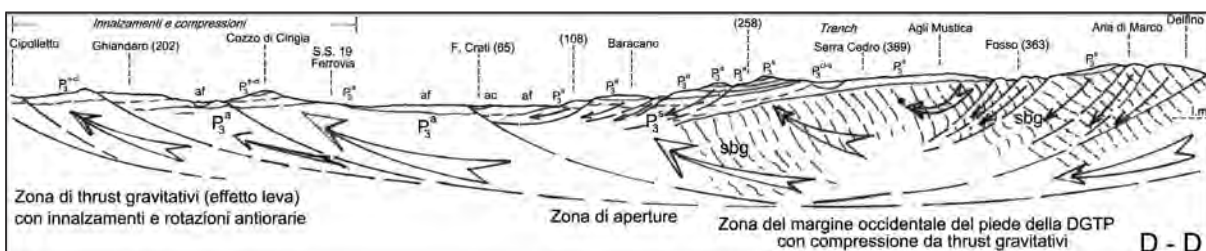
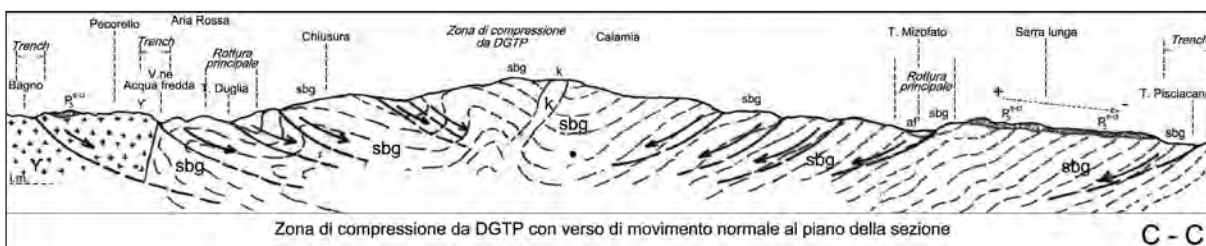
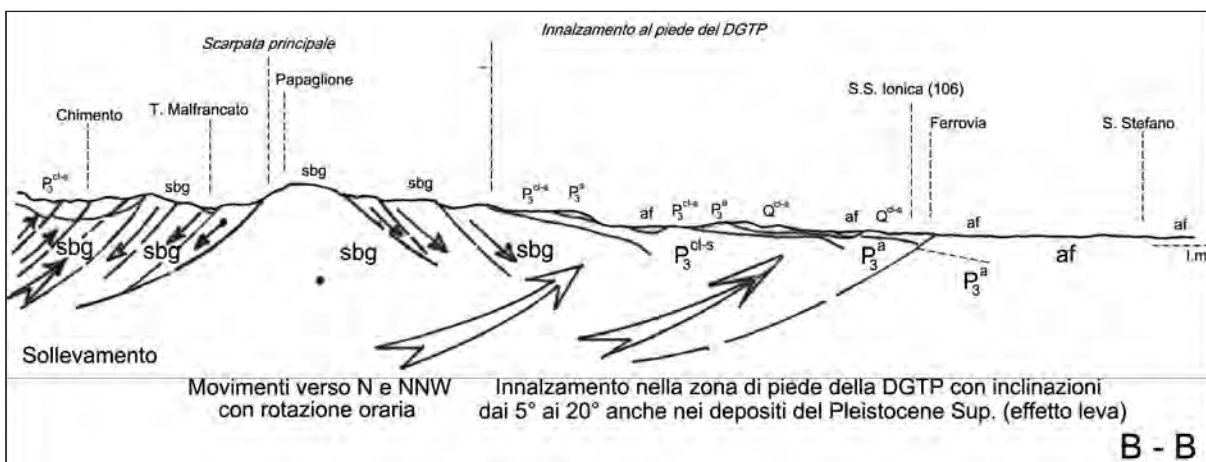
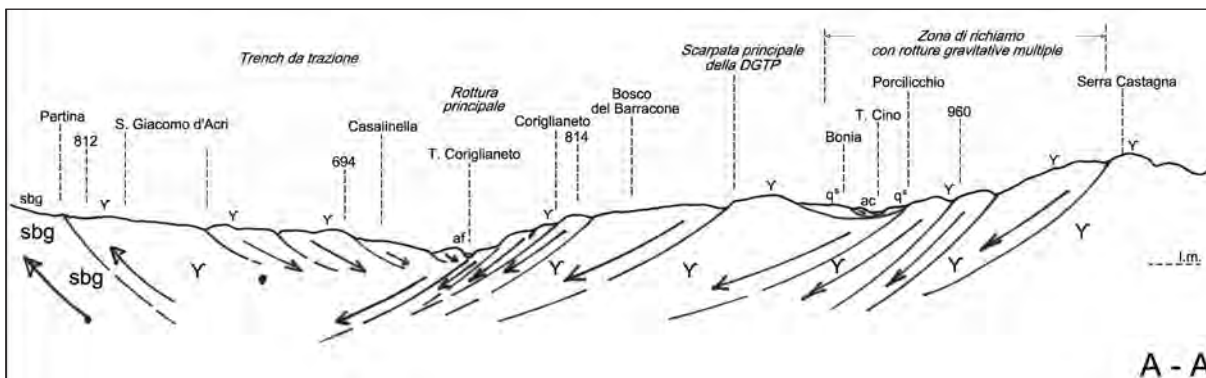


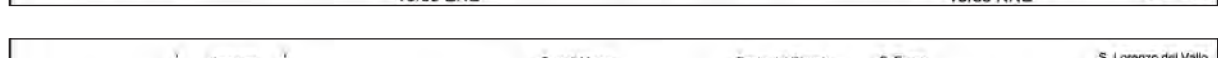
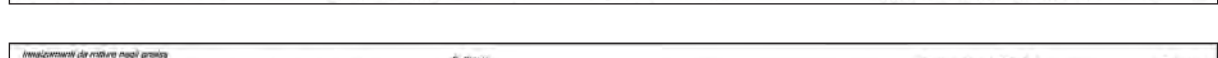


di Muri per l'“effetto leva” ricordato (Figg. 3, 12 e 13sez. DD) e porta ad affiorare a quote relativamente basse gli scisti biotitici ed in parte anche i graniti. Soprattutto i primi sono stati coinvolti nelle rotture della DGTP, in cui si sono impostati, più tardi, la parte terminale del F. Mucone, che rappresenta il “binario” principale sinistro della DGTP in esame, le valli dei torrenti il Rio e Vallone Duglia, ambedue confluenti nella Fra di Duglia (Figg. 5 e 7). Nel primo inizialmente ad andamento NW-SE, quindi sinuoso in parte e poi diretto NNW-SSE, si distacca tutto il gruppo roccioso di località Serra Cavallo, Bisignano, Sulla di Leone dalle masse in destra. Questo subisce pure un debole movimento antiorario verso la depressione Crati (Fig. 7). A ciò partecipa pure la rottura dell'altra valle, quella del T. Duglia, ad andamento ansiforme molto accentuato nelle metamorfiti della Polia-Copanella, a vaga direzione WE come nel



limitrofo territorio di S. Demetrio Corone, orientandosi poi a NW-SE e quindi, bruscamente, a NE-SW (Figg. 5 e 7). Ancora per “effetto leva” della DGTP, la porzione settentrionale della suddetta area (in destra Crati) vede dislocati ad oltre 531 m s.l.m. i terreni del Pliocene superiore-Calabriano. Essa è attraversata da almeno 4 importanti corsi d'acqua lungo le principali rotture della deformazione gravitativa. A partire da est si nota che un tratto del T. Galatrella ha un percorso leggermente arcuato, dapprima con convessità verso ovest (al pari del V. ne Acci o della Scala, tributario di sinistra dello stesso Galatrella), quindi assume direzione SSW-NNE, confluenndo nel Crati all'altezza di Terranova da Sibari, con un percorso a “semi ferro di cavallo” (Figg. 5 e 7). Il motivo della convessità è generato, infatti, dallo scorrimento verso ovest di questa parte del piede della DGPV (quasi uno “scivolamento/derapata” verso il Crati), con un accenno ad una rotazione oraria (Figg. 5 e 7). Per tale motivo i trench che hanno prodotto le depressioni, poi occupate dai suddetti corsi d'acqua, “estendono” verso ovest le metamorfiti ed i soprastanti depositi marini. In tale cinematismo, lungo la parte medio alta del T. Acci, si riconosce il distacco gravitativo di oltre 700m verso il F. Crati dell'intero ammasso di rocce Calabrianne di località S. Giovanni (266 m), Serra Carvasilo (353 m s.l.m.), etc. dal suo fianco orientale, culminante con le località Serra Caravone (483 m) e Serra Codro (389 m), (Figg. 5 e 7). Questi movimenti coinvolgono pure i depositi marini prossimi alle sponde in sinistra Crati, ove si generano delle immersioni verso monte di una quindicina di gradi (basculamenti verso Ovest), a causa dei rialzi per spinte dal basso (thrust gravitativi), che li “sottoscorrono”, con le superfici di rottura profonde (Figg. 7, 12 e 13sez. DD). Si osservano, pertanto, corpi del Calabriano percorsi da modesti corsi d'acqua impostati nelle zone di compressioni indotte dalle rotazioni antiorarie, come nelle località Colombra (226 m s.l.m.), Grana (187), Sbrandello (205 m s.l.m.), Marinello e Cozzo





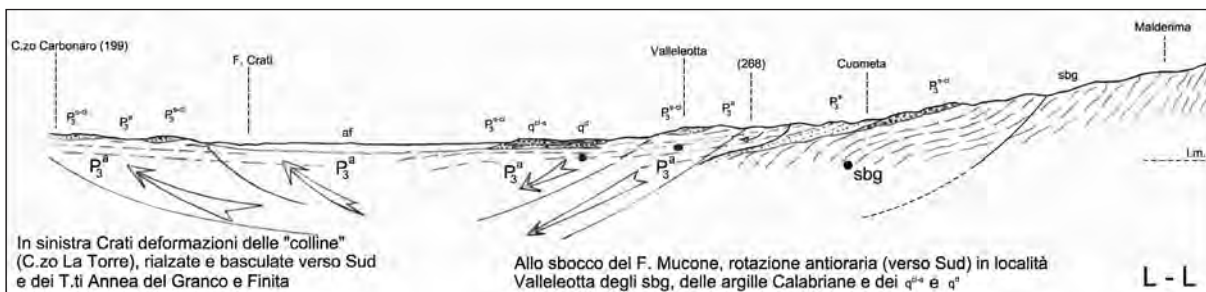


Figura 13 – Sezioni geologiche le cui tracce sono riportate in fig.12. Le frecce e le linee di rottura indicano in maniera schematica i possibili thrust gravitativi sepolti responsabili degli spostamenti e sollevamenti delle unità coinvolte dalla DGTP.

ac Alluvioni mobili - Attuale
af Alluvioni fissate - Olocene
Q^{s-cl} Conglomerati poligenici sabbiosi, da cementati a poco cementati - Pleistocene sup.
Q^{cl-s} Conglomerati poligenici con sabbia, da cementati a poco cementati - Pleistocene sup.
q^{cl-s} Sabbie e conglomerati di terrazzo fluviale - Pleistocene sup.
q^d Sabbie e conglomerati di dilavamento da C.zo di Muri - Pleistocene sup.
q^{s-cl} Sabbie e conglomerati di terrazzo marino - Pleistocene sup.
q^s Sabbie ghiaiose, sabbie, argille umiche e torbose - Pleistocene sup.
P^{3a} Sabbie ed arenarie tenere - Calabriano
P^{3cl} Conglomerati spesso cementati - Calabriano
P^{3s-cl} Sabbie e conglomerati poligenici - Calabriano
P^{3s} Sabbie ed arenarie tenere - Calabriano
P^{3s-s} Silts con sabbie - Calabriano
P^{3s} Argille grigio-azzurre, talora siltose - Calabriano
P^{3cl-s} Conglomerati e Sabbie poligenici da marini a continentali - Pliocene Sup - Calabriano
M₂₋₃^{cl} Conglomerati massicci con arenarie - Miocene medio - sup.
M₂₋₃^{ar} Calcare algale arenaceo - Miocene medio - sup.
?C₁ Calcari selciferi, con argille fogliettate - Cretacico Inferiore
G Rocce intrusive acide da quarzodioriti a graniti - Paleozoico
scf Calcescisti - Paleozoico
sf scisti filladici, lucenti - Paleozoico
K Gneiss basici ed anfiboliti - Paleozoico
sbg Gneiss e scisti biotitici, spesso granatiferi - Paleozoico

Figure 13 – Geological section whose direction are shown in Fig. 12. The arrows and lines of ruptures indicate schematically the possible buried gravitational thrusts responsible of displacements and uplift of the units involved by the DGTP.

ac Mobile alluvial deposits - Present;
af Fixed alluvial deposits - Holocene;
Q^{s-cl} Sandy polygenic conglomerates, from cemented to low cemented - Upper Pleistocene;
Q^{cl-s} Polygenic conglomerates with sand, from cemented to low cemented - Upper Pleistocene;
q^{cl-s} Sands and conglomerates of fluvial terrace - Upper Pleistocene;
q^d Sands and conglomerates of run-off from C.zo Muri - Upper Pleistocene;
q^{s-cl} Sands and conglomerates of marine terrace - Upper Pleistocene;
q^s Gravelly sands, sands, peat and humic clays - Upper Pleistocene;
P^{3a} Sands and weak cemented sandstones - Calabriano;
P^{3cl} Conglomerates often cemented - Calabriano;
P^{3s-cl} Sands and polygenic conglomerates - Calabriano;
P^{3s} Sands and weak sandstones - Calabriano;
P^{3s-s} Silts with sands - Calabriano;
P^{3s} Blue-gray clays, sometimes silty - Calabriano;
P^{3cl-s} Marine and continental polygenic conglomerates and sands - Upper Pliocene - Calabriano;
M₂₋₃^{cl} Massive conglomerates with sandstones - Middle- Upper Miocene;
M₂₋₃^{ar} Algal arenaceous limestone - Medium - Upper Miocene;
?C₁ Flint limestone, with scaly clays - Lower Cretaceous;
G Acid intrusive rocks: quartzodiorites and granites - Paleozoic;
scf Calcschists - Paleozoic;
sf Phyllitic bright schists - Paleozoic;
K Basic gneiss and amphibolites - Paleozoic;
sbg Biotitic gneiss and schist, often garnetiferous - Paleozoic.

di Cirigia (201 m e 172 m), Ghiandonaro (202m), (Figg. 5 e 7). Le dette deformazioni proseguono verso N e NW, nelle zone di Tarsia e di Roggiano Gravina (Figg. 12 e 13sez. DD), ove affiorano più estesamente i terreni del "basamento" della DGTP (filladi, graniti e calcari selciferi) e del Calabriano, (Fig. 6).

Nel territorio di **Tarsia**, una superficie di rottura, quella di un "primo piede principale", corre lungo il F. Crati. Il basculamento dei terreni continua tuttavia nelle alluvioni del F. Follone, come mostrano le differenze di quota lungo una stessa trasversale tra la sponda destra (118, 111, 99 m) e la sinistra (99, 92, 80 m), (Figg. 7 e 12). Nella striscia collinare di Tarsia si osservano fenomeni di "stiramento" e di segmentazione radiale a seguito delle spinte orizzontali da parte della DGTP. Alcune

delle rotture trasversali mostrano accenni a piccole trascorrenze sinistre, come nel caso della Valle Morelli, delle vallecicole comprese tra C.zo del Piccione (246 m) e Serra dell'Ospedale (280 m) e del V. ne della Fornace (ca. 2 km ad est di Tarsia), che prosegue nel versante verso il Follone con quello di Acqua Ceraso, etc. (Figg. 5 e 7). L'intero corpo della Serra delle Finestre ha subito un distacco verso N dalle località Serra Laura e Acqua Canale, con conseguente basculamento del Calabriano ivi affiorante; oggi, nel taglio, ricadono le Valli delle Ciaole e del Bruco, (Figg. 5 e 7). Altro thrust gravitativo sepolto ricade nel F. Follone, dove sposta a NW il blocco di località Manche del Prete e Trigneto, facendo in parte ruotare a N e NW i due blocchi più esterni, Trigneto e Porcia, separati dalla località Manca del Prete da due

rotture prodotte dal descritto movimento verso nord (Figg. 5 e 7). Per lo stesso fenomeno il F. Esaro è tutto dislocato verso N e NW, inarcandosi in località Casello-Manche del Prete (Figg. 5, 7, 12 e 13sez. EE).

In località San Salvatore si raggiunge il massimo innalzamento (oltre 500 m s.l.m.) dell'intero rilievo di Tarsia, Spezzano, S. Lorenzo del Vallo e Terranova da Sibari, causato dalla spinta dal basso della zona di piede della DGTP, che vi produce una sorta di "sfondamento" (Figg. 7, 8, 12 e 13sez. EE). Analoghe considerazioni valgono per la zona del "primo piede" nel limitrofo territorio di **Terranova da Sibari** (Figg. 5 e 7). Nella parte alta del versante, si riconoscono rotture gravitative multiple lungo il reticolo idrografico, orientato in prevalenza verso NE; infatti, ad iniziare dal T. Calabrella e Valle Gagliano e lungo tutte le aste fluviali, si "concentrano" verso NW gli gneiss della Polia - Copanello, a causa delle rotture multiple del fianco destro della DGTP, dirette quindi verso NE. Nel settore centro-orientale ca. della zona di Terranova gli "strappi" coinvolgono "le fasce" plio - pleistoceniche, (i cui assi sono anch'essi allineati NE-SW), ove la direzione degli spostamenti gravitativi è in prevalenza verso NE (Figg. 5, 7, 12 e 13sez. FF).

L'influenza della DGTP prosegue anche nel corpo meridionale dell'area di **Roggiano Gravina**, (Figg. 5, 7, 12 e 13sez. GG), ove si osserva una prevalenza di immersioni nei terreni calabrianici a N e NE, con inclinazioni talora superiori ai 15°. Le formazioni sono attraversate da rotture a predominante orientazione NE-SW, oggi occupate dal reticolo idrografico minore. Va segnalata la cattura del fosso adiacente alla zona Cerreto da parte del corso d'acqua di località Fra Cicco, tributario in sinistra del F. Follone (Figg. 5 e 7). Infatti, il primo, alla quota 191 (m s.l.m.) doveva confluire verso N nel fosso di località Sette Panzelle, per immettersi nel F. Esaro. La rottura orientata all'incirca NS, prodotta dal proseguimento in questo territorio della DGTP (individuabile da Piano della Rosa (q. 264 m) fino all'Esaro dalla località Perdesacco (279 m) rialza tutto il blocco di Roggiano Gravina e lo bascula verso ENE, controllando così l'impostazione dei numerosi corsi d'acqua che drenano i depositi Calabrianici. Il fosso Fra Cicco subisce un innalzamento del fianco sinistro, venendo catturato dall'altro tributario anonimo del F. Follone (Figg. 5 e 7). E' poi interessante, in tali cinematismi, la parziale rotazione antioraria subita dal corpo arena-co-conglomeratico-sabbioso affiorante nel settore sud-occidentale della zona di Roggiano Gravina, nelle località Cozzo Destra (479 m), Pianette (286 m), Serra

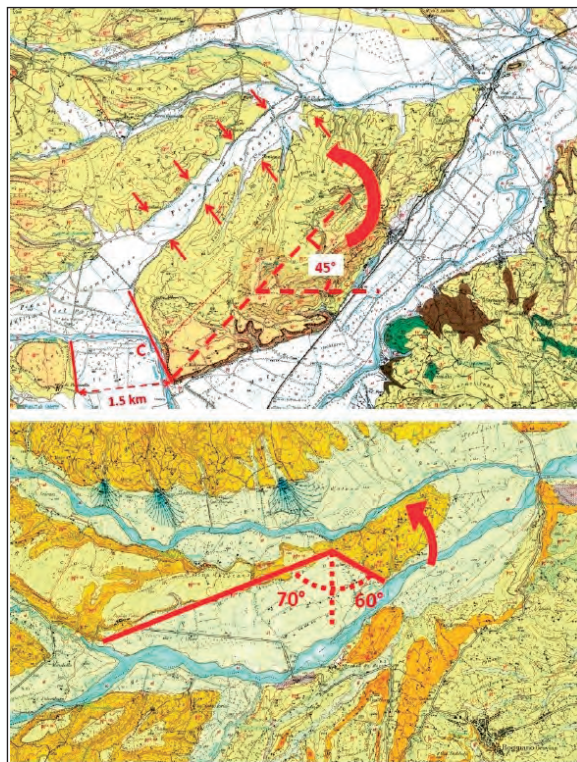


Figura 14 – Stralci geologici (da Carta Geologica della Calabria, 1969) delle due aree con evidenziate le rotture da thrust sepolti delle località: a) Serra di Mezzo e Costa del Diavolo (T. Grondo); b) Serra Coste-Paciuro. Nel primo caso è molto evidente la cattura del T. Grondo da parte del F. Follone a seguito dello "strappo" di 1.5 km e del movimento planimetrico antiorario della collinetta di Serra del Diavolo; nel secondo si osserva la rotazione antioraria, sempre prodotta dalla DGTP, dei conglomerati sabbiosi di Serra Coste il cui strappo crea un'apertura con una rotazione non minore di 70°.

