

GEOLOGIA

TECNICA & AMBIENTALE



CONSIGLIO NAZIONALE
DEI GEOLOGI

**Estratto del
focus**

**CONGRESSO
DEI GEOLOGI
ITALIANI 2024
"TERRA! SFIDE,
INNOVAZIONI E
PROSPETTIVE"**

**di Filippo
Cappotto**

Sottocontrollo

Foto: Arianna Pesci - Elaborazione: Codevintec

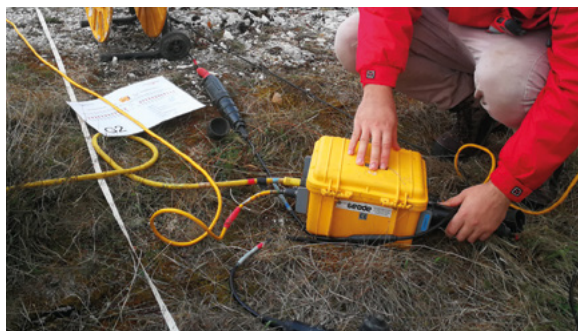


Foto: CGT - Siena

Strumenti – anche a noleggio – per: monitoraggio sismico

- > esplorazione faglie sismiche
- > strong motion, monitoraggio infrastrutture
- > microzonazione sismica

gallerie, ponti, viadotti

- > analisi deformazioni o cedimenti
- > ricerca di vuoti, ammaloramenti, distacchi

studio del sottosuolo

- > indagini geosismiche
- > monitoraggio versanti in frana

Tecnologie



Seleziona il link!



CODEVINTEC

Tecnologie per le Scienze della Terra e del Mare

Codevintec rappresenta anche:

 nanometrics

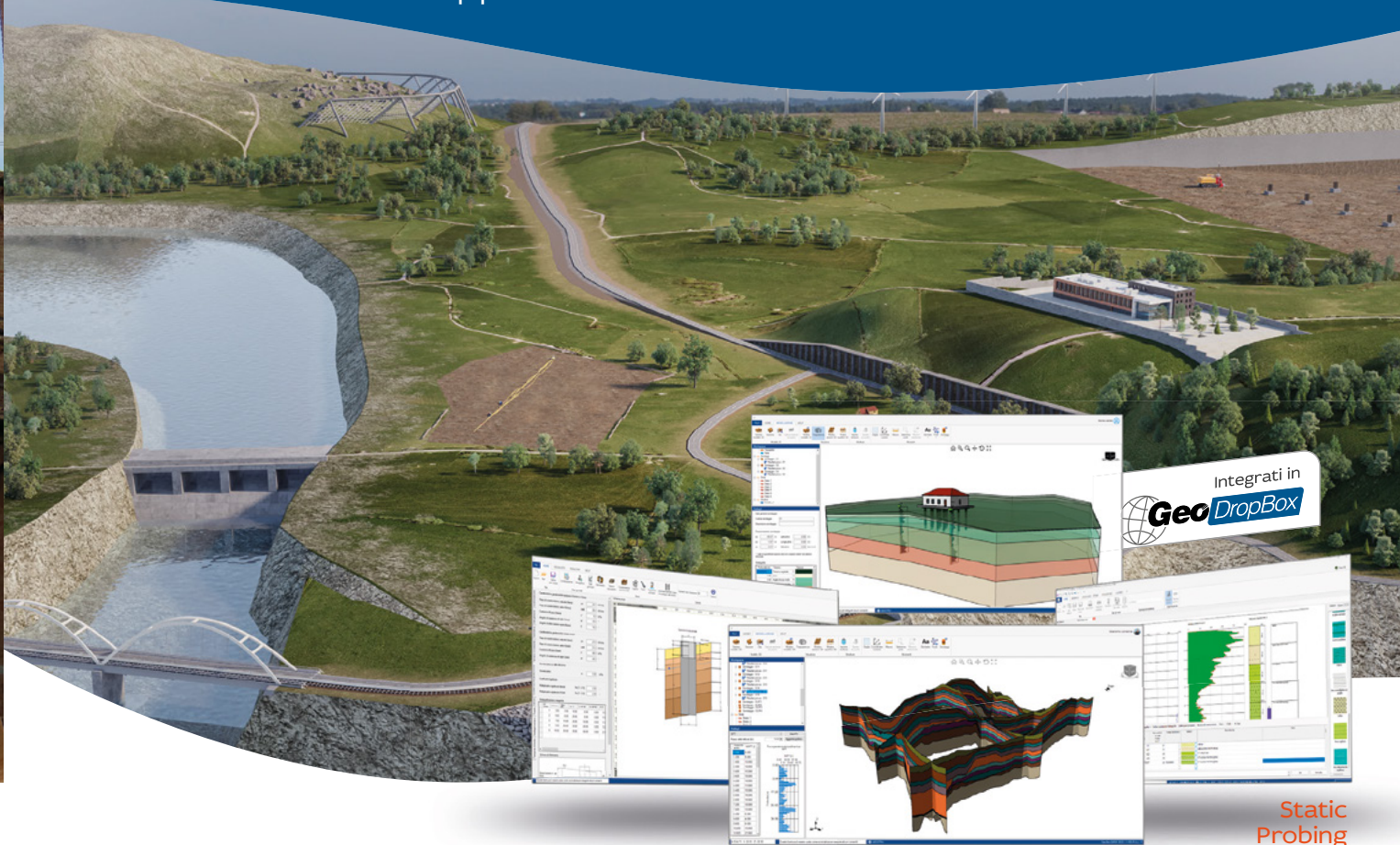
 **GEOMETRICS**
Simplify your search

tel. +39 02 4830.2175 | info@codevintec.it | www.codevintec.it

SCEGLI IL PARTNER GIUSTO PER LA TUA PROFESSIONE



Sviluppiamo software di successo a livello mondiale.



GEOSTRU TI OFFRE I SOFTWARE PIÙ POTENTI ED AFFIDABILI.

Produciamo software di successo a livello mondiale per numerosi settori professionali. I nostri software sono caratterizzati da un costo molto competitivo e da una qualità garantita da oltre 48.000 installazioni in più di 145 paesi nel mondo. I prodotti GEOSTRU sono caratterizzati da un'estrema 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 anche in formato AGS. Tutti i prodotti sono pienamente compatibili con Normativa Italiana (NTC) e gli Eurocodici.

Guadagna con Geostru, ora puoi avere dei crediti nel tuo account che ti consentono di risparmiare sui tuoi prossimi acquisti.

Scarica gratuitamente la copia omaggio del libro *Terrae motus*, conoscere per prevenire.

Coupon di sconto del 100%



(<https://www.geostru.eu/shop/book/terrae-motus-conoscere-per-prevenire/>)

GM3D

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

SERVIZI GRATUITI PER I NOSTRI CLIENTI

alla pagina: geoapp.geostru.eu

Corsi certificati in collaborazione con GoMeeting.

Visita il sito www.gomeeting.eu

NUOVI SOFTWARE E SERVIZI

- Nuove versioni Geostru 2025
- Risposta sismica locale 1D, 2D
- GFAS (Geotechnical and F.E.M. Analysis System)
- GeoDropbox 2025 (geodropbox.com)
- GeoApp 2025 - Oltre 10 applicazioni aggiunte di recente (<https://geoapp.geostru.eu>)
- GeoStru 365
- Resistenza di progetto di fondazioni con il metodo pressiometrico e penetrometrico: PQL
- Soil Nailing Analysis: SNL
- Geobuild (Innovazione e Interoperabilità nella progettazione)
- Well Foundation (Progettazione e calcolo pozzi strutturali)
- GM3D (Modellazione Geologica/Geotecnica, 3D, BIM)
- RPD (Road Pavement Design)
- DeepFound (Analisi platee Pilate)

Software, risorse, info, servizi e offerte sul nostro sito:

www.geostru.eu/it



L'inquinamento
ambientale minaccia
il futuro dei nostri figli.
**Noi lavoriamo
per farli crescere
in un pianeta più sano.**

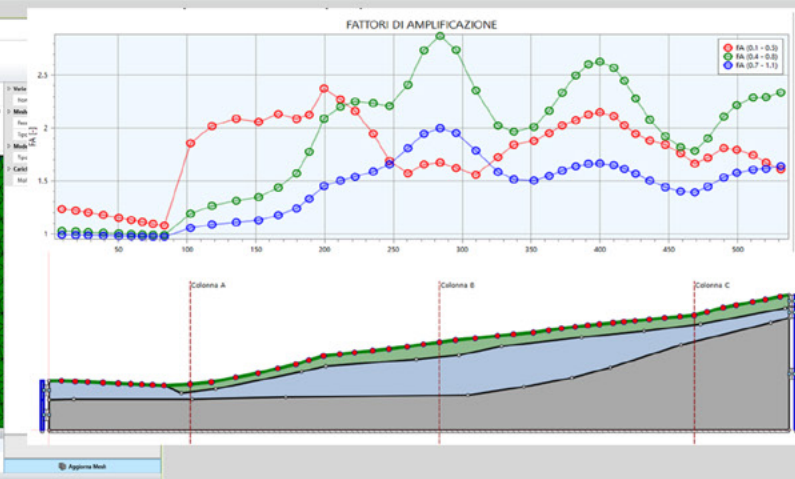
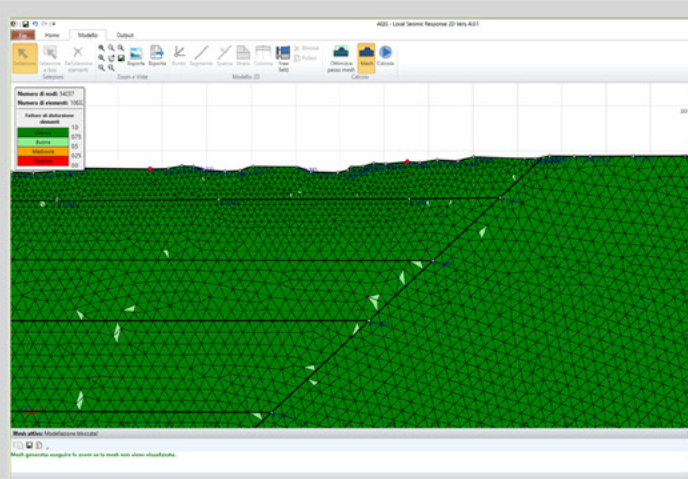
Play

Da oltre 10 anni il nostro impegno è costante nella progettazione di interventi di bonifica che siano economicamente e ambientalmente sostenibili, con l'impiego delle migliori tecnologie offerte dal mercato: **il futuro dei nostri figli è il nostro presente, il nostro impegno è renderlo migliore.**



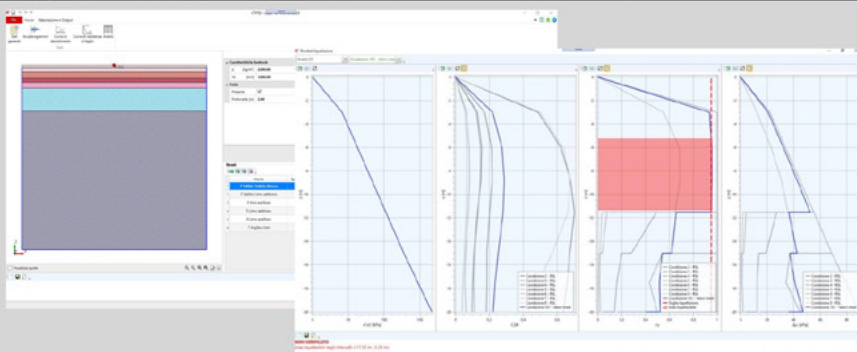
LSR_{2D}

SOFTWARE PER L'ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE 2D

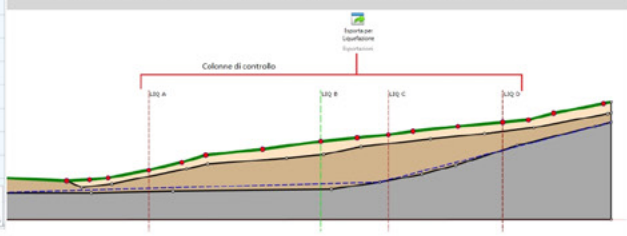


LIQUEFAZIONE[©]

SOFTWARE PER LA VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE
MEDIANTE IL CALCOLO DELLE SOVRAPPRESSIONI INTERSTIZIALI



INTEROPERABILITÀ CON LSR



La sicurezza di grandi performance su ogni terreno.

GEO



Solidità, affidabilità, sicurezza e tutela dell'ambiente sono racchiuse in un design flessibile che rende queste perforatrici in grado di eseguire molteplici indagini e prove, garantendo la massima precisione con un'elevata semplicità di utilizzo. **La nostra idea di innovazione scende in profondità per garantirti le migliori prestazioni.**



Live the
experience on:
comacchio.com



 **COMACCHIO**



IN COPERTINA: foto della scala di Realmonte

Quadrimestrale dell'Ordine Nazionale dei Geologi
N. 2/2024

DIRETTORE RESPONSABILE

Alessandro Reina

CO-DIRETTORI

Domenico Angelone

Rudi Ruggeri

COMITATO DI REDAZIONE

Arcangelo Francesco Violo, Filippo Cappotto, Domenico Angelone, Lorenzo Benedetto, Alessandra Biserna, Giovanni Capulli, Emanuele Emani, Daniele Mercuri, Mario Nonne, Rudi Ruggeri, Domenico Sessa, Paolo Spagna, Fabio Tortorici, Roberto Troncarelli, Valentina Casolini

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, Vincenzo Tripodi

SEGRETERIA DI REDAZIONE

segreteriaapc@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

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

Stampa digitale

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

Questa rivista è disponibile online:

sfogliabile o scaricabile in formato PDF su **cngeologi.it**

È inoltre **disponibile su App Store o Play Store**
scaricando l'App dedicata.

La comunicazione di uscita del nuovo numero viene inviata per
email a tutti gli iscritti.

La rivista ha una distribuzione cartacea destinata agli Ordini
Regionali e ad un numero selezionato di indirizzi istituzionali.

*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 cngeologi.it, nell'area Rivista.

9

l'editoriale

A. Reina

11

il punto del presidente

A.F. Violo

15

la recensione

A. Reina

18

**Congresso Dei Geologi Italiani
2024**

"TERRA! Sfide, Innovazioni e Prospettive"

F. Cappotto

31

**Lo stato dell'arte della risorsa
geotermica nelle zone di Tolfa
e Civitavecchia, Lazio nord-
occidentale, Italia centrale.**

1. Stratigrafia e tettonica

U. Chiocchini

45

**Un approccio alla correlazione
tra SPT e Parametri di
Resistenza al taglio in
sedimenti sabbioso-argillosi**

E. Aiello, F. Amantia Scuderi

57

**La strategicità degli studi
geologici nel Progetto di
Fattibilità Tecnico Economica
del nuovo Codice dei Contratti.**

F. M. Guadagno, V. Simeone, A. F. Violo



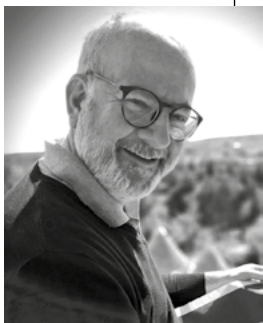
PRATI ARMATI®

contro la desertificazione
e l'erosione dei suoli



Risolviamo i problemi geotecnici, idraulici ed erosivi dei Parchi Fotovoltaici





Alessandro Reina

Direttore Responsabile

In questo periodo si registrano grandi manovre nella geologia italiana sia dal punto di vista della ricerca che della normativa con ricadute sulla professione.

Innanzitutto, si è svolto in Sicilia nella città di Palermo, dal 23 al 25 maggio 2024 il Congresso Nazionale dei Geologi Italiani, di cui si parla ampiamente nel presente numero nell'articolo di Filippo Cappotto (vicepresidente del CNG).

Inoltre, altrettanto da sottolineare è l'importante evento tenutosi a Bari, dal 2 al 5 settembre 2024, del Congresso congiunto della SGI (Società Geologica Italiana) e della SIMP (Società Italiana di Mineralogia e Petrografia) "Geology for a sustainable management of our Planet".

Il congresso si è aperto il 2 settembre con un workshop pubblico dedicato alla divulgazione delle Geoscienze, con ospiti di rilievo internazionale: Christopher Jackson, comunicatore scientifico della BBC, Özlem Adiyaman Lopes, "Senior Manager" dell'"International Geoscience and Geoparks programme of UNESCO", Luigi Bignami, giornalista Focus TV, Emilio Casalini, conduttore di "Generazione Bellezza" RAI3. Nella mattinata del 2 settembre si sono svolti anche il workshop dal titolo "GeoSciences IR. A research infrastructure for geological sciences" e il PhD Day, dal titolo: "From Student to Scholar: the evolution of problem-solving skills in Geoscience PhD candidates".

Le tre giornate congressuali (3, 4, 5 settembre) hanno ospitato 53 sessioni scientifiche con oltre 1200 abstract fra presentazioni orali o poster. Hanno partecipato quasi 1300 iscritti, che hanno partecipato ad un fervido scambio di idee e di risultati di ricerche decisamente importanti per la crescita della conoscenza geologica.

Dal punto di vista della nuova normativa l'art. 29, comma 19, della Legge 29 aprile 2024, n. 56, al fine di rafforzare l'attività di contrasto al lavoro sommerso e di vigilanza in materia di salute e sicurezza sui luoghi di lavoro, ha stabilito che: a decorrere dal 1° ottobre 2024, debbono dotarsi della patente a crediti le imprese e i lavoratori autonomi che operano nei cantieri temporanei o mobili di cui all'art. 89, comma 1, lettera a), del D.Lgs. 81/2008, cioè in qualunque luogo in cui si effettuano lavori edili o di ingegneria civile

Tale obbligo non deve allarmare particolarmente perché sono esclusi dall'ambito di applicazione coloro che effettuano mere forniture o prestazioni di natura intellettuale, e quindi tra gli altri anche i geologi. Diverso trattamento è invece da ritenersi applicabile alle imprese (anche individuali) che effettuano indagini o prove in sito.

Il numero del GTA contiene un articolo del prof. Chiocchini che descrive una dettagliata ricostruzione tettonica e stratigrafica dei monti della Tolfa finalizzata alla comprensione delle condizioni geotermiche del sottosuolo.

Nel contributo molto tecnico ma utilissimo dei colleghi Aiello e Amantia si tratta il comportamento meccanico delle sabbie con contenuto significativo in argilla (sabbie argillose o con argilla) soprattutto per quanto attiene alle caratteristiche di resistenza al taglio, allorché si dispone solo di prove SPT effettuate nel corso dei sondaggi.

Nel contributo di Guadagno, Simeone e Violo si definisce con attenzione e chiarezza, nell'ambito del PFTE, quale sia l'importanza degli aspetti geologici nella individuazione di tutte le criticità che possono essere associate alla realizzazione di un progetto.

Buona lettura



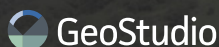
Affronta i progetti geotecnici con competenza utilizzando le soluzioni software Seequent.

Quando collabori per una comprensione condivisa delle condizioni del terreno, puoi consegnare progetti più precisi e più velocemente e puoi ottenere così risultati migliori.

Ingegneri, Geotecnici, Geologi e Geofisici utilizzano i software Seequent nei progetti di infrastrutture per pianificare, creare e costruire strade, ferrovie, ponti, tunnel, edifici, dighe e argini.



Esplora le condizioni del sottosuolo con la modellazione geologica dinamica 3D.



Riduci i rischi e sviluppa sofisticate analisi di stabilità all'equilibrio limite 2D e 3D di terreni e pendii rocciosi.

Visualizza il webinar in italiano!

Scopri come sfruttare la connettività tra Leapfrog Works e GeoStudio tramite Seequent Central.

► www.adalta.it/seequent-webinar-lfworks-geostudio

Seequent, The Bentley Subsurface Company



Per saperne di più

 **SEEQUENT**

Channel Partner



Arcangelo Francesco Violo

Presidente Consiglio Nazionale dei Geologi

Dopo il focus dell'ultimo numero della rivista, completamente incentrato sull'attuazione della legge n. 49/2023, contenente "Disposizioni in materia di equo compenso delle prestazioni professionali" (c.d. "Equo compenso"), appare doveroso fornire un aggiornamento utile che tenga conto delle novità intervenute a riguardo.

Per superare le criticità emerse nell'applicazione dell'Equo compenso ai contratti pubblici, il Governo ha, infatti, inteso affrontare la questione in via definitiva. In tale ottica, il Consiglio Nazionale ha partecipato ad alcuni incontri presso il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, che hanno visto il coinvolgimento anche del Ministero del Lavoro, oltre che alle riunioni dell'Osservatorio Nazionale Equo Compenso incardinato presso il Ministero della Giustizia.

In data 21 ottobre 2024 il Consiglio dei Ministri ha approvato il cd. "correttivo" al Codice dei contratti pubblici. Il provvedimento introduce alcune correzioni a sostegno degli investimenti pubblici, con un focus su dieci macro-temi principali, tra cui, come detto, quello sull'Equo compenso. Su questo versante, con il correttivo, vengono introdotti due meccanismi per garantire i principi dell'equo compenso al settore dei contratti pubblici. Per gli affidamenti diretti, è garantito un minimo dell'80% del corrispettivo previsto; per le procedure di gara, si tutela l'equo compenso con meccanismi di calmierazione del peso dei ribassi che possono essere formulati sul 35% del corrispettivo e mediante attribuzione di un punteggio massimo di 30/100 alla parte economica nella valutazione delle offerte presentate, così da garantire un risultato sostanzialmente assimilabile a quello degli affidamenti diretti.

Tali risultati sono stati resi possibili, oltre che dal supporto del Centro Studi del Consiglio Nazionale e da interlocuzioni con gli Uffici di diretta collaborazione del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti, anche dal lavoro svolto con i Consigli Nazionali delle altre categorie aderenti alla Rete Professioni Tecniche.

Il lavoro congiunto ha permesso di definire un quadro normativo che tutela i professionisti e promuove la competitività, conciliando congruità dei corrispettivi, economicità dell'offerta e qualità delle prestazioni tecniche. Il meccanismo previsto consente di utilizzare le nuove regole immediatamente mediante utilizzo dei parametri di calcolo attualmente vigenti, che dovranno poi essere adeguati alle previsioni del Codice dei contratti pubblici. A tale riguardo, i Consigli Nazionali aderenti alla Rete Professioni Tecniche hanno comunicato di avere già approntato una dettagliata proposta per l'aggiornamento dei parametri e di

essere a disposizione per la relativa definizione. Importante, poi, è aver ampliato il periodo di validità dei requisiti dei professionisti che nella previgente formulazione rappresentava una delle principali limitazioni alla partecipazione alle procedure di gara nel nostro Paese.