Figure 14 – Part of the Geological Map of Calabria (1969) of the two areas highlighting cracks induced by buried thrusts in the localities: a) Serra di Mezzo and Costa del Diavolo (T. Grondo); b) Serra Coste-Paciuro. In the first case is very clear the capture of Grondo Torrent by Follone River in consequence of the opening of 1.5 km and a planimetric counterclockwise movement of Serra del Diavolo hill; in the second case an anti-clockwise rotation induced by the same DGTP, of the sandy conglomerates of Serra Coste with an opening and a rotation of not less than 70°.

del Carro (282 m), Scalicelle (296 m), etc., prodotta dalla rottura (sempre della DGTP) passante con andamento SSW-NNE nelle depressioni-vallecole di F.so Mancarelli, Acqua Matteo e T. Ricosoli, quest'ultimo tributario del F. Esaro (Figg. 5 e 7). Lo "strappo" che ne deriva provoca pure una rotazione del corpo del Calabrianico di Serra Coste (208 m), in sinistra F. Esaro, di località Pauciuro, formando la grande apertura con un angolo dal valore massimo di 150°, oggi occupata da depositi alluvionali

olocenici, (Figg. 6 e 14). Lo stesso F. Occido, a seguito di tale rotazione, si inarca con convessità verso Nord tra le località S. Stefano e Macchia d'Aleve-Rancino (Figg. 5 e 7). Inoltre, il blocco di località Serra Coste mostra un'inclinazione insolita per i depositi Calabrianici; essi infatti immergono di 55° ad E, in conseguenza sia dello strappo con rotazione antioraria che del forte basculamento di quel blocco verso E (Figg. 5, 7, 12 e 13sez. GG). La deformazione prosegue pure più a nord, oltre il F. Occido, nei conglomerati sabbiosi di S.ra delle Pietre, attraversati da rotture a forma di **S**, nel V.ne del Corvo ed in quello più a ovest anonimo che da Macellara-Alto perviene in sinistra F. Occido. Tali blocchi per essere stati rialzati verso sud, ove sono stati pure basculati, mostrano giaciture di 15° ancora verso sud (Fig. 12 e 13sez. GG).

Spostandoci a NE, in territorio di **Spezzano Albanese**, in sponda destra del F. Esaro, nei terreni del Plio-Pleistocene, uno dei primi thrust gravitativi (Fig. 7) ha prodotto un innalzamento di quel territorio con espulsione delle rocce del “basamento” (cioè filladi e calcari selciferi), ed uno spostamento orizzontale verso nord-ovest dell'asta terminale del F. Esaro per non meno di 8 km (Fig. 7). Lo stesso innalzamento e spostamento orizzontale ha coinvolto la collina di località Serra di Mezzo e Costa del Diavolo, a vaga impronta quadrangolare, che ha per di più ruotato di circa 45° in senso antiorario (Fig. 14). A seguito di tali cinematismi la stessa collina, nella zona di cerniera, ha subito pure un forte stiramento con conseguente “strappo” di 1.5 km di larghezza, favorendo la cattura del T. Grondo (Fig. 14). Questi oggi procede inizialmente con direzione ovest-est in località Mattina del Principe, per poi deviare bruscamente di ca. 90° verso sud, urtando contro il versante della citata collinetta di Serra del Diavolo (Fig. 14). Tale importante meccanismo ha “fossilizzato” la parte terminale della valle del T. Ogna, di località Piano di Laccata, ruotata anch'essa di circa 45° verso NW, ristretta per compressione e percorsa oggi da qualche rivolo d'acqua. I movimenti hanno pure deformato le parti terminali di altri piccoli rilievi di località lo Sparto, Serra Grumenta, Stamiota – Rivello, Tummarello – Famelonga, Piano di Cammarata, giungendo fino al F. Coscile o Sibari, dove, al Piano delle Sanguisughe quest'ultimo subisce uno spostamento verso nord, erodendo, con la sua sponda sinistra, i depositi del Pleistocene di “Masserie di Mezzo”, “della Corte” e di località “Piano della Corte” (Figg. 12 e 13sez. HH). Anche i terreni di queste ultime località

hanno subito le deformazioni indotte dal gigantesco movimento della DGTP, in quanto, assieme a quelli delle limitrofe località de “il Praineto” e “Chidichimo”, anch'essi del Pleistocene, sono basculati verso nord, così da creare una depressione (in località Caccavato, Piantata di Scorza, Garda) unitamente alla collina posta a nord (di quota media di 125 m), riempita di depositi alluvionali di età olocenica, attraversata dal T. Garda, (Figg. 12 e 13sez. HH).

Ancora più ad est, nella zona di **Doria** (Fig. 12 e 13sez. I-I) si individuano innalzamenti e basculamenti nella zona più esterna del piede sepolto della DGTP in tutti i depositi del Calabrianico, inclinati attorno ai 15° verso N e NE. Analoghe deformazioni si osservano pure in quelli Pleistocenici, in destra F. Crati, come pure in ambedue le sponde del F. Coscile o Sibari (Figg. 5, 7, 12 e 13sez. I-I). Gli andamenti dei quali sono caratterizzati da uno sviluppo meandriforme che molto richiama quanto osservato da Guerricchio e Melidoro (1981) circa le zone di “incastrò” fra corpi di frana. A Doria l'unità pleistocenica immerge verso N di ca. 30° ed è evidente il basculamento verso N di tutta l'area che, nella parte più “imbarcata”, in località Garda, Parco, Torre della Chiesa, C. Dragoni, è oggi ricoperta da terreni alluvionali dell'Olocene (Figg. 6, 12 e 13sez. I-I). La deformazione della DGTP deve pure proseguire ancora verso E, seppure, oltre una fascia continua di antichi stagni dalla località Il Porcile fino alla costa, mancano in superficie chiare evidenze morfologiche, forse anche sepolte in mare (Figg. 5 e 7). Va ricordato, infatti, che l'esteso e profondo fenomeno gravitativo deve essere avvenuto nell'intorno del tempo in cui il mare doveva aver raggiunto i -120 m sotto l'attuale livello marino, cioè attorno a 15.000 anni fa.

Dai 5 ai 6 km è avanzato nella piana di **Sibari - Corigliano** il piede affiorante dei depositi plio-pleistocenici coinvolti passivamente nel grande movimento di massa (Figg. 7, 12 e 13sez. BB).

La loro parte terminale, almeno negli ultimi 2-3 km, è moderatamente ruotata in senso orario rispetto agli analoghi depositi più ad est (Fig. 5 e 7). Nella parte terminale della rottura principale nel T. Coriglianeto, la scarpata è presente nel fianco occidentale della collina dell'abitato di Corigliano, mentre il corpo in scisti e gneiss biotitici, immergenti verso N-E fino a 60°, scende verso nord e nord ovest di oltre due km, trascinando i depositi plio-pleistocenici, inclinati in genere di 15° a NE. La detta scarpata, poco a monte dell'abitato, supera di poco il centinaio di m di dislivello rispetto all'alveo. Il corpo

della deformazione gravitativa, col suo movimento, ha spostato in avanti, verso nord, una parte della zona di piede settentrionale del versante silano, interrompendo l'antica rettilineità con la restante parte nella direzione verso Rossano e Corigliano (Figg. 5, 7, 12 e 13 sez. BB).

5. Conclusioni

Sulla base di un insieme di evidenze geomorfologiche e di condizionamenti del reticolo idrografico, è stato possibile riconoscere un grande fenomeno di deformazione gravitativa profonda, assimilabile a grande scala ad un "mega scorrimento rotazionale" che per le sue dimensioni è stato definito di deformazione gravitativa territoriale profonda (DGTP). Questo coinvolge rocce cristalline e sedimentarie dell'intero versante nord occidentale della Sila e della porzione meridionale della piana di Sibari, movimentatosi verso il settore nord-occidentale, con forti risentimenti ad occidente, a nord e ad est. La stessa attività sismica nell'area di modesta magnitudo e profondità potrebbe in parte essere legata proprio a riprese di movimenti lungo zone di rottura. Il motore primo di questo fenomeno è da ascrivere al sollevamento tettonico della Sila, già in precedenza definito come "crickogeno" silano (Guerricchio, 2014 e 2015), che ha altresì generato i grandi movimenti gravitativi nelle aree di "bordo" del massiccio stesso (Guerricchio, 2001, 2014, Guerricchio, 2015) simili per dimensioni e coinvolgimento di unità geologiche. La possibilità consentita al corpo della DGTP di evolversi verso NNW trova riscontro nello spostamento subito nella stessa direzione dalla catena della Montea, la Mula, C.zo del Pellegrino, M. te Vernita a seguito del movimento della grande faglia trascorrente destra del Pollino. Questo movimento ha creato nella zona nord Occidentale dell'attuale piana di Sibari una sorta di "macro-cratero" di sprofondamento, dove la massima depressione è data nella zona di confluenza dei fiumi, Coscile, Tiro ed Esaro. Tale movimento è come se avesse "risucchiato" il territorio situato a SSE, compresa la grande DGTP, sommando la sua azione a quella del "crickogeno" silano. Il modello geomorfologico individuato presenta un indubbio interesse scientifico, sia per la comprensione degli assetti geologico-strutturali e geomorfologici di tutta l'area che per i condizionamenti di carattere geologico applicativo sulla franosità dell'area e sul reticolo idrografico oltre che sulle risposte sismiche. Esso consente infatti di dare ragione anche dei fenomeni di amplificazione dei terremoti nel territorio coinvolto dal fenomeno illustrato.

Ringraziamenti

Gli Autori ringraziano vivamente l'Ing. Matteo Stancato ed il Tecnico Francesco Di Mauro per l'esecuzione di alcuni disegni.

Riferimenti bibliografici

- AMODIO MORELLI L., BONARDI G., COLONNA V., DIETRICH D., GIUNTA G., IPPOLITO F., LIGUORI V., LORENZONI S., PAGLIONICO A., PERRONE V., PICCARRETA G., RUSSO M., SCANDONE P., ZANETTIN E., LORENZONI E., ZUPPETTA A. (1976). *L'arco calabro-peloritano nell'orogene Appennino-Magrebide*. Mem. Soc. Geol. It., vol. 17, 1-60.
- Carta Geologica della Calabria (1969): Foglio n. 211: Tavv. III SE Lungro; II SO Spezzano Albanese; II SE Doria; Foglio 222: Tav. III SO Sibari; Foglio 229: Tavv. IV NE Roggiano Gravina; I NO Tarsia; I NE Terranova da Sibari; IV SE S. Marco Argentano; I SO Bisignano; I SE S. Demetrio Cotone; II NO Luzzi; II NE Aciri; Foglio 230: Tavv. III NO Monte Paleparto; IV NO Corigliano Calabro; IV SO S. Giorgio Albanese.
- GALEANDRO, A., DOGLIONI, A., GUERRICCHIO, A. & SIMEONE, V. (2013): *Hydraulic stream network conditioning by a tectonically induced giant deep-seated landslide along the front of the Apennine chain (South Italy)*, Natural Hazards and Earth System Sciences, 13, 1269–1283, www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/13/1269/2013/
- GUERRICCHIO A., MELIDORO G. (1981). *Movimenti di massa pseudo-tettonici nell'Appennino dell'Italia meridionale*. "Geol. Appl. ed Idrogeol.", vol. XVI, 251-294, Bari.
- GUERRICCHIO A. (1990). *Cause tettoniche nella deviazione dei fiumi adriatici*. Atti XXII Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche. 1-19, Ed. Bios, Cosenza.
- GUERRICCHIO A. (1994). *Strutture a "vortice", deformazioni gravitative profonde e grandi frane nella Catena nord-occidentale del Pollino, in Sila (Calabria Sett.) e nella Fossa Bradanica (Basilicata)*. VIII Congresso Nazionale dei Geologi, 381-414, Roma.
- GUERRICCHIO A., MELIDORO G. (1996). *Morfostrutture di grandi scendimenti nella fascia Costiera Tirrenica, comprendente la Valle di Maratea*. Geol. Appl. e Idrogeol., vol. XXXI, 323-334.

GUERRICCHIO A., (2000). *La fragilità del territorio dell'Italia centro-meridionale desumibile da immagini da satellite*. X Congr. Naz. Geologi: Il territorio fragile, 443-482.

GUERRICCHIO A., BIAMONTE V., MASTROMATTEI R., PONTE M. & RAIMONDO P. (2001). *Aspetti della franosità nel territorio di Acri (CS), con riferimenti al versante meridionale di Serra di Buda ed al problema della S.S. 660*, pp. 1-33. Pubbl. a cura della Comunità Montana dell'Alto Crati.

GUERRICCHIO A., (2004). *Tectonics, deep seated slope gravitational deformations (DSGSD) and large landslides in Calabria (Southern Italy)*. Giornale di Geol. Appl., (2005), vol. I, 73-90.

GUERRICCHIO A., MASTROMATTEI R., PONTE M. (2007). *Il ruolo delle filladi dell'Unità di Bagni nelle DGPV nei bacini del F. Savuto e del T. Iassa (Calabria)*. - Geoitalia 2007 - Forum italiano di Sci. della Terra. Rimini.

GUERRICCHIO A., BIAMONTE V., (2007). *The wide DSGSD (or gravitational territorial deformation?) in Serra Stella, Spezzano della Sila, triggered by the metamorphites of the Bagni Unit (Cosenza - Presila)*. Geoitalia 2007 - Forum italiano di Sci. della Terra. Rimini.

GUERRICCHIO A., BIAMONTE V., PONTE M. (2008). *Geometria dei reticoli idrografici e DGPV: un caso emblematico nella Presila Cosentina*. Tecn. per la Dif. dall'Inquin., 29° Corso di Agg., 457-473 - Guardia P. se Terme (CS).

GUERRICCHIO A., BIAMONTE V., FORTUNATO G., MASTROMATTEI R., & PONTE M. (2008). *Some examples of DSGSD and large landslides in Calabria (Southern Italy) induced by the presence of low-grade metamorphic basement (phyllites)*. 84° Congr. Naz. della Soc. Geol. It., Sassari.

GUERRICCHIO A., PONTE M. (2009). *Controllo geomorfologico del reticolo idrografico da parte di deformazioni gravitative profonde di versante: il caso del T. Stupino (bacino del F. Savuto-Calabria centrale)*. Tecn. per la Difesa dall'Inquin., 30° Corso di Agg. - Guardia P. se Terme (CS).

GUERRICCHIO A. (2010). *Deformazioni gravitative profonde e grandi frane nella Maiella (Abruzzo)*. pp. 1-38, Nuova BioS, Cosenza.

GUERRICCHIO A., SIMEONE V. (2012). *Preliminary remarks on gravitational tectonic deformations and DSGSD in Mount Poro*

headland (Calabria - South Italy). 86° Congr. Soc. Geol. It..

GUERRICCHIO A., (2014). *Pattern dei reticoli idrografici e riconoscimento di alcuni grandi scendimenti "tettonico"- gravitativi dei versanti occidentali della Sila, delle Serre, del Bacino Crotonese e del M.te Bulgheria (Cilento)*. Tecniche per la difesa dall'inquinamento, 35°, 405-429, Guardia P. se Terme (CS).

GUERRICCHIO A. (2015). *Il bacino crotonese: un esempio di grande scendimento gravitativo innescato dal "crickogeno" silano*. Geologia dell'Ambiente, 1/2015 N° speciale, 33-47, Roma.

HUTCHINSON, J.N., 1988. *Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology*. In Bonnard, Ch. (Ed.), Landslides. Proceedings 5th International Conference on Landslides, Lausanne, vol. 1, 3-35.

JAHN A. (1964)- *Slope morphological features resulting from Gravitational Slope Deformations*. Z. Geom., S.B., vol 5, 59-72.

MELIDORO G. & GUERRICCHIO A. (1969). *Geologia, fenomeni franosi e problemi di difesa del suolo nel Vallone Colella (Aspromonte)*. Geol. Appl. e Idrogeol., vol. IV, 63-83, Bari

SHREVE R. L. (1969). *The Blackhawk Landslide Geological Society of America, Special Paper 108*, 47 p.

Sorriso Valvo M. (1984). *Deep-seated gravitational slope deformation in Calabria (Italy)*. Comm. Coll. "Mouvements des Terrains", Serie documents du BRGM, vol. 83, 81-90, Caen.

STINI J. (1941). *Unsere Taler Wachsen zu: Geologie und Bauwesen, Jahrg. 13, H, vol 3*, 71-79.

TER-STEPANIAN G. (1977). *Deep Reaching Gravitational Deformations of Mountain Slopes*. IAEG Bull., 16, 87-94.

VARNES D.J. (1978). *Slope Movements: Types and Processes*. In Schuster & Krizek (eds.); Landslides: Analysis and Control, Transportation Res. Board Special Rep. 176, Nat. Ac. of Sc., Washington, D.C.



INSURANCE GLOBAL BROKER srl

RINNOVO COPERTURA ASSICURATIVA PROFESSIONALE

Ormai da più anni è scattato l'obbligo di sottoscrivere la polizza di Responsabilità Civile Professionale. La convenzione stipulata con il **Consiglio Nazionale dei Geologi** e la ns. società **Insurance Global Broker srl** ha consentito di avere le migliori condizioni normative ed economiche, rispetto al mercato assicurativo nazionale. La polizza è ALL RISK, ovvero copre tutti rischi legati allo svolgimento dell'attività professionale del GEOLOGO. Vi sono diversi massimali di garanzia, da un minimo di euro 250.000,00 ad un massimo di euro 5.000.000, senza regolazione premio, con tacito rinnovo, postuma 5 anni, sono comprese tutte le attività previste per legge (esempio 81/2008 -624/96-privacy -inquinamento accidentale - etc.) conduzione dello studio, spese legali e peritali.

Altre condizioni da non sottovalutare sono la retroattività ILLIMITATA, la franchigia 1% del fatturato con un minimo di euro 1.000,00

La possibilità di inserire con condizioni particolari anche le Opere ad Alto Rischio, con quotazioni per-

sonalizzate. I parametri per il calcolo del premio sono sostanzialmente solo due: volume d'affari riferito al 31 dicembre dell'anno precedente ed il massimale assicurato. Il costo minimo è meno di 1 euro al giorno.

Altra opportunità assolutamente da non sottovalutare è l'**emissione online con firma elettronica digitale, gratis per i geologi**, nel giro di qualche minuto, il contratto si trova nella e.mail personale del professionista, senza aggravio di costi.

Per la richiesta di preventivo e l'emissione del contratto è obbligatorio la compilazione e l'invio di un questionario scaricabile dal sito della I.G.B. srl,

www.convenzioniassicurative.it

Oltre alla Responsabilità Civile Professionale il Geologo può attivare una serie di servizi e forniture quali ad esempio: la TUTELA LEGALE sia in ambito civile che penale; in caso di lavori pubblici la copertura a tutela dell'opera; la garanzia Infortuni personale.

I NS. RECAPITI

Indirizzo: Via G. Rodari 19 - 91016 Erice Casa Santa (TP)

Indirizzo: Contrada Terrenove 430 - 91025 Marsala (TP)

Partita Iva 02351610817 - RUI B 000 311067

Tel.: 0923 - 969 338 - 0923 998 614 - 0923 758 086

Fax: 0923 - 3099 096

Cell: 320 1160264 - 320 1944430

E-mail: igbsrl@gmail.com / PEC: igbbroker@pec.it

Sito WEB : www.convenzioniassicurative.it

Su richiesta scheda sintetica e riepilogativa

Geologi sul territorio



**ABBIAMO DATO
UNA “MANO”
AD ACCUMOLI**

di **Tiziano Righini**, Ordine Geologi dell'Emilia Romagna

Il sisma in Centro Italia

l'esperienza dei “Geologi Cartografi”



Il sisma che ha colpito l'Italia Centrale il 24 agosto 2016, pur nella tragicità e nella devastazione che ha lasciato dietro di sé, ha rappresentato per me e, credo, per la categoria dei Geologi, una nuova occasione e opportunità per mettersi alla prova, fornendo, in questa prima fase di emergenza, un importante supporto professionale volontario alla complessa macchina logistica e operativa gestita dal Dipartimento della Protezione Civile.

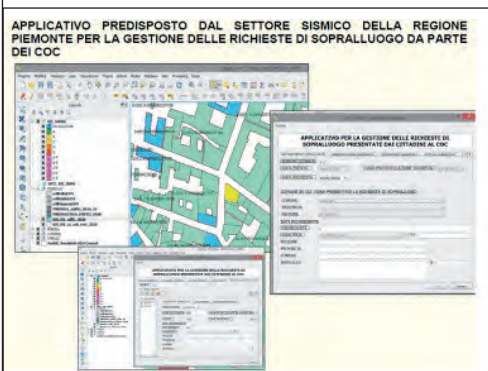


Lo staff tecnico del Centro Operativo Comunale di Accumoli (Ri)

Foto centrale: Il ricordo lasciato al C.O.C. di Accumoli (Ri) dai Geologi Emilia Romagna

Poche settimane dopo il sisma, l'Ordine Regionale dei Geologi dell'Emilia Romagna si è attivato fornendo al Consiglio Nazionale dei Geologi, la disponibilità dei propri iscritti esperti GIS per dare supporto al settore cartografico, secondo quanto richiesto specificamente dal Dipartimento della Protezione Civile.

Così, il 3 ottobre 2016, assieme al collega piemontese Matteo Besson, sono partito alla volta di Rieti dove ha sede il DICOMAC (Dipartimento di Comando e Controllo) ossia il Centro di coordinamento Nazionale delle Componenti e Strutture Operative di Protezione Civile attivato sul territorio interessato dall'evento.



Schermata del software Erikus su piattaforma QGis

A noi, “geologi-cartografi”, è stato assegnato il ruolo specifico di formatori, con il preciso compito di fornire un adeguato supporto al personale in forza presso gli uffici tecnici dei Comuni e dei C.O.C. coinvolti dal sisma per quanto riguarda l'utilizzo di un'apposita applicazione GIS (denominata *Erikus*) messa a punto dall'ARPA Piemonte proprio solo qualche mese prima dell'evento sismico. Il software *Erikus* permette infatti di implementare, in un sistema centralizzato, tutti i dati relativi allo stato dei luoghi colpiti dal sisma tramite l'inserimento degli esiti derivanti dalle schede AEDES, che come noto, rappresentano il 1° livello di rilevamento danno, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post-sismica.

Io ed il collega siamo stati assegnati al Centro Operativo Comunale di Accumoli (in Provincia di Rieti), uno dei territori maggiormente colpiti dal sisma, in quanto racchiude la zona epicentrale dell'evento che il 24 agosto scorso ha devastato, oltre al piccolo borgo in questione anche l'abitato di Amatrice, Pescara del Tronto (praticamente rasa al suolo), Arquata del Tronto e danneggiato, con differenti gradi di gravità, una miriade di altri paesi e frazioni ricadenti a cavallo fra Lazio, Marche, Abruzzo ed Umbria.

Al Centro Operativo di Accumoli, dove avevano prestato servizio fino a qualche ora prima del nostro arrivo un collega emiliano ed uno toscano, siamo stati accolti ed immediatamente inseriti e resi

operativi nell'ambito della squadra tecnica, costituita da Geometri, Ingegneri ed Architetti provenienti da tutta Italia per fornire il proprio supporto.

Abbiamo immediatamente preso in carico il ruolo assegnatoci, iniziando ad organizzare il lavoro cartografico, in collaborazione con i Geometri, e fornendo l'adeguato supporto al coordinamento delle squadre dei rilevatori costituite dagli Ingegneri e dagli Architetti. Devo ammettere, onestamente, che per noi Geologi è stato piuttosto semplice entrare nel meccanismo del coordinamento tecnico, soprattutto grazie al lavoro svolto nei giorni e nelle settimane precedenti dai colleghi, dagli altri tecnici e dalla referente nazionale del CNG, Adriana Cavaglià.

Pensando, ora, a mente fredda, devo effettivamente riconoscere che non è scontato che in una situazione in cui non si conoscono i colleghi di lavoro, in un ambiente nuovo ed in fase di emergenza, si trovi rapidamente la quadratura del cerchio per rendere efficace il contributo professionale che ciascuno può fornire. Ritengo che ciò succeda solo grazie ad una buona organizzazione e a quella sorta di consapevolezza comune degli obiettivi di missione che si diffonde automaticamente quando ci si trova immersi in una situazione di elevata criticità, come appunto quella creata da un terremoto, in luoghi altamente vulnerabili.

Dopo avere trascorso tre giorni di servizio presso il C.O.C. di Accumoli e, solo dopo avere formato e resa autonoma una squadra di tecnici che potesse proseguire l'implementazione dei numerosi dati cartografici sulla piattaforma *Erikus*, la missione è diventata "itinerante", trasferendoci su altri numerosi Comuni del territorio marchigiano. In particolare, dopo avere preso contatto con i differenti uffici assegnatici dal coordinamento centrale del CNG, io e il collega Besson abbiamo pianificato una vera e propria tournée durante la quale ci siamo occupati dell'installazione del software dedicato e della formazione necessaria che permettesse di avviare in maniera indipendente i tecnici locali i quali, in alcuni casi, erano coadiuvati anche da volontari addetti all'inserimento dei dati.

In questa "fase itinerante" abbiamo sempre mantenuto i contatti con i Comuni o C.O.C. presso i quali avevamo operato di volta in volta, fornendo il supporto ed i chiarimenti necessari all'avanzamento dei lavori. Il collega Besson ha addirittura attivato, tramite il proprio laptop, un vero e proprio servizio personale di assistenza in remoto collegandosi, da qualsiasi punto in cui ci trovavamo, con i PC dei Comuni che ci facevano richiesta, potendo così risolvere direttamente eventuali problematiche difficilmente superabili con una "semplice" telefonata. Durante tutta la nostra permanenza in



...non è scontato che in una situazione in cui non si conoscono i colleghi di lavoro, in un ambiente nuovo ed in fase di emergenza, si trovi rapidamente la quadratura del cerchio per rendere efficace il contributo professionale che ciascuno può fornire.

servizio abbiamo sempre mantenuto un contatto continuo con la sede di Arpa Piemonte che ha fornito un supporto fondamentale nei casi in cui si fossero verificare situazioni complesse, soprattutto sotto il profilo di gestione informatica del software *Erikus*.

Io personalmente non sono nuovo a missioni di volontariato visto che ho sempre svolto, soprattutto in gioventù, nei limiti del mio tempo libero, attività sociali nel campo educativo, sanitario e ricreativo. Ciò mi permise in passato di partecipare, durante gli anni di studio, anche alla missione di Protezione Civile presso le popolazioni colpite dal sisma del settembre del 1997 in Umbria-Marche, poco distante proprio dalle zone in cui ho avuto modo di operare, oggi, come professionista.

Devo riconoscere che, anche in questo ultimo caso, come in tante attività di supporto e/o volontariato che ho svolto, dare un proprio contributo alla causa, seppure limitato in un breve periodo, ha confermato quanto siano importanti i legami umani e personali che inevitabilmente si creano e si instaurano in queste occasioni. Sotto il profilo prettamente professionale, durante i giorni di permanenza nei luoghi terremotati, sono stato positivamente stimolato dal dovermi rapportare con altre figure con cui normalmente non ho a che fare, e dal fatto di occupare un ruolo preciso all'interno di una gerarchia ben definita che, solitamente, non esiste nell'attività quotidiana di un libero professionista. Inoltre ho avuto modo di conoscere molte persone, sia che fossero abitanti del luogo, sia che fossero colleghi, con i quali ho condiviso le situazioni più disparate: dai momenti di forte tensione che potevano capitare durante i lavori serrati della giornata, alle piacevoli serate passate attorno ad una tavola a ridere e scherzare, come se ci fossimo sempre conosciuti.

Sono convinto che queste esperienze, al netto del contributo lavorativo che ognuno può fornire, siano momenti fondamentali di crescita professionale e personale perché permettono di riscoprire (anche all'età di 42 anni) che la forza di un gruppo nasce proprio dalla diversità del singolo individuo.

Voglio approfittare dell'occasione per esprimere, da queste pagine, un sincero ringraziamento alla coordinatrice di missione del Consiglio Nazionale dei Geologi, Adriana Cavaglia, al coordinatore dell'Ordine Regionale Geologi Emilia Romagna, Antonio Di Lauro, a tutti i colleghi e tecnici con cui ho collaborato ed un ringraziamento particolare al mio compagno di squadra, Matteo Besson, del quale ho apprezzato fortemente le capacità professionali ed il modo sincero e divertente con cui si è rapportato con me, creando le giuste condizioni per un rapporto di vera amicizia.



Sotto il profilo prettamente professionale, durante i giorni di permanenza nei luoghi terremotati, sono stato positivamente stimolato dal dovermi rapportare con altre figure con cui normalmente non ho a che fare, e dal fatto di occupare un ruolo preciso all'interno di una gerarchia ben definita che, solitamente, non esiste nell'attività quotidiana di un libero professionista.

60 YEARS OF INNOVATION

PASI compie 60 anni....

GEA24 ne compie solo uno, ma le soddisfazioni sono già tante !!!!

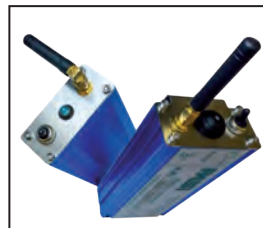
Il più bel regalo di compleanno per la PASI è proprio GEA24; il nuovo sismografo 24 bit – 24 canali si dimostra un prodotto veramente interessante per i professionisti del settore di tutto il mondo.

Grazie ai suggerimenti di chi ha già avuto la possibilità di utilizzarlo in maniera intensiva, ad un anno dalla sua uscita sul mercato GEA24 è stato ulteriormente arricchito e migliorato nell'interfaccia utente e nelle sue prestazioni. Innanzi tutto è stata implementata la **possibilità di collegare in serie due strumenti ed acquisire a 48 canali**; l'Utente è in grado di controllare il sistema tramite la prima GEA24, il cui software di acquisizione è in grado di riconoscere automaticamente entrambi i dispositivi collegati.

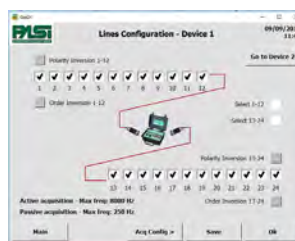
La possibilità di **gestire in maniera facile e intuitiva la corretta configurazione delle linee** lascia ampio spazio all'utilizzo di prolunghe per cavi sismica a 12 canali, così come all'utilizzo di "land streamer" e cavi a 24 canali; nessun problema ovviamente anche per chi utilizza geofoni 3D da foro o da superficie, sia per le acquisizioni di sismica attiva che passiva. Senza contare poi la possibilità di utilizzare anche il **nuovo accessorio radiotrigger!**

Se poi voleste semplicemente **rinnovare la strumentazione per sismica già in vostro possesso**, ricordatevi che GEA24 è compatibile con la maggior parte degli accessori per sismica esistenti. Una ragione in più per **aggiornare subito la vostra attrezzatura**: grazie alle potenzialità di GEA24 potrete ottenere risultati della massima professionalità con il minor impegno economico possibile.

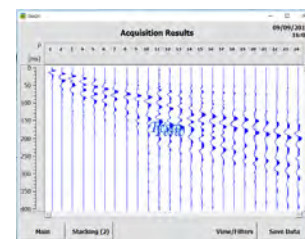
....E se ancora non conoscete in dettaglio questo strumento, non esitate a contattarci subito telefonicamente o inviando un e-mail a sales@pasisrl.it ; i nostri tecnici sono a vostra disposizione per qualsiasi delucidazione e per proporvi le nostre **offerte speciali personalizzate riservate ai professionisti italiani**.



RADIOTRIGGER



GEA24 + TABLET PC



La nostra vetrina sul web

www.pasisrl.it

Tutti i prodotti PASI a portata di click: la vetrina più aggiornata e completa per il professionista che non ha tempo da perdere....E per restare sempre aggiornati sulle ultime novità ed iniziative, basta iscriversi alla Newsletter PASI !

Il nostro negozio on-line

www.pndshop.it

Il sito di e-commerce della PASI, dove troverete una selezione di prodotti - acquistabili subito e ai migliori prezzi del mercato - garantiti e selezionati dai nostri esperti.

PASI è su Facebook

Name: PASI Geophysics

P.A.S.I. S.R.L. – Via Galliari 5/E – 10125 Torino - tel. 011 6507033 www.pasisrl.it - sales@pasisrl.it

IND.A.G.O. : L'indagine intelligente al servizio del sottosuolo

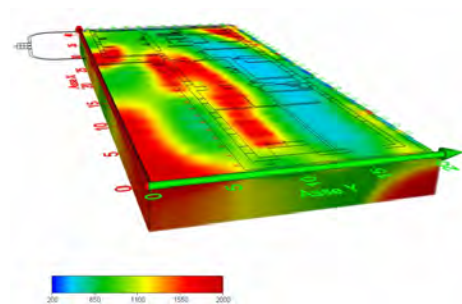
IND.A.G.O snc è una società che nasce nel 2001 e che opera nel campo della geofisica a 360°. Oltre ad offrire servizi geofisici di ogni tipo per indagare il sottosuolo anche a grandi profondità, a supporto di qualsiasi intervento di ingegneria civile ed ambientale, IND.A.G.O. è anche distributore per l'Italia di strumentazione geofisica d'avanguardia quale: GUIDELINE GEO (ABEM, MALA), EMFAD GEOTOMOGRAPHIE, GEOGIGA ed altri.



Servizi geofisici per ingegneria civile ed ambientale



Vendita strumentazione professionale



Acquisizione ed elaborazione dati 3D di tomografia elettrica, sismica a rifrazione e riflessione, georadar, ecc..

Da anni IND.A.G.O è impegnata ad applicare le più moderne tecniche di indagine e coadiuva i suoi partners nello sviluppo di strumenti che soddisfino le esigenze di chi lavora a livello professionale in campo geofisico.

Nel corso del 2016 IND.A.G.O. è stata accreditata per la formazione professionale dei geologi, avendo sempre creduto nell'importanza della formazione per chi intraprende la carriera professionale.

Grazie infatti alle partnership con Università e Produttori di strumentazioni noti a livello mondiale, IND.A.G.O è ora in grado di fornire corsi di aggiornamento altamente qualificanti specialmente in campo geofisico.



Società accreditata per corsi APC



IND.A.G.O. s.n.c.

Indagini e Opere Ambientali e Geologiche

via Balzan, 1 - 45100 Rovigo - tel. 0425-25185

www.indago-rovigo.it



La determinazione della resistenza residua dei terreni: limiti connessi all'applicazione delle diverse metodologie di laboratorio

Determination of residual strength of soils: limitations connected to the application of different methods of laboratory

Raffaele Carbone, Clemente Marco Tucci *Geologi professionisti*

Termini chiave:

Resistenza residua dei terreni coesivi, condizioni di equilibrio dei pendii, parametri di resistenza al taglio in condizioni residue, apparecchio di Taglio Diretto (Scatola di Casagrande) con inversione del moto, apparecchio di Taglio Torsionale su provino anulare, valori di resistenza residua partendo dalle caratteristiche di plasticità dei terreni analizzati

Keywords:

Residual strength of cohesive soils, equilibrium conditions of the slopes, shear strength parameters in residual conditions, direct shear apparatus (box of Casagrande) with a direction reversal, torsional shear apparatus on annular specimen, residual strength values starting from the soil plasticity characteristics

Abstract

As well known, the residual resistance of the cohesive soils is an extremely interesting geotechnical parameter to analyse the equilibrium conditions of the hillsides. It has a real importance in evaluating the stability of the old landslides and the risk of progressive breaking which is connected to the stability of natural and artificial hillsides and slopes. In laboratory there are different methods of testing parameters of the cutting resistance in residual conditions and, in particular, the most used ones are: the instrument of Direct Shear (Casagrande box) with the motion reversal and the instrument of Torsional Shear stress on specimen ring.

The aim of the study is to try to establish the validity of the experiments and the limits in application of different laboratory methods.

Comparisons and analysis of different and correlated experiments are carried out in the laboratory in the last few years. During these laboratory works, we are trying to develop a first approach methodology to evaluate the residual resistance capacity taking the plasticity stress conditions of the soil and land into consideration.

Introduzione

È ormai noto che la resistenza residua dei terreni coesivi è un parametro geotecnico di grande interesse per lo studio delle condizioni di equilibrio dei pendii. Esso assume importanza fondamentale nella valutazione della stabilità di vecchie frane e nella valutazione del rischio di rottura progressiva connesso alla stabilità di pendii naturali ed artificiali. I metodi per l'acquisizione in laboratorio dei parametri di resistenza al taglio in condizioni residue sono diversi e, in particolare, quelli più utilizzati sono l'apparecchio di Taglio Diretto (Scatola di Casagrande) con inversione del moto e l'apparecchio di Taglio Torsionale su provino anulare. Lo scopo dello studio è proprio quello di tentare di stabilire la validità delle sperimentazioni e i limiti connessi all'applicazione delle diverse metodologie di laboratorio. Infine, si tenta di elaborare, confrontandola con analoghe correlazioni e sulla base di una serie numerosa di sperimentazioni di laboratorio effettuate dagli scriventi negli ultimi anni, una metodologia di primo approccio per l'individuazione dei valori di resistenza residua partendo dalle caratteristiche di plasticità dei terreni analizzati.

Dissesti
e alluvioni

Rischio
sismico

Risorsa
acqua

Attività
estrattive

Geoscambio
ed energie

Università

Pianificazione

Bonifiche siti
inquinati e
discariche

Protezione
civile

Professione
& Società

**Il Geologo
progettista**

Geositi,
Geoparchi
& Geoturismo

Le prove geomeccaniche e il comportamento dei terreni a deformazione di taglio

Le prove geomeccaniche servono a misurare i parametri di resistenza al taglio dei terreni e i parametri geotecnici – *rappresentati generalmente dall'Angolo di resistenza al taglio ϕ e dalla Coesione c* – non sono delle caratteristiche intrinseche del terreno, ma sono funzione di molti fattori, fra cui: storia tensionale, indice dei vuoti, livello di tensione e di deformazione, tipo di struttura, composizione granulometrica, etc... La scelta del tipo di prove geomeccaniche da eseguire è condizionata, quindi, dai due seguenti aspetti:

- Tipo di terreno (modello geomeccanico);
- Tipo di stress indotto dall'opera in progetto.