Rispetto alla tematica dei contratti pubblici, altro evento rilevante è costituito dall'atto di indirizzo adottato dal Consiglio Nazionale per fornire "Chiarimenti sulla subappaltabilità o meno della relazione geologica ai sensi delle disposizioni del D. Lgs. 36/2023" mediante la Circolare 528/2024.

Quest'ultima si è resa necessaria in considerazione delle diverse – e, spesso, non corrette – interpretazioni che si sono diffuse sulla materia dalla data di entrata in vigore del D. Lgs. 36/2023. Con l'atto di indirizzo si è precisato, innanzitutto, che, in ogni caso, ai fini della partecipazione alle procedure di affidamento dei servizi attinenti all'architettura e all'ingegneria di cui all'articolo 66 del Codice dei contratti pubblici:

i professionisti singoli o associati devono "essere in possesso di laurea in ingegneria o architettura o in una disciplina tecnica attinente all'attività prevalente oggetto del bando di gara" ed "essere abilitati all'esercizio della professione nonché iscritti, al momento della partecipazione alla gara, al relativo albo professionale previsto dai vigenti ordinamenti" (cfr. Articolo 34 dell'Allegato II.12 del Codice dei contratti pubblici);

le società di professionisti devono possedere "organigramma aggiornato comprendente i soggetti direttamente impiegati nello svolgimento di funzioni professionali e tecniche, nonché di controllo della qualità e in particolare: 1) i soci; 2) gli amministratori; 3) i dipendenti; 4) i consulenti su base annua, muniti di partita IVA, che firmano i progetti, o i rapporti di verifica dei progetti, o fanno parte dell'ufficio di direzione lavori e che hanno fatturato nei confronti della società una quota superiore al 50 per cento del proprio fatturato annuo risultante dall'ultima dichiarazione IVA" (cfr. Articolo 35 dell'Allegato II.12 del Codice dei contratti pubblici);

le società di ingegneria devono disporre di almeno un direttore tecnico "in possesso dei seguenti requisiti: a) laurea in ingegneria o architettura o in una disciplina tecnica attinente all'attività prevalente svolta dalla società; b) abilitazione all'esercizio della professione da almeno dieci anni nonché iscrizione, al momento dell'assunzione dell'incarico, al relativo albo professionale previsto dai vigenti ordinamenti", nonché di "organigramma comprendente i soggetti direttamente impiegati nello svolgimento di funzioni professionali e tecniche, nonché di controllo

della qualità e in particolare: a) i soci; b) gli amministratori; c) i dipendenti; d) i consulenti su base annua, muniti di partita IVA, che firmano i progetti, o i rapporti di verifica dei progetti, o fanno parte dell'ufficio di direzione lavori e che hanno fatturato nei confronti della società una quota superiore al 50 per cento del proprio fatturato annuo risultante dall'ultima dichiarazione IVA" (cfr. Articolo 36 dell'Allegato II.12 del Codice dei contratti pubblici);

gli altri soggetti abilitati in forza del diritto nazionale a offrire sul mercato servizi di ingegneria e di architettura sono tenuti a "pre-disporre e aggiornare il proprio organigramma comprendente le persone direttamente impiegate nello svolgimento di funzioni professionali e tecniche, nonché di controllo della qualità con l'indicazione delle specifiche competenze e responsabilità, includendo, tenuto conto della propria natura giuridica: 1) legale rappresentante; 2) amministratori; 3) soci, soci fondatori, associati; 4) dipendenti; 5) consulenti su base annua, muniti di partita IVA, che firmano i progetti, o i rapporti di verifica dei progetti, o fanno parte dell'ufficio di direzione lavori e che hanno fatturato nei confronti dei soggetti di cui al comma 1 una quota superiore al 50 per cento del proprio fatturato annuo, risultante dall'ultima dichiarazione IVA", nonché a disporre di almeno un direttore tecnico "in possesso dei seguenti requisiti: a) laurea in ingegneria o architettura o in una disciplina tecnica attinente alla tipologia dei servizi tecnici da prestare; b) abilitazione all'esercizio della professione da almeno dieci anni nonché iscrizione, al momento dell'assunzione dell'incarico, al relativo albo professionale previsto dai vigenti ordinamenti" (cfr. Articolo 37 dell'Allegato II.12 del Codice dei contratti pubblici);

per i consorzi stabili di società di professionisti, le società di ingegneria e i GEIE, i requisiti di cui agli articoli 35 e 36 dell'Allegato II.12 del Codice devono essere posseduti dai consorziati o partecipanti ai GEIE (cfr. Articolo 38 dell'Allegato II.12 del Codice dei contratti pubblici);

per i raggruppamenti temporanei costituiti dai soggetti di cui all'articolo 66, comma 1, lettera f), del Codice, i requisiti di cui agli articoli 35 e 36 dell'Allegato II.12 dello stesso Codice devono essere posseduti dai partecipanti al raggruppamento; così come per i raggruppamenti temporanei costituiti dai soggetti di cui all'articolo 66, comma 1, lettera e), del Codice, i requisiti minimi dei soggetti di cui all'articolo 37, comma 1, dell'Allegato II.12 dello stesso Codice devono essere posseduti dai partecipanti al raggruppamento (cfr. Articolo 39 dell'Allegato II.12 del Codice dei contratti pubblici).

Si è, quindi, chiarito che le richiamate disposizioni del vigente Codice dei contratti pubblici prevedono, in maniera chiara ed incontrovertibile, che il potenziale affidatario dei servizi di architettura e ingegneria deve possedere i requisiti, ivi espressamente prescritti, per redigere e firmare ogni elaborato della progettazione rientrante in tali servizi.

Si è, altresì, evidenziato che, sulla base delle stesse norme, solo l'affidatario che possieda tali requisiti "minimi" – come definiti dall'art. 66, comma 2, del Codice – può rimettere a terzi l'ela-

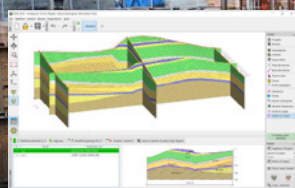
borazione e la firma della relazione geologica, quale elaborato specialistico. Si tratta, infatti, di requisiti professionali essenziali per l'affidamento del contratto di appalto.

Si è, inoltre, sottolineato che, da una mera lettura dell'art. 108, comma 2, lettera b), del Codice dei contratti pubblici, risulta chiaro che, ai fini degli affidamenti di importo pari o superiore a 140.000 euro, i servizi di ingegneria e architettura sono da equipararsi agli altri servizi di natura tecnica e intellettuale. In tale fase, deve, quindi, garantirsi il rispetto delle modalità e dei limiti, anche di natura civilistica, prescritti per l'esecuzione delle prestazioni d'opera intellettuale da parte di soggetti terzi diversi dall'affidatario.

Così come si è rilevato che l'art. 50, comma 1, lettera b), del Codice dei contratti pubblici prescrive espressamente che, per gli affidamenti diretti dei medesimi servizi di ingegneria e architettura e delle attività di progettazione di importo inferiore a 140.000 euro, la stazione appaltante deve assicurare che siano scelti soggetti in possesso di documentate esperienze pregresse idonee all'esecuzione delle prestazioni contrattuali.

Sulla base delle vigenti disposizioni del Codice dei contratti pubblici, non si è, infine, condivisa l'ammissibilità di un subappalto cd. "necessario" al fine di supplire alla carenza, in capo all'affidatario, del requisito per redigere e firmare la relazione geologica, seppur mediante l'individuazione nominativa del professionista geologo in sede di offerta, così come prospettato nel recente parere n. 2828 del 26 settembre 2024, reso dal Servizio Supporto Giuridico del Servizio Contratti Pubblici realizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Trattasi, infatti, di uno specifico requisito di qualificazione professionale – cioè l'abilitazione all'esercizio della professione di geologo e l'iscrizione al relativo albo – che è indispensabile per la predisposizione e la sottoscrizione di un elaborato specialistico costituente parte integrante della prestazione principale da identificarsi nella progettazione nel suo insieme, ai sensi dell'art. 41 e dell'Allegato I.7 del Codice dei contratti pubblici; quindi, esso non può ritenersi un generico requisito necessario per l'esecuzione di un'attività scorporabile, che teoricamente potrebbe essere oggetto della fattispecie di subappalto sopra menzionata. Ciò anche per assicurare, in fase esecutiva, il rispetto del comma 12 dell'art. 119 del Codice, laddove prevede che il subappaltatore deve garantire gli stessi standard qualitativi e prestazionali previsti nel contratto di appalto (così come deve riconoscere ai lavoratori un trattamento economico e normativo non inferiore a quello che avrebbe garantito il contraente principale, in applicazione dei parametri tabellari stabiliti a norma di legge).

In conclusione, il Consiglio Nazionale ha posto in essere tutte le azioni utili affinché, a legislazione vigente e sulla base dei prossimi correttivi al Codice dei contratti pubblici, la redazione della relazione geologica - rientrante tra gli elaborati specialistici facenti parte del progetto di fattibilità tecnico-economica e del progetto esecutivo - sia affidata esclusivamente ad operatori economici in possesso dei requisiti "minimi" necessari e sia debitamente retribuita mediante un compenso che risulti equo.



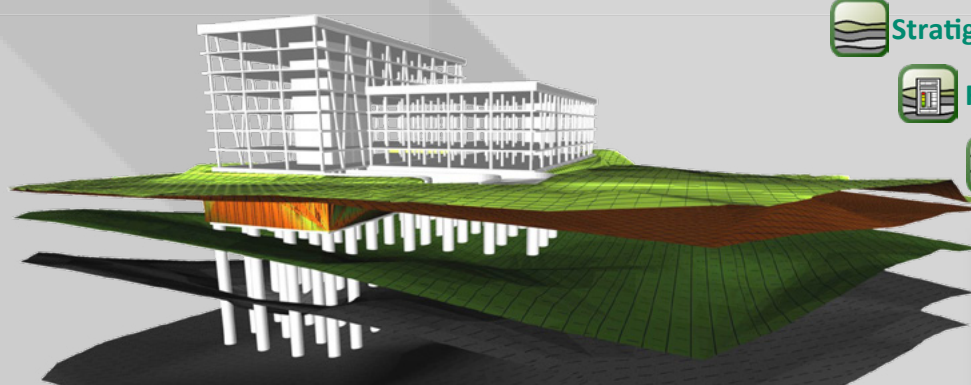
EISEKO
software for building

GEO5

Software per la GEOLOGIA



- Importazione da rilievi topografici con droni
- Modellazione 3D del Terreno ■ Importazione oggetti IFC
- Creazione di Sezioni Stratigrafiche ■ Inserimento dati da sondaggi ■ Interpretazione prove di Laboratorio



Stratigrafia



Sezioni Geologiche



Registro



Movimento Terra

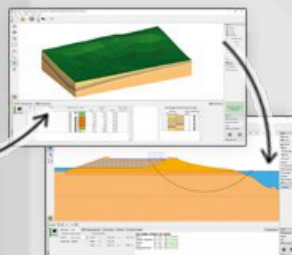
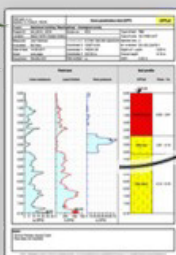
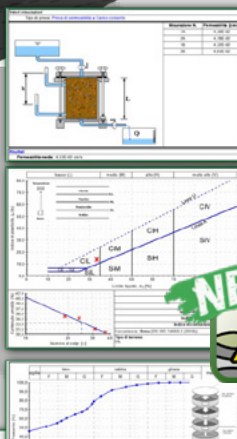
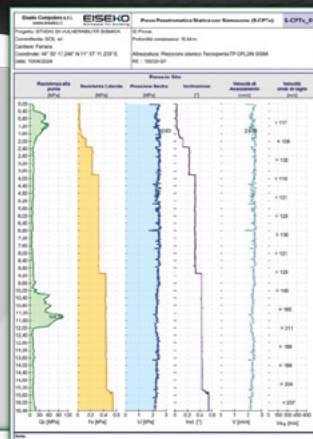


Point Cloud



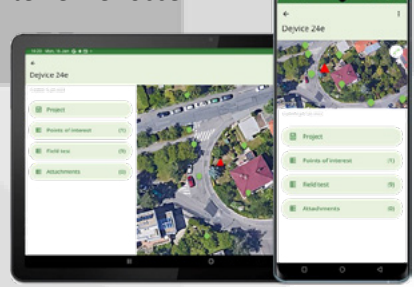
Data Collector

EISEKO		No. 002 di 0000000-0000000000		Sondaggio	
Contatto	Raffaello Spadaro S.R.L. - Ancona	Progetto	01	Profilo	01
Completamento	00000000	Profilo	01	Profilo	01
Data inizio/terminazione	00000000	Profilo	01	Profilo	01
Data dell'operazione	00000000	Profilo	01	Profilo	01



Laboratorio

Il nuovo programma **Laboratorio** fornisce un'efficace elaborazione ed analisi di prove di laboratorio su terreni e rocce.



Richiedi la versione DEMO dei software

SCONTO RISERVATO



PER I LETTORI

EISEKO
Software for building

EISEKO COMPUTERS S.R.L.

Viale del Lavoro, 17

37036 - San Martino Buon Albergo (VR)

informazioni@eiseko.it

www.eiseko.it

+39 045 8031894



MASSENZA
DRILLING RIGS

Impianti di perforazione
dal 1921

+100 YEARS
SINCE 1921
MADE IN ITALY

I nostri campi di applicazione:

Pozzi d'acqua
Geotecnica
Geotermia
Ricerche minerarie
Sismica
Fondazioni
Micropali e Ancoraggi





MENTE ET MALLEO: La Società Geologica Italiana e i suoi Presidenti

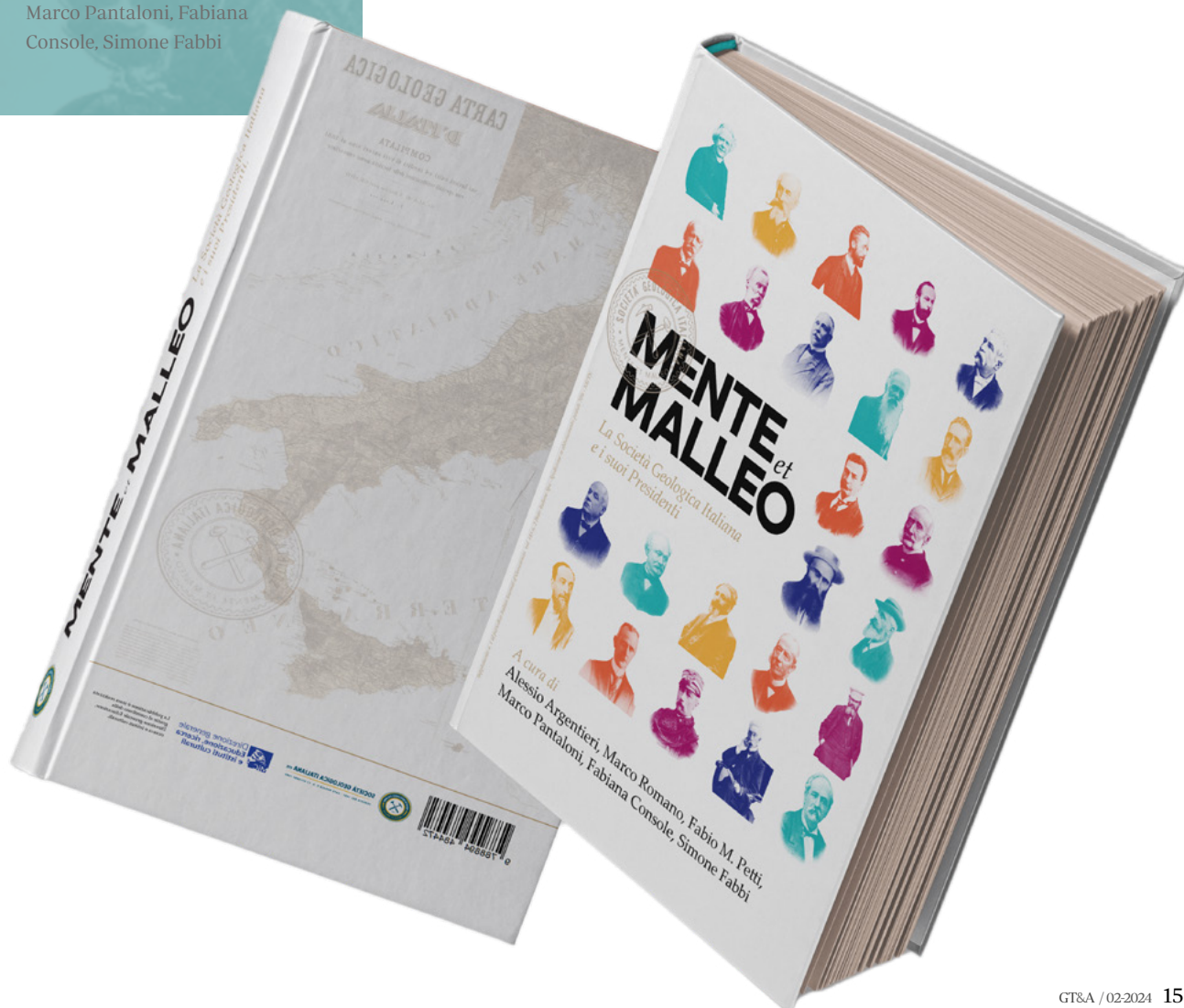
di Alessio Argentieri, Marco Romano, Fabio M. Petti,
Marco Pantaloni, Fabiana Console, Simone Fabbi

Recensione di

Alessandro Reina | Direttore Responsabile

È lunga quasi un secolo e mezzo la storia della Società Geologica Italiana, durante la quale si sono succeduti sino ad oggi 79 Presidenti. Si tratta di una delle più antiche istituzioni scientifiche italiane.

Il testo consacra il percorso evolutivo della geologia italiana attraverso una serie di Capitoli che prestano attenzione alle forti interazioni con le istituzioni, la società civile e la comunità scientifica nazionale ed internazionale. Si ha la perfetta sensazione di essere accompagnati ad una lettura affascinante ed interessante del mondo della geologia italiana attraverso una chiara disamina del pensiero geologico degli ultimi 150 anni.



Trasferisce gloria ed onori ai Presidenti che si sono succeduti, tra le altre attività, nell'impegnativo ruolo di organizzare gli eventi di aggregazione e confronto scientifico che hanno caratterizzato e impreziosito il percorso della Società Geologica Italiana.

Dopo aver letto il libro si resta particolarmente emozionati all'idea di appartenere ad una così considerevole, moderna e intensa avventura della geologia italiana.

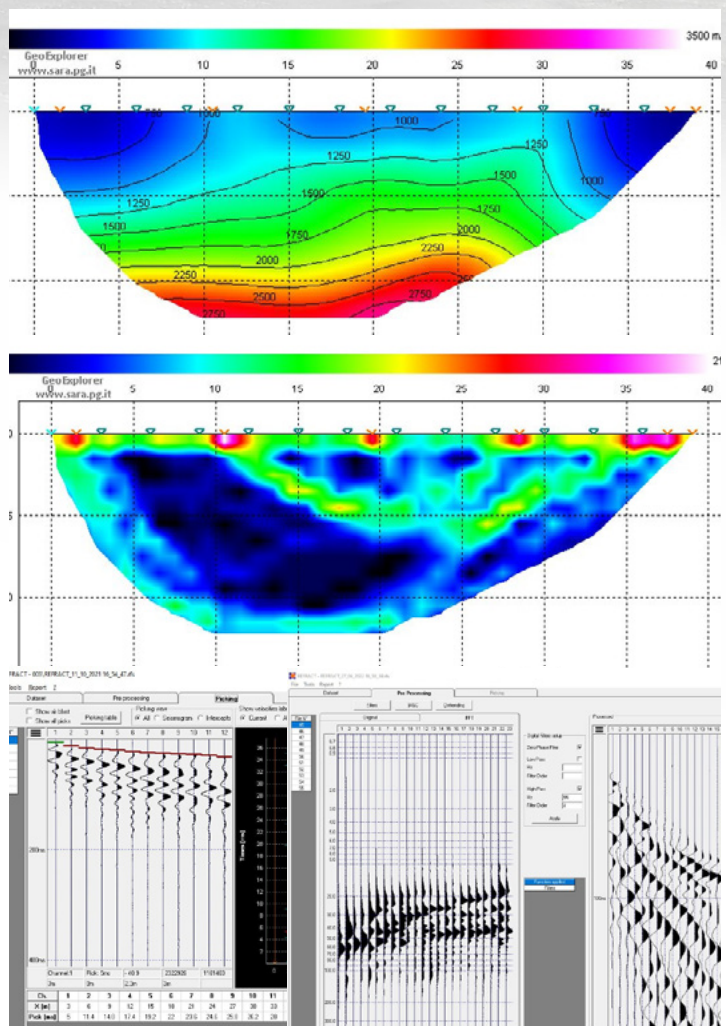
Un libro da non perdere.





GEOEXPLORER REFRACT

- Ora con TOMOGRAFIA
- Metodo intercette e GRM
- Correzione topografica
- Report in pdf automatico
- Potente preprocessing
 - Filtri
 - IAGC
 - Detrending
 - Autostacking
 - Muting
 - Killing trace...



Via Angelo Morettini, 11 06128 Perugia
+39 075 5051014
www.sara.pg.it - info@sara.pg.it





focus

CONGRESSO DEI GEOLOGI ITALIANI 2024

“TERRA! Sfide, Innovazioni e Prospettive”



Filippo Cappotto

Vicepresidente Consiglio Nazionale dei Geologi

A distanza di 8 anni dalla chiusura delle attività congressuali di Napoli, si è svolto in Sicilia nella città di Palermo, dal 23 al 25 maggio 2024 il Congresso Nazionale dei Geologi Italiani, **“TERRA! Sfide, Innovazioni e Prospettive”**. L'evento è stato organizzato dal Consiglio Nazionale dei Geologi, con il supporto Commissione “Grandi Eventi” e del Centro Studi del CNG. Il coordinamento con le istituzioni locali è stato assicurato dall'Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia e dal Vicepresidente delegato. L'evento si è aperto con l'inaugurazione nella prestigiosa sede del Palazzo dei Normanni dove il Presidente del CNG **Arcangelo Francesco Violo** ha presentato la sua relazione introduttiva. Successivamente, invece, le fasi congressuali vere e proprie sono “approdate” alla Marina Convention Center del molo trapezoidale, da poco riqualificato.