Le caratteristiche di resistenza al taglio dei terreni coesivi è legata sostanzialmente alla variazione delle tensioni efficaci, sia interne all'ammasso, sia alla scala del provino sottoposto a prova in laboratorio. In un terreno su cui intervengono tensioni totali dovute a carichi suppletivi il primo effetto è l'alterazione delle pressioni interstiziali che, se il terreno ha caratteristiche di permeabilità medio-basse, tendono lentamente a dissiparsi in regime transitorio, conducendo ad un conseguente aumento delle tensioni efficaci. Nei terreni prettamente granulari, invece, specie se molto permeabili, la dissipazione delle pressioni interstiziali è molto rapida e alla variazione delle tensioni totali corrisponde quasi istantaneamente la variazione di quelle efficaci, rimanendo pressochè inalterate le pressioni interstiziali. Pertanto, mentre nei terreni a grana fine è complessa la valutazione del decorso nel tempo e l'entità delle variazioni delle pressioni interstiziali e, conseguentemente, di quelle efficaci, nei terreni a grana grossa è sufficiente la conoscenza dell'entità e la geometria degli incrementi di tensione totale per una valutazione corretta della resistenza al taglio in ciascun punto del volume significativo dell'ammasso interessato, noti, naturalmente, i parametri caratteristici di resistenza al taglio. Per i terreni a grana fine, fondamentale risultano essere le

condizioni di saturazione. Non a caso nella comune pratica di laboratorio le più diffuse sperimentazioni delle caratteristiche geomeccaniche (taglio diretto, prove triassiali, etc.) vengono eseguite su materiale opportunamente saturato. Se il terreno è saturo, infatti, è possibile ripercorrere tutte le condizioni in cui si trova sottoposto il terreno sotto l'aggravio di tensioni totali indotte dall'applicazione di carichi: all'istante di applicazione del carico il sistema risulta *chiuso*, con deformazioni volumetriche praticamente nulle, e le condizioni risultano *non drenate o a breve termine*; alla fine del processo di dissipazione delle pressioni interstiziali (esaurimento della fase di consolidazione) le tensioni totali risultano praticamente coincidenti con quelle efficaci e la resistenza al taglio risulta stabilizzata su un valore finale e definitivo (condizioni *drenate o a lungo termine*). In estrema sintesi, quindi, mentre nei terreni a grana grossa la resistenza al taglio praticamente rimane costante nel tempo di applicazione del carico, in quelli a grana fine è estremamente importante stabilire a priori, per una corretta valutazione delle condizioni di sollecitazione e di risposta meccanica del terreno, qual è la situazione soggetta a verifica: in una situazione, per esempio, del tipo realizzazione di un rilevato, se è verificata la stabilità subito dopo la sua costruzione, il manufatto sarà stabile a maggior ragione con il passare del tempo perché il processo di consolidazione permette *a lungo termine* l'aumento delle tensioni efficaci e, quindi, della resistenza al taglio del terreno; se invece, come accade nella realizzazione di uno scavo, le tensioni efficaci con il passare del tempo decrescono, le condizioni più critiche saranno proprio quelle a *lungo termine* e lo scavo, stabile appena realizzato, potrà essere instabile con il passare del tempo, anche di molto tempo nel caso di terreni argillosi. Come si vede, nella scelta delle più opportune prove di laboratorio non si può prescindere dal problema in questione, non si può non tenere conto del tipo di opera per cui si è chiamati a dare un *supporto* al tecnico progettista delle strutture. Troppo spesso viene richiesto al laboratorio un'analisi *completa*, senza specificare

alcunché: è un concetto che non ha senso, dovendo il tecnico incaricato della progettazione geotecnica *mirare* opportunamente il tipo di sperimentazione dei cui risultati si dovrà avvalere nello studio dell'interazione terreno-struttura. Nella pratica di laboratorio è possibile determinare le condizioni al contorno dei provini in modo da ripercorrere le situazioni geometriche, di drenaggio, di carico e di deformazione dell'ammasso che rappresentano, purché, ovviamente, si possieda una buona base di certezza sulla rappresentatività dei provini stessi, cosa tanto più sicura quanto le operazioni di campionamento, trasporto ed estrusione sono effettuate secondo le *attenzioni* raccomandate dalle Normative nazionali ed internazionali e tanto più non ci si limiti ad indagare porzioni troppo esigue del volume significativo (esiguo numero di campioni). Questi concetti, come vedremo, risultano fondamentali per qualsiasi studio, ma lo sono ancor di più quando l'attenzione è rivolta alla stabilità dei pendii che, per definizione, spesso implicano valutazioni che possono, se non fatte con le dovute cautele e perizia tecnica, rischio per manufatti anche di importanza strategica, se non di vite umane.

Il comportamento meccanico dei terreni non coesivi e la dilatanza

È noto come spesso, per l'impossibilità di prelevare campioni indisturbati, nei terreni non coesivi si ricorra a prove in sito. Comunque, come già detto, un inquadramento del comportamento del materiale può aversi solo attraverso le prove di laboratorio, perché solo in tali prove è possibile controllare le condizioni al contorno di tensioni e deformazioni. Consideriamo il comportamento di un campione di **sabbia sciolta** e quello di un campione di **sabbia densa** (il grado di addensamento è misurabile dal differente valore dell'*indice dei vuoti*) nel corso di prove di rottura in condizioni drenate. I risultati riportati in **figura 1** possono essere ottenuti sia da Prove Triassiali, sia da Prove di Taglio Diretto. Per le Triassiali le variabili di riferimento sono il rapporto delle tensioni principali σ'_1/σ'_3 , la variazione di volume ΔV e la deformazione assiale ϵ . Per il Taglio Diretto, l'obliquità τ/σ' , la deformazione di taglio γ e la variazione di altezza ΔH . Durante la fase di rottura, i singoli grani del campione di **sabbia sciolta** si spostano dalla loro configurazione iniziale per raggiungere un assetto più denso e più stabile. L'**indice dei vuoti iniziale** e_0 si riduce progressivamente col procedere delle deformazioni fino a un valore critico, definito **indice dei vuoti**

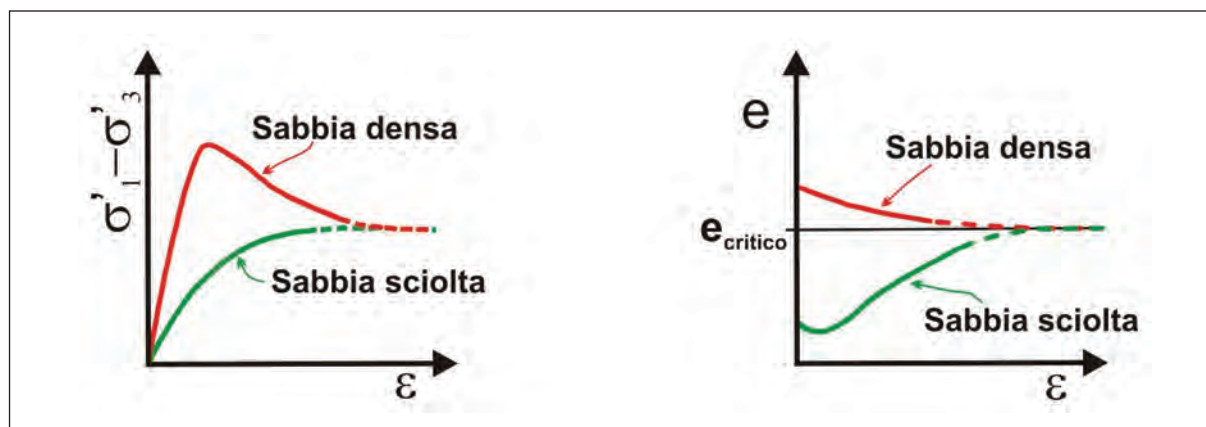


Figura 1 – Andamento delle curve sforzo-deformazione e indice dei vuoti-deformazione per due provini della stessa sabbia, a diverso grado di addensamento, in cella triassiale per prova TXCID e per uguale pressione di confinamento.

Figure 1 – Trend of stress-strain curves and empty-strain index for two specimens of the same sand, to varying degrees of densification, Triaxial cell for TXCID and test for containment pressure equal.

critico (e_{CRIT}), corrispondente a uno stato ultimo raggiunto il quale il materiale può continuare a deformarsi senza variazioni di volume e resistenza. Nel caso invece di una **sabbia densa**, le deformazioni non possono avvenire se non con un aumento di volume e per portare a rottura il provino occorre spendere energia per compensare, oltre le forze di attrito interno, l'aumento di volume stesso. Nel caso di sabbia densa, quindi, la resistenza che ne deriva è sensibilmente maggiore di quella di una sabbia sciolta e l'istante di rottura è ben evidenziato. Una volta superato il valore di picco, si ha una graduale perdita di resistenza, imputabile ad una diminuzione del grado di *mutuo incastro delle particelle* per effetto della dilatazione, fino al raggiungimento di un valore ultimo che si mantiene costante col procedere delle deformazioni.

Lo stato critico è unico per i due tipi di sabbia (densa e sciolta) e la struttura finale del materiale presenta lo stesso indice dei vuoti critico e_{CRIT} , cui compete lo stesso valore di resistenza finale, indipendentemente dalla densità iniziale. Il valore dell'angolo di resistenza al taglio ϕ' , quindi, può essere interpretato come somma di tre contributi:

- L'attrito tra i grani (angolo ϕ'_m);
- Il lavoro dovuto alle variazioni di volume (dilatanza) (angolo ϕ'_{cv});
- Il lavoro dovuto al riassetamento dei grani.

Per una sabbia densa il massimo valore di ϕ' è raggiunto prima che si abbiano sensibili spostamenti relativi fra i grani, per cui risulta minimo o nullo il contributo dovuto al riassetamento dei grani ed è massimo quello dovuto alla **dilatanza**.

Per una sabbia sciolta in corrispondenza del valore critico dell'indice dei vuoti è nullo il lavoro dovuto alla dilatanza ed è massimo quello svolto sotto forma di riassetamento dei grani.

Il comportamento meccanico dei terreni coesivi e la resistenza residua

I fattori che influenzano maggiormente il

comportamento meccanico di un terreno a grana fine sono il grado di sovraconsolidazione OCR e le condizioni di drenaggio. Le argille normalconsolidate (o leggermente OC: $OCR < 2$) sottoposte a prove consolidate drenate presentano curve sforzi-deformazioni di tipo incrudente; mentre le argille sovraconsolidate manifestano un comportamento rammollente. Analogamente al caso dei terreni non coesivi, lo stato ultimo che viene raggiunto è indipendente dal valore di OCR (**figura 2**).

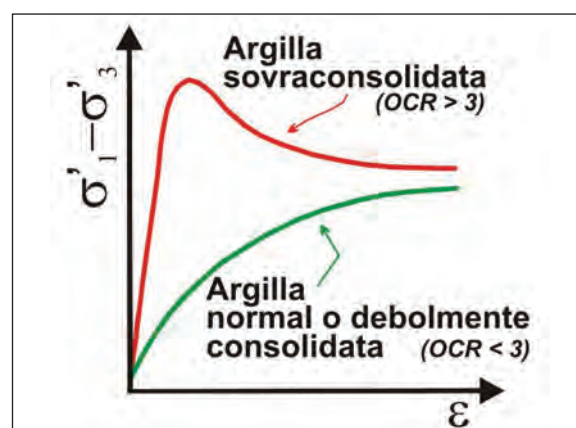


Figura 2 – Andamento delle curve sforzo-deformazione per due provini di argilla, a diverso OCR (Over Consolidation Ratio), in cella triassiale per prova TXCID e per uguale pressione di confinamento.

Figure 2 – Trend of stress-strain curves for two clay specimens, with different OCR (Over Consolidation Ratio), in triaxial cell for test TRX CID and confinement cell with equal pressure.

Il criterio di Mohr-Coulomb per un terreno a grana fine normalconsolidato si riduce a:

$$\tau_R = \sigma'_n \cdot \tan \phi'$$

Mentre per un terreno a grana fine sovraconsolidato il contributo di natura coesiva non è nullo:

$$\tau_R = c' + \sigma'_n \cdot \tan \phi'$$

In corrispondenza dello **stato critico** (per spostamenti relativi dell'ordine dei 10 mm o deformazioni di taglio dell'ordine del 10%) i movimenti delle particelle che ricadono nella zona di taglio sono essenzialmente turbolenti e comportano sia nel caso dell'argilla sia nel caso della sabbia rotazioni e scorrimenti fra le particelle. In corrispondenza di spostamenti relativi più elevati le deformazioni tendono a localizzarsi in zone di intense deformazioni

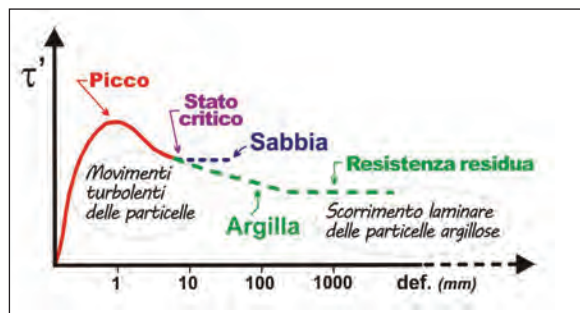


Figura 3 – Movimenti delle particelle e “stati di resistenza” in prove di Taglio Diretto su provini di Sabbia densa e Argilla sovraconsolidata sottoposti alla stessa pressione verticale.

Figure 3 – Particle Movements and “States of resistance” in Direct shear tests on specimens of thick sand and of clay over consolidated subjected to the same vertical pressure.

distorsionali ed il valore di tensione tangenziale che l’argilla può sostenere diminuisce. Il valore minimo della tensione tangenziale che l’argilla può sopportare si ottiene per grandi spostamenti relativi e viene detta **resistenza residua**. La resistenza residua è associata allo scorrimento laminare delle particelle argillose, di forma appiattita, che al progredire della deformazione si allineano parallelamente alla direzione dello scorrimento.

Come già detto, per i terreni come le sabbie le cui particelle sono di forma arrotondata, la condizione di flusso laminare non può realizzarsi e la resistenza residua coincide con quella critica (figura 3).

In condizioni residue un’argilla rammollente, presenta: $c' = 0$ e $\phi'_R < \phi'_{cr} < \phi'_p$; **in stato critico**: $c' = 0$ e $\phi'_{cr} < \phi'_p$; **in condizioni di picco**: $c' \neq 0$ e $\phi' = \phi'_p$. Dall’analisi di un elevato numero di argille si è potuto rilevare che la caduta di resistenza cresce con il grado di sovra consolidazione, con il contenuto di argilla e con l’indice di plasticità e che l’angolo ϕ'_R per un argilla OC è inferiore che per un argilla NC. Esso dipende principalmente dalla natura mineralogica del materiale.

La scelta della tipologia delle prove geotecniche di laboratorio per la verifica di stabilità dei pendii in terra secondo le NTC

La Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici 617/2009, conseguente al D.M. 14.01.2008, al **punto C6.3.3 Modellazione geotecnica del pendio** recita testualmente: “Le prove di laboratorio devono permettere la determinazione delle caratteristiche di resistenza nelle condizioni di picco, di post-picco e nelle condizioni residue”. E ancora, al **punto C6.3.4 Verifiche di sicurezza**: “Nelle verifiche di stabilità si utilizzano i valori caratteristici dei parametri di resistenza (c'_k, ϕ'_k). Il coefficiente di sicurezza è definito dal rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie di scorrimento e lo sforzo di taglio mobilitato lungo di essa. Il suo valore minimo deve essere scelto e motivato dal progettista in relazione al livello di affidabilità dei dati acquisiti, ai limiti del modello di calcolo utilizzato, nonché al livello di protezione che si vuole garantire (§ 6.3.4 NTC). Nei pendii interessati da frane attive o quiescenti, che possano essere riattivate dalle cause originali o da un’azione sismica, bisogna fare riferimento alla resistenza al taglio a grandi deformazioni, in dipendenza dell’entità dei movimenti e della natura dei terreni. Le caratteristiche di resistenza devono quindi intendersi come valori operativi lungo la superficie di scorrimento”. Da ciò si evince quanto la resistenza residua dei terreni coesivi è un parametro geotecnico di grande interesse per lo studio delle condizioni di equilibrio dei pendii. Pertanto, in sintesi, riguardo alla scelta della tipologia delle prove geotecniche di laboratorio più adatte per la verifica di stabilità dei pendii in terra è possibile adottare il seguente schema:

Condizioni di rottura	Parametri geotecnici	Prove di laboratorio
condizioni di picco	c' (SLU), ϕ' (SLU)	Triassiale CID, Taglio diretto
condizioni di rottura con dislocazione limitata	ϕ_{cv} (SLU)	Taglio diretto rimaneggiato al LL, Taglio diretto in modalità reverse
condizioni di rottura con dislocazione estesa su terreni coesivi	ϕ_r (SLU)	Taglio Torsionale su provino anulare

La determinazione della resistenza residua: il Taglio Diretto di Casagrande con inversione del moto e ripetuti cicli di taglio e il Taglio Torsionale su provino anulare

Nei terreni coesivi le particelle di argilla presentano forma appiattita e orientamento casuale. Quando si verifica lo scorrimento lungo una superficie di taglio, al crescere delle deformazioni le particelle lamellari tendono a orientarsi parallelamente alla superficie di scorrimento e la resistenza al taglio si riduce, come già detto, fino ad un valore residuo inferiore, e talvolta molto inferiore, al valore della resistenza al taglio di stato critico. In una fascia a cavallo della superficie di scorrimento, detta *banda di taglio*, il terreno risulta rammollito, ovvero con indice dei vuoti e contenuto in acqua superiore a quello del terreno indisturbato. Durante un movimento franoso la resistenza lungo la superficie di scorrimento può dunque decadere molto, sia per l'insorgere di sovrappressioni interstiziali, e quindi per riduzione delle tensioni normali efficaci, sia per riduzione dell'angolo di resistenza al taglio fino al valore residuo. Una volta cessato il movimento (frana quiescente), le sovrappressioni interstiziali nel tempo si dissipano e vi è un recupero di resistenza al taglio, ma le particelle di terreno rimangono orientate e l'angolo di resistenza al taglio ha il

valore residuo. La determinazione sperimentale dell'angolo di resistenza al taglio residuo richiede di imporre grandi deformazioni al provino, non possibili con l'apparecchio triassiale. Si ricorre perciò all'apparecchio di *Taglio Diretto*, imponendo numerosi cicli di taglio (totalmente invertiti) al provino o all'apparecchio di *Taglio Torsionale*, in cui un provino cilindrico cavo viene portato oltre la rottura con una rotazione continua e monotona lungo una superficie orizzontale di taglio. E' ampiamente dimostrato che le sperimentazioni con l'apparecchio di Taglio Torsionale forniscono valori della resistenza residua più *affidabili* di quelli ricavati con la scatola di Casagrande e l'inversione del moto a seguito di ripetuti cicli di taglio. L'affidabilità del Taglio Torsionale su provino anulare è legata al fatto che la distribuzione delle tensioni sul piano di rottura è molto prossima ad essere uniforme, proprio come accade nella maggior parte dei fenomeni di rottura progressiva nei pendii di limitate dimensioni, quelli cioè più frequenti nei terreni del nostro Appennino. Inoltre, prevedendo la sperimentazione di operare, come vedremo, su materiale rimaneggiato e sotto pressioni normali molto basse, è possibile valutare, anche se in maniera qualitativa, quei parametri, come ad esempio la capacità di orientarsi delle particelle di argilla, i quali, pur non intervenendo direttamente nei calcoli, danno una spiegazione

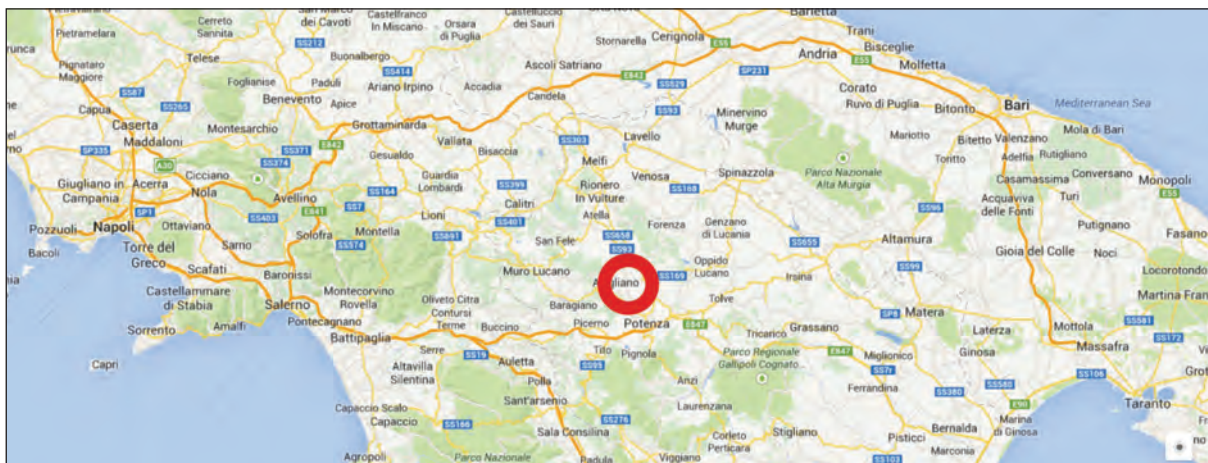


Figura 4 – Area di prelievo dei campioni sottoposti a prova di Taglio residuo in Scatola di Casagrande e a Taglio Torsionale su provino anulare.