Le attività congressuali prevedono un ulteriore appuntamento di chiusura che si terrà a novembre 2024 a Genova con la presentazione degli atti conclusivi.

Nella fase preparatoria l'evento è stato lanciato in conferenza stampa giorno 11 aprile 2024 presso la sede del Parlamento Europeo, nella sala Petra Kelly, alla presenza dirappresentanti dell'Unione Europea e della Federazione Europea dei Geologi. In quell'occasione a Bruxelles, il Consiglio Nazionale dei Geologi Italiani (CNG) e la Federazione Europea dei Geologi (FEG) hanno proposto, in vista della COP29, l'istituzione di una giornata dedicata alle Materie Prime Critiche.

In Italia, il Congresso è stato presentato a Roma il 18 maggio in occasione della 1° giornata nazionale della prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico, organizzata dai consigli nazionali dei Geologi e degli Ingegneri, alla presenza di Ministri del governo italiano e vertici degli Enti di ricerca.

Dopo un'attesa durata 8 anni il Congresso **“TERRA!”** ha avuto una partecipazione straordinaria: le due giornate con pregresso, cerimonia di inaugurazione e approfondimenti tematici, hanno visto la partecipazione complessiva di circa 1075 geologi italiani di cui 501 hanno seguito l'evento in webinar con dei mini talk nella seconda giornata, moderati dalla giornalista RAI **Maria Antonietta Spatorcia**, in contemporanea con i tavoli tematici.

Migliaia di utenti hanno seguito in diretta streaming l'evento trasmesso da Radio Radicale.

Cosa molto gradita è stata la presenza formativa di 36 studenti di geologia del DiSTeM durante la seduta pomeridiana della giornata del 24 maggio 2024 presso il Marina Convention Center.

Numerose sono state le uscite su importanti quotidiani a tiratura nazionale ([link alla rassegna stampa](#)) e reti televisive tra cui Rai News e Rai 3 Sicilia che hanno trasmesso servizi approfonditi.

Il successo dell'evento va condiviso con tutti i partecipanti, con gli Ordini regionali e i loro rappresentanti che hanno affiancato il CNG nell'organizzazione, con tutti coloro che hanno contribuito alla programmazione e all'individuazione delle tematiche da sviluppare con professionisti ed esperti che si sono resi disponibili.

La sinergia con gli OO.RR. è indubbiamente un fattore positivo per la crescita della professione e una ulteriore testimonianza del percorso di condivisione strategica di obiettivi e azioni intrapreso dal Consiglio Nazionale, volto a fare sistema con tutta la comunità tecnico scientifica dei geologi.

Il filo conduttore dell'evento ha voluto seguire un filo diretto tra i tecnici e i legislatori, non a caso la scelta simbolica del Palazzo dei Normanni sede del più antico Parlamento del mondo ha voluto rappresentare in questo momento un collegamento virtuale con il parlamento italiano e con quello europeo, che garantisce gli interessi dei cittadini nel processo legislativo, nelle azioni di salvaguardia ambientale e di neutralità climatica, perseguendo obiettivi ampiamente dibattuti nel congresso.

Negli ultimi anni le **geoscienze** e la figura professionale del **geologo** stanno assumendo un ruolo centrale con una domanda crescente di figure tecniche specializzate, in grado di intervenire e gestire situazioni di elevata complessità, come l'emergenza climatica, l'approvvigionamento di risorse naturali, la crisi energetica e la gestione dei rischi naturali, che richiedono maggiori professionisti per fronteggiare sfide sempre più complesse. Per questo, con il Congresso **“TERRA!”**, i geologi si confermano come risorse strategiche per affrontare le sfide ambientali globali, promuovendo il dialogo diretto con le istituzioni e il paese.



All'inaugurazione i saluti del Presidente dell'Assemblea regionale e del Presidente della Regione sono stati portati dall'on. **Va-
lentina Chinnici** e dall'on. **Elena Pagana**. Successivamente hanno portato il loro saluto istituzionale, anche con interventi mirati, il Vicepremier e Ministro delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibile **Matteo Salvini**, il Ministro dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica **Gilberto Pichetto Fratin**, il Segretario del Dicastero per il servizio dello sviluppo umano integrale della Città del Vaticano **Suor Alessandra Smerilli**, la Prorettrice Prof.ssa **Stefania Milioto** dell'Ateneo palermitano, il Viceministro della Giustizia **Francesco Paolo Sisto**, il Sottosegretario di Stato Presidenza del Consiglio dei Ministri **Alessandro Morelli** e il Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici **Maasi-
mo Sessa**. Il Ministro dello sviluppo economico **Adolfo Urso** ha inviato un messaggio scritto.

Non è Mancato il contributo, dei vertici degli enti di Ricerca rappresentati dalla Dott.ssa **Maria Siclari**, Direttore Generale dell'ISPRA, da **Carlo Doglioni**, Presidente dell'INGV, da **Fabrizio Curcio** Capo della Protezione Civile, della Società Geologica Italiana con il Prof. **Rodolfo Carosi** e dei rappresentanti degli ordini professionali riuniti nella rete delle Professioni Tecniche e nella cassa previdenziale dell'EPAP, rappresentata anche dal Presidente **Stefano Poeta**.

Emozionante è stato il succedersi allo scranno dei past president del CNG **Gianvito Graziano** e **Francesco Peduto** con interventi ricchi di contenuti.

Il Presidente della European Federation of Geologists, per la prima volta italiano, **David Govoni**, ha dichiarato "Lo spunto più interessante di questo congresso è che è molto vicino alle elezioni europee. Dal mio punto di vista, alcuni dei temi discussi riguarderanno la legislazione dei prossimi 5 anni in Europa e come rappresentante anche italiano della Federazione Europea dei Geologi cercherò di portarli in Europa ai tavoli che contano".

Molto apprezzato dai presenti alla cerimonia d'apertura sono state le tematiche del congresso e l'aver posto al centro del dibattito la "**TER-
RA!**" in questo particolare momento del nostro pianeta.

Il punto di forza del congresso è stata l'elaborazione di **documenti tecnici** con proposte per i decisori politici, assicurata dall'impegno di tutti i consiglieri, dei rappresentanti degli OO.RR. e dai componenti dei gruppi di lavoro e delle commissioni interni al CNG. Le tematiche affrontate e i documenti preparatori sono stati sviluppati in Talk e Tavoli tematici che hanno posto le **geoscienze** al centro di nuove sfide imposte dall'evoluzione attuale della "**TERRA!**", con approfondimenti nel campo di: Georisorse, ambiente, energia, cambiamenti climatici, infrastrutture sostenibili, pianificazione e gestione dei rischi e non ultimi, formazione e professione. Sul palco si sono alternati numerosi e qualificati ricercatori, esponenti del mondo politico, dell'Accademia, dirigenti della Pubblica Amministrazione e professionisti.

Il congresso ha sviscerato temi cruciali come l'impatto dei cambiamenti climatici su di un territorio "abusato e devastato" e le necessarie azioni di adattamento. Più in generale sono stati affrontati i temi della Pianificazione Territoriale e della gestione di tutti i rischi naturali, compresi quello sismico e vulcanico, in fase emergenziale e non.

In particolare nel Pomeriggio di giorno 24 maggio gli aspetti tecnico-scientifici dei cambiamenti climatici e delle necessarie azioni di adattamento, sono stati trattati nei Talk e nei Tavoli tematici specifici del





Congresso, dove sono stati anche analizzati gli indicatori e i dati statistici di base. In Italia nel 2023 il trend degli eventi meteorologici estremi è stato in continua crescita con 378 casi che segnano un incremento del 22% rispetto al 2022. Eventi che hanno causato danni miliardari e la morte di 31 persone. Per avere un quadro dell'impatto economico di questo basti pensare che solo i fenomeni alluvionali che si sono abbattuti su Emilia-Romagna, Toscana e Marche, hanno causato danni per circa 10 miliardi di euro.

L'aumento della temperatura media che si registra dal dopoguerra, causato all'immissione in atmosfera di CO₂, dato ormai definitivamente accettato dagli ultimi rapporti dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), è correlabile agli eventi estremi comprendendo anche i sempre più frequenti periodi di severa siccità. Esempio di ciò è l'attuale situazione di emergenza in Sicilia, dove il 2023 è stato il quarto anno consecutivo con precipitazioni al di sotto della media storica di lungo periodo. Le scarse piogge insieme alle criticità note del sistema, quali, perdita degli acquedotti, dighe con capienza ridotta per vari motivi, intasamento di detriti, carenze strutturali ecc... hanno generato importanti diminuzioni degli accumuli negli invasi ridotti al 30% della loro potenzialità con riflessi preoccupanti, per l'approvvigionamento agricolo, ma anche idropotabile.

Si è discusso anche delle azioni per la



valorizzazione e il miglioramento tecnico della figura del geologo, auspicando che le novità riguardanti l'ordinamento universitario, le lauree abilitanti e l'aggiornamento delle classi laurea.

Un focus particolare sé stato dedicato al governo del territorio e delle acque, con un'attenzione speciale alla progettazione di costruzioni e infrastrutture sostenibili con sullo sfondo l'infrastruttura per eccellenza, l'attraversamento stabile dello stretto di Messina, in questa fase in cui si stanno affrontando le criticità della progettazione esecutiva. Altro tema centrale trattato è quello della ricerca e del futuro approvvigionamento delle materie prime critiche, con le relative implicazioni nella transizione energetica e nella tutela dell'ambiente e del paesaggio.

Il Congresso "TERRA!"; confermando le aspettative, ha rappresentato un'importante occasione per delineare il futuro della professione geologica, con uno sguardo attento all'innovazione e alle strategie necessarie per affrontare le sfide globali in materia di ambiente e sicurezza.

LE FASI DEL CONGRESSO DEI GEOLOGI ITALIANI

Palermo 23/24 maggio 2024 – Realmonte 25 maggio 2024

In particolare l'evento si è svolto con:

- **Una fase precongressuale** nella mattina del **23 maggio 2024**, dalle **ore 09:00** alle **ore 13:00**, con i rappresentanti del CNG, degli Ordini Regionali e dell'Ente di Previdenza e Assistenza Pluricategoriale ("EPAP") presso il "Marina Convention Center", il centro congressi della città di Palermo, situato al Porto Trapezoidale, in Via Filippo Patti n. 30;



- **Una cerimonia di apertura**, nel pomeriggio del **23 maggio 2024**, dalle **ore 15:00** alle **ore 18:30**, con la partecipazione di importanti esponenti politici e rappresentanti delle istituzioni, presso le suggestive Sale “Piersanti Mattarella” e “Pio La Torre” del Palazzo Reale dei Normanni, sede dell'Assemblea Regionale Siciliana;
- **I lavori congressuali**, nella giornata del **24 maggio 2024**, dalle **ore 09:00** alle **ore 19:30**, con organizzazione di sessioni interattive (Talk), nella mattinata, e di tavoli tematici su specifici argomenti, nel pomeriggio. La giornata si svolgerà presso il “Marina Convention Center”, il centro congressi della città di Palermo, situato al Porto Trapezoidale, in Via Filippo Patti n. 30;
- **Un'escursione guidata**, nella giornata del **25 maggio 2024**, dalle **ore 10:00** alle **ore 13:00**, presso la Miniera Italkali di sale di Realmonte, in provincia di Agrigento, destinata agli iscritti all'Albo che ha visto la partecipazione di 130 geologi.

Il pregresso - La mattina del 23 maggio, presso il centro congressi di Palermo “Marina Convention Center”, la fase pregressuale è stata aperta dagli interventi del **Presidente dell'OR Sicilia Mauro Corrao, padrone di casa**, e del **Presidente del CNG**, ha visto protagonisti insieme al CNG, gli Ordini Regionali e l'Ente di Previdenza e Assistenza

Pluricategoriale (“EPAP”). I referenti che si sono alternati alla ribalta hanno trattato tematiche legate allo sviluppo e alle prospettive della futura professione.

Nel corso del pregresso sono stati presentati i risultati preliminari dello studio commissionato dal Centro Studi del CNG all'istituto CRESME sulle statistiche della professione.

La cerimonia di apertura - del congresso si è svolta nella prestigiosa location delle sale Gialla e Rossa del Palazzo dei Normanni di Palermo, sede del 1° parlamento del mondo ai tempi di Federico II, oggi sede dell'Assemblea Regionale Siciliana, concesse dal Presidente dell'Assemblea On. Galvagno ed è stata moderata dal Direttore di Rai News24 **Paolo Petrecca**.

Nel suo discorso di apertura ([link alla presentazione estesa di Violo](#)) il Presidente del CNG **Arcangelo Francesco Violo** non ha mancato di ricordare la ricorrenza nella stessa data della strage di Capaci dove il magistrato Giovanni Falcone perse la vita insieme a sua moglie, Francesca Morvillo, e agli agenti della sua scorta, Vito Schifani, Rocco Di Cillo e Antonio Montinaro. Violo ha precisato che “il Congresso è stato l'occasione per porre le basi per ulteriori proposte che discuteremo insieme ai rappresentanti del mondo politico, accademico, della ricerca, degli Enti specialisti preposti e del mondo professionale. Sempre più negli ultimi anni i Geologi hanno dimostrato la loro tenacia nel perseguire risultati sempre più importanti con la loro visuale aperta a 360° adatta a vedere in anticipo le evoluzioni del pianeta, sempre alla ricerca di soluzioni per l'interesse generale”. “Con questo congresso abbiamo voluto interfacciarci con la società civile e con i decisori politici, quindi è un congresso che è aperto all'esterno. Trattiamo i temi che sono nell'agenda del nostro paese e nell'agenda globale e planetaria. Ad esempio c'è la necessità di ripartire con la ricerca mineraria perché abbiamo bisogno di risorse minerarie per la transizione energetica e questo però va fatto sempre con un approccio di sostenibilità”.





Nel corso della cerimonia, in diretta, il Ministro della mobilità e delle Infrastrutture **Matteo Salvini** nel suo intervento riferendosi al piano casa, si è complimentato le proposte emendative che i geologi italiani stanno portando avanti. “Tutto è migliorabile. Non ho la presunzione di ritenere perfetti tutti i provvedimenti licenziati in quasi un anno e mezzo dal governo. Però - ha aggiunto Salvini - abbiamo ascoltato tutti prima di arrivare al Consiglio dei ministri, il mio intento è di ascoltare, lavorare giorno e notte con buon senso ma con la concretezza tipica di chi, come voi professionisti, deve fare i conti con una realtà complessa, penso al tema del ponte di Messina”.

Il Ministro dell'Ambiente e della sicurezza energetica **Gilberto Pichetto Fratin**, con un videomessaggio ha detto “L'Italia nel bene e nel male rappresenta un vero e proprio catalogo geologico: a una diffusa sismicità si associa la presenza di diversi vulcani, alcuni dei quali tra i più attivi, ma il nostro territorio soffre anche di una diffusa fragilità idrogeologica” ...” realizzare interventi per limitare il rischio è dunque cruciale, una priorità nazionale. Oltre alla sicurezza dei territori e

dei cittadini è in gioco anche lo sviluppo del nostro paese, dell'intero paese. Al Ministero abbiamo ben chiaro l'importanza centrale della mitigazione del rischio e dell'adattamento come fase successiva tra il 2010 e il 2023 il Ministero ha programmato 3.441 interventi per circa 5,43 miliardi di euro”.

In videomessaggio anche il viceministro della Giustizia **Francesco Paolo Sisto** - ha precisato “noi siamo attenti a tutte le esigenze che arrivano dagli ordini professionali. Non va dimenticato che noi viviamo una emergenza Pnrr - ha detto - non dobbiamo mai dimenticare che il compito dei professionisti è teso a garantire al nostro paese la meritevolezza dei fondi in tempi rapidi. Un incontro come quello di oggi deve essere sintonizzato non alle parole ma al pragmatismo, ai risultati”. La cerimonia d'apertura si è conclusa con l'istituzione e la prima consegna del premio “**Terra è vita**”, premio annuale che il Consiglio Nazionale dei Geologi vuole dedicare a figure che più si sono distinte nel campo della geologia. In questa prima edizione il premio è stato consegnato alla Dott.ssa **Titti Postiglione** Vicecapo per la Protezione Civile per il suo qualificato impegno dedicato alla salvaguardia della vita e del territorio. A margine della giornata è stata organizzata la cena di gala nella splendida cornice dei giardini del Teatro Massimo di Palermo

Talk e Tavoli Tematici - Nella seconda giornata, introdotta dal Vicepresidente del CNG **Filippo Cappotto**, le tematiche affrontate e i documenti preparatori sono stati sviluppati in Talk e Tavoli tematici che hanno posto le **Geoscienze** al centro di nuove sfide imposte dall'evoluzione attuale della “**TERRA!**”. In particolare sono state approfondite tematiche relative a Georisorse, ambiente, energia, cambiamenti climatici, infrastrutture sostenibili, pianificazione e gestione dei rischi





e non ultime, formazione e professione. Nel corso dei 4 **Talk**, Sul palco si sono alternati numerosi e qualificati esponenti, dell'Accademia, dirigenti della pubblica Amministrazione (Autorità di Bacino, Protezione Civile ecc...), professionisti e tecnici esperti e politici, moderati con puntualità e competenza dal giornalista RAI **Gianluca Semprini** che con puntuali interventi ha **animato** piacevolmente il dibattito.

I Tavoli tematici, - si sono svolti nel pomeriggio di giorno 24 maggio in contemporanea si sono svolte le attività dei tavoli tematici in modalità multimediale "Silent" che ha consentito ai professionisti di seguire selettivamente i lavori dei tavoli d'interesse.

TAV.1. Energia e Materie Prime Critiche *L'approvvigionamento energetico e le materie prime critiche sono vitali per lo sviluppo economico e industriale. Con l'aumento della domanda di energia e delle pressioni sulle risorse naturali, è cruciale esplorare fonti energetiche alternative e strategie per ridurre la dipendenza dalle materie prime critiche. In questo tavolo si esploreranno le sfide e le opportunità legate all'energia e alle materie prime, insieme a politiche e iniziative per garantire un approvvigionamento sostenibile e sicuro nel lungo periodo.*



TAV.2. Riqualficazione Ambientale, Paesaggio, Geositi, Geoturismo, Parchi e Aree Protette *La riqualficazione ambientale è un processo fondamentale per mitigare gli impatti negativi sull'ambiente e ripristinare gli ecosistemi compromessi. Saranno perseguite le strategie e le pratiche per la riqualficazione ambientale, la promozione del geoturismo attraverso la valorizzazione dei geositi, nonché la gestione e la conservazione dei parchi e delle aree protette.*

TAV.3. Pianificazione Territoriale e Difesa del Suolo, Grandi Rischi e Protezione Civile *La pianificazione territoriale e la difesa del suolo sono cruciali per garantire uno sviluppo sostenibile e resiliente alle catastrofi naturali. Saranno esaminate le politiche e le pratiche di pianificazione territoriale volte a mitigare i rischi naturali, la gestione dei grandi rischi e l'importanza della protezione civile nell'affrontare una giusta prevenzione nonché situazioni di emergenza e di crisi.*

TAV.4. Risorse Idriche e Riqualficazione Ambientale *Le risorse idriche sono essenziali per la vita e per le attività umane, ma sono sempre più soggette a pressioni a causa della crescita demografica, dello sviluppo industriale e dei cambiamenti climatici. Le sfide legate alla gestione delle risorse idriche, le strategie per la conservazione e la riqualficazione ambientale delle risorse idriche, nonché le iniziative per garantire un accesso equo e sostenibile all'acqua potabile, saranno i principali temi di questo tavolo di lavoro.*

TAV.5. Università, Formazione e Professione, APC, Pari Opportunità *L'università, la formazione e la professione svolgono un ruolo cruciale nello sviluppo delle competenze e delle risorse umane necessarie per affrontare le sfide ambientali e sociali del XXI secolo. In questo tavolo sarà affrontato il ruolo delle università nella promozione della sostenibilità e della formazione professionale, nonché le iniziative delle*

Commissioni APC e Pari Opportunità per garantire un ambiente accademico e lavorativo inclusivo e diversificato.

TAV.6. Edilizia e Infrastrutture Sostenibili, Progettazione Geologica e Ambientale *L'edilizia e le infrastrutture sostenibili sono cruciali per ridurre l'impatto ambientale delle attività umane e promuovere uno sviluppo urbano resiliente e a basso impatto ambientale. Al centro della discussione sono poste le pratiche di progettazione geologica e ambientale per la realizzazione di edifici e infrastrutture sostenibili, nonché le politiche e le normative volte a promuovere la sostenibilità nell'ambito dell'edilizia e delle infrastrutture. L'intera iniziativa è rivolta alla società, istituzioni, e importanti personalità politiche coinvolte, in particolare nei loro rapporti con il CNG.*

La geoesplorazione - A conclusione dell'evento nella giornata del **25 maggio** è stata organizzata la **geoesplorazione guidata** presso la

Miniera di sale Italkali di Realmonte e alla Scala dei Turchi, in provincia di Agrigento, destinata agli iscritti all'Albo che ha visto la partecipazione di 130 geologi. E' stato possibile scendere nel sottosuolo grazie alla disponibilità della proprietà Morgante che ha disposto l'apertura della miniera appositamente per il Consiglio Nazionale dei Geologi in una giornata non lavorativa.

I geologi sono scesi in miniera guidati dal direttore Ing. Cristian Sabatino.

Il giacimento di sale si è depositato nel messiniano in un mare non inquinato, circa 6 milioni di anni fa e, adesso, è una fra le più grandi miniere di sale d'Europa in essa si snodano ben 130 km di gallerie distribuite in sei livelli, che arrivano fino a 500 metri di profondità, oltre 400 m sotto il livello del mare.

Dalla miniera si estraggono ogni anno centinaia di tonnellate sale utilizzato per uso alimentare, ma anche industriale.

Il primo step dell'escursione è stato fatto a meno 100 metri sotto la superficie ed a 30 metri sotto il livello del mare nella cosiddetta Cattedrale di Sale, struttura ricavata dagli stessi minatori scolpendo direttamente la roccia salina. Larga 20 metri, alta 8 metri e con una lunghezza di circa 100 metri. In questo "teatro", da un'acustica particolare, il **Prof. Pietro Di Stefano** del DiStEM di Palermo ha intrattenuto i geologi con una "lezione" che ha illustrato le particolarità del bacino messiniano in Sicilia.

Un secondo step ancora più in profondità ha consentito di visitare



un altro luogo straordinario che ospita una particolare struttura formatasi naturalmente dall'incrocio di stratificazioni saline che hanno generato un articolato susseguirsi di volute e cerchi concentrici, dai colori contrastanti, che ha lasciato i geologi senza fiato.

L'escursione si è conclusa con una visita alla Scala dei Turchi dove il Prof. **Sergio Bonomo** ha illustrato le caratteristiche della formazione geologica dei Trubi e della sua repentina ingressione zancleana.

L'itinerario dell'escursione è stato scelto, oltre che per la spettacolarità dei luoghi, soprattutto per l'importanza geologico-stratigrafica dell'area, infatti racchiusi in pochi km sono presenti ben 2 chiodi d'oro, uno si trova a Punta Piccola nel comune di Porto Empedocle (AG), per il limite Zancleano-Piacenziano e l'altro a Eraclea Minoa nel comune di Cattolica Eraclea (AG), per il limite Messiniano-Zancleano. I chiodi d'oro Global Stratigraphic Section and Point (GSSP), sono sezioni e punti stratigrafici globali di importanza mondiale nei quali è fisicamente presente un limite tra due età geologiche contenenti il maggior numero di informazioni fisiche, chimiche e paleontologiche su quel limite.

FOTOGALLERY



*Galleria fotografica
precongresso
23 maggio 2024*



*Galleria fotografica
inaugurazione
23 maggio 2024*

CLICCA *e scopri i video e le interviste*

► [Arcangelo Francesco Violo](#)

► [Precongresso](#)

► [Filippo Cappotto](#)

► [Titti Postiglione](#)

► [Giorgio Giacchetti](#)

► [Massimiliano Fazzini](#)

► [Marco Petitta](#)

► [Giovanni Capulli](#)

► [Lorenzo Fumanti](#)

► [Domenico Bella](#)

► [Guglielmo Emanuele](#)

► [Salvo Cocina](#)

► [Mauro Grassi](#)

► [Domenico Sessa](#)

► [Chiara Zanetti](#)

► [Titti Postiglione](#)

► [Carlo Cassaniti](#)

► [Lorenzo Benedetto](#)

► [Rudi Ruggeri](#)

► [Francesco Russo](#)

Interviste Italpress

► [Rodolfo Carosi \(SGI\)](#)

► [Arcangelo Francesco Violo](#)

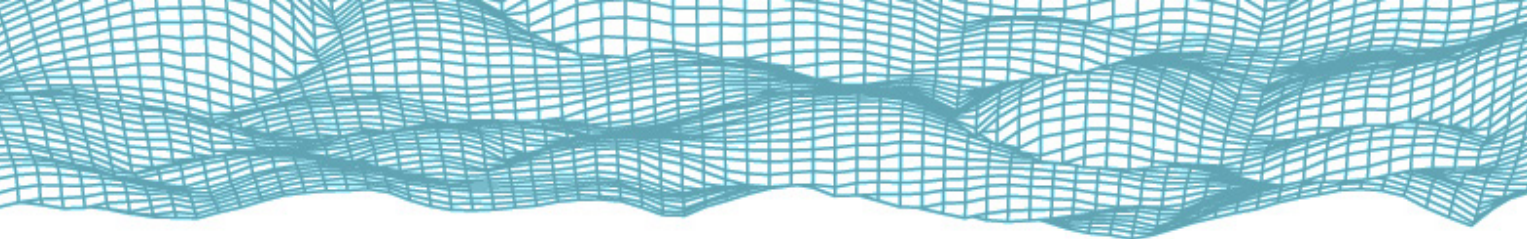
► [David Govoni](#)

► [Tiziana Tafaro \(Attuari\)](#)

► [Vincenzo Nicoli \(Chimici\)](#)

► [Salvatore Nicolosi \(Geometri\)](#)

► [Angelo Domenico Perrini \(CNI\)](#)



- SISMOGRAFI

- HVSR

- TOMOGRAFIA ELETTRICA

- GEORESISTIVIMETRI

- ENERGIZZATORI SISMICI

- IDROFONI



Seismograph
ECHO 48/2014 Seismic Unit - 24bit



Seismograph
ECHO 24/2010 Seismic Unit - 24bit



ECHO Tromo HVSR3 - 24bit



Mangusta MC 24-120E
Geoelectrical Tomography Equipment



Resistivity Meter Datas-10



3D/5D - 3D Twin Borehole Geophone



P/S Wave Borehole Energy Source



Borehole Deviation Probe

Lo stato dell'arte della risorsa geotermica nelle zone di Tolfa e Civitavecchia, Lazio nord-occidentale, Italia centrale. 1. Stratigrafia e tettonica

The state of the art of the geothermal resource in the areas of Tolfa and Civitavecchia, north-western Lazio, central Italy. 1. Stratigraphy and tectonics

Ugo Chiocchini | Già professore ordinario di Geologia applicata, Università degli Studi della Tuscia, E-mail: luca_chiocchini@libero.it



Termini chiave: Risorsa Geotermica, Tolfa, Civitavecchia, Lazio Nordoccidentale, Monti della Tolfa, Stratigrafia e Tettonica

Keywords: Geothermal Resource, Tolfa, Civitavecchia, Northwestern Lazio, Tolfa Mountains, Stratigraphy and Tectonics

Summary

The Tolfa and Civitavecchia areas are located in the Tolfa Mountains (north-western Lazio), made up largely of the Tolfa Flysch (upper Cretaceous - Eocene) and the lavas of the Allumiere Unit (upper Pliocene - lower Pleistocene), subordinatedly of the clays of the Fosso di San Savino Unit (lower Pliocene). The structural setting of the Tolfa Mountains is characterized by the tectonic superimposition of the Tolfa Flysch on the Tectonic Unit of the Tuscan Nappe made up of the Massive Limestone (lower Lias) and Cherty Limestone of Limano (lower Lias). This structure is dislocated by normal faults because of the Pliocene - Pleistocene extensional tectonics.

Riassunto

Le aree di Tolfa e Civitavecchia sono ubicate nei Monti della Tolfa (Lazio nord-occidentale), costituiti in gran parte dal Flysch della Tolfa (Cretacico superiore - Eocene)

e dalle lave dell'Unità di Allumiere (Pliocene superiore - Pleistocene inferiore), subordinatamente dalle argille dell'Unità di Fosso di S. Savino (Pliocene inferiore). L'assetto strutturale dei Monti della Tolfa è caratterizzato dalla sovrapposizione tettonica del Flysch della Tolfa sull'Unità Tettonica della Falda Toscana costituita dal Calcare Massiccio (Lias inferiore) e dal Calcare Selcifero di Limano (Lias inferiore). Questa struttura è dislocata da faglie dirette della tettonica distensiva del Pliocene - Pleistocene.

Introduzione

I problemi creati dalla grave crisi energetica, che nel 1973 ha interessato tutto il mondo occidentale, ed in particolare l'Italia, hanno spinto ad affrontare la ricerca di ulteriori fonti energetiche per attenuare la gigantesca entità che l'importazione di greggio petrolifero comportava per la bilancia dei pagamenti italiana. Successivamente, questa necessità, relativa alla risorsa geotermica, è stata trattata

ed approfondita in alcune ricerche degli anni '80 (p. e. Romijn et al., 1985) e '90 (p. e. Forster & Merriam, 1999). L'Italia è stato il primo paese al mondo a coltivare l'energia geotermica come risorsa rinnovabile per usi industriali e la produzione di elettricità: il primo esperimento in tale senso è stato eseguito a Larderello nel 1904. Gli studi sulle risorse geotermiche sono stati sviluppati nel secolo scorso in Italia centrale dalla Società Terni (Conforto, 1954), dall'Enel (Barelli et al., 1975), da Calamai et al. (1970; 1976), Paris (1977), Giunta Regionale Toscana (1977), Cataldi (1967), Cataldi et al. (1978; 1999), Bono, (1981), Boni et al. (1982), Consiglio Nazionale delle Ricerche (1982 a; b), Eni e Agip (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, 2020; già Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato), Calore et al. (1991 a, b, c, d), Della Vedova et al. (1991), Barberi et al. (1994).

Il regime termico della regione mediterranea occidentale è dovuto ai fenomeni geodinamici e vulcano-tettonici verificatisi negli ultimi milioni di anni, in particolare nel bacino del Mare Tirreno. Questi fenomeni, posteriori alla formazione delle catene delle Alpi e degli Appennini e associati all'apertura del Mare Tirreno, sono caratterizzati dall'assottigliamento della crosta continentale, dalla risalita del mantello, dalle intrusioni di rocce ignee alimentate da quest'ultimo, dalla formazione di batoliti acidi nella crosta superiore a bassa profondità, e da eruzioni vulcaniche in molte aree della Toscana meridionale, del Lazio, della Campania, della Basilicata, e della Sicilia, in connessione con le fasi tettoniche distensive durante il Pliocene-Pleistocene (Consiglio Nazionale delle Ricerche, 1987; ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia, in preparazione per la stampa). I vulcani Vesuvio, Etna, Stromboli, alcuni apparati vulcanici sommersi nel Mare Tirreno meridionale (Marsili, Palinuro) ed altri minori subaerei sono ancora attivi. Questi dati indicano che si è formata una grande anomalia termica nel Mare Tirreno e nel settore occidentale della penisola italiana con valori del flusso di calore conduttivo tra 30 e 100 mW/m² fino a 450 mW/m² (Calamai et al., 1976; Cataldi et al., 1999; Barberi et al., 1994; Unione Geotermica Italiana, 2011; 2017). Inoltre, ampie anomalie locali, anche se circoscritte, si aggiungono all'anomalia termica regionale dell'area tirrenica con valori di flusso di 100 - 150 mW/m², in connessione con la risalita del mantello e del conseguente assottigliamento e stiramento della sovrastante crosta. Queste anomalie con flussi di calore fino 200 - 250 mW/m² sono dovute alle gigantesche intrusioni magmatiche nelle parti assottigliate della crosta, al di sopra delle

quali si sono formati sistemi idrotermali [1] convettivi con fluidi ad alta temperatura negli ultimi due milioni di anni. Le anomalie di picco possono mostrare valori superiori a 500 mW/m² (Unione Geotermica Italiana, 2011; 2017) e corrispondono ad alti strutturali di acquiferi carbonatici confinati molto permeabili, come l'Unità Tettonica della Falda Toscana e la Successione Umbro Marchigiana, in cui la circolazione convettiva di fluidi caldi favorisce la trasmissione del calore verso i livelli più superficiali.

Al contrario, i settori orientale e meridionale della penisola italiana, cioè gli Appennini e l'area adriatico-ionica, mostrano i bassi valori di flusso di calore 20 - 80 mW/m² dovuti sia all'ispessimento della crosta verso est, sia all'infiltrazione a notevoli profondità di precipitazioni meteoriche attraverso rocce carbonatiche molto permeabili che affiorano nel settore appenninico centro-meridionale. Gli elevati valori di flusso riscontrati nella fossa del Campidano in Sardegna e a Pantelleria in Sicilia sono connessi alle lacerazioni crostali che hanno favorito la formazione di lunghe e profonde depressioni tettoniche. Si evidenzia altresì che alcune zone di faglie profonde, che hanno agevolato in alcune zone la penetrazione di precipitazioni meteoriche, e la rapida risalita di fluidi caldi in altre, determinano locali anomalie del flusso di calore (Unione Geotermica Italiana, 2011; 2017).

La carta del tetto potenziale e quella delle corrispondenti temperature dell'acquifero serbatoio (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, già Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, 2020) forniscono la profondità in cui si rinviene la potenziale risorsa geotermica e il suo livello termico. Nella fascia nord-occidentale del Lazio, che comprende i Monti della Tolfa, l'acquifero carbonatico nel sottosuolo è costituito dall'Unità Tettonica della Falda Toscana e dalla Successione Umbro Marchigiana del Mesozoico-Cenozoico con i connessi sistemi idrotermali (Calamai et al., 1976; Buonasorte et al., 1987; Chiocchini et al., 2010; Unione Geotermica Italiana, 2011, 2017; Chiocchini & Manna, 2015; Chiocchini & Savarese 2019, 2020; Chiocchini et al., 2022; 2023). Questo acquifero carbonatico è confinato tra i complessi idrogeologici impermeabili in prevalenza argillosi del

1 Si tratta di sistemi con circolazione naturale in acquiferi confinati, permeabili per porosità e fratturazione, in aree con rilevante anomalia termica, alimentati da acque meteoriche che percolano nelle aree di ricarica, producendo il carico idrostatico e la circolazione convettiva di acqua nel serbatoio. Nella parte superiore del serbatoio in strutture sollevate si possono formare due sottosistemi: uno con acqua prevalente, l'altro con copertura di vapore (Unione Geotermica Italiana, 2011).

Pliocene – Pleistocene e flyscidi del Cretacico – Eocene a tetto, e il complesso quarzítico filladico del Permiano alla base, e risulta sollevato mediante i sistemi di faglie dirette orientate NO - SE e SO - NE, che favoriscono un elevato flusso di calore e la risalita dei fluidi idrotermali con abbondante CO₂, e controllano la deposizione del travertino, in particolare nelle aree geotermiche dei Monti Cimini, di Viterbo, e dei Monti della Tolfa (Manfra et al., 1976; Duchi et al., 1985; Duchi & Minissale, 1995; Minissale et al., 2002). I suddetti complessi idrogeologici sono coperti dalle rocce vulcaniche della Provincia Magmatica Romana (distretti Cimino e Vicano; Lauro et al., 1965; Lombardi et al., 1965a, 1965b, 1974; Negretti & Morbidelli, 1963; Negretti et al., 1966; Lauro & Negretti, 1969; Ferrini et al., 1970; Devoto & Lombardi, 1977; Vollmer, 1977; Serri et al., 1992; De Rita et al., 1994, 1997), e, in minore misura, della Provincia Magmatica Toscana (Taylor & Turi, 1976; Poli et al., 1984; Van Bergen, 1984; Villa et al., 1989; Clausen & Holm, 1990; Pinarelli, 1991; Serri et al., 1992; Barberi et al., 1994; Peccerillo & Donati, 2003; Peccerillo, 2005; Palozza, 2019), che comprende il Distretto Tolfetano Cerite nel Lazio e quello del Monte Amiata in Toscana.

La presente ricerca è compresa nell'ambito dell'attività dell'Associazione Nazionale per gli Interessi del Mezzogiorno d'Italia (ANIMI) – Società Magna Grecia per lo studio delle Terme Taurine (o Bagni di Traiano; nel seguito si userà questo ultimo termine) (Chiocchini et al., 2022) e dell'acquedotto costruito da questo imperatore per il porto di Centumcellae (Chiocchini et al., 2023), e ha lo scopo di valutare lo stato dell'arte della risorsa geotermica e il suo sfruttamento nelle aree di Tolfa e Civitavecchia.

Ubicazione delle aree di studio

Le aree di studio, ubicate nei rilievi collinari dei Monti della Tolfa, sono due: la prima (Fig. 1 a) comprende i Bagni di Traiano nel territorio comunale di Civitavecchia, circa 3,5 km a NE di quest'ultima (tavoleta IGM II NE Tolfa del Foglio 142 Civitavecchia, e elementi 363062 S. Liborio e 363973 Bagni di Traiano della Carta Tecnica della Regione Lazio in scala 1: 5000); la seconda (Fig. 1 b) è situata nella località Il Bagnarello del territorio comunale di Tolfa, circa 26 km a NE di Civitavecchia (tavoleta IGM III NO Bagni di Stigliano del Foglio 143 Bracciano, e elemento 363084 La Tolficciola della Carta Tecnica della Regione Lazio). I Monti della Tolfa sono compresi nella fascia peri-Tirrenica del Lazio centro occidentale in prossimità del confine con la regione Toscana (Fig. 1).

Materiali e metodi

Nella prima fase della ricerca è stato acquisito il rilevamento geologico dell'area del territorio comunale di Civitavecchia (Chiocchini et al., 2023) ed è stato svolto il rilevamento geologico dell'area di Bagnarello nel territorio comunale di Tolfa utilizzando l'elemento 363084 La Tolficciola della Carta Tecnica della Regione Lazio. Inoltre, allo scopo di precisare le litofacies dei membri del Flysch della Tolfa e della Unità Tettonica della Falda

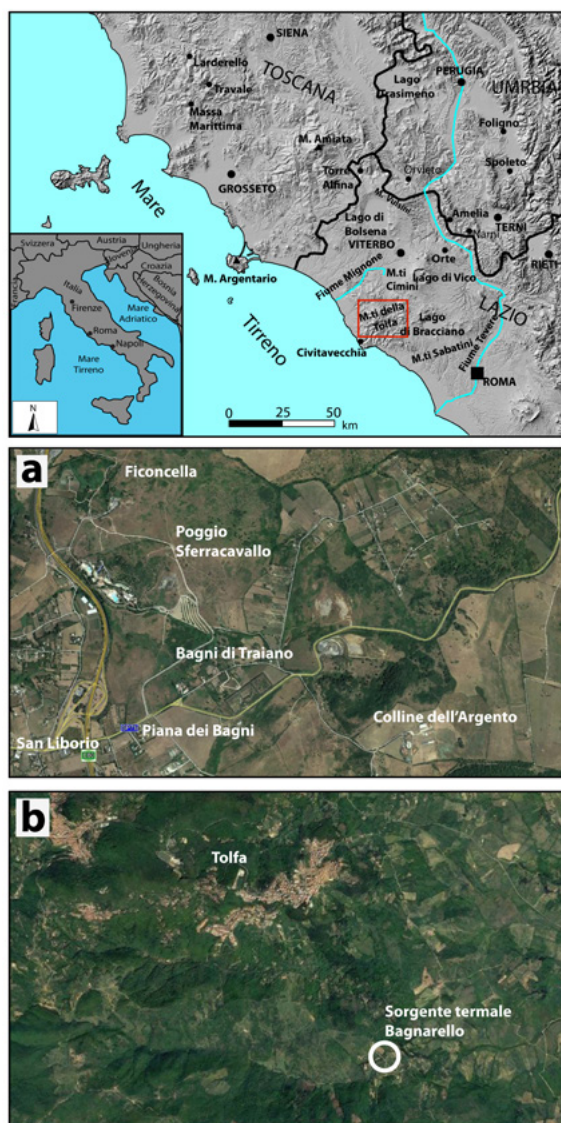


Figura 1. Ubicazione delle aree studiate. a) area di Civitavecchia; b) area di Tolfa.

Toscana, è stato eseguito il rilevamento geologico dell'area tra Riserva Cinquare e Monte delle Fate, circa 20 km a SE di Civitavecchia, mediante gli elementi 364093 Riserva Cinquare e 364992 Sasso della Carta Tecnica della Regione Lazio. Il rilevamento geologico è stato svolto in base alla normativa della cartografia del Servizio Geologico Nazionale (1992; 1994) e dell'ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico Nazionale (2009). Per definire l'età delle formazioni è stata utilizzata la International Chronostratigraphic Chart della International Stratigraphic Commission aggiornata al 2024, e il colore delle rocce delle formazioni è stato determinato mediante la Rock - Color Chart (Geological Society of America, 1991).

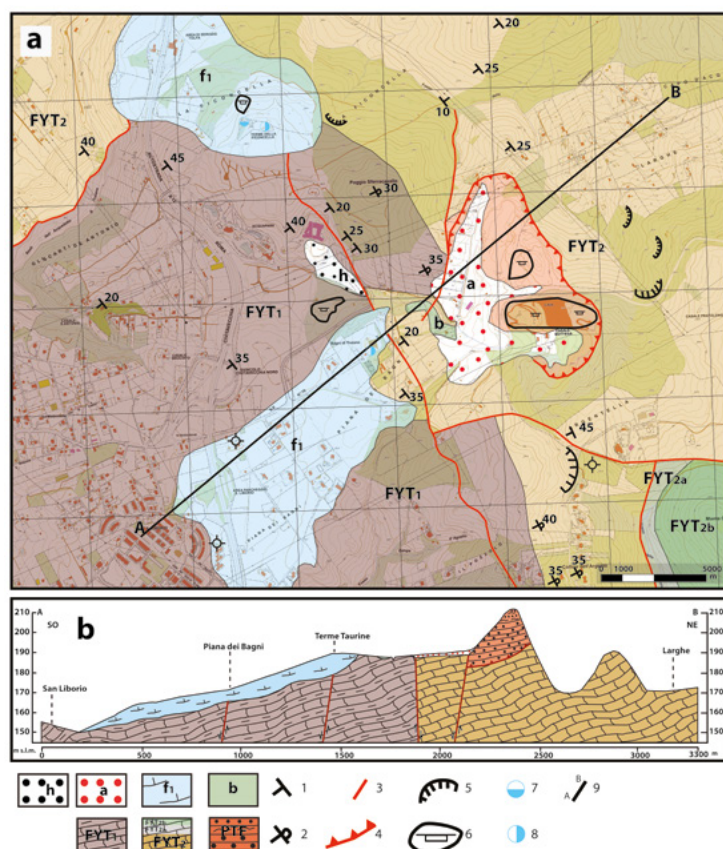
Risultati

Stratigrafia e tettonica

Nelle aree in esame affiorano le seguenti unità: la Pietraforte del Cretacico superiore e il Flysch della Tolfa, che comprende il Membro di Poggio Vivo (FYT₁) argilloso

calcareao del Cretacico superiore - Paleocene e il Membro del Fosso dell'Anitrella (FYT₂) calcareao argilloso dell'Eocene (Servizio Geologico d'Italia, 1969; Alberti et al., 1970; Abbate & Sagri, 1970; Servizio Geologico d'Italia, 1971; Bertini et al., 1971; Fazzini et al., 1972; Baldi et al., 1974; Boccaletti et al., 1987; Civitelli & Corda, 1993; De Rita et al., 1993, 1997; ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia, 2016; in attesa di stampa; Chiocchini et al., 2002; 2023); i depositi argillosi dell'Unità del Fosso di San Savino (SBM) del Pliocene inferiore (Chiocchini & Potetti, 1998; De Rita et al., 1997; ISPRA - Servizio Geologico d'Italia, in attesa di stampa); le lave trachitiche dacitiche dell'Unità di Allumiere (UAL) del Pliocene superiore - Pleistocene inferiore connesse alla Provincia Magmatica Toscana (Taylor & Turi, 1976; Poli et al., 1984; Van Bergen, 1984; Villa et al., 1989; Clausen & Holm, 1990; Pinarelli, 1991; Serri et al., 1992; Barberi et al., 1994; Peccerillo & Donati, 2003; Peccerillo, 2005; Peccerillo, 2005; Palozza, 2019); il travertino (Capezzuoli & Gandin, 2004; Gandin, 2013; Gandin & Capezzuoli, 2014) o travertino stromatolitico (D'Argenio & Ferreri, 1987; 1988; D'Argenio et al., 2013) dell'Olocene (Fig. 2 e 3).