Figure 4 – Withdrawal area of samples tested with residual cutting in Casagrande box and Torsional Shear apparatus on annular specimen.

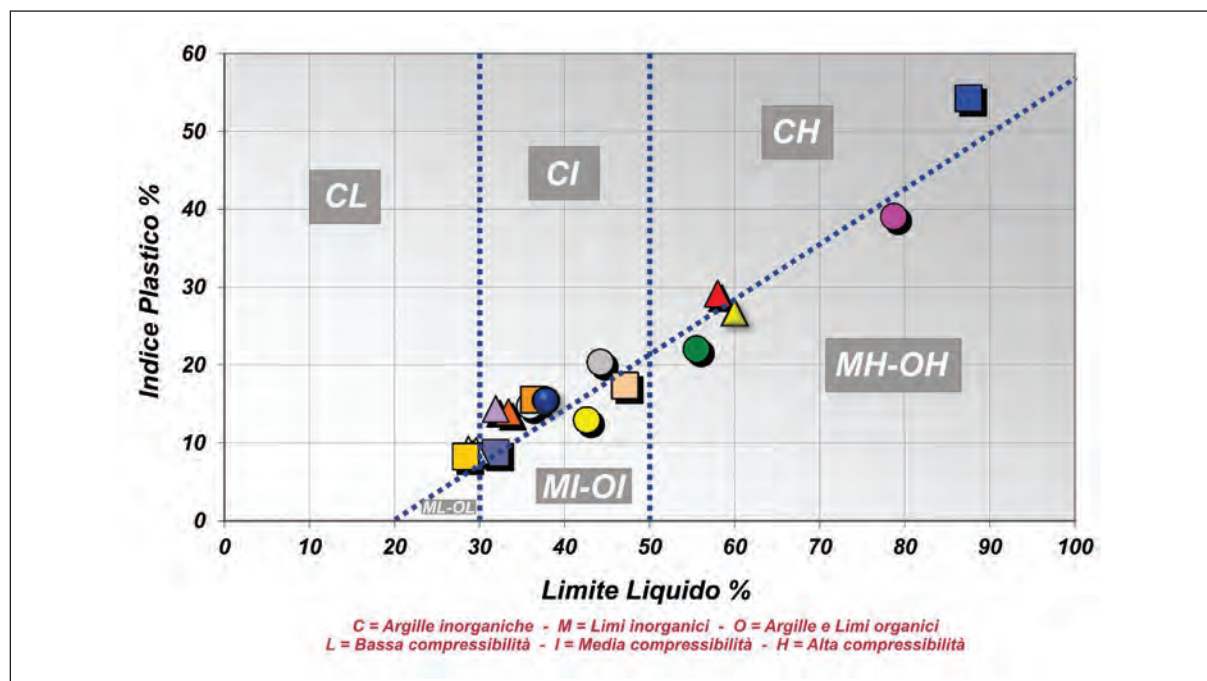


Figura 5 – Caratteristiche di plasticità dei campioni sottoposti a prova di Taglio residuo in Scatola di Casagrande e a Taglio Torsionale su provino anulare.
Figure 5 – Characteristics of plasticity of the tested samples with residual cutting in Casagrande box and in Shear Torsional Ring finger.

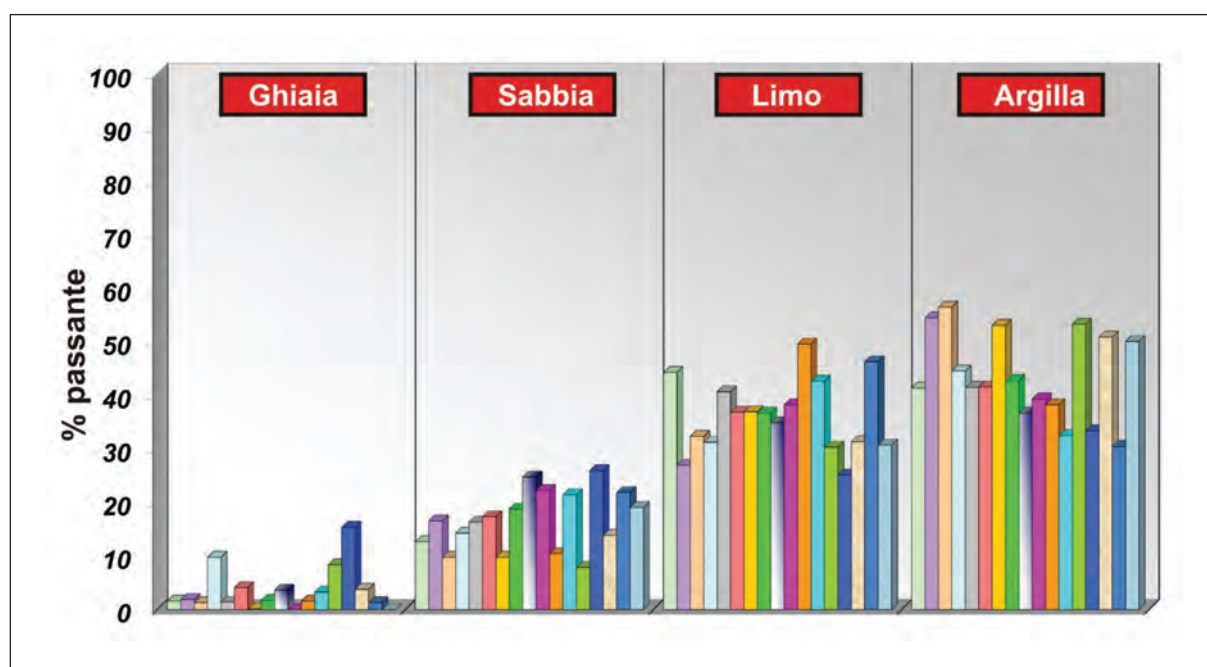


Figura 6 – Caratteristiche granulometriche dei campioni sottoposti a prova di Taglio residuo in Scatola di Casagrande e a Taglio Torsionale su provino anulare.
Figure 6 – Characteristics of grain size of the tested samples with residual cutting in Casagrande box and Torsional Shear apparatus on annular specimen.

del comportamento del terreno.

Su campioni prelevati a varie profondità (fino a 20 m dal p.c.) lungo il tracciato in fase di progettazione della Strada di Collegamento dell'abitato di Avigliano (PZ) e la SSV Potenza-Melfi in Basilicata (**figura 4**) sono state determinate in laboratorio le principali caratteristiche fisiche e le proprietà indice, nonché le caratteristiche geomeccaniche di 17 campioni di terre. I campioni appartengono al **Gruppo delle argille variegata** – (cfr. “*Argille varicolori lagonegresi*” Auct.): *Argille, argilliti marnose, marne silicifere ed argille marnoso-siltose grigie e policrome, con intercalazioni in strati e banchi di marne calcaree, calcilutiti e calcareniti bioclastiche, variamente silicizzate ed alterate, talora con selce e diaspri*. Ovviamente i campioni analizzati sono stati prelevati nella componente terrigena (peraltro preponderante) della Formazione ed hanno caratteristiche di Plasticità, elemento come vedremo fortemente influenzante la resistenza residua, tali da essere considerate fondamentalmente *Argille inorganiche a media compressibilità* (**figura 5**).

Solo 5 campioni sono *Argille inorganiche* o *Argille e Limi organici ad alta compressibilità*. Inoltre dal punto di vista granulometrico i campioni sono considerabili sostanzialmente, pur nelle dovute differenze derivanti dalla disomogeneità della Formazione geologica, *Argille sabbiose con limo* (**figura 6**). Bassa o bassissima risulta la percentuale di ghiaia, comunque consistente in elementi litici marnoso calcarei e calcarenitici di dimensioni massime 2-3 cm. I campioni sono stati sottoposti a prove di Taglio Diretto e successivamente a cicli di taglio invertiti in numero totale di 5. La prova di taglio finale (6° ciclo) è stata presa come indicativa della resistenza residua del campione di terreno. Nelle **figure 7a e 7b** sono riportati rispettivamente i risultati, sia in forma grafica che analitica di una prova di Taglio diretto, eseguita a velocità di 0,004 mm/min, relativa ad uno dei campioni analizzati (S3–C4, profondità di prelievo 15,00 – 15,50 m) con la successiva elaborazione della prova di resistenza residua in Scatola di Casagrande (**7a**) e

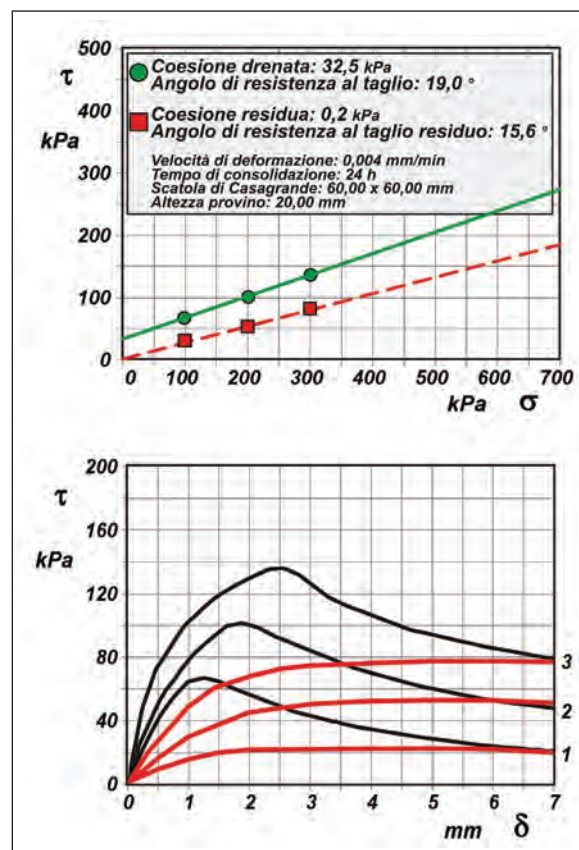


Figura 7a – Prova di Taglio Diretto e Residuo in Scatola di Casagrande (in rosso la prova di Taglio residuo).

Figure 7a – Direct shear test and residual shear test in Casagrande box (in red the residual shear test).

la rappresentazione grafica dei 5 cicli di taglio precedenti il taglio residuo (6° ciclo – prova eseguita alla stessa velocità del Taglio Diretto) (**7b**). Per la presente ricerca, gli stessi campioni sono stati sottoposti a Taglio torsionale su provino anulare. La strumentazione utilizzata è il modello T 800 della Tecnotest di Modena. La macchina ha le seguenti caratteristiche fondamentali: azionamento elettro-meccanico; motore passo-passo e riduttore di precisione; momento torcente massimo all'utilizzo 100 Nxm; velocità di rotazione selezionabile in campo continuo (massimo $12^\circ/\text{s}$, min $0,00002^\circ/\text{s}$); visualizzazione in continuo della deformazione di taglio; anelli di compressione in bronzo sintetizzato permeabile, con dentature radiali; dispositivo di carico verticale con pistone pneumatico

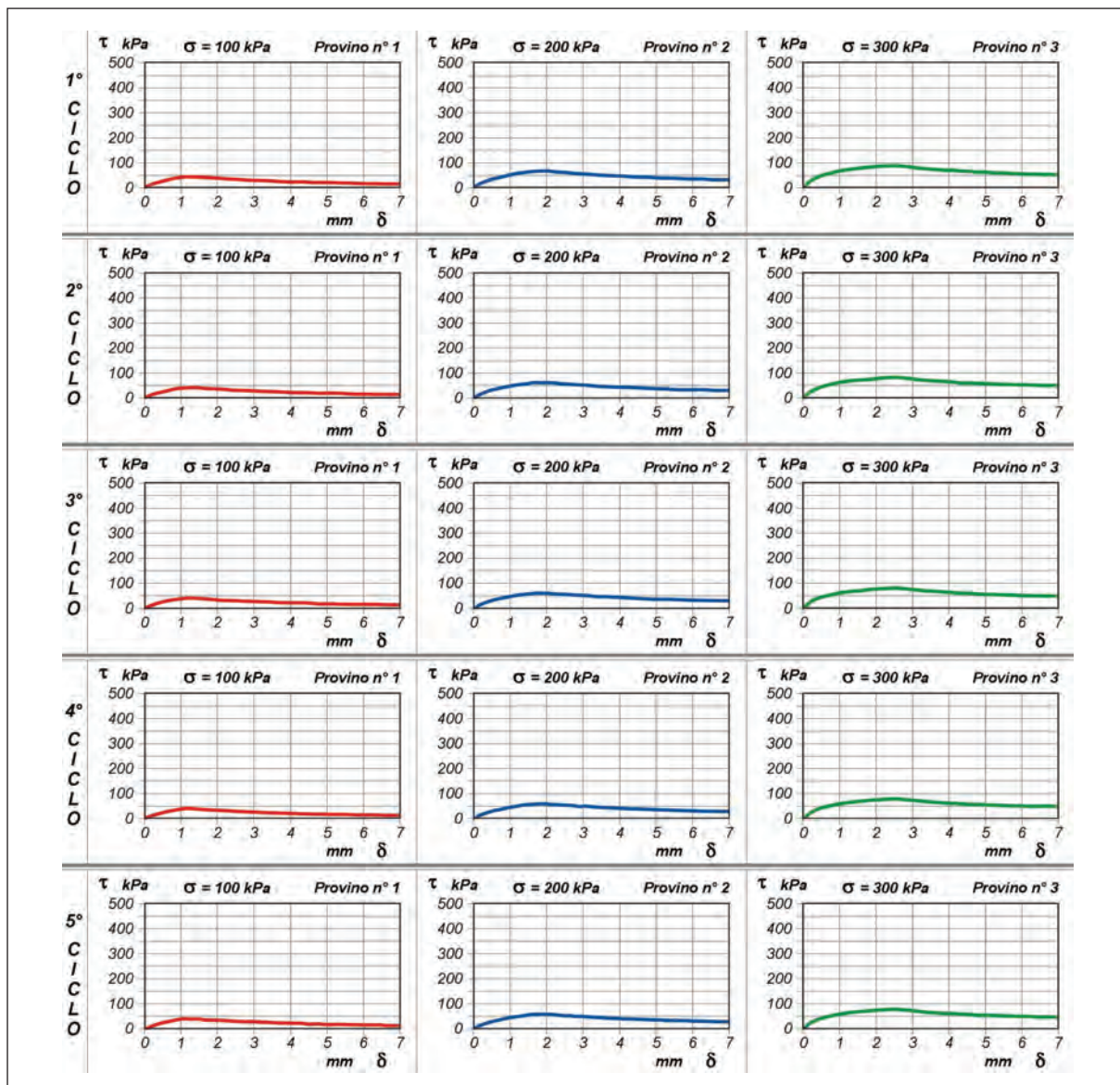


Figura 7b – Cicli di taglio “preventivi” alla Prova di Taglio Residuo in Scatola di Casagrande eseguiti alla velocità di 0,5 mm/min.

Figure 7b – Cycles of cutting executed before the residual shear test in Casagrande box performed at a speed of 0.5 mm/min.

a basso attrito (membrane a rotolamento); valvola pneumatica di precisione per regolare e mantenere il carico; sensori e visualizzatori torsionometro ad estensimetri per la misura della coppia torcente, non-linearità compresa nello 0.3%; trasduttore lineare per la misura della deformazione verticale corsa 10 mm, non-linearità compresa nello 0.3%;

trasduttore estensimetrico di pressione per la misura del carico verticale capacità 1000 kPa, non linearità compresa nello 0.3%. In **figura 8** sono riportate immagini della strumentazione. In tutte le prove eseguite il materiale utilizzato era allo stato rimaneggiato, con contenuto d’acqua prossimo alla metà del valore del Limite Liquido. La

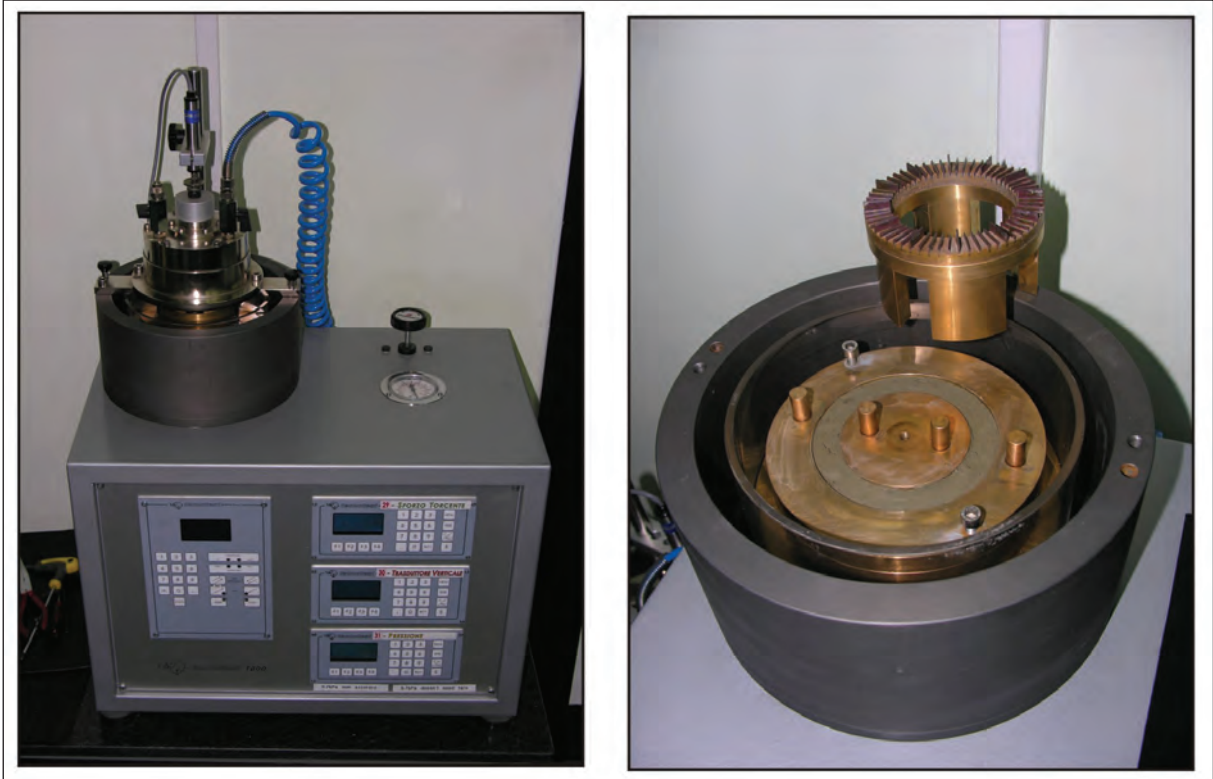


Figura 8 – Immagini della strumentazione T 800 Tecnotest - Modena per prove di Taglio Torsionale su provino anulare in dotazione alla Geotest S.a.s. di Melfi (PZ).
Figure 8 – Pictures of instrumentation T 800 - Tecnotest Modena for Torsional Shear apparatus on annular specimen owned of the Geotest S.a.s. di Melfi (PZ).

pressione normale massima è stata di 150 kPa dal momento che oltre tale valore la resistenza residua si mantiene pressoché costante con il crescere della pressione normale stessa (Skempton e Petley, 1967). La pressione normale minima invece è stata di 50 kPa. La velocità di deformazione imposta è stata di 0,02°/min (circa 2 cm di deformazione al giorno). Si tratta pressappoco della velocità dei *mudflow* lenti (Hutchinson, 1970). Le prove sono state spinte fino all'ottenimento di un valore di resistenza al taglio rigorosamente costante al procedere della deformazione, appunto il valore della *resistenza al taglio residua*. In genere tale valore viene raggiunto con buon grado di sicurezza entro i primi 60° di deformazione del provino anulare (circa 2 giorni di applicazione del momento torcente per ogni carico). In **figura 9** sono riportati i risultati, sia in forma grafica che analitica, della prova di Taglio torsionale su provino anulare

eseguita sullo stesso campione di cui precedentemente sono stati presentati i risultati della prova di Taglio Diretto e Residuo in scatola di Casagrande (S3-C4).