Per quanto riguarda il Membro di Poggio Vivo è necessario precisare che nelle zone Bagni di Traiano (Fig. 2) e Il Bagnarello (Fig. 3), al km 17 circa della Strada Provinciale 3 b Santa Severa - Tolfa, gli affioramenti della parte superiore della successione sono costituiti, rispettivamente, da calcari marnosi di colore grigio medio N 5, grigio molto



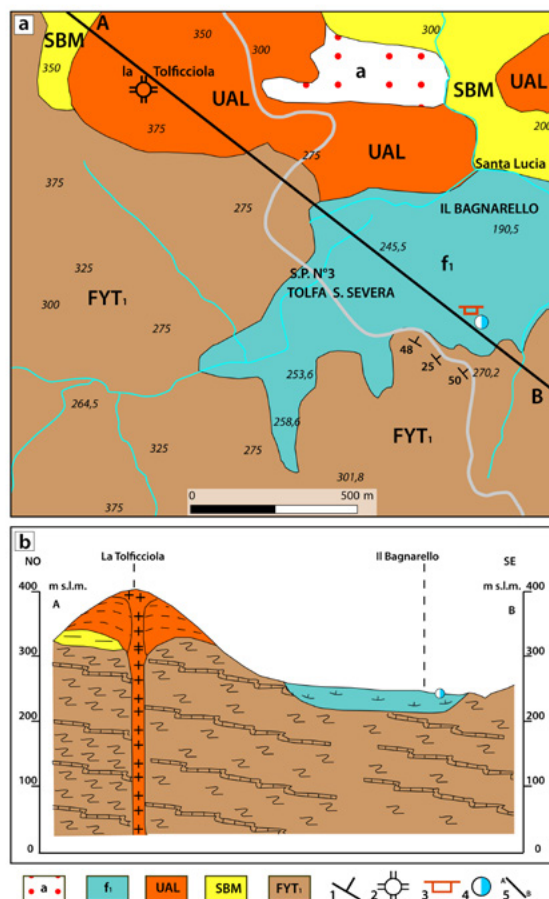


Figura 3. Carta geologica (a) e sezione (b) dell'area di Tolfa. a, detrito (Olocene); f_1 , travertino (Olocene); UAL, Unità di Allumiere (lave trachitiche dacitiche; Pliocene superiore – Pleistocene inferiore); SBM, Unità del Fosso di San Savino (argille, argille sabbiose e marnose grigie; Zancleano); FYT, Flysch della Tolfa: FYT₁, Membro di Poggio Vivo (argilliti varicolori, con intercalazioni di marne e calcari marnosi in strati medi, di calcari silicei in strati sottili e medi, di calcareniti torbiditiche in strati medi e spessi, di marne e calcari marnosi di colore rosa e grigio chiaro in strati medi e spessi nella parte superiore; Cretacico superiore – Paleocene); 1, strati dritti; 2, domo; 3, cava inattiva; 4, sorgente termale; 5, traccia della sezione.

potente alcune decine di metri” a Il Bagnarello, è costituita da “calcari e calcari marnosi di colore rosso o rosa o grigio a volte nodulari con intercalazioni di sottili livelli argillosi rossi in strati di qualche decimetro”.

Inoltre, un terzo affioramento nell'area tra Riserva Cinquare e Monte delle Fate (Fig. 5), circa 17 km a SE dei precedenti, mostra calcari marnosi di colore grigio N 8 o N 6 e marrone chiaro 5 YR 5/6 tipo pietra paesina, calcari silicei di colore grigio scuro N 3, calcareniti torbiditiche di colore grigio chiaro N 7 in strati medi e spessi, marne di colore marrone chiaro 5 YR 5/6, argilliti di colore marrone medio 5YR 4/4 e grigio chiaro N 7, marne e calcari marnosi di colore rosso chiaro 5 R 6/6 e rosa arancione 5 Y 8/4 in strati medi e spessi con intercalazioni di strati molto sottili argillosi (Fig. 5). Questi ultimi litotipi sono simili a quelli descritti dai suddetti Autori (“nella parte inferiore calcari a frana fine a volte leggermente marnosi di colore grigio-rosato o rosa separati da veli argillosi; nella parte superiore calcari via via più marnosi fino a passare a marne rosso-vinate tendenti a frantumarsi in scaglie nella parte superiore, e localmente livelli calcarei nodulari rossi”), che li attribuiscono alla Scaglia toscana del Turoniano – Oligocene superiore. La scaglia rosata del Cretacico era stata riconosciuta anche da Segre (1950). Nella zona di Riserva Cinquare Vighi (1951; 1955) ha descritto la stratigrafia dei sondaggi 1 (profondo 119,42 m) e 2 (profondo 251,30 m) perforati dalla Montecatini S.p.A.,

chiaro N 8, grigio chiaro medio N 6 (Fig. 4 a) tipo pietra paesina, e da calcari marnosi di colore rosso chiaro 5 R 6/6 (Fig. 4 b) in strati medi, spessi, e molto spessi. Nella ricerca sulla geologia dei Monti della Tolfa secondo Fazzini et al. (1972) la successione di questi due affioramenti, che risulta “ridotta” a Bagni di Traiano e mostra “una pila (sic)



Figura 4. a. Successione di tre strati di calcare marnoso grigio del Membro di Poggio Vivo (FYT₁) con spessore 0,75 m (1), 0,35 m (2), 1,65 m (3) e immersione NE 48° in località Il Bagnarello al km 17 circa della Strada Provinciale 3 b Santa Severa - Tolfa. b. Strato di calcare marnoso di colore rosso chiaro con immersione SO 10° in prossimità dei Bagni di Traiano.

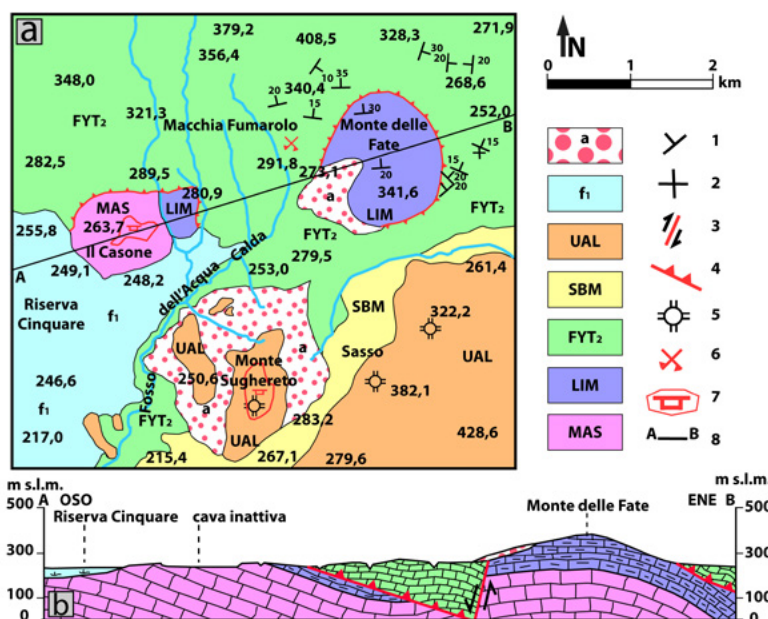
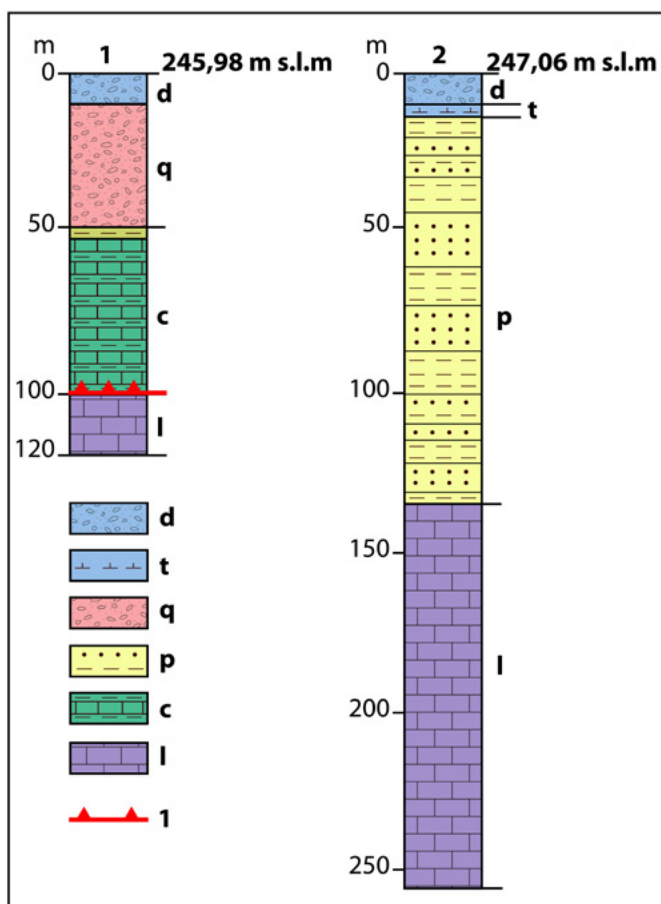


Figura 5. Carta geologica (a) e sezione (b) dell'area tra Riserva Cinquare e Monte delle Fate. a, detrito (Olocene); f_i, travertino (Olocene); UAL, Unità di Allumiere (lave trachitico dacitiche; Pliocene superiore - Pleistocene inferiore); SBM, Unità del Fosso di San Savino (argille, argille sabbiose, argille con ciottoli, argille manose, sabbie, ciottoli, arenarie, conglomerati; Zancleano); FYT, Flysch della Tolfa: FYT₂ Membro del Fosso dell'Anitrella (calcarei marnosi grigi e marroni tipo pietra paesina, calcari silicei di colore grigio scuro, calcareniti torbiditiche grigie in strati medi e spessi, marne di colore marrone chiaro, argilliti marroni e grigie; marne e calcari marnosi di colore rosso chiaro e rosa arancione in strati medi e spessi; Eocene); Unità Tettonica della Falda Toscana: LIM, Calcare Selcifero di Limano (calcarei di colore grigio chiaro con lenti di selce in strati medi e spessi; Lias inferiore); MAS, Calcare Massiccio (calcarei di colore biancastro e grigio chiaro con frammenti di molluschi, echinodermi, alghe; Lias inferiore); 1, strati dritti; 2, strati orizzontali; 3, faglia diretta; 4, contatto di sovrapposizione tettonica; 5, domo; 6, miniera inattiva; 7, cava inattiva; 8, traccia della sezione..

che è stata interpretata (Fig. 6) attribuendo “d, t, q” a depositi del Quaternario, “p” all’Unità del Fosso di San Savino (SBM in Fig. 3 e 5), “c” al Membro del Fosso dell’Anitrella (FYT₂ in Fig. 2, 3, 5) del Flysch della Tolfa, “l” al Calcare Massiccio (MAS in Fig. 5) dell’Unità Tettonica della Falda Toscana.

Al riguardo si deve evidenziare che: (i) i calcari marnosi e le marne di colore rosso o rosa descritti da Segre (1950) e Fazzini et al. (1972) nelle suddette zone sono presenti anche nei due membri del Flysch della Tolfa sopra ricordati, come riconosciuto da Abbate & Sagri (1970), Alberti et al. (1970), Bertini et al. (1971), Civitelli & Corda (1993), Chiocchini et al. (2022; 2023), Funicello et al. (in attesa di stampa); (ii) la Scaglia toscana, riportata nella cartografia dell’Unità Tettonica della Falda Toscana in diciassette fogli della Carta Geologica d’Italia in scala 1: 50.000,

Figura 6. Interpretazione della stratigrafia dei sondaggi 1 e 2 proposta da Vighi (1955), in cui sono state mantenute le lettere originali (d, t, q, p, c, l) degli intervalli litologici perforati. d, depositi alluvionali recenti (Olocene); t, travertino (Olocene); q, materiale argilloso sabbioso con ciottoli di calcari, marne, arenarie (Quaternario); p, argille, argille sabbiose, argille con ciottoli, argille manose, sabbie, ciottoli, arenarie, conglomerati (Pliocene inferiore); c, calcari, calcari marnosi, marne, argille (Eocene; solo nel sondaggio 1); l, calcari grigi talvolta brecciati e molto fratturati (Lias inferiore); 1, contatto di sovrapposizione tettonica.



di cui sedici della regione Toscana[2] e uno della regione Lazio (Foglio 344 Toscana) (www.isprambiente.it; www.regione.toscana.it), è costituita da prevalenti litotipi argillitici (Membro o Formazione di Brolio molto frequente; argilliti e calcareniti di Colle Santa Cristina; argilliti dell'Orecchiella; membro di Monte Filoncio) e marnosi (membro delle marne del Sugame; membro delle marne di Rovaggio), mentre i litotipi calcarei (Calcari di Puglianella; membro delle calcareniti di Montegrossi o Calcareniti di Montegrossi; membro delle calcareniti di Dudda) sono meno frequenti.

Inoltre, secondo Cipollari et al. (2024) nell'area tra Riserva Cinquare (Il Casone) e Monte delle Fate “i rapporti stratigrafici e geometrici di campo indicano blocchi sia di rocce carbonatiche, costituite da calcari di colore grigio scuro, Calcari selciferi e Scaglia toscana, sia di Flysch della Tolfa, distribuiti disordinatamente dentro una matrice argillosa molto deformata”. Questo complesso litologico è attribuito all'Olistostroma “Il Casone – Monte delle Fate” del Bartoniano (Eocene medio). I blocchi di rocce dell'olistostroma (olistoliti) hanno “differenti dimensioni (da decimetriche a decametriche), litologie e giaciture”, e appartengono al Flysch della Tolfa e alla Successione Toscana Meso – Cenozoica, che, in accordo con i sedici fogli della Carta Geologica d'Italia della regione Toscana sopra ricordati, è attribuita alla Unità Tettonica della Falda Toscana. Gli olistoliti più frequenti sono quelli del Flysch della Tolfa riportati in figura 4 (ventotto blocchi di “mudstones rossastri e brunastri tipo pietra paesina intercalati a strati di calcareniti torbiditiche con strutture trattive e di calcari marnosi”), e della Scaglia toscana (ventidue blocchi di “calcari micritici rossastri o biancastri con abbondanti foraminiferi planctonici del Cretacico superiore ed Eocene”), mentre sono undici gli olistoliti della Successione Toscana Meso – Cenozoica costituiti da Calcare Massiccio (due grainstones massicci biancastri), Calcari ad Ungulati (quattro micriti massicce grigie), Calcare Selcifero di Limano (tre calcari con selce grigia), Rosso ad Aptici (un calcare marnoso con lamine sottili), e Maiolica (un grainstone biancastro). Al riguardo si deve ricordare che il Flysch della Tolfa e la Successione Toscana Meso – Cenozoica sono soggetti all'erosione, all'alterazione meteorica, e, in particolare, a frequenti estesi movimenti franosi sia

superficiali che profondi nei Monti della Tolfa, illustrati nel Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia; www.isprambiente.it), ed evidenziati da Chiocchini et al. (2023). Di conseguenza il Flysch della Tolfa e la Successione Toscana Meso – Cenozoica mostrano molto spesso, lungo i versanti collinari degli omonimi Monti, coltri detritiche superficiali eterometriche che comprendono anche grossi blocchi di calcari marnosi, calcari silicei, calcareniti, e marne con giacitura disordinata. Inoltre, nella cava inattiva della zona Il Casone (Fig. 5) è presente una rilevante quantità di frammenti di rocce calcaree, con dimensioni da centimetriche a metriche, connessi alla estrazione di Calcare Massiccio.

In base a quanto sopra riportato, i litotipi delle zone Bagni di Traiano, Il Bagnarello, Riserva Cinquare, e Monte delle Fate, che non mostrano caratteri litologici complessivi simili a quelli della Scaglia toscana e di un olistostroma, sono attribuiti al Membro del Fosso dell'Anitrella (FYT₂) del Flysch della Tolfa.

Circa le lave trachitico dacitiche dell'Unità di Allumiere (UAL) si evidenzia che sono caratterizzate da elevata alterazione superficiale secondaria, che le rende molto friabili, con formazione di estese coltri detritiche, da fessure verticali o molto inclinate per lo più aperte, connesse alla contrazione della lava durante il raffreddamento, e da fratture verticali con identica giacitura dovute alle fasi della tettonica distensiva del Pliocene e Pleistocene. I depositi di travertino di Piana dei Bagni, Poggio Sferacavallo, La Ficoncella (Fig. 2) nella zona di Civitavecchia, e presso Il Bagnarello nella zona di Tolfa (Fig. 3) formano corpi con geometria complessiva di blanda cupola spessa circa 10 m nelle prime tre località e fino a circa 25 m nella quarta.

Le coltri detritiche sono costituite da sabbie grossolane eterometriche e ghiaie in matrice sabbiosa e più raramente limoso argillosa, di colore moderatamente rosso arancione 10R 6/6, con frammenti grossolani di lava alterata di colore bianco N 9 per l'Unità di Allumiere (Fig. 3), mentre il Flysch della Tolfa produce detrito con frammenti lapidei eterometrici in matrice limoso argillosa (a), e un deposito eluvio colluviale composto da sabbie limoso argillose (b) (Fig. 2). Lo spessore di questi sedimenti, riferiti all'Olocene, varia da 6 - 10 m in alcuni versanti, valli, e valleciole per (a), a pochi metri per (b).

L'assetto stratigrafico e strutturale dei Monti della Tolfa, dedotto anche mediante le stratigrafie dei pozzi Pantani 1, Terme dei Papi e Bagnarello 1 (Fig. 7 e 8), è caratterizzato dalla sovrapposizione tettonica del Flysch della

2 Fogli: 216 Borgo Val di Taro, 234 Fivizzano, 235 Pievopela-go, 248 Pontremoli, 249 Massa Carrara, 250 Castelnuovo Garfagnana, 251 Porretta Terme, 260 Viareggio, 261 Lucca, 262 Pistoia, 273 Pisa, 276 Figline Valdarno, 284 Rosignano Marittimo, 297 Asciano, 366 Massa Marittima, 332 Scansano.

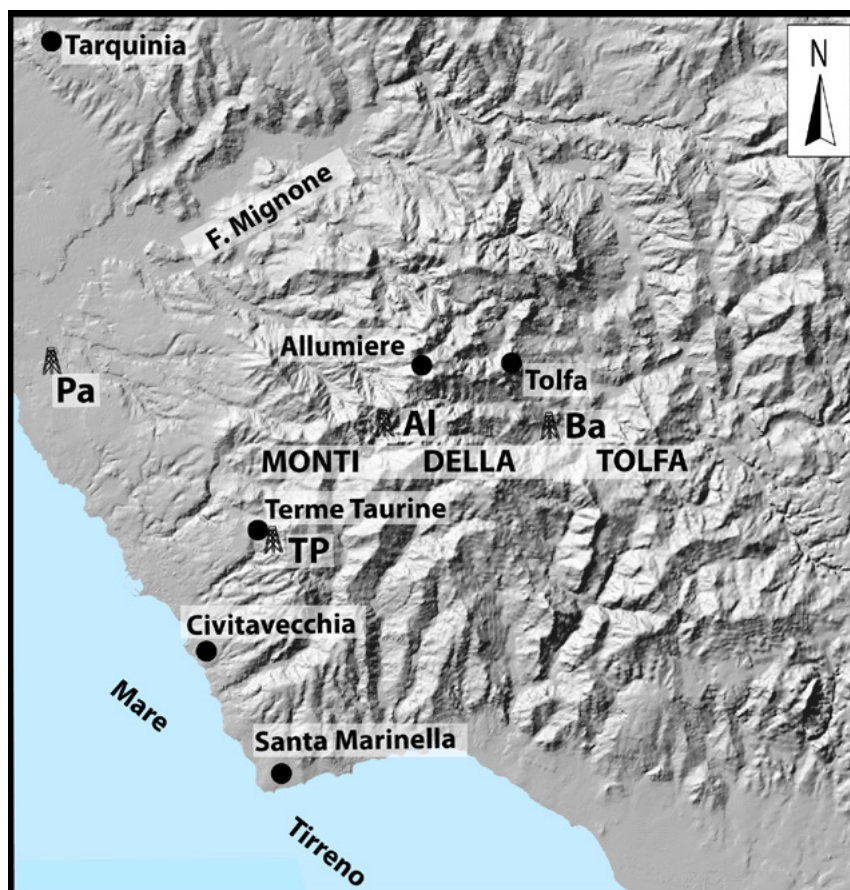


Figura 7. Ubicazione dei pozzi dell'Enel (Pa, Pantani 1; AI, Allumiere 1; Ba, Bagnarello 1) e delle Terme dei Papi (TP).

Tolfa sull'Unità Tettonica della Falda Toscana costituita dal Calcare Selcifero di Limano del Lias inferiore, come chiaramente indicato dal pozzo Terme de Papi. Nel pozzo Bagnarello 1 (Fig. 8) il Calcare Selcifero di Limano sembra costituire una scaglia tettonica, che giace su una ulteriore scaglia tettonica di Calcari e Marne con Rhaetavicula Contorta - Calcare Cavernoso del Norico p. p. - Retico (Triassico superiore) sovrapposta alla successione che comprende il Calcare Selcifero di Limano, i Calcari e Marne con Rhaetavicula Contorta del Retico e il Calcare Cavernoso. Questo assetto stratigrafico strutturale, dovuto alle fasi di deformazione compressiva dell'Oligocene - Miocene inferiore e del Miocene medio superiore che hanno interessato l'Appennino centrale (Kligfield et al., 1986; Boccaletti et al., 1987; Consiglio Nazionale delle Ricerche, 1990; Brunet et al., 1997; Rossetti et al., 1999; ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia, in attesa di stampa),

successivamente è stato suddiviso in *horst* e *graben* ad opera delle fasi di deformazione estensionale del Pliocene e Pleistocene (Consiglio Nazionale delle Ricerche, 1987; ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia, in attesa di stampa). In tale contesto si inserisce l'attività vulcanica delle lave trachitico dacitiche dell'Unità di Allumiere, che si sono intruse fino a circa 100 m sotto il Flysch della Tolfa (Ferrini et al., 1970; De Rita et al., 1997), e la loro successiva messa in posto nei domi ha provocato il sollevamento del Flysch della Tolfa e dell'Unità del Fosso di San Savino, che mostrano tracce di termometamorfismo in diverse zone. Pertanto, l'area dei Monti della Tolfa è stata sollevata di circa 100 m, raggiungendo il massimo di 200 m nella zona della Tolfaccia (Consiglio Nazionale delle Ricerche, 1987; Marinelli et al., 1993).