Dal confronto dei valori di resistenza residua ricavati in Scatola di Casagrande e con le prove di Taglio Torsionale su provino anulare per i 17 campioni di Avigliano (PZ) risulta chiara una considerazione che già A.A. avevano evidenziato: **la resistenza residua determinata con l'apparecchio di Taglio Diretto risulta superiore al valore determinato con l'apparecchio di Taglio Torsionale su provino anulare**. Nel nostro caso tale differenza va da un minimo di 1,4° ad un massimo di 4,2°, con una differenza media di 2,7° (**figura 10**). Il fatto che la resistenza residua determinata in laboratorio con l'apparecchio di Taglio Diretto risulti più elevata di quella determinata con l'apparecchio di Taglio Torsionale su provino anulare è stato fatto rilevare

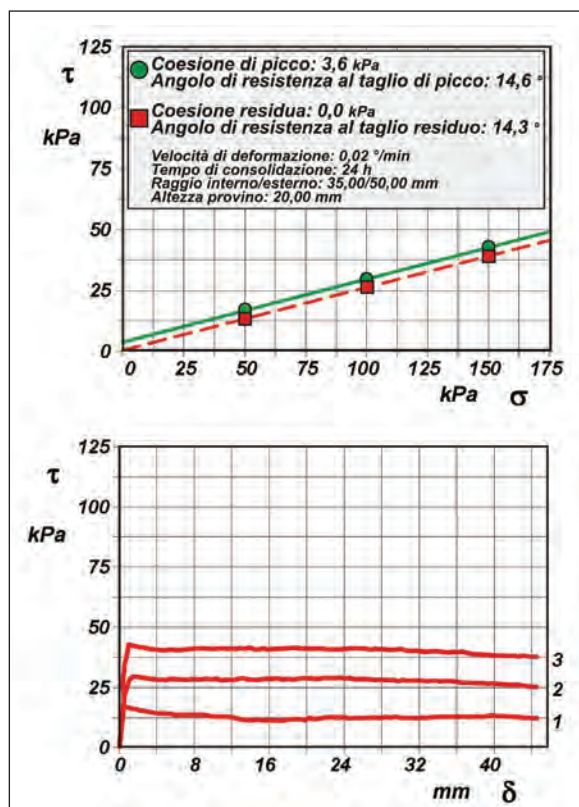


Figura 9 – Prova di Taglio Torsionale su provino anulare.

Figure 9 – Torsional shear test on the annular specimen.

da diversi autori (Petley, 1969 – Garga, 1970 – Belino e Maugeri, 1985). La spiegazione principale di tale fenomeno risiede nella maggiore o minore capacità delle particelle argillose di orientarsi sotto carico. A questo proposito si può ipotizzare che i caratteri macro e micro strutturali dei terreni sottoposti a prova esercitano una maggiore influenza

sui valori di resistenza residua determinati con l'apparecchio di Taglio Diretto con inversione del moto, poiché l'orientamento delle particelle sotto l'azione degli sforzi taglienti non è completa; tale influenza risulta minima nell'apparecchio di Taglio Torsionale su provino anulare, dove a causa dell'orientamento assunto dalle particelle, la struttura originaria viene in qualche modo ad essere distrutta. È evidente quanto il Taglio torsionale su provino anulare rappresenti una *più adeguata* sperimentazione di laboratorio per la determinazione della risposta meccanica dei terreni nello studio delle condizioni di equilibrio dei pendii.

I fattori che influenzano i valori di resistenza residua

A prescindere dalle modalità di sperimentazione, i fattori da cui dipende la resistenza residua dei terreni sono il contenuto percentuale di argilla presente nei campioni analizzati e la velocità di scorrimento con cui vengono eseguite le prove. L'esistenza di una correlazione tra la resistenza residua e la percentuale di argilla ormai è accettata: **a maggior percentuale di argilla corrisponde in linea di massima una diminuzione della resistenza residua**. Inoltre, esiste una significativa correlazione fra l'Indice Plastico e l'Angolo di resistenza al taglio residuo: **maggiore è l'indice plastico minore è l'angolo ϕ'_R** . Tale angolo, infatti, è indipendente dalla storia dello stato tensionale, e quindi dal grado di sovra consolidazione OCR, ma dipende dalla composizione granulometrica

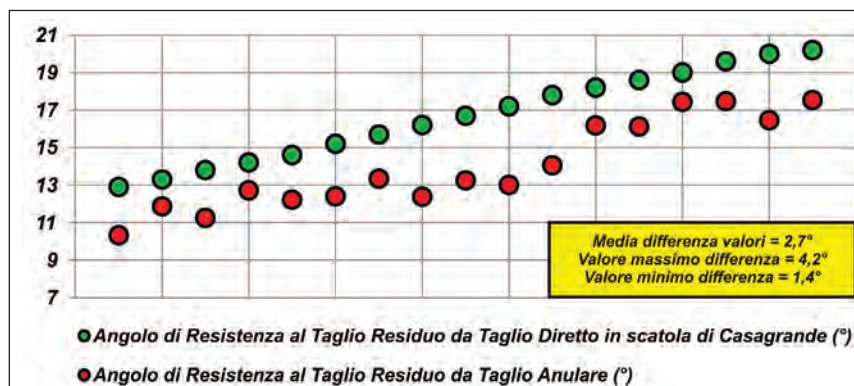


Figura 10 – Confronto fra i valori dell'Angolo di Resistenza al taglio residuo ricavati sugli stessi campioni con scatola di Casagrande e con apparecchio di Taglio Torsionale su provino anulare (i valori ricavati con la scatola di Casagrande sono stati rappresentati in ordine crescente).

Figure 10 – Comparison between the residual shear angle values obtained on the same samples with Casagrande box and Torsional Shear apparatus on annular specimen (the values obtained with the box of Casagrande were represented in ascending order).

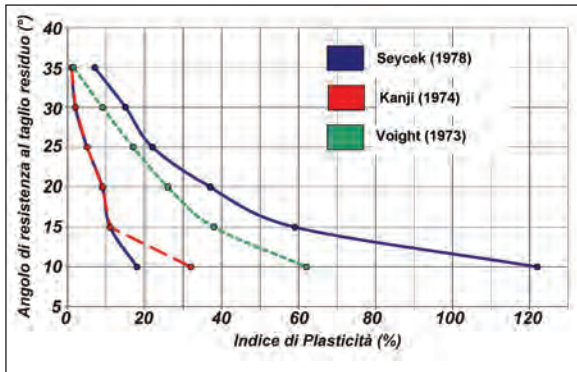


Figura 11 – Correlazioni empiriche fra l'indice di plasticità e l'angolo di resistenza al taglio residuo dei terreni.

Figure 11 – Empirical correlations between the plasticity index and residual soil shear strength angle.

del terreno, dalla mineralogia dell'argilla (e quindi dall'indice di plasticità e dai limiti di Atterberg dalla frazione argillosa) e dalla tensione efficace normale sul piano di rottura. In passato numerosi autori hanno tentato di stabilire correlazioni empiriche fra il valore dell'Angolo di resistenza al taglio residuo e le caratteristiche di plasticità del terreno in esame. Tali correlazioni sono state espresse attraverso formule:

$$\phi'_r = 46,6 / IP^{0,446} \quad (\text{Kanji, 1974})$$

$$\phi'_r = 453,1 / LL^{0,85} \quad (\text{Cancelli, 1977})$$

o in forma grafica (**figura 11**).

Da sperimentazioni eseguite dagli scriventi negli anni dal 2009 al 2013 su circa 400 campioni di terreno provenienti da diversi siti dell'Italia meridionale (**figura 12**) è stata tentata una correlazione dei valori ottenuti per l'angolo ϕ'_r e l'Indice Plastico dei campioni stessi. La correlazione ha tanto più valore perché basata su un numero molto significativo di dati e perché i siti di prelievo dei campioni sono distribuiti su una vasta superficie. Questa considerazione, inoltre, rimanda al fatto, di primaria importanza ai fini della validità della ricerca, che i campioni analizzati appartengono a situazioni geologiche e strutturali estremamente variegata e ciò diminuisce fortemente l'influenza che fattori particolari, legati alle caratteristiche mineralogiche, deposizionali e geologiche generali di un sito o di un'area ristretta, possono avere sulla resistenza residua dei terreni in esame (**figura 13**). La correlazione restituisce una linea di tendenza che rappresenta la seguente equazione:

$$\phi'_r = 0,0148 \bullet IP^2 - 1,2571 \bullet IP + 37,775$$

L'equazione ha un coefficiente di determinazione, proporzione tra la variabilità dei dati e la correttezza del modello statistico utilizzato, $R^2 = 0,9173$.



Figura 12 – Siti di prelievo dei campioni sottoposti a Prova di Taglio Residuo con Scatola di Casagrande o con Prova di Taglio Torsionale su provino anulare.

Figure 12 – Soils sampling locations tested with Residual cutting in box of Casagrande and with Torsional Shear apparatus on annular specimen.

Riguardo alla velocità di esecuzione delle sperimentazioni, questa è stata, secondo prassi usuale del Laboratorio, la stessa già presentata negli esempi dei paragrafi precedenti: 0,004 mm/min per le prove in Scatola di Casagrande; 0,02°/min quando le prove sono state effettuate con la macchina per il Taglio Torsionale su provino anulare. Il fattore velocità ha una significativa importanza sulla determinazione della resistenza residua dei terreni in laboratorio. Infatti, in generale si riscontra una tendenza ad un certo incremento della resistenza residua al crescere della velocità. Questo spiegherebbe come nei cicli di taglio *preventivi* alla prova di Taglio residuo in Scatola di Casagrande (figura 7b), effettuati a velocità elevata (0,5 mm/min), la curva sforzo-deformazione tende a mantenere una *evidenza al picco*, denotando una resistenza più elevata di quella che ci si attenderebbe da un terreno ormai in condizioni residue. Recenti sperimentazioni (Vassallo R., Vallario M., Di Maio C., 2011) hanno dimostrato che per Velocità ≤ 5 mm/min non si riscontrano variazioni di resistenza significative. Al contrario, per Velocità ≥ 10 mm/min, si possono registrare notevoli incrementi di resistenza, fino all'80%, con la velocità. Tali risultati risulterebbero in buon accordo con quelli di Tika et al. (1996). Per la presente ricerca, il campione S3-C4 di Avigliano (PZ), di cui già si sono riportati i risultati di Prove di Taglio, è stato sottoposto in Taglio Torsionale su provino anulare e per una tensione verticale di 50 kPa a numerosi tests eseguiti a crescenti velocità di deformazione. In **figura 14** sono riportate le curve sforzo-deformazione relative ai singoli tests. Come si può notare, al crescere della velocità di deformazione cresce la resistenza residua e, in particolare, la *tendenza* risulta molto evidente per valori > 10 mm/min. L'andamento della resistenza residua con la velocità di esecuzione della prova è ancora più evidente nel grafico di **figura 15**, dove è possibile valutare un aumento che raggiunge progressivamente, per velocità superiori a 10 mm/min, il 40% fino a circa il 70%.

Questo aspetto delle sperimentazioni di laboratorio assume importanza rilevante nello studio dei pendii potenzialmente soggetti a rischio sismico. Il significativo aumento della resistenza residua

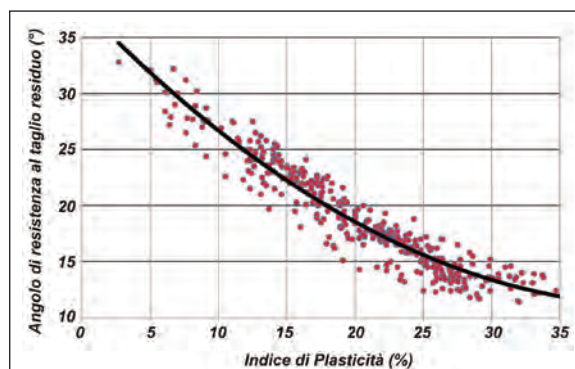


Figura 13 – Correlazione fra l'indice di plasticità e l'angolo di resistenza al taglio residuo dei terreni analizzati nella presente ricerca.

Figure 13 – Correlation between the plasticity index and angle of residual shear strength of analysed soil in this research.

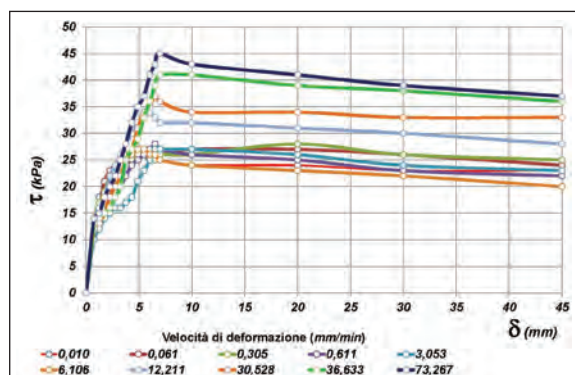


Figura 14 – Curve sforzo-deformazione in prove di Taglio Torsionale su provino anulare eseguite alla pressione di consolidazione di 50 kPa con diverse velocità di deformazione (Campione S3-C4 prof. 15,00-15,50).

Figure 14 – stress-strain curves in tests with Torsional Shear apparatus on annular specimen and on specimen consolidated at pressure of 50 kPa with different strain rate (specimen S3-C4 Prof. 15.00 -15.50).

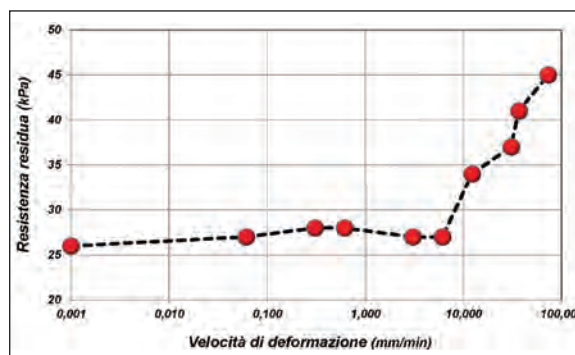


Figura 15 – Influenza della velocità di deformazione sul valore della resistenza residua per il provino di figura 14 testato con l'apparecchiatura di Taglio Torsionale su provino anulare.

Figure 15 – The influence of strain rate on the value of residual strength for the test specimen of the Figure 14 tested with Torsional Shear apparatus on annular specimen.

all'aumentare della velocità di deformazione, infatti, fa ritenere che in generale i valori della resistenza residua ricavati normalmente in laboratorio, dove le velocità applicate sono decisamente inferiori ai 10 mm/min, nel caso di verifica in condizioni sismiche sono sottostimati e cioè in un'ottica significativamente cautelativa.

Bibliografia

YEN B.C., 1969. *Stability of slopes undergoing creep deformation*. J. S. Mech.&Found. Eng.,95(4), 1075-1096.

BROMHEAD E.N., 1979. *A simple ring shear apparatus*. Ground Eng., vol. 12.

D'ELIA B. (1983). *La stabilità dei pendii naturali in condizioni sismiche*. Atti del XV convegno nazionale di Geotecnica, Spoleto, maggio 1983, Vol. III, pp. 125-135.

IVERSON R.M., 1985. *A constitutive equation for mass-movement behaviour*. Journal of Geology, 93(2),143-160.

TIKA T.E., VAUGHAN P.R. E LEMOS L.J.L.J., 1996. *Fast shearing of pre-existing shear zones in soil*. Géotechnique, Vol. 46 (2), 197-233.

LO PRESTI D. E FROIO F. (2002). *Determinazione sperimentale e involuppi di rottura della resistenza al taglio residua delle rocce tenere*. Incontro annuale dei Ricercatori di Geotecnica 2002 – IARG 2002. Napoli, 20-21 Giugno 2002

STARK T.D., CHOI H., MCCONE S., 2005. *Drained shear strength parameters for analysis of landslides*. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, n° 131, 575-588.

CARRUBBA P. E DEL FABBRO M., 2008. *Laboratory investigation on reactivated residual strength*. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, n° 134, 302-315.

STARK T.D. E HUSSAIN M., 2010. *Shear strength in pre-existing landslides*. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, n°136, 957-962.

VASSALLO R., VALLARIO M., DI MAIO C., 2011. *Geometria e cinematica di una frana lenta in argille consistenti*, IARG 2011, Torino, 4-6 Luglio 2011.

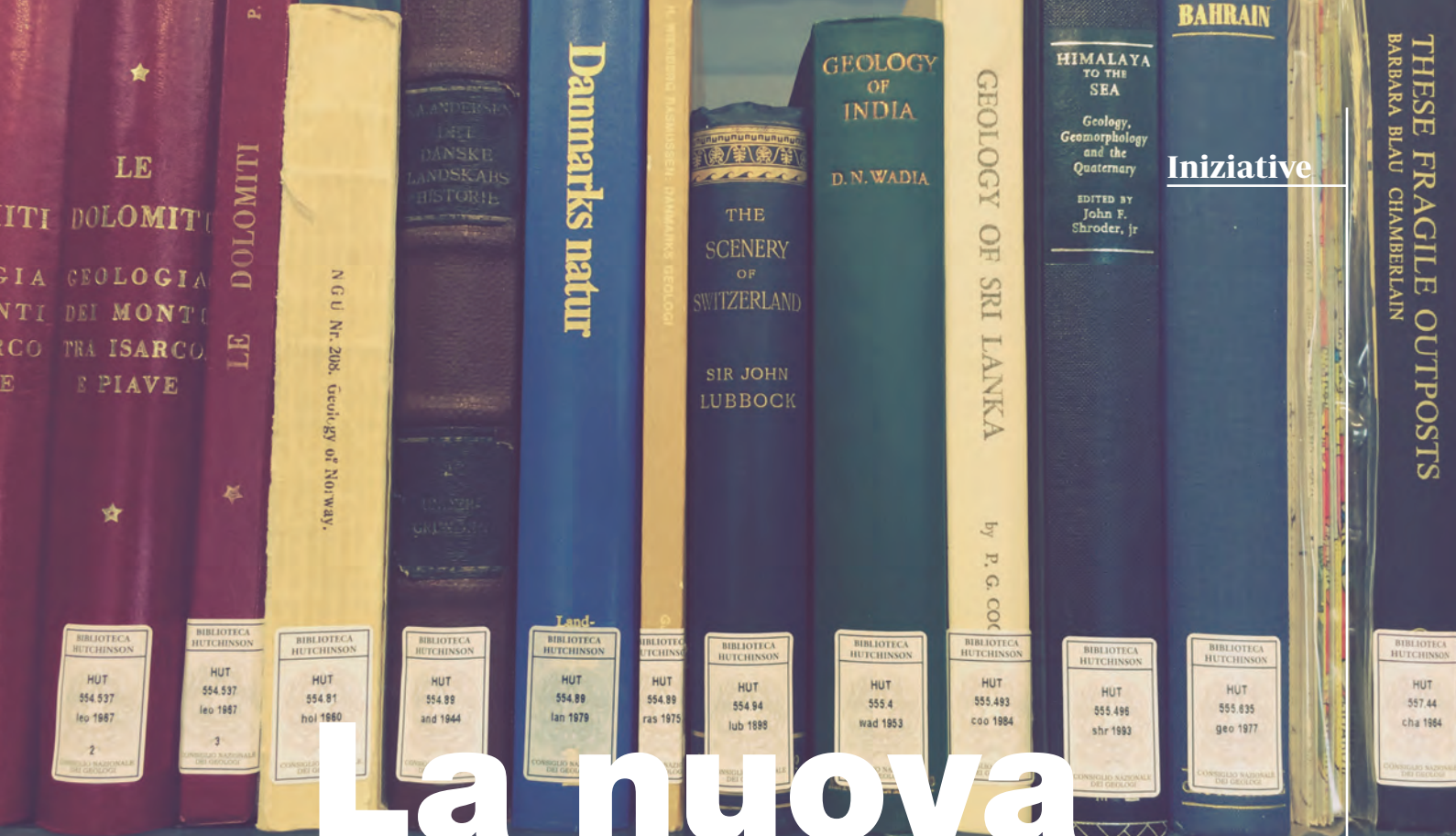
FACCIORUSSO J., MADIÀI C., VANNUCCHI G. (2011). *Dispense di Geotecnica*. Università degli Studi di Firenze – Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale – Sezione Geotecnica. Rev. Settembre 2011.

CALCATERRA S., DI MAIO C., GAMBINO P., VALLARIO M. E VASSALLO R. (2012). *Surface displacements of two landslides evaluated by GPS and inclinometer systems: a case study in Southern Apennines, Italy*. Natural Hazard. 61: 257-266. DOI 10.1007/s11069-010-9633-3.

SCARINGI G., TELESICA G., VASSALLO R., DI MAIO C. (2013). *Resistenza residua a taglio di un'argilla illitica: influenza della velocità di scorrimento, della composizione del fluido interstiziale, della modalità di taglio*. Incontro Annuale dei Ricercatori di Geotecnica 2013- IARG 2013. Perugia, 16-18 settembre 2013.

Ringraziamenti

Un doveroso ringraziamento per il fattivo contributo dato a questa ricerca va ai Tecnici di laboratorio Geom. Antonello Di Lucchio, Geol. Giuseppe Mario Graziano e Geol. Susy Maio.



La nuova Biblioteca dei Geologi Italiani

a cura di **Alessandro Reina, Fabio Tortorici, Federica Esposito**

Il Consiglio Nazionale dei Geologi ha aperto ai professionisti e al pubblico una biblioteca tecnico-scientifica intitolata a “John Neville Hutchinson”, professore emerito dell’Imperial College e componente della ristretta Accademia degli ingegneri di Sua Maestà britannica, che nel 2009, decise di donare la sua collezione personale di libri e riviste ai geologi italiani.

Questa donazione si aggiunse a quella del fondo librario e cartografico personale del Professor Francesco Scarsella e al fondo generale posseduto dal Consiglio. Vista la naturale vocazione alla divulgazione dei temi propri

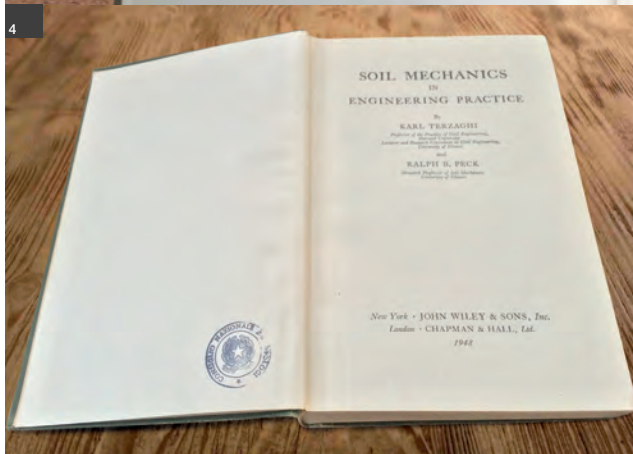
della geologia, la biblioteca è stata data in gestione alla Fondazione Centro Studi del CNG.

Si tratta di un patrimonio di grande pregio e di particolare interesse sia per la sua copertura temporale, dai primi dell’ottocento ad oggi, sia per le materie trattate, dalla geologia storica, alla geologia regionale, dalla paleontologia fino alla meccanica dei terreni e all’ingegneria strutturale. La collezione ammonta a circa 4.500 unità, tra monografie e periodici.

L’idea di costruire una biblioteca nasce dalla consapevolezza dell’importanza strategica della comunicazione sui temi centrali alla geologia come, ad esempio, la mitigazione dei rischi naturali.

Donare alla comunità una biblioteca specializzata vuole essere un passo in avanti verso la promozione della professione del geologo nei confronti l’opinione pubblica.

L’elenco delle risorse della biblioteca è online, utilizzabile anche tramite un’applicazione smartphone (Opac SBN), attraverso il Catalogo del Servizio Bibliotecario Nazionale, di cui il Consiglio Nazionale dei Geologi è entrato ufficialmente a far parte.



La Biblioteca è accessibile presso la sede di **Roma**,
Via Vittoria Colonna 40, previo appuntamento telefonico allo **06 68 80 77 36**, con il seguente orario:

- lun. 9:00-12:00 e 14:00-17:00;
- mar. – mer. 14:00-16:00;
- gio. 14:00-17:00;
- ven. 9:00-11:00.

CATALOGHI ON-LINE

opacapolino.cineca.it/Search/Advanced

(inserire il filtro ricerca su Biblioteca del Consiglio Nazionale dei Geologi)

www.sbn.it/opacsbn/opac/iccu/avanzata.jsp

(inserire il filtro di ricerca Biblioteca: rm1880)

1) (1898). *Bollettino del R. Comitato geologico d'Italia*. Firenze R. Comitato geologico d'Italia. Vol.1

2) Murchison, R. (1854). *Siluria: the history of the oldest known rocks containing organic remains, with a brief sketch of the distribution of gold over the Earth*. London Murray.

3) (1871). *Memorie per servire alla descrizione della Carta Geologica d'Italia*. Firenze Tip. Barbera. Vol.1

4) Terzaghi, K., & Peck, R. (1948). *Soil mechanics in engineering practice* New York, J. Wiley.

5) Pepper, J. (1869). *The playbook of metals: including personal narratives of visits to coal, lead, copper, and tin mines*. London George Routledge.

Rocco Lombardi

Avvocato, dottore di ricerca in diritto ed economia dell'ambiente, Università degli Studi di Bari Aldo Moro

L'energia geotermica nel Diritto Privato delle Energie Rinnovabili

- Energia Geotermica:
l'alternativa tra le energie alternative
- L'inquadramento dell'Energia
geotermica nel Diritto Ambientale
- Risvolti civilistici sulla natura del bene
e sul condominio



1 Energia Geotermica: l'alternativa tra le energie alternative.

Come ben noto, negli ultimi decenni, la sfrenata corsa all'accaparramento del petrolio ha portato, oltre ad un'inevitabile crisi ambientale, al sicuro e prossimo esaurimento dei combustibili fossili. La consapevolezza della gravità della "questione ambientale", di conseguenza, ha comportato un cambiamento dell'innovazione tecnologica concentrato, non più sulla mera "quantità" della produzione energetica ma sulla "qualità" della stessa.

La politica ambientale planetaria ha, dunque, incentivato, in maniera incalzante, l'aumento dell'incidenza delle energie alternative all'interno della produzione mondiale di energia, generando, parallelamente, un nuovo mercato concentrato sulla costruzione, sulla gestione e sullo smaltimento di nuovi impianti destinati alla produzione energetica da fonti rinnovabili.

Soprattutto grazie agli incentivi del "Conto Energia", a partire dagli ultimi anni del secolo scorso, le nostre campagne, i nostri agglomerati industriali ed i nostri tetti, si sono riempiti di pannelli volti a "catturare" l'energia del sole, nonché di "giganti di metallo" che sfruttano l'energia del vento.

Tale circostanza si è verificata, in gran parte, a causa degli investimenti di grandi gruppi nazionali e stranieri nel nostro territorio, ma anche di quelli effettuati da piccoli risparmiatori e imprese agricole, che hanno tentato di incrementare i loro guadagni, attratti da una campagna divulgativa incessante, sulle prospettive di ricchezza garantite da eolico e fotovoltaico.

Sebbene, in considerazione della natura di fonte rinnovabile dell'energia solare ed eolica, questa circostanza rappresenti un bene per l'ambiente, oltre che un vantaggio economico per chi abbia investito, la stessa può creare non pochi problemi in merito all'

1 Il Conto Energia è stato introdotto nel nostro ordinamento con il d. lgs. 387/2003 che recepiva la Direttiva 2001/77/CE. Il primo intervento di questo programma è stato inserito nel nostro ordinamento dai decreti attuativi del 28 luglio 2005 e del 6 febbraio 2006, seguito dal secondo Conto Energia (D.M. del 19 febbraio 2007), dal terzo (D.M. 6 agosto 2010) e dal quarto (D.M. 05/05/2011). Infine con il D.M. 5 luglio 2012 è entrato in vigore il quinto e ultimo Conto Energia. Questo è stato il quinto intervento di un programma europeo di incentivazione della produzione di energia da impianti fotovoltaici promosso dall'Unione Europea. L'incentivo connesso consiste in un contributo economico direttamente proporzionale alla quantità di energia prodotta in un determinato arco temporale. A seconda della tipologia e della quantità di energia prodotta, tali contributi variano fino ad un determinato tetto massimo.

entropia ambientale², con l'inquinamento che potrebbe derivare dallo smaltimento delle componenti degli impianti e, soprattutto, relativamente alla tutela del paesaggio che rappresenta, in un'accezione locale, l'ambiente.

Bisogna, infatti, considerare che, dal punto di vista meramente paesaggistico, gli impianti solari ed eolici sono distribuiti in maniera maggiormente ramificata rispetto agli impianti di produzione energetica che sfruttano le c.d. fonti classiche, ossia quelle fossili.³ Al fianco delle due tipologie di impianti destinati alla produzione energetica da fonti rinnovabili fin ora considerati (solare ed eolico), è presente, tuttavia, un'altra metodologia per ottenere "energia pulita", anche in accezione domestica, che non crea alcun problema al paesaggio: l'energia geotermica⁴.

È, infatti, chiaro che, oltre che per mezzo delle centrali geotermiche, l'energia della terra, attraverso i principi della geotermia, può essere sfruttata per tramite di impianti domestici che, con l'utilizzo di un circuito di "sonde geotermiche" di prelievo, può provvedere al fabbisogno energetico.

Anche agli impianti destinati alla produzione energetica da energia geotermica, infatti, sono rivolte una serie di agevolazioni stanziolate dalla politica ambientale, come ad esempio il ritiro dedicato⁵.

Orbene, in questa sede, non è intenzione approfondire questioni tecniche relative a tale impianto, ma, come lo stesso possa essere una risorsa considerevole nel mercato delle energie rinnovabili, attraverso la giusta interpretazione giuridica.

*per la vendita dell'energia elettrica immessa in rete, in alternativa ai contratti bilaterali o alla vendita diretta in borsa. Consiste nella cessione dell'energia elettrica immessa in rete al Gestore dei Servizi Energetici – GSE S.p.A. (GSE), che provvede a remunerarla, corrispondendo al produttore un prezzo per ogni kWh ritirato." V. www.gse.it. Il ritiro dedicato è, infatti rivolto a impianti di: "potenza apparente nominale inferiore a 10 MVA alimentati da fonti rinnovabili, compresa la produzione imputabile delle centrali ibride; potenza qualsiasi per impianti che producano energia elettrica dalle seguenti fonti rinnovabili: eolica, solare, geotermica, del moto ondoso, maremotrice, idraulica (limitatamente agli impianti ad acqua fluente)". V. www.gse.it. Sul punto, inoltre, cfr. FAGGARIO, *Raccolta delle più importanti FAQ, in Imprese ed energie rinnovabili: adempimenti burocratici e trattamento fiscale*, consultabile sul sito: http://clienti.euroconference.it/download/masterbreve/2011-2012/03_giornata/monotematica/dispensa/Dispensa_terza_giornata_-_sezione_monotematica.pdf.*

2 Sul punto cfr. G. TUCCI e R. LOMBARDI, *L'impatto ambientale degli impianti per la produzione di energie alternative e il regime della responsabilità civile*, in G. NAPOLITANO e A. ZOPPINI (A CURA DI), *Annuario di diritto dell'energia 2013. Regole e mercato delle energie rinnovabili*, Bologna, 2013, p. 202-204.4.

3 In tal senso cfr. F. GUELLA, *Modelli di disciplina delle energie rinnovabili a livello sovranazionale. Dagli obiettivi programmatici del diritto internazionale alla regolamentazione "dettagliata" nell'integrazione europea*, in F. CORTESE, F. GUELLA e G. POSTAL (a cura di), *Il regolamento della produzione di energie rinnovabili nella prospettiva dello sviluppo sostenibile. Sistemi giuridici comparati, dal livello sovranazionale al locale*, Trento, 2013, p. 34.

4 "Nel mese di giugno si è toccato un traguardo simbolico: la produzione mensile di elettricità è stata coperta per il 50,5 per cento da fonti di energia rinnovabile. Era dagli anni Sessanta che non accadeva, ma rispetto ad allora il quadro è radicalmente cambiato. All'epoca era l'idroelettrico a farla da padrone e la produzione annua totale di energia elettrica era circa un terzo di quella attuale. Nei primi sei mesi del 2016, l'idroelettrico ha rappresentato il 39 per cento della produzione rinnovabile, seguito da fotovoltaico (21 per cento), eolico (19 per cento), biomasse (16 per cento) e il 5 per cento da geotermia." N. CUSUMANO, F. PONTONI e A. SILEO, *Energia da fonti rinnovabili: il sorpasso è storico*, pubblicato in *lavoce.info*.

5 "Il ritiro dedicato è una modalità semplificata a disposizione dei produttori

2

L'inquadratura dell'Energia Geotermica nel Diritto Ambientale.

Dal punto di vista meramente pratico, inquadrare gli impianti destinati alla produzione di energia geotermica, tra quelli che producono energia rinnovabile, comporta una serie di vantaggi considerevoli.

È d'uopo considerare, quindi, cosa il nostro ordinamento intenda per energie rinnovabili.

Ai sensi dell'art. 2, comma 1, lett. a) del D. Lgs. 29 dicembre 2003 n. 387⁶, si intendono fonti energetiche rinnovabili quelle non fossili (eolica, solare, **geotermica**, del moto ondoso, maremotrice, idraulica, biomasse, gas di discarica, gas residuati dai processi di depurazione e biogas).

Appare evidente, dunque, come il legislatore italiano enunci una serie di fonti di energia che, a differenza di quelle classiche basate sullo sfruttamento di materiali fossili, non hanno rilievo come fattore di impatto ambientale, ma che diano la possibilità di ottenere produzione energetica riducendo gli elementi inquinanti e garantendo, in tal modo,

la tutela ad un ambiente salubre e, di conseguenza, il diritto alla salute costituzionalmente garantito⁷.

Il Gestore dei Servizi Elettrici, inoltre, fornisce un'utile catalogazione delle fonti differenziando tra fonti programmabili e non programmabili⁸.

Tale distinzione pone alla base la possibilità di reperirle o meno in base all'immediata richiesta.

Sono programmabili, evidentemente, gli impianti idroelettrici, R.S.U., biomasse ecc.; secondo il G.S.E., rientrano, invece, in quelli non programmabili gli impianti idroelettrici fluenti, eolici, **geotermici**, fotovoltaici e biogas.

Altra distinzione spesso considerata, è quella tra le fonti rinnovabili "classiche", idroelettrica e **geotermica**, e quelle "nuove" che includono l'energia solare, quella eolica e quella rinveniente dal ciclo di smaltimento dei rifiuti⁹.

Al solo fine di ottenere una definizione tecnicamente corretta, si può fare riferimento alla definizione di fonti rinnovabili fornita dall'ingegneria energetica, la quale le fa coincidere con "quelle forme di energia che per loro caratteristica intrinseca si rigenerano

7 Il primo comma dell'art. 32 Cost. così dispone: "La Repubblica tutela la salute come fondamentale diritto dell'individuo e interesse della collettività, e garantisce cure gratuite agli indigenti". A riguardo del diritto alla salute, ed in particolare sul rapporto tra salute e mutamenti climatici cfr. M. E. GRASSO, *Il mutamento climatico e il diritto alla salute*, Milano, 2012.; C. PETRINI, *Bioetica, ambiente, rischio: evidenze, problematicità, documenti istituzionali nel mondo*, Catanzaro, 2003 p. 9 e ss.; P. PERLINGIERI, *Il diritto civile nella legalità costituzionale secondo il sistema italo-comunitario delle fonti*, Napoli, 2006, p. 728 e ss.; E. AL MUREDEN, *Principio di precauzione, tutela della salute e responsabilità civile*, Bologna, 2008 p. 27 e ss.; R. SALOMONE, *Principi generali del diritto penale ambientale*, in P. D'AGOSTINO e R. SALOMONE, *Trattato di diritto penale dell'impresa*, Vol. IX, Padova, 2011, p. 171 e ss. In particolare, sull'esplicazione del diritto alla tutela dell'ambiente attraverso il diritto alla salute, anche per tramite delle sentenze della Corte di Cassazione del 9 marzo 1979, n. 1463 e del 6 ottobre 1979, n. 5172 cfr. D. AMIRANTE, *Profili di diritto costituzionale dell'ambiente*, in P. DELL'ANNO, *Trattato di diritto dell'ambiente*, Vol. I, Milano, 2012, p. 239 e ss.

8 V. www.gse.it; a tal riguardo cfr. A. TRAVERSO, *Fonti rinnovabili, concetto di FER e ricerca di nuove fonti*, in F. ARECCO e G. DALL'O', *Energia sostenibile e fonti rinnovabili soluzioni tecniche, economiche, giuridiche*, Milano, 2012, p. 125-127; E. GRIPPO, F. MANCA, *Manuale Breve di Diritto dell'energia*, p. 239 e ss. cit..

9 A tal riguardo cfr. A. TRAVERSO, *Fonti rinnovabili, concetto di FER e ricerca di nuove fonti*, in F. ARECCO e G. DALL'O', *Energia sostenibile e fonti rinnovabili soluzioni tecniche, economiche, giuridiche*, cit., p. 126.

6 D. Lgs. 29 dicembre 2003 n. 387 – "Decreto di attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità". A tal riguardo Cfr. E. GRIPPO, F. MANCA, *Manuale Breve di Diritto dell'energia*, Milano, 2008, p. 239 e ss.; C. PASQUALINI SALSA, *Manuale di Diritto ambientale*, Rimini, 2011, Edizione XXVII, p. 475 e ss.

o non sono esauribili nella scala dei tempi umani e il cui utilizzo non pregiudica le risorse naturali per le generazioni future.”¹⁰

Diverso è, invece, il concetto di energia sostenibile;¹¹ tale caratteristica è, infatti, attribuita alla produzione energetica compatibile con il principio dello sviluppo sostenibile¹², in altre parole, riguardante “l’aspetto dell’efficienza degli usi energetici”¹³.