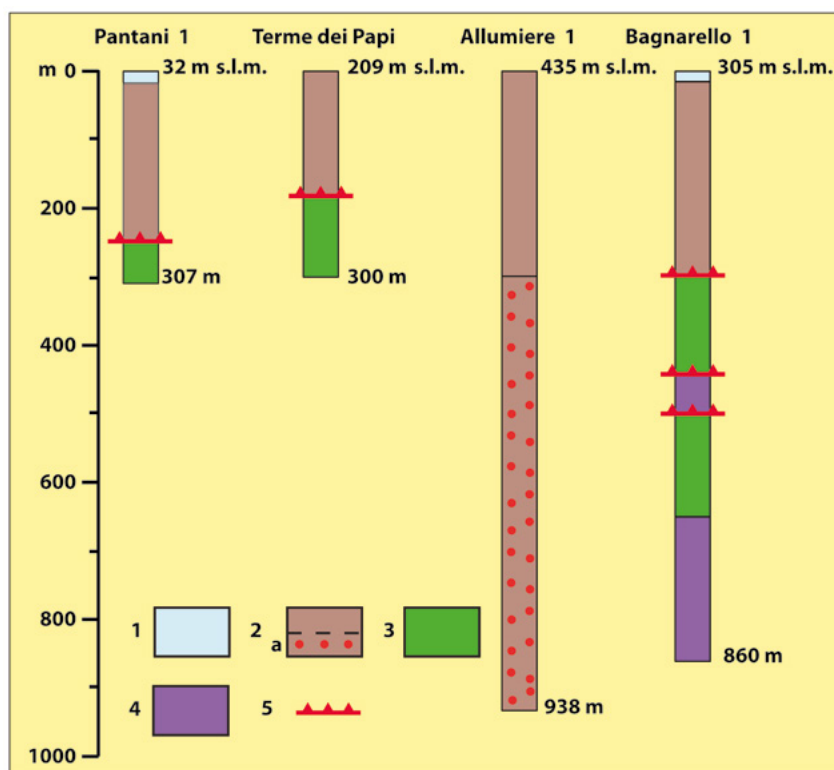


Figura 8. Stratigrafia dei pozzi Pantani 1 (1961), Allumiere 1 (1962), Bagnarello 1 (1962) dell'Enel, e delle Terme dei Papi (2019). 1, travertino (Olocene); 2, Flysch della Tolfa; a, con mineralizzazione di pirite (Cretacico superiore – Eocene); Unità Tettonica della Falda Toscana; 3, Calcare Selcifero di Limano (Lias inferiore), 4, Calcari e Marne con *Rhaeticula Contorta* - Calcare Cavernoso (Triassico superiore); 5, contatto di sovrapposizione tettonica. Da Chiocchini et al. (2022) modificato.

Ringraziamenti

La ricerca è stata supportata dall'Associazione Nazionale per gli Interessi del Mezzogiorno d'Italia (ANIMI). L'Autore è grato al Sig. Fausto Sensi, Amministratore Delegato delle Terme dei Papi, per la autorizzazione ad utilizzare i dati relativi al pozzo perforato per la ricerca di acqua termale e alle relative analisi chimico-fisiche; a Francesco Grigioni per l'autorizzazione ad accedere alle aree di proprietà della Società Agricola Aurelia Srl; a Giovanni Savarese per la informatizzazione delle figure.

ORCID

Ugo Chiocchini: <http://orcid.org.0000-0003-4106-3350>.

Riferimenti bibliografici

- Abbate E., Sagri M. (1970) The eugeosynclinal sequences. *Sedimentary Geology*, 4, 251 – 340.
- Alberti A., Bertini M., Del Bono G., Nappi G., Salvati L. (1970) Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100.000. Foglio 142 Civitavecchia. Poligrafico & Cartevalori, Servizio Geologico d'Italia. Ercolano (Napoli), 141 p.
- Baldi P., Decandia F.A., Lazzarotto A., Calamai A. (1974) Studio geologico del substrato della copertura vulcanica nella zona dei laghi di Bolsena, Vico e Bracciano. *Mem. Soc. Geol. It.*, 13, 575 – 606.
- Barberi F., Buonasorte G., Cioni R., Fiordelisi A., Foresi L., Iaccarino S., Laurenzi M.A., Sbrana A., Vernia L., Villa I.M (1994) Plio-Pleistocene geological evolution of the geothermal area of Tuscany and Latium. *Mem. Descr. Carta Geol. d'It.*, XLIX, 77 – 134.
- Barelli A., Calami A., Cataldi A. (1975) Estimation of the geothermal potential of the pre-Apennine belt of Central-Southern Italy (abs). 2nd United Nation Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources. San Francisco, Abstract, 1 - 3.
- Bertini M., D'Amico C., Deriu M., Tagliavini S., Vernia A. (1971) Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100.000. Foglio 143 Bracciano. Servizio Geologico d'Italia. Nuova Tecnica Grafica, 77 p.
- Boccaletti M., Decandia F.A., Gasperi G., Gelmini R., Lazzarotto A., Zanzucchi G. (1987) Carta strutturale dell'Appennino Settentrionale. Pubbl. 429, Note illustrative. CNR Progetto Finalizzato Geodinamica, Tipografia Senese.
- Boni C., Bono P., Funicello R., Parotto M., Pratlurion A., Fanelli M. (1982) Carta delle manifestazioni termali e dei complessi idrogeologici d'Italia. Consiglio Nazionale delle Ricerche – Progetto Finalizzato Energetica -Sottoprogetto Energia Geotermica.

- Bono P. (1981) Valutazione preliminare del potenziale geotermico della regione laziale. *Geologica Romana*, 20, 69 – 78.
- Brunet C., Monié P., Jolivet L. (1997) Geodynamic evolution of the Alpine Corsica based on $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ data (abstract). *Terra Nova* EUG, 9, 93.
- Buonasorte G., Cataldi R., Ceccarelli A., Costantini A., D'Offizi S., Lazzarotto A., Ridolfi A., Baldi P., Barelli A., Bertini G., Beltrami R., Calamai A., Caneli G., Corsi R., D'Acquino C., Fiordelisi A., Ghezzi A., Lovari F. (1987) Ricerca ed esplorazione nell'area geotermica di Torre Alfina (Lazio-Umbria). *Boll. Soc. Geol. It.*, 107, 265 – 337.
- Calamai A., Cataldi R., Squarci P., Taffi L. (1970) Geology, Geophysics and Hydrogeology of the Monte Amiata geothermal fields. *Geothermics. Special Issue 1. I Maps and Comments*.
- Calamai A., Cataldi R., Squarci P., Taffi L. (1976) Distribuzione delle anomalie geotermiche nella fascia preappenninica toscano-laziale. *Simp. Intern. Sobre Energia Geotermica en America Latina, Città del Guatemala* 16/23 ott. 1976, 189 – 229.
- Calore C., Cataldi R., Celati R., Mongelli F., Squarci P., Taffi L., Zito G. (1991 a) Map of the geothermal ranking of the Italian territory to 3 km depth. *Int. Inst. for Geothermal Research – CNR, Pisa*.
- Calore C., Celati R., Squarci P., Taffi L. (1991 b) Temperature map of Italy at 1000 m below ground level. *Int. Inst. for Geothermal Research – CNR, Pisa*.
- Calore C., Celati R., Squarci P., Taffi L. (1991 c) Temperature map of Italy at 2000 m below ground level. *Int. Inst. for Geothermal Research – CNR, Pisa*.
- Calore C., Celati R., Squarci P., Taffi L. (1991 d) Temperature map of Italy at 3000 m below ground level. *Int. Inst. for Geothermal Research – CNR, Pisa*.
- Capezzuoli E., Gandin A. (2004) I “travertini” in Italia: proposta di una nuova nomenclatura basata sui caratteri generici. *Il Quaternario*, 17 (2/1), 273-284.
- Cataldi R. (1967) Remarks on the geothermal research in the region of Monte Amiata (Tuscany - Italy). Reprint from *Bulletin Volcanologique*, Thome XXX, 243 – 270.
- Cataldi R., Lazzarotto A., Muffler L.J.P., Stefani G., Calore G. (1978) Assessment of geothermal potential of central and southern Tuscany. *Geothermics*, 7, 79 – 131.
- Cataldi R., Mongelli F., Squarci P., Taffi L., Zito G., Calore G. (1999) Geothermal ranking of Italian territory. *Geothermics*, 24, 115 – 129.
- Chiocchini U., Castaldi F., Barbieri M., Eulilli V. (2010) A stratigraphic and geophysical approach to studying the deep-circulating groundwater and thermal springs, and their recharge areas, in the Cimino Mountains-Viterbo area, central Italy. *Hydrogeology Journal*, 18, 1319 – 1341.
- Chiocchini U., Manna F. (2015) Un acquifero carbonatico con sistema idrotermale in crisi idrica: il caso di Viterbo. *Geologia Tecnica & Ambientale*, 1, 39 – 68.
- Chiocchini U., Potetti M. (1998) Caratteri sedimentologici e stratigrafici delle Calcareniti di Tarquinia (Provincia di Viterbo). *Boll. Serv. Geol. d'It.*, CXVII, 33 – 52.
- Chiocchini U., Savarese G. (2019) The Viterbo hydrothermal system and its sustainable exploitation, Central Italy. *Journal of Energy and Power Technology*, Lidsen, V. 1, Issue 3. doi 10.219626/jept.1903003.
- Chiocchini U., Savarese G. (2020) Modello idrogeologico concettuale, sorgenti termali estinte e sfruttamento sostenibile del sistema idrotermale di Viterbo. *Mem. Descr. Carta Geol. d'It.*, 107, 69 – 100.
- Chiocchini U., Savarese G., Seidenari L. (2022) L'approvvigionamento di acqua e il funzionamento delle Terme Taurine, Civitavecchia, Italia centrale. *Geologia Tecnica & Ambientale*, 1, 43 – 66.
- Chiocchini U., Manna F., Portoghesi L. (2023) L'acquedotto dell'imperatore Traiano per il porto di Centumcellae, oggi Civitavecchia, nel contesto ambientale dei Monti della Tolfa, Italia centrale. *Geologia Tecnica & Ambientale*, 1, 41 – 72.
- Cipollari P., Abbassi A., Cosentino D. (2024) “Il Casone-Monte delle Fate” Olistostrome in the middle Eocene External Ligurian Unit (Monti della Tolfa, northern Latium): new constraints on the geodynamic evolution of the northern Apennines. *Ital. J. Geosci.*, Vol. 14, No 1, 155 – 172.
- Civitelli G., Corda L. (1993) The Allochthonous Succession. In: Quaderni de “La Ricerca Scientifica”, 114, Progetto Finalizzato “Geodinamica” Monografie Finali, Vol. 11, Sabatini Volcanic Complex, Edited by M. Di Filippo. Roma, Consiglio Nazionale delle Ricerche (1993), 19 – 28.
- Clausen C., Holm P.M. (1990) Origin of acid volcanics of the Tolfa district, Tuscan Province, central Italy: an elemental and Sr-isotopic study. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 105, 403 – 411.
- Conforto B. (1954) Risultati della prima fase di ricerche di forze endogene nel Viterbese. *L'Ingegnere*, A. XXVII, (1), 345 – 350; 521 – 530.
- Consiglio Nazionale delle Ricerche (1982 a) Progetto Finalizzato Energetica. Sottoprogetto Energia Geotermica. Carta del tetto del potenziale serbatoio.
- Consiglio Nazionale delle Ricerche Autori vari (1982 b) Contributo alla conoscenza delle risorse geotermiche del territorio nazionale, RF 9.
- Consiglio Nazionale delle Ricerche (1987) Progetto Finalizzato Geodinamica. Neotectonic Map of Italy. Vol. 4 Quaderni della Ricerca Scientifica. L.A.C., Firenze.
- Consiglio Nazionale delle Ricerche (1990) Progetto Finalizzato Geodinamica. Sottoprogetto Modello Strutturale Tridimensionale. Structural Model of Italy S.E.L.C.A., Firenze.
- D'Argenio B., Ferreri V. (1987) A brief outline of sedimentary models for Pleistocene travertine accumulation in southern Italy. *Rend. Soc. Geol. It.*, 9, 167 – 170.
- D'Argenio B., Ferreri V. (1988) Ambienti di deposizione e litofacies dei travertini quaternari dell'Italia centro-meridionale. *Mem. Soc. Geol. It.*, 41, 861 – 868.
- D'Argenio B., Ferreri V., Anzalone E. (2013) Travertines of central and southern Italy. *Rend. Online. Soc. Geol. It.*, 27, 4 – 9. doi 10.3301/ROL.2013.16.
- Della Vedova B., Mongelli F., Pellis G., Squarci P., Taffi L., Zito G. (1991) Heat flow map of Italy. *Int. Inst. for Geothermal Research – CNR, Pisa*.
- De Rita D., Di Filippo M., Sposato A. (1993) Geological map of the Sabatini Volcanic Complex (scale 1: 50,000) In: Quaderni de “La Ricerca Scientifica”, 114, Progetto Finalizzato “Geodinamica” Monografie Finali vol. II Sabatini Volcanic Complex, Edited by M. Di Filippo Roma, Consiglio Nazionale delle Ricerche (1993).
- De Rita D., Bertagnini A., Faccenna C., Landi P., Rosa C., Zarlunga F., Di Filippo M., Carboni M.G. (1997) Evoluzione geopetrografica - strutturale dell'area tolfaiana. *Boll. Soc. Geol. It.*, 116, 143 – 175.
- Devoto G., Lombardi G. (1977) Le formazioni sedimentarie ed eruttive del settore Tolfaiano-Cerite (Lazio nord-occidentale). *Quad. Acc. Naz. Lincei*, 227 (2), 1 – 35.
- Duchi V., Minissale A. (1995) Distribuzione delle manifestazioni gassose nel settore peri-tirrenico toscano-laziale e loro interazione con gli acquiferi superficiali. *Boll. Soc. Geol. It.*, 114, 337 – 351.
- Duchi V., Minissale A., Romani L. (1985) Studio geochimico su acque e gas dell'area geotermica Lago di Vico-M. Cimino (Viterbo). *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem., Serie A*, XCII, 35, 237 – 254.
- Fazzini P., Gelmini R., Mantovani P., Pellegrini M. (1972) Geologia dei Monti della Tolfa (Lazio Settentrionale; provincia di Viterbo e Roma). *Mem. Soc. Geol. It.*, 11 (1), 65 – 144.
- Ferrini V., Lombardi G., Morbidelli L., Negretti G.C. (1970) Studio geopetrografico del complesso vulcanico tolfaiano - cerite (Lazio). VI. Le manifestazioni ipoabissali. Istituto di Petrografia Università di Roma.
- Forster A., Merriam D. F. (1999) *Geothermics in Basin Analysis*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, 241 p.

- Frondini F., Cardellini C., Caliro S., Chiodini G., Morgantini N. (2012) Regional groundwater flow and interactions with deep fluids in western Apennines: the case of Narni - Amelia chain (Central Italy). *Geofluids*, 12, 182 - 196.
- Funicello R., De Rita D., Sposato A., Esposito A., Fabbri M., Marsili P., Mazzini L., Paccara P., Trigari A. Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50.000. Foglio 354 Tarquinia, 170 p. ISPRA - Servizio Geologico d'Italia, in attesa di stampa.
- Gandin A. (2013) Classificazione genetica, caratteri petrologici distintivi e valori isotopici correlati di calcari incrostanti depositi da acque scorrenti (Travertini - Calcareous Tufa - Speleotemi). *Rend. Online Soc. Geol. It.*, 27, 10 - 30. doi 10.3301/ROL.2013.17.
- Gandin A., Capezzuoli E. (2014) Travertine: distinctive depositional fabrics of carbonates from thermal spring system. *Sedimentology*, 61, 264 - 290.
- Geological Society of America (1991) The Rock-Color Chart.
- Giunta Regionale Toscana (1977) Geotermia e Regioni. Atti del Convegno Nazionale promosso dalle Regioni Toscana, Lazio, Campania. Chianciano 14 - 16 aprile 1977, 446 p.
- ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico Nazionale (2009) Carta Geologica d'Italia - 1: 50.000. Progetto CARG. Modifiche e Integrazioni al Quaderno N. 1/1992. Quaderni Serie III, 12, 3, 54 p.
- ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia (2016) Carta Geologica d'Italia in scala 1: 50.000. Foglio 355 Ronciglione. D.R.E. Am Italia.
- ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia. Carta Geologica d'Italia in scala 1: 50.000. Foglio 344 Toscana, Foglio 345 Viterbo, Foglio 353 Montalto di Castro, Foglio 354 Tarquinia. In attesa di stampa.
- Kligfield R., Hunziker J., Dallmeyer R.D., Schamel S. (1986) Dating of deformation phases using $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ techniques: results from the Northern Apennines. *Journ. Struct. Geol.*, 8, 781 - 798.
- Lauro C., Negretti G.C., Morbidelli L., Lombardi G. (1965) I. Studio geopetrografico del complesso vulcanico tolfetano-cerite. Lineamenti geotutturali della Tuscia Romana centro-occidentale, con particolare riguardo alle regioni tolfetana, cerite e manziate, e notizie bibliografiche. Istituto di Petrografia Università di Roma, 53 p.
- Kligfield R., Hunziker J., Dallmeyer R.D., Schamel S. (1986) Dating of deformation phases using $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ techniques: results from the Northern Apennines. *Journ. Struct. Geol.*, 8, 781 - 798.
- Lauro C., Negretti G.C. (1969) Il vulcanismo della Tuscia Romana: le manifestazioni vulcaniche acide del settore centro-occidentale. Atti Istituto di Petrografia Università di Roma.
- Lombardi G., Morbidelli L., Negretti G.C. (1965 a) Lineamenti geopetrografici e strutturali degli affioramenti vulcanici del settore tolfetano (Lazio). *Rend. Soc. Min. Ital.*, 21, 151 - 156.
- Lombardi G., Morbidelli L., Negretti G.C. (1965 b) Gli affioramenti eruttivi della Tolfaccia (Monti della Tolfa). *Rend. Soc. Min. Ital.*, 21, 157 - 164.
- Lombardi G., Morbidelli L., Negretti G.C. (1974) Età delle vulcaniti acide dei complessi tolfetano, cerite e manziate (Lazio nord-occidentale). *Per. di Min.*, 43, 181 - 204.
- Manfra L., Masi U., Turi B. (1976) La composizione isotopica dei travertini del Lazio. *Geologica Romana*, 15, 127 - 174.
- Marinelli G., Barberi F., Cioni (1993) Sollevamenti neogenici e intrusioni acide della Toscana e del Lazio settentrionale. *Mem. Soc. Geol. It.*, 49, 279 - 288.
- Marroni M., Moratti G., Costantini A., Conticelli S., Benvenuti M.G., Pandolfi L., Bonini M., Cornamusini G., Laurenzi M.A. (2005) Geology of the Monte Amiata Region, Southern Tuscany, Central Italy. *Ital. Journ. Geosci.*, 134, n. 2, 171 - 199.
- Minissale A., Kerrich D.M., Magro G., Murell M.T., Paladini M., Rihs S., Sturchio N.C., Tassi F., Vaselli O. (2002) Geochemistry of Quaternary travertins in the region north of Roma (Italy): structural, hydrologic and paleoclimatic implications. *Earth Planet. Sci.*, 203, 709 - 728.
- Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, già Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato (2020) Inventario delle Risorse Geotermiche Nazionali. Rapporti Regionali. 13 Regione Lazio.
- Negretti G.C., Lombardi G., Morbidelli L. (1966) Studio geopetrografico del complesso Tolfetano - Cerite (Lazio). IV. Le manifestazioni vulcaniche acide del settore Cerite. Atti Istituto di Petrografia Università di Roma, 1 - 172.
- Negretti G.C., Morbidelli L. (1963) Studio geopetrografico del complesso Tolfetano - Cerite. III. Le manifestazioni vulcaniche acide del settore Civitavecchiese - Tolfetano. Atti Istituto di Petrografia Università di Roma, 1 - 91.
- Pagano G., Menghini A., Floris G. (1999) Relazione idrogeologica. Progetto delle opere di captazione e distribuzione delle acque termali. Progetto definitivo. Regione Lazio, Comune di Civitavecchia, 59 p.
- Pagano G., Menghini A., Floris G. (2001) Opere di captazione delle acque termali. Le perforazioni. Rapporto definitivo. Regione Lazio, Comune di Civitavecchia, 40 p.
- Palozza F. (2019) Studio mineralogico petrografico di due campioni di lava dell'apparato tolfetano. Tesi di Laurea. Corso di Laurea Triennale in Scienze Geologiche. Università degli Studi Roma Tre, 42 p.
- Paris L. (1977) L'energia geotermica ed altre fonti integrative. L'impegno Enel. Atti Convegno Nazionale "Geotermia e Regioni" promosso dalle Regioni Toscana, Lazio, Campania. Chianciano.
- Peccerillo A. (2005) Plio-Quaternary volcanism in Italy. *Petrology, Geochemistry, Geodynamics*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 360 p.
- Peccerillo A., Donati C. (2003) The Tuscan Magmatic Province. *Per. Mineral.*, 72, Special Issue, 27 - 39.
- Pinarelli L. (1991) Geochemical and isotopic (Sr, Pb) evidence of crust - mantel interaction in acid melts - The Tolfa - Cerveteri - Manziana complex (central Italy): a case history. *Chemical Geology*, 92 (1 - 3), 177 - 195. doi.org/10.1016/0009-2541(91)90055-V.
- Piscopo V., Barbieri M., Monetti V., Pagano G., Pistoni S., Ruggi E., Stanzione D. (2006) Hydrogeology of thermal waters in Viterbo area, Central Italy. *Hydrogeology Journal*, 8, 1508 -1521.
- Poli G., Frey F.A., Ferrara G. (1984) Geochemical characteristics of the south Tuscany (Italy) Volcanic Province: constraints on lava petrogenesis. *Chem. Geol.*, 43, 203 - 221.
- Romijn E., Groba E., Luttig G., Fiedler K., Laugier R., Lohnert E., Garagunis C. (1985) *Geothermics Thermal - Mineral Waters and Hydrogeology*. Theophrastus Publications S.A. Athens, 264 p.
- Rossetti F., Faccenna C., Jolivet L., Funicello R., Tecce F., Brunet C. (1999) Syn - versus post - orogenic extension: the case study of Giglio Island (Northern Tyrrhenian Sea, Italy). *Tectonophysics*, 304, 71 - 93.
- Segre A.G. (1950) Relazione sommaria dei rilevamenti ai Monti del Sasso e Ceriti. *Boll. Soc. Geol. It.*, Atti, LXIX, 593 - 594.
- Serri G., Innocenzi F., Manetti P., Tonarini S., Ferrara G. (1992) Il magmatismo neogenico-quadernario dell'area toscano-laziale-umbra: implicazioni sui modelli di evoluzione geodinamica dell'Appennino settentrionale. Studi Geologici Camerti, volume speciale, 1991/1, 429-463.
- Servizio Geologico d'Italia (1969) Carta Geologica d'Italia scala 1: 100.000. Foglio 142 Civitavecchia. Poligrafica & Cartevalori - Ercolano (Napoli).
- Servizio Geologico d'Italia (1971) Carta Geologica d'Italia scala 1: 100.000. Foglio 143 Bracciano. Reparto Riproduzione e Stampa E.I.R.A. Firenze.
- Servizio Geologico Nazionale (1992) Carta Geologica d'Italia - 1:

- 50.000. Guida al Rilevamento. Quaderni Serie III, 1, 203 p.
- Servizio Geologico Nazionale (1994) Carta Geomorfologica d'Italia – 1: 50.000. Guida al Rilevamento. Quaderni Serie III, 4, 42 p.
- Taylor P. H., Turi B. (1976) High ^{18}O igneous rocks from the Tuscan magmatic province, Italy. *Contrib. Mineral. Petrog.*, 55, 33 – 54.
- Unione Geotermica Italiana (2011) Previsioni di crescita della geotermia in Italia fino al 2030. A cura di G. Buonasorte, R. Cataldi, T. Franci, W. Grassi, A. Manzella, C. Meccheri, G. Passaleva. Sito dell'UGI.
- Unione Geotermica Italiana (2017) Stime di crescita della geotermia in Italia 2016 – 2030, con proiezioni al 2050. Sito dell'UGI.
- Van Bergen M.J. (1984) Magmas and inclusions of Monte Amiata, Tuscany, Italy. *Geologica Ultraiectina*, 37, 175 p.
- Vighi L. (1951) Segnalazione di una interessante formazione filoniana di fluorite in comune di Cerveteri (Roma). *Boll. Soc. Geol. It.*, 70, 3, 632 – 637.
- Vighi L. (1955) Su due sondaggi per ricerca d'acqua nella zona di Riserva Cinquare, a nord – est di Santa Severa (prov. di Roma). *Geotecnica*, 5, 217 – 225.
- Villa L.M., Giuliani O., De Grandis G., Cioni R. (1989) Datazioni K-Ar dei vulcani di Tolfa e Manziiana. *Boll. GNV*, 1989/2, 1025 - 1026.
- Vollmer R. (1977) Isotopic evidence for genetic relations between acid and alkaline rocks in Italy. *Geoch. Cosm. Acta*, 40, 283 - 295.

SONDE MULTIPARAMETRICHE

SONDE MULTIPARAMETRICHE AQUAREAD FINO A 17 PARAMETRI IN CONTEMPORANEA.



AQUAREAD
water monitoring instruments



Ampia gamma di sonde multiparametriche da utilizzare in acque di falda o acque libere. Realizzate con materiali resistenti alle condizioni chimico-fisiche più aggressive. Le sonde **AquaProbe** di **Aquaread** sono disponibili in configurazione "Package" ossia con un pacchetto completo che comprende tutto il necessario per i rilievi in campo. Il palmare GPS Aquameter permette una gestione completa della sonda, tutte le letture sono georeferenziate e memorizzabili in modalità manuale o automatica. Disponibili con cavi di varie lunghezze per attività di profilazione verticale. Utilizzabili anche in cella di flusso per la stabilizzazione dei parametri durante le attività di campionamento. Grazie al data-converter BlackBox possono essere integrate in datalogger, PLC, SCADA di terze parti o nella nostra piattaforma in cloud di monitoraggio "TICHE".

Da sempre impegnati nell'offrire le soluzioni tecnologiche più avanzate e affidabili per misure e monitoraggio di livello, campionamenti low-flow e indisturbati, analisi qualitative delle acque sotterranee o di superficie. Abbiamo selezionato i migliori prodotti disponibili sul mercato internazionale per soddisfare le esigenze dei professionisti del settore.



**DATALOGGER
E TELEMETRIE**



**CAMPIONAMENTO
LOW-FLOW**



**PROFILAZIONE
MULTILIVELLO**



MISURE DI LIVELLO

Solinst®

DISTRIBUTORI UFFICIALI PER L'ITALIA E RIVENDITORI PER CROAZIA,
SLOVENIA E SVIZZERA DEI PRODOTTI SOLINST®

Una partnership di successo che dura da oltre trent'anni.

EGEO +lab

WWW.EGEO.LAB.IT

GRUPPO EGEO S.R.L. | VIA OVIDIO, 11 - 20026 NOVATE MILANESE (MI) | TEL. +39 02 36 577 830 | EMAIL: EGEO@EGEO.LAB.IT



italian Geothermal

conference & expo

1° ITALIAN GEOTHERMAL FORUM

11 - 12 NOVEMBRE 2024

Centro Congressi
Auditorium della Tecnica,
Roma

www.italiangeothermal.it

Con la partecipazione di



Sponsor Diamond



Sponsor Gold



Sponsor Silver



In collaborazione con



Main Media Partner



Media Partner



ENERGIA & MERCATO



RENEWABLES.AZ



Un evento di



Segreteria Organizzativa



Un approccio alla correlazione tra SPT e Parametri di Resistenza al taglio in sedimenti sabbioso-argillosi

An approach to the correlation between SPT and shear Strength Parameters in sandy-clayey sediments

Eros Aiello | Docente - CGT Centro di GeoTecnologie Università di Siena
Francesco Amantia Scuderi | Libero professionista



Termini chiave: SPT, Angolo di attrito, Coesione, Correlazioni

Keywords: SPT, Friction Angle, Cohesion, Relationship

Summary

When logistical difficulties in the use of probes, sampling problems or the quality class of undisturbed samples do not allow data to be obtained from laboratory analyses for the characterization of sandy-clay deposits from a shear strength standpoint, one often relies on literature, or SPT tests in borehole advance, if carried out, with all the limitations related to effective shear strength. In the present work we attempt to solve the problem of the correlation between the SPT test and the shear parameters, in terms of effective stresses, for those fine-grained sediments in which both the sandy and clayey fractions are present, in which the resistance to shear manifests itself both with the friction angle and with the effective cohesion. At present the correlations available between N_{spt} and the shear parameters concern exclusively purely incoherent or cohesive sediments, the former in terms of effective stresses and the latter of total stresses. An attempt was therefore made to find a correlation between the normalized $N1(60)$ values and the clay content,

developing through trial and error a formula capable of providing results comparable with those of the drained consolidated direct shear tests carried out on samples taken near the SPT test execution levels. By collecting all the available data, it was possible to create a field of observation and evaluation made up of 86 sets of values, each of which was made up of a grain size analysis, an SPT test and a drained consolidated direct shear test. A semi-empirical formula was therefore identified which links the effective cohesion to the percentage of clay and the $N1(60)$ value; the cohesion value thus identified is deducted from the normalized shear resistance, determining, from the difference thus found, the corresponding value of the effective friction angle. From the comparison between the effective cohesion and friction values, determined by the new formula, and the results of the corresponding drained consolidated direct shear tests, areas of good convergence of data emerge, which give rise to hope for a further optimization of the formula, on the basis of further data that we hope to collect and test in the future.

Riassunto

Quando difficoltà logistiche per l'uso delle sonde, problemi di campionamento o la classe di qualità dei campioni indisturbati non consentono di ottenere dalle analisi di laboratorio dati per la caratterizzazione di depositi sabbioso-argillosi sotto il profilo della resistenza al taglio, ci si affida spesso alla letteratura, o alle prove SPT in avanzamento di foro, se effettuate, con tutte le limitazioni relative alla resistenza al taglio efficace. Nel presente lavoro si tenta di risolvere il problema della correlazione tra la prova SPT ed i parametri di taglio, in termini di sforzi efficaci, per quei sedimenti a granulometria fine in cui sono presenti sia la frazione sabbiosa che quella argillosa, in cui la resistenza al taglio si manifesta sia con l'angolo di attrito che con la coesione effettiva. Allo stato attuale le correlazioni disponibili tra N_{spt} ed i parametri di taglio riguardano esclusivamente i sedimenti puramente incoerenti o coesivi, i primi in termini di sforzi efficaci ed i secondi di sforzi totali. Si è tentato, quindi, di trovare una correlazione tra i valori normalizzati $N1(60)$ ed il contenuto di argilla, elaborando per tentativi e ripetute iterazioni una formula in grado di fornire risultati comparabili con quelli delle prove di taglio diretto consolidate drenate effettuate su campioni prelevati in prossimità delle quote di esecuzione delle prove SPT. Raccogliendo tutti i dati disponibili si è riusciti a creare un campo di osservazione e valutazione costituito da 86 terne di valori, ciascuna delle quali formata da un'analisi granulometrica, una prova SPT ed una prova di taglio diretto consolidata drenata. È stata, quindi, individuata una formula semi-empirica che lega la coesione efficace alla percentuale di argilla ed al valore $N1(60)$; il valore di coesione così individuato viene detratto dalla resistenza al taglio normalizzata, determinando, dalla differenza così trovata, il corrispondente valore dell'angolo di attrito efficace. Dal confronto tra i valori di coesione ed attrito efficaci, determinati dalla nuova formula, ed i risultati delle corrispondenti prove di taglio diretto consolidate drenate, risultano aree di buona convergenza di dati, che lasciano sperare in una ulteriore ottimizzazione della formula, sulla scorta di altri dati che si spera di raccogliere e testare in futuro.

Introduzione

La prova Standard Penetration Test (sigla S.P.T.) fu messa a punto nel 1927 negli U.S.A. dalla Raymond Concrete Pile Company ed acquistò valenza internazionale nel

dopoguerra per merito degli studi di applicativi effettuati da K. Terzaghi; in Italia venne introdotta negli anni 60 ed oggi fa parte integrante di tutti i capitoli ed è compresa negli standard ASTM (D 1586-67-74; D 1586-84; D 4633-86 "Standard Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soil", introdotta nella "Raccomandazione" ISSMFE per la standardizzazione delle prove penetrometriche in Europa (1976).

John Olsson (1915) [1] utilizzò per primo tale prova per determinare la resistenza al taglio di un'argilla soffice e successivamente la prova SPT fu stata utilizzata, dal dopoguerra in poi, per l'individuazione dei parametri di resistenza al taglio in condizioni sia drenate, per terreni incoerenti, che non drenate, per terreni coesivi, cioè per determinare il valore dell'angolo di attrito, nei terreni puramente incoerenti, o il valore della resistenza al taglio non drenata C_u nei terreni puramente coesivi.

Esistono innumerevoli correlazioni in tal senso, di cui si riportano le principali in ordine temporale per terreni incoerenti (Tabella 1) e coesivi (Tabella 2):

Si tratta, quindi, di correlazioni tra il valore di N_{spt} normalizzato e la resistenza al taglio, in termini di sforzi efficaci, per i terreni puramente incoerenti o in termini di sforzi totali per terreni puramente coesivi.

Per i terreni incoerenti dal valore normalizzato $N1(60)$ è possibile ricavare il valore dell'angolo di attrito efficace ϕ' mediante innumerevoli relazioni proposte da vari AA, che portano a risultati molto differenti, ma che offrono, comunque, una vasta scelta di approccio all'interpretazione e correlazione tra i valori SPT registrati in campagna ed il valore dell'angolo di attrito interno. Analogamente per i terreni coesivi sono state proposte molte relazioni che legano il valore normalizzato $N(60)$ alla resistenza al taglio non drenata C_u .

Però nella maggior parte dei casi le prove SPT vengono effettuate in terreni alluvionali e/o di coperture recenti, quali depositi eluviali o colluviali, conoidi, coperture detritiche, etc., in cui è sempre presente una frazione granulometrica fine, rientrando nel campo dei limi e delle argille; tale frazione argilloso-limosa conferisce ai litotipi in questione caratteristiche di resistenza al taglio che si esplicano, in termini di sforzi efficaci, sia mediante l'angolo di attrito, sia con un'aliquota di coesione c' , che può acquistare valori significativi e

AUTORE	Anno	Condizioni	Formula
PECK, HANSON, THORNBURN, MEYERHOF	1956		$\varphi' = 27,2 + 0,28N_{spt}$
MEYERHOF	1956	Sabbie fini e sabbie limose	$\varphi' = 19,8 + 4,38 \cdot \ln N_{spt}$
MEYERHOF	1956	Sabbie medie e grosse	$\varphi' = 25,2 + 4,28 \cdot \ln N_{spt}$
OWASAKI & IWASAKI	1959		$\varphi' = \sqrt{(20N_{spt})} + 15$
SOWERS	1961	Per $\sigma > 0,5 \text{ Kg/cm}^2$	$\varphi' = 28,3 + 0,27N_{spt}$
MALCEV	1964	Per profondità $> m \ 2$	$\varphi' = 18,9 - 5 \cdot \ln(\sigma_v^1) + 4 \cdot \ln(N_{spt})$
KISHIDA	1967		$\varphi' = \sqrt{20N_{spt}} + 15$
DE MELLO	1971		$\varphi' = \tan^{-1} \left[0,21 + 0,631 \cdot \log \left(\frac{N_{spt}}{\sigma'} \right) \right]$
MUROMACHI ET AL.	1974		$\varphi' = \sqrt{3,5N_{spt}} + 20$
PECK, HANSON, THORNBURN	1974		$\varphi' = 21,2 + 2,7 \cdot \sqrt{N_{(60)}}$
SCHMERTMANN	1977	Sabbie fini uniformi: $a=8, b=0,145$ Sabbie medie uniformi: $a=31,5, b=0,1$ Dr = densità relativa (%)	$\varphi' = a + b \cdot Dr$
SHIOI E FUKUNI (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	1982		$\varphi' = \sqrt{15N_{spt}} + 15$
SHIOI E FUKUNI (JAPANESE NATIONAL RAILWAY)	1982		$\varphi' = 0,3 \cdot N_{spt} + 27$
WOLFF	1989		$\varphi' = 27,1 + 0,3 \cdot N_{160} - 0,00054 \cdot (N_{160})^2$
HATANAKA & UCHIDA	1996		$\varphi' = 20 + \sqrt{15,4 \cdot N_{(60)}}$
AMANTIA SCUDERI F.	2022	$\beta = 20$ nelle sabbie $\beta = 22$ nelle ghiaie $\alpha = 0,009$ nelle sabbie $\alpha = 0,05$ nelle ghiaie	$\varphi' = \sqrt{9 \cdot N_{1(60)}} + [\beta - \alpha \cdot N_{1(60)}]$

Tabella 1 – Correlazioni tra Nspt ed angolo di attrito. Terreni incoerenti

determinanti, tali da condizionarne il comportamento meccanico.

In siffatte condizioni il professionista che si trovi a dover effettuare la caratterizzazione geotecnica di tali terreni deve necessariamente operare una valutazione dell'aliquota di coesione c' efficace basata esclusivamente o sull'esperienza o sulla disponibilità di prove di taglio diretto CD sui terreni ad analoga litologia.

In sintesi per i depositi costituiti sia da una frazione di sabbia e ghiaia che da una di argilla e limo, rientranti nel campo granulometrico delle "sabbie ghiaiose o con ghiaia" con contenuto variabile in argilla, granulometricamente definibili come "limoso-argillosi o argilloso-limosi" o ancora "con limo ed argilla" o con "argilla e limo", non esiste una correlazione dalla quale si possa ricavare la resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci, con $\varphi' \neq 0$ e $c' \neq 0$.

Approccio al problema

Per tentare di trovare una soluzione al problema si muove dalla constatazione che nel corso dell'esecuzione della prova Standard Penetration Test la scarpa del campionatore Raymond provoca una rottura del terreno, che offre una resistenza al taglio definibile con la nota relazione di Coulomb (1776)

$$\tau = c' + (\sigma_n - u) \cdot \tan \varphi' \quad [1]$$

Nella [1] la resistenza al taglio è quindi determinata sia dalla coesione efficace c' che dall'angolo di attrito φ' .

Nei terreni puramente incoerenti, in assenza di frazione argilloso-limosa, la [1] per $c' = 0$ acquista la forma

$$\tau = (\sigma_n - u) \cdot \tan \varphi' \quad [2]$$

TERZAGHI, K. AND PECK, R. B. (1948)	
a) Argille limoso-siltose	$C_u = \frac{1,35 N_{SPT} \times 0,1}{2}$
b) Argille marnose	$C_u = \frac{2,0 N_{SPT} \times 0,1}{2}$
c) Argille marnose fratturate	$C_u = \frac{1,45 N_{SPT} \times 0,1}{2}$
d) Argille sabbioso-siltose	$C_u = \frac{a \times N_{SPT} \times 0,1}{2}$
con $a = 1,25$ per $N_{spt} < 8$ m ; $a = 1,35$ negli altri casi	
HOUSTON (1960)	
	$C_u = \frac{0,00126 \cdot N_{spt}^2 + 0,1384 \cdot N_{spt} + 0,889}{2}$
FLETCHER, G. F. A., (1965)	
	$C_u = \frac{0,1844 \times N_{SPT} - 0,00074 N_{SPT}^2}{2}$
DE BEER E.E. (1965)	
	$C_u = \frac{2,5 \times N_{SPT}}{20}$
SANGLERAT G., (1972)	
a) Argille limoso-sabbiose	$C_u = \frac{1,33 N_{SPT} \times 0,1}{2}$
b) Argille a media plasticità	$C_u = \frac{2,5 N_{SPT} \times 0,1}{2}$
c) Argille limose	$C_u = \frac{2,0 N_{SPT} \times 0,1}{2}$
STROUD, M.A. (1974)	
	$C_u = f_1 \times N_{SPT}$
dove f_1 risulta compreso tra 3,1 e 7,6 kPa	
HARA, A., OHTA, T., NIWA, M., TANAKA, S., AND BANNO, T. (1974)	
	$C_u = 29 \times N_{SPT}(60)^{0,72} \text{ kPa}$

BEGEMANN, H.K.S. (1974)	
$C_u = \frac{2,5 \times N_{SPT} - \sigma \times 10}{14}$	
SCHMERTMANN, J.H., (1975)	
- valore medio:	$C_u = 0,0954 \times N_{SPT}^{1,01187}$
- valore massimo:	$C_u = 0,7 \times N_{SPT} \times 0,1$
U.S. DESIGN MANUAL SOIL MECHANICS (1982)	
- argille a bassa plasticità	$C_u = 0,038 \times N_{SPT}$
- argille a media plasticità	$C_u = 0,074 \times N_{SPT}$
- argille ad alta plasticità	$C_u = 0,125 \times N_{SPT}$
SHIOI Y., FUKUNI J. (1982)	
- Argille a media plasticità	$C_u = 0,025 \times N_{SPT}$
- Argille ad alta plasticità	$C_u = 0,050 \times N_{SPT}$
AMANTIA SCUDERI F. (2017)	
$C_u = \frac{N(60) \cdot \alpha}{\sqrt{\bar{\sigma}_v} + 1}$	
$\bar{\sigma}_v$	tensione litostatica efficace alla quota di esecuzione della prova
$\alpha = 0,05$	per argille a media plasticità
$\alpha = 0,07$	per argille ad alta plasticità

Tabella 2 – Correlazioni tra N_{spt} e coesione non drenata C_u . Terreni coesivi

e la correlazione tra il valore registrato in campagna N_{spt} e l'angolo di attrito φ' si effettua normalizzando le prove con riferimento ad una tensione normalizzata $\sigma_n = 100$ kPa ed apportando la correzione per l'acqua, laddove siano presenti sabbie fini in grado di fare insorgere sovrappressioni interstiziali nel corso della prova stessa, secondo la nota relazione di Terzaghi e Peck (1948)

$$N' = 15 + 0,5 \cdot (N_{spt} - 15) \quad [3]$$

La [3] va anche applicata in ghiaie con matrice sabbioso-limosa satura, in cui durante la prova si può verificare un incremento delle pressioni interstiziali.

Si supponga, ricorrendo ad un esempio numerico, di aver ottenuto, in terreni incoerenti, i valori normalizzati di $N1(60)$ ed i corrispondenti valori dell'angolo di attrito esposti in Tabella 3, determinati applicando la relazione

di Shioi e Fukuni (1982); nella stessa tabella, nell'ultima colonna, sono riportati i corrispondenti valori di resistenza al taglio per una tensione normalizzata pari ad $\sigma_n = 100$ kPa.

$$\varphi' = 0,3 \cdot N1(60) + 27 \quad [4]$$

Se, invece, le prove SPT di cui sopra sono state effettuate in terreni con una significativa presenza di frazione argillosa, è lecito ammettere che parte dell'energia di infissione dell'attrezzo di prova venga dissipata per il superamento della resistenza al taglio dovuta al termine della coesione della frazione argillosa.