Anche se non esiste una definizione universalmente riconosciuta di fonti rinnovabili di energia¹⁴, si può asserire che, per queste,

10 A. TRAVERSO, *Fonti rinnovabili, concetto di FER e ricerca di nuove fonti*, in F. ARECCO e G. DALL’O’, *Energia sostenibile e fonti rinnovabili soluzioni tecniche, economiche, giuridiche*, Milano, 2012, p. 125. Una definizione di energie rinnovabili che completa quella appena descritta è: “forme di energia prodotte da fonti che o si rigenerano almeno con la stessa velocità alla quale si consumano o non sono esauribili nella scala dei tempi umani, sì che il loro uso non pregiudica le risorse naturali delle generazioni future”. S. LANDINI, *Energie rinnovabili e sostenibilità ambientale*, in M. PENNASILICO (a cura di), *Manuale di “diritto civile dell’ambiente”*, Napoli, 2014, p. 127.

11 Sul rapporto tra energia e sviluppo sostenibile cfr. S. QUADRI, *Energia Sostenibile, Diritto Internazionale, dell’Unione europea e interno.*, Torino, 2012, p. 1-70.

12 “Lo sviluppo sostenibile è uno sviluppo che soddisfa i bisogni del presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri”. Così era stato definito tale principio nel rapporto Brundtland anche noto col nome di “Our Common Future”. Questo è un documento del 1987 venuto alla luce grazie alla Commissione mondiale sull’ambiente e lo sviluppo (WCED). A riguardo cfr. C. VIDETTA, *Lo sviluppo sostenibile dal diritto internazionale al diritto interno*, in M. FERRARA e A. SANDULLI, *Trattato di diritto dell’ambiente*, Vol. I, Milano, 2014, p. 221 e ss.; P. DELL’ANNO, *Trattato di diritto dell’ambiente*, Volume I, Milano, 2012, p. 37 e ss.; S. MAGLIA, *Diritto ambientale*, Milano, 2011, p. 22-23; F. FRACCHIA, *Lo sviluppo sostenibile*, Roma, 2010, p. 24 e ss.; M. ALBERTON e M. MONTINI, *Le novità introdotte dal Trattato di Lisbona per la tutela dell’ambiente*, in *Rivista giuridica dell’ambiente*, 2008, p. 506 e ss. Sul principio dello sviluppo sostenibile nella sua interazione con i principi di solidarietà sociale, equità intergenerazionale e integrazione dell’interesse ambientale, si veda, anche per ulteriori indicazioni, M. PENNASILICO, *Fonti e principi del “diritto civile dell’ambiente”*, in Id. (a cura di), *Manuale di diritto civile dell’ambiente*, cit., p. 22 ss.; Id., *Sostenibilità ambientale e riconcettualizzazione delle categorie civilistiche*, ivi, p. 34 ss.; Id., *Sviluppo sostenibile e solidarietà ambientale*, ivi, p. 49 ss. Sulle fonti del diritto europeo e lo sviluppo sostenibile, magistrale analisi in P. PERLINGIERI, *Il diritto civile nella legalità costituzionale secondo il sistema italo-comunitario delle fonti*, Napoli, 2006, p. 523 e ss.

13 C. PASQUALINI SALSA, *Manuale di Diritto ambientale*, cit., p. 475 e ss.

14 In tal senso cfr. G. BROCCOLI, E. VENTRELLA, *Energie rinnovabili – Disciplina sistematica*, in G. ROTA, *Ambiente, Seconda edizione*, Tomo I, Torino, 2012, p. 479;

bisogna intendere fonti di produzione energetica caratterizzate dalla presunta inesauribilità degli elementi di cui si servono per la generazione di energia e, ai fini del presente lavoro, che, l’energia geotermica rappresenta una fonte di energia rinnovabile, classificabile come “classica” e “non programmabile”.

G. AZZARETTO, *Il contributo compensativo per il mancato uso alternativo del territorio per i nuovi impianti di produzione di energia elettrica*, in G. BONARDI e C. PATRIGNANI, *Energie alternative e rinnovabili*, Milano, 2010, p. 244; C. PASQUALINI SALSA, *Manuale di diritto ambientale*, cit., p. 475.

Risvolti civilistici sulla natura del bene e sul condominio.

Affrontando sotto il profilo del diritto civile la disciplina degli impianti destinati alla produzione di energia geotermica, non si può prescindere dall'analisi dell'inquadramento degli stessi nel *genus* dei beni mobili o in quello dei beni immobili, argomento spinoso per la dottrina che, ha approfondito in maniera rilevante il tema, ma, quasi esclusivamente a riguardo degli impianti fotovoltaici¹⁵.

15 A tal riguardo cfr. A. JANNARELLI, *Commentario del codice civile*, Libro terzo, Torino, 2012, p. 22 e ss.; L. BALESTRA, *Proprietà e diritti reali*, Volume I, Torino, 2011, p. 127 e ss.; A. GAMBARO, *I beni*, in A. CICU, F. MESSINEO e L. MENGONI (già diretto da) P. SCHLESINGER (continuato da), *Trattato di diritto civile e commerciale*, Milano, 2012, p. 115 e ss.; C. PACILIO, G. CASSANO, *Proprietà e diritti reali*, Milano, 2008, p. 11 e ss.; P. CENDON, *Commentario al Codice Civile*, artt. 810 – 951, Milano, p. 28 e ss.; V. ZENO ZENCOVIC, *Voce Cosa*, in *Dig. Disc. Priv.*, Edizione IV, Torino, 1989; S. PUGLIATTI, *Beni e cose in senso giuridico*, in *Id.*, *Scritti Giuridici*, Vol. IV, Milano, 2011, p. 429 ss.; A. VESTO, *I beni dall'appartenenza egoistica alla fruizione solidale*, Torino, 2014. Sulla natura di bene immobile cfr. L. DI RUSSO, *Diritto di superficie e locazione nella realizzazione di impianti fotovoltaici*.

Spesso, infatti, tale classificazione-distinzione è posta alla base, non solo degli atti relativi ai modi di acquisto, di trasferimento e della pubblicità degli stessi ma, soprattutto, della regolamentazione normativa e fiscale degli impianti. A tal fine, è d'uopo interpretare la natura dell'impianto considerato, prendendo in considerazione il dettato normativo del nostro codice civile, il quale all'art. 812 così dispone: “Sono beni immobili il suolo, le sorgenti e i corsi d'acqua, gli alberi, gli edifici e le altre costruzioni, anche se unite al suolo a scopo transitorio, e in genere tutto ciò che naturalmente o artificialmente è incorporato al suolo. Sono reputati immobili i mulini, i bagni e gli altri edifici galleggianti quando sono saldamente assicurati alla riva o all'alveo e sono destinati ad esserlo in modo permanente per la loro utilizzazione. Sono mobili tutti gli altri beni.”

Parte della dottrina, inoltre, segue il criterio funzionale, che inserisce nella categoria dei beni immobili quelli che: “possono essere utilizzati in relazione ad un luogo determinato. Sono dunque beni immobili i beni suscettibili di utilizzazione permanente o duratura nel luogo in cui si trovano.”¹⁶.

In buona sostanza, per comprendere se un bene è mobile o immobile, bisogna capire se lo stesso perde o meno la propria funzionalità se disancorato dal suolo.

Ai fini del nostro discorso, nonostante non sia diffusa letteratura giuridica specifica sulla natura degli impianti geotermici domesti-

Profili civilistici e fiscali., in *Diritto civile e commerciale*, pubblicato su <http://www.diritto.it/docs/36190-diritto-di-superficie-e-locazione-nella-realizzazione-di-impianti-fotovoltaici-profilo-civilistici-e-fiscali?page=1>, secondo il quale: “Ad oggi non vi sono, pertanto, dubbi sulla circostanza che un pannello fotovoltaico, unito seppur temporaneamente ad una base ancorata al suolo, non possa che assumere la qualità di bene immobile proprio per il predetto legame funzionale che si instaura tra pannello, struttura e suolo”; in tal senso, cfr. anche A. BUSANI, *Ma...la Tour Eiffel è un bene mobile? (Riflessioni sulla natura immobiliare dell'impianto fotovoltaico)*, in *Notariato*, 2011, p. 314, secondo il quale: “il pannello una volta incorporato alla sua struttura di sostegno, assume, senza dubbio natura immobiliare”. A riguardo della natura di beni mobili è, invece, utile consultare: E. RUBINI, *Sulla natura mobile o immobile degli impianti fotovoltaici*, in G. NAPOLITANO e A. ZOPPINI, *Annuario di diritto dell'energia 2013. Regole e mercato delle energie rinnovabili.*, cit., p. 247-261; G. TUCCI, *Impianti fotovoltaici e garanzie sui beni dell'azienda*, in *Rivista di diritto privato*, 1, anno XV 28, Bari, p. 34 – 40; C. CALIA, *Contratto di locazione di terreni e impianti fotovoltaici*, in *Immobili & Proprietà*, Gennaio 2010, Milano, p. 34 e ss.; G. BELLÌ, *A Proposito degli impianti fotovoltaici: tra indici di immobilità, collegamento funzionale al suolo e disponibilità delle aree di installazione.*, Milano, 2013, Volume 2, p. 152 – 155; M. L. MATTIA, *Alcune questioni civilistiche connesse alla realizzazione di un impianto fotovoltaico: prime note*, Studio n. 221-2011/C, approvato dalla Commissione Studi Civilistici il 14 luglio 2011, pubblicato in www.notariato.it, p. 3-10.

16 M. COSTANTINO, *La disciplina dei beni. Beni immobili e beni mobili*, in P. RESCIGNO (diretto da), *Trattato di diritto privato*, Torino, 2005, p. 71 e ss.

ci, può sostenersi, interpretando gli studi effettuati sugli impianti fotovoltaici, che quelli geotermici sono qualificabili come beni immobili, dato che costituiscono impianti infissi al suolo e, se ne venissero asportati, la propria autonomia sarebbe compromessa. A conferma di questa teoria si è espressa anche la Cassazione,¹⁷ secondo la quale, parte integrante di una cosa è quella che, costituendo elemento essenziale della sua esistenza, assurge a requisito della sua struttura; occorre all'uopo che le due cose vengano ad unificarsi materialmente in modo tale che la cosa incorporata perda la propria autonomia fisica e giuridica, tanto da rendere impossibile una sua separazione senza la contemporanea dissoluzione o la sostanziale alterazione del tutto.

Comprendere la natura di bene immobile degli impianti, oltre che per le generiche necessità sopra evidenziate (pubblicità giuridica e regolamentazione fiscale) è importante anche ai fini del principio dell'accessione.

L'accessione al suolo¹⁸ è, infatti, un modo d'acquisto a titolo originario della proprietà che presuppone l'unione di beni appartenenti a diversi proprietari.

Ai sensi dell'art. 934 del codice civile, dunque, *“qualunque piantagione, costruzione od opera esistente sopra o sotto il suolo appartiene al proprietario di questo, salvo quanto è disposto dagli artt. 935, 936, 937 e 938 e salvo che risulti diversamente dal titolo (952 e seguenti) o dalla legge (975-3, 986-2, 1150-5, 1593)”*. Perché avvenga l'accessione, è necessaria la coesione materiale di due o più beni, *“in modo che il bene incorporato perda la sua autonomia fisica e giuridica tanto da rendere impossibile la separazione”*¹⁹.

Interpretando l'istituto dell'accessione, nell'applicazione alla fattispecie dell'installazione dell'impianto geotermico su fondo altrui, bisogna effettuare, in primo luogo, una considerazione in merito all'incorporazione dello stesso al suolo, di conseguenza, se lo si intende come bene immobile, lo stesso diventerà di proprietà del titolare del suolo sul quale è installato.

Altra questione rilevante, analizzabile secondo la qualificazione di energia rinnovabile dell'energia geotermica, riguarda le agevolazioni per la diffusione degli impianti all'interno della normativa sul condominio²⁰.

Il D. Lgs. 311/2006²¹, infatti, modificando la L. n. 10 del 1991, ha agevolato la certificazione energetica e incentivato la diffusione di impianti autonomi, volti ad incrementare il risparmio energetico nelle abitazioni.

Il D. Lgs. n. 115 del 2008, inoltre, ha introdotto premi di cubatura ed agevolazioni edilizie, nonché, la semplificazione della procedura amministrativa volta alla installazione di IAFR²², nel particolare di impianti di modeste dimensioni, per l'autonomia energetica dei condomini²³.

Sul tema, tuttavia, le modifiche

(a cura di), *Manuale di “diritto civile dell'ambiente”*, cit., p.133 e ss.

²¹ D. Lgs. 29 dicembre 2006, n. 311 - “Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia”, pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* n. 26 del 1 febbraio 2007 - Supplemento ordinario n. 26/L.

²² Letteralmente “Impianti Alimentati da Fonti Rinnovabili”.

²³ In tal senso R. Fuzio, *Immissioni, diritti di vicinato, energie rinnovabili e condominio*, in AA. VV., *Energie rinnovabili e compatibilità ambientale*, Rimini, 2009, p. 183-184.

¹⁷ Cass. 7 aprile 1970 n. 962, in *Rep. foro it.*, 1970, v. Pertinenze, n. 4, 1642.

¹⁸ Sull'accessione cfr. C. PACILLO, *Proprietà e diritti reali*, Torino, 2008, p. 143-147; F. CARINGELLA, *Proprietà e diritti reali*, in, *Studi di diritto civile*, Volume II, Milano, 2007, p. 13-16; M. PARADISO, *L'accessione al suolo*, in *Il codice civile. Commentario*, diretto da P. SCHLESINGER, artt. 934-938, Milano, 1994, p. 15 e ss.

¹⁹ G. TUCCI, *Impianti fotovoltaici e garanzie sui beni dell'azienda*, in *Rivista di diritto privato*, cit., p. 41.

²⁰ Cfr. G. BONNI, *Condominio negli edifici e risparmio energetico*, in M. PENNASILICO

più rilevanti sono state, senza dubbio, effettuate dalla Legge 11 dicembre 2012 n. 220²⁴ la c. d. Riforma del Condominio, che con i suoi 32 articoli ha modificato gli artt. 1117 c.c. e ss²⁵.

In tema di energie, questa riforma, introduce, infatti, attraverso l'art. 5 che modifica l'art. 1120 c.c., la possibilità di installare, all'interno del condominio, impianti per la produzione di energia eolica, solare o comunque da fonte rinnovabile, con una maggioranza meno elevata di quella prevista in precedenza dal codice²⁶.

L'art. 7, introduce nel codice l'art. 1122-bis, il quale, si occupa degli impianti individuali dei singoli condomini.

Ai sensi di questo dettato normativo, quindi, *“è consentita l'installazione di impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili destinati al servizio di singole unità del condominio sul lastrico solare, su ogni altra*

*idonea superficie comune e sulle parti di proprietà individuale dell'interessato. Qualora si rendano necessarie modificazioni delle parti comuni, l'interessato ne dà comunicazione all'amministratore indicando il contenuto specifico e le modalità di esecuzione degli interventi. L'assemblea può prescrivere, con la maggioranza di cui al quinto comma dell'articolo 1136, adeguate modalità alternative di esecuzione o imporre cautele a salvaguardia della stabilità, della sicurezza o del decoro architettonico dell'edificio e, ai fini dell'installazione degli impianti di cui al secondo comma, provvede, a richiesta degli interessati, a ripartire l'uso del lastrico solare e delle altre superfici comuni, salvaguardando le diverse forme di utilizzo previste dal regolamento di condominio o comunque in atto.”*²⁷

L'assemblea dei condomini, quindi, seppur con un *quorum* deliberativo piuttosto elevato²⁸, può prescrivere modalità alternative di esecuzione o cautele in merito a sicurezza o decoro, ma non può impedire l'installazione dell'impianto di produzione energetica. In aggiunta, a maggior tutela del condominio, lo stesso comma 3 dell'art. 1122-bis c.c. aggiunge: *“l'assemblea, con la medesima maggioranza, può altresì subordinare l'esecuzione alla prestazione, da parte dell'interessato, di idonea garanzia per i danni eventuali”*.

In virtù di quanto finora descritto, attraverso un'interpretazione orientata ad i principi costituzionali, nonché a quelli europei ed internazionali del diritto all'ambiente, risulta evidente, come, il movente del legislatore, nell'effettuare tale intervento normativo, volto alla diffusione di IAFR, soprattutto, nella parte in cui riconosce la possibilità per il singolo di installare tali impianti sul bene soggetto a comunione, sia da riscontrarsi nella volontà di tutelare un interesse pubblico.

Non stupisce, dunque, che la c. d. *“riforma del condominio”*, abbia previsto un dettame tanto sbilanciato a favore della diffusione della produzione energetica da fonti rinnovabili e del risparmio energetico, a discapito degli interessi soggettivi degli altri condomini.

24 L. 11 dicembre 2012, n. 220 – “Modifiche alla disciplina del condominio negli edifici”. (12G0241) (GU n.293 del 17-12-2012). Entrata in vigore del provvedimento: 18/06/2013.

25 A riguardo cfr. A. NICOLETTI e A. CELESTE, *Tecnologia e informatica nel nuovo condominio Impianti, sicurezza, internet, privacy*, Rimini, 2013, p. 167 e ss.; G. CASSANO, *Manuale pratico del nuovo condominio*, Rimini, 2013, p. 76 e ss.; nonché il sito internet del Parlamento Italiano all'indirizzo <http://leg16.camera.it/561?appro=503>.

26 L'inserimento di IAFR è, infatti, adottabile con la maggioranza ridotta prevista dall'art. 1136 c.c., ossia, con la maggioranza degli intervenuti e almeno la metà del valore millesimale dell'edificio.

27 Art. 1122 bis c.c. comma 2 e 3.

28 Infatti, così prevede l'art. 1136 c.c. comma 5: *“le deliberazioni di cui all'articolo 1120, primo comma, e all'articolo 1122-bis, terzo comma, devono essere approvate dall'assemblea con un numero di voti che rappresenti la maggioranza degli intervenuti ed almeno i due terzi del valore dell'edificio.”*

DISEGNATA DAL VENTO

PERFORMANCE IN OGNI DETTAGLIO



Consumi ciclo combinato (l/100km) 8,5. Emissioni CO₂ (g/km) 198.

VIENI IN CONCESSIONARIA A SCOPRIRE LE CONDIZIONI VANTAGGIOSE RISERVATE AGLI ISCRITTI ALL'ALBO.

ALFA ROMEO **GIULIA**

La meccanica delle emozioni



Da 30 anni il nostro obiettivo è la vostra sicurezza

Incofil Tech nasce nel 1985 come azienda all'avanguardia nel settore delle funi in acciaio per applicazioni industriali e forestali.

L'esperienza acquisita ha consentito all'azienda di diversificare negli anni i propri campi di intervento, specializzandosi nei sistemi di **consolidamento dei versanti e di protezione contro masse rocciose instabili e valanghe**, ricercando tecnologie sempre più evolute. **Incofil Tech** è specializzata anche nei settori del **sollevamento in campo industriale e forestale** e nell'impiego di prodotti in acciaio inox in **architettura urbana e abitativa**.

Le certificazioni acquisite sono l'impegno che l'azienda prende nei confronti di partner e clienti, ai quali mette a disposizione la propria esperienza.



incofiltech
Soluzioni in acciaio per la vostra sicurezza

Via degli Artigiani, 52 Z.I.
38057 Pergine Valsugana (TN) Loc. Ciré - Zona industriale
tel +39 0461 534000 - fax +39 0461 533888
info@incofil.com - www.incofil.com