Si supponga, a tal fine, di disporre delle prove di taglio diretto CD, effettuate su campioni prelevati in prossimità delle quote delle prove stesse, da cui poter ricavare i valori della coesione efficace c' , come riportato in Tabella 4, in cui

N1(60)	φ' (°)	τ (kPa)
15	31,5	61,28
20	33,0	64,94
25	34,5	68,72

Tabella 3

N1(60)	φ' (°)	c' (kPa)	τ_1 (kPa)
15	27,14	10	51,28
20	26,53	15	49,94
25	25,98	20	48,72

Tabella 4

la resistenza al taglio dovuta all'angolo di attrito viene decurtata da quella riferibile alla coesione e, di conseguenza, il valore dell'angolo di attrito viene decrementato secondo la relazione [5].

$$\varphi' = \arctan \left[\frac{\tau - c'}{100} \right] = \arctan \left(\frac{\tau_1}{100} \right) \quad [5]$$

Per cercare una soluzione verosimile al problema derivante dalla necessità, in primo luogo, di quantificare l'aliquota della resistenza al taglio afferente al termine di coesione efficace c' , l'unico approccio percorribile sembra essere quello di legare in qualche modo la coesione efficace c' alla percentuale della frazione granulometrica argillosa presente nel sedimento.

La coesione e la percentuale di argilla

Per tentare di individuare in qualche modo la variazione della coesione efficace in relazione al contenuto di argilla sono stati analizzati i risultati di molte prove di taglio diretto CD, effettuate in campioni prelevati in prossimità di prove SPT, per i quali si dispone anche dell'analisi granulometrica.

La possibilità di poter disporre di numerose prove effettuate in varie zone ed in epoche differenti ha consentito una valutazione della variabilità della coesione in relazione al contenuto di argilla, permettendo di individuare, in primo approccio, una formula semi-empirica che ne definisce tale correlazione.

L'analisi dei dati è stata effettuata su N° 86 terne di valori di prove (Taglio Diretto, Nspt, analisi granulometrica) effettuate nelle località esposte in Tabella 5.

Nella valutazione dei "ranges" di correlazione dei dati provenienti sia dalle prove di Taglio Diretto CD che dalle prove SPT è necessario però tener conto di tutti i fattori che possono influenzare il buon esito della prova, alterandone spesso significativamente il risultato.

Per le prove di Taglio Diretto consolidato drenato su campioni sabbiosi con contenuto in argilla variabile sono da valutare i seguenti aspetti:

disturbo dei campioni durante il prelievo; in terreni sabbioso-argillosi il prelievo di campioni indisturbati, che possano conservare la struttura del sedimento, è oltremodo difficoltosa e dipende soprattutto dal contenuto in argilla; più alta è la frazione argillosa, più alta è la possibilità che si riesca a prelevare un campione poco disturbato; viceversa, in sedimenti con poca frazione argillosa è praticamente impossibile prelevare un campione poco disturbato;

apertura del campione in laboratorio; anche in questo caso la frazione argillosa gioca un ruolo determinante nel riuscire ad ottenere con l'estrusore un buon campione da cui ricavare i provini per la prova di taglio; in terreni con poca frazione argillosa dall'estrusione del campione si ottiene un materiale del tutto destrutturato, che ha completamente perso i caratteri dell'originaria configurazione sedimentaria;

confezionamento dei provini di taglio; la maggior parte

Località	Litologia	N° terne di prove
Isernia	<i>Depositi di versante ed eluviali</i>	11
Trescore Balneario	<i>Depositi alluvionali</i>	8
Nigeria – Sapele	<i>Depositi di delta del Fiume Niger</i>	21
Nigeria Ihovbor		16
Casalpusterlengo	<i>Depositi alluvionali</i>	7
Monteromano	<i>Depositi alluvionali e di conoide</i>	24

Tabella 5 – Località dove sono state reperite le terne di valori

delle scatole di taglio prevede il confezionamento di provini a pianta quadrata delle dimensioni di cm 6 x 6 ed altezza pari ad $H = 2,0$ cm; allorché si dispone di un campione con significativa frazione argillosa, tale da mantenere la forma cilindrica del prelievo, è possibile utilizzare l'apposita dima rettangolare con bordi taglienti per ricavare i provini da sottoporre alla successiva fase di consolidazione; laddove, invece, il campione estratto, a causa dell'esiguità del contenuto in argilla, si è del tutto destrutturato, per confezionare i provini è necessario ricostituire il materiale dentro le scatole di taglio; in tal modo si ottiene un provino rimaneggiato, con le particelle disposte non più secondo le leggi della sedimentazione che ne hanno condizionato la formazione, ma orientate casualmente; questo comporterà, nella maggior parte dei casi, un risultato della prove di taglio poco affidabile e non rappresentativo;

infine, la velocità della prova di taglio influenza in maniera determinante il risultato; difatti la velocità deve essere sempre talmente lenta da assicurare le condizioni drenate con totale dissipazione della tensione nei pori; per garantire condizioni di drenaggio libero, la velocità

di scorrimento δ deve essere mantenuta non superiore al valore:

$$\delta = \frac{\delta_f}{F \cdot t_{100}} \quad [6]$$

in cui δ è lo scorrimento prevedibile a rottura ed F una costante che assume il valore $F = 10$ secondo le raccomandazioni AGI, ETC5 [2]. Nella Tabella 6 sono riportati i valori di δ_f secondo le Raccomandazioni AGI.

In via del tutto orientativa vengono generalmente suggerite le seguenti velocità di scorrimento:

- per terreni sabbiosi $\delta = 0,02$ mm/sec
- per terreni limoso-argillosi $\delta = 0,0002$ mm/sec

2 ETC5ISSMGE (1998). Recommendations of the ISSMGE for geotechnical laboratory testing, pp. 110. Beuth Verlag GmbH, Berlin.

Tipo di terreno	Scorrimento δ_f (mm)
Argille tenere	8
Argille sovraconsolidate	2 ÷ 5
Argille marnose	1 ÷ 2
Sabbie	1 ÷ 5

Tabella 6 – Valori di δ_f – Raccomandazioni AGI

L'influenza della velocità nella prova di taglio diretto consolidata drenata sui parametri di resistenza al taglio viene ampiamente trattata in un lavoro di F. Buselli, S. Sacconi, S. Miliziano (2009), in cui vengono riportati i dati sperimentali di prove su argille normalconsolidate e sovraconsolidate, che hanno evidenziato come le condizioni di drenaggio parziale, conseguente ad una velocità di prova elevata (maggiore della massima velocità necessaria a garantire le condizioni drenate) comportano una *sottostima* dei parametri di resistenza nel caso di terreni normalmente consolidati ed una *sovrastima*, anche significativa, nel caso di argille sovraconsolidate.

Per le prove SPT i fattori che possono influenzare significativamente il risultato sono essenzialmente:

- mancata pulizia del fondo foro prima dell'infissione del campionatore Raymond; difatti l'accumulo sul fondo foro dei sedimenti prodotti dalla perforazione può falsare del tutto il risultato delle prove, fornendo valori sensibilmente inferiori a quelli che si otterrebbero in condizioni di corretta esecuzione;
- discostamento della batteria delle aste dalla verticalità; questo produce l'effetto che non tutta l'energia di battuta venga trasmessa al campionatore Raymond, con conseguente incremento dei colpi necessari rispetto a quelli che si registrerebbero con batteria perfettamente verticale.

Quanto sopra esposto si deve tenere in debita considerazione nell'analisi dei risultati che verranno confrontati ed analizzati nelle correlazioni esposte di seguito, giacché la possibilità di errore insito nelle modalità esecutive delle stesse prove ha indotto ad allargare il range di confronto, che verrà quindi contenuto gioco forza in un campo più ampio.

Proposta di correlazione tra il contenuto di argilla e la coesione efficace

Analizzando e confrontando tutte le terne di valori a disposizione (cfr. Tabella 5) si è trovata, per successivi tentativi ed iterazioni, la seguente relazione che induce a dei risultati rientranti nei campi dei valori accettabili e verosimili, confrontabili con i dati ricavabili da prove di taglio diretto CD:

$$c' = (0,6 \cdot \alpha) \cdot \sqrt{0,075 \cdot N1(60)} \quad kPa \quad [7]$$

In cui:

c' coesione efficace
 α percentuale del contenuto in argilla

$N1(60)$ valore N_{spt} normalizzato

Per le 86 terne di valori sono stati confrontati i valori della coesione efficace c' determinati nelle prove di taglio diretto CD, con i valori scaturenti dalla [7] come visualizzato nel grafico della Figura 1, in cui i punti in rosso rappresentano le determinazioni da prove di taglio diretto CD, mentre quelli azzurri derivano dall'applicazione della formula proposta. Dal grafico risulta una buona convergenza di dati, soprattutto per valori della percentuale di argilla superiore al 10%.

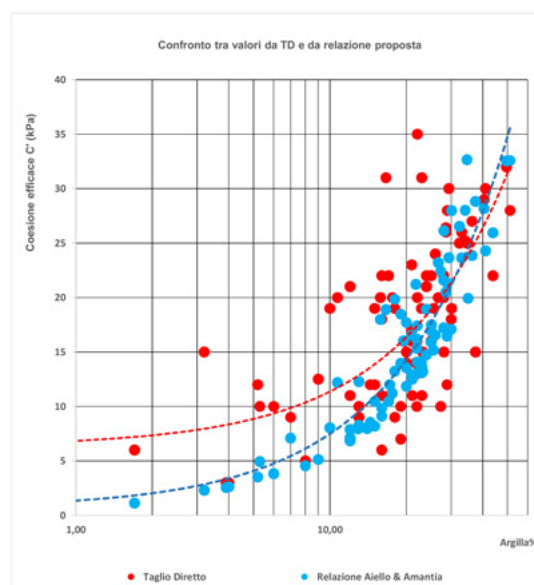


Figura 1 – Grafico di confronto c' tra valori determinati e valori da TD

Una volta determinato il valore della coesione efficace c' in funzione delle percentuali di argilla e di $N1(60)$ è possibile ricavare l'aliquota di resistenza al taglio da ascrivere alle forze dell'attrito efficace ϕ' .

Si supponga che in una prova di taglio CD qualunque il valore

$$\tau = x \quad [8]$$

rappresenti la resistenza al taglio normalizzata ($\sigma_n = 100$ kPa) in terreni incoerenti, con coesione $c' = 0$, secondo la nota relazione in cui si pone $u = 0$:

$$\tau_1 = (\sigma_n - u) \cdot \tan \phi' = x \text{ (kPa)} \quad [9]$$

Come già accennato in precedenza se nel terreno è

presente una certa percentuale di argilla parte dell'energia di infissione del campionatore Raymond è da addebitare al termine della coesione efficace c' è la [9] diventa

$$\tau_2 = c' + (\sigma_n - u) \cdot \tan \varphi' = x \text{ (kPa)} \quad [10]$$

Legando il valore della coesione efficace c' alla percentuale di argilla ed al valore di $N1(60)$ mediante la [7] se ne determina il valore

$$c' = y$$

Ne consegue che il valore dell'aliquota di resistenza al taglio relativo all'angolo di attrito diventa

$$\tau \varphi = \tau_2 - c' = x - y \text{ kPa} \quad [11]$$

Per determinare l'angolo di attrito attinente all'aliquota di resistenza al taglio τ_1 della [9] si calcola l'angolo di attrito di riferimento (φ_r) per terreni puramente incoerenti con la relazione di AMANTIA SCUDERI F. (2022)

$$\varphi_r = \sqrt{9 \cdot N1(60)} + [20 - 0,009 \cdot N1(60)] \quad [12]$$

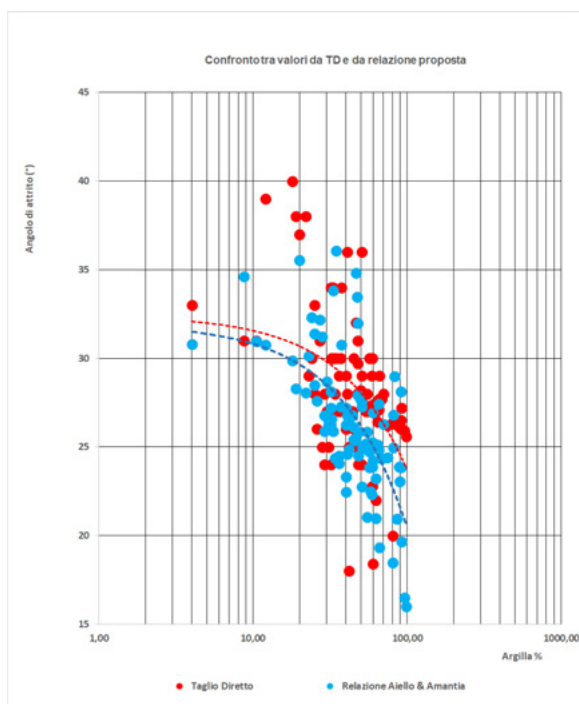


Figura 2 – Grafico di confronto φ' tra valori determinati e valori da TD

in cui

φ_r = angolo di attrito di riferimento (per terreno puramente incoerente)

Poiché il valore della resistenza al taglio della [11] è riferito ad una tensione litostatica normalizzata di 100 kPa si deve porre

$$\tau_\varphi = 100 \cdot \tan \varphi_r$$

L'aliquota di resistenza al taglio da cui ricavare l'angolo di attrito efficace φ' è pari a:

$$\Delta \tau = \tau_\varphi - c'$$

e quindi

$$\varphi' = \arctan(\Delta \tau)$$

Il confronto tra i valori dell'angolo di attrito efficace risultante dalle prove di taglio diretto CD e dalla relazione proposta sono evidenziati nel grafico della Figura 2, che indica una buona convergenza di dati soprattutto per valori dell'angolo di attrito non superiori a 35°.

Nella Figura 3 sono riportate, per ciascuna terna di valori, le variazioni della coesione efficace ed il corrispondente valore dell'angolo di attrito; dal grafico, in cui sono state evidenziate le linee di tendenza, risulta chiaro come all'incremento della coesione efficace c' corrisponda un decremento dell'angolo di attrito φ' .

Utilizzo della formula proposta mediante foglio di calcolo

Al fine di semplificare l'eventuale utilizzo della relazione sopra descritta si riporta l'impostazione di un foglio di calcolo elettronico (Excel).

Lo schema di base potrebbe essere quello rappresentato in Figura 3, in cui in giallo sono evidenziate le celle di INPUT ed in azzurro quelle con il risultato dei parametri di taglio in termini di sforzi efficaci.

Perché il foglio elettronico funzioni con le stringhe appresso riportate è necessario rispettare rigorosamente la numerazione delle celle evidenziate nello schema.

L'inserimento dei dati nelle celle dall'alto in basso è il seguente (vanno inserite solo le stringhe contenute tra le virgolette):

Nelle celle in giallo (H9 ed H12) vanno inseriti i dati di Input

Cella H15: “=(0,6*H9)*(RADQ(0,075*H12))”

Cella H18: “=RADQ(9*H12)+(20-(0,009*H12))”

Cella H20: “=(TAN(H18*PI.GRECO()/180)*100)”

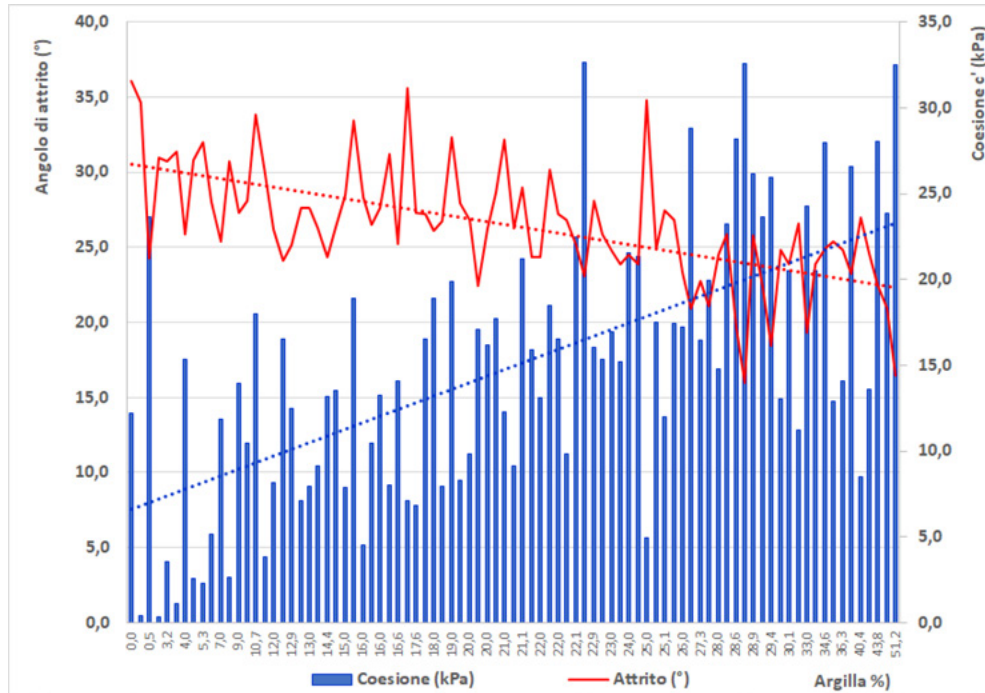


Figura 3 – Variazione della coesione c' e del corrispondente valore di φ'

A	B	C	D	E	F	G	H	I
9				Argilla	α	=	10,7	%
10								
11								
12				N1(60)		=	18	
13								
14								
15				Coesione	C'	=	7,46	kPa
16								
17								
18				Angolo di attrito di riferimento	φ_r	=	32,57	(°)
19								
20					τ	=	63,87	kPa
21								
22				Differenza normalizzata	$\Delta\tau/100$	=	0,5641	kPa
23								
24				Angolo di attrito	φ_i	=	29,43	(°)

Figura 4 – Esempio della schermata del foglio di calcolo Excel

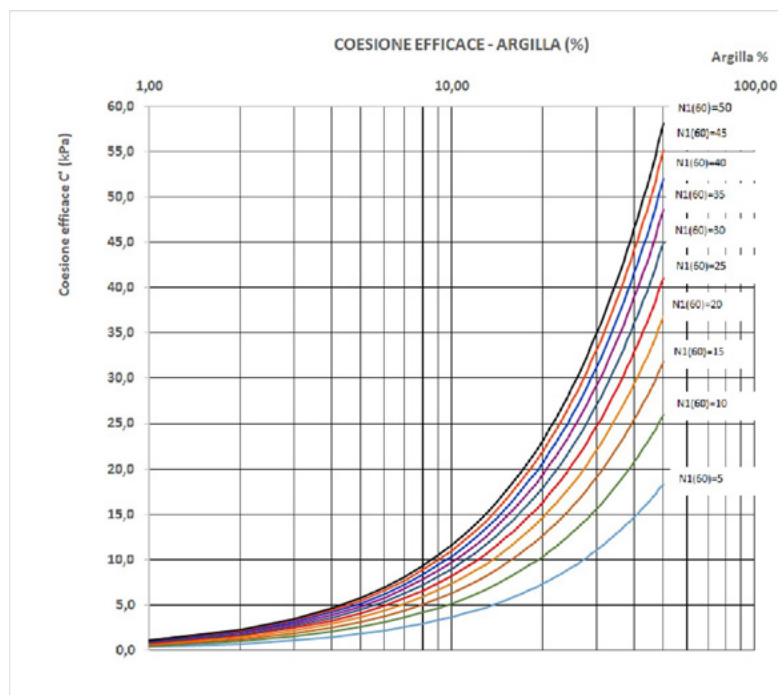


Fig. 5 – Grafico Argilla % - Coesione kPa

Cella H22: $=(H20-H15)/100$

Cella H24: $=(\text{ARCTAN}(H22+R27))*180/\text{PI.GRECO}()$

Utilizzo della formula mediante abaco

Per ricavare il valore della coesione efficace in funzione di $N1(60)$ e della percentuale di argilla è possibile utilizzare l'abaco del grafico della Figura 5, da cui si può ricavare la coesione in relazione al valore di $N1(60)$ ed alla % di argilla. Valori intermedi possono ricavarsi con buona approssimazione mediante interpolazione.

Conclusioni

Il presente lavoro nasce dall'esigenza di poter caratterizzare il comportamento meccanico delle sabbie con contenuto significativo in argilla (sabbie argillose o con argilla) soprattutto per quanto attiene alle caratteristiche di resistenza al taglio, allorché si dispone solo di prove SPT effettuate nel corso dei sondaggi. È noto come nella maggior parte delle indagini geognostiche ricadenti in terreni recenti, quali i depositi alluvionali, eluviali e colluviali, di conoide, sedimenti detritici, etc., i terreni

indagati rivelino quasi sempre la presenza di una frazione più o meno abbondante di materiali fini, rientranti nel campo granulometrico delle argille, cosicché, disponendo solo di prove SPT, non è possibile effettuare una corretta caratterizzazione meccanica di tali depositi, giacché la letteratura geotecnica specifica fornisce correlazioni per le suddette prove dedicate o a terreni puramente incoerenti ($c' = 0$ e $\phi' \neq 0$) o a terreni puramente coesivi ($c_u \neq 0$ e $\phi_u = 0$).

Si è quindi tentato di affrontare il problema della correlazione tra la prova SPT ed i parametri di taglio in terreni sabbioso-argillosi, la cui resistenza al taglio si esplica, in termini di sforzi efficaci, mediante l'attrito ϕ' e la coesione c' . La possibilità di poter disporre di un numero cospicuo di terne di prove, ciascuna delle quali comprendente una prova SPT, una prova di taglio diretto consolidata drenata ed una analisi granulometrica, ha consentito il raffronto tra i valori di resistenza al taglio determinati in laboratorio con quelli scaturenti da una formula semi-empirica, individuata mediante molteplici elaborazioni ed iterazioni. Da tale confronto è risultata una buona convergenza di dati, che induce a ritenere valido il percorso interpretativo

intrapreso, che dovrà comunque essere ancora testato e verificato in futuro con il più alto numero di prove che sarà possibile reperire.

La buona convergenza di dati derivante dal confronto effettuato tra dati di laboratorio ed i risultati della relazione proposta infonde un discreto ottimismo, che costituisce la spinta per la ricerca dell'ottimizzazione della formula semi-empirica individuata, che si spera di poter raggiungere con il contributo di ulteriori verifiche e test.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Aiello E. (2003) "Contributo alla conoscenza del sottosuolo di Firenze – Caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geotecniche" – Quarry & Construction, novembre 2003.
- Amantia Scuderi F. (2017) "Proposta di correlazione tra N_{spt} e coesione non drenata" - "Geologia Tecnica & Ambientale" – Bollettino del Consiglio Nazionale dei Geologi, N.1, 2017 - Consiglio Nazionale dei Geologi
- Amantia Scuderi F. (2022) "Considerazioni sulle correlazioni tra N_{spt} ed angolo di attrito" - Bollettino del Consiglio Nazionale dei Geologi, N.1, 2022 - Consiglio Nazionale dei Geologi
- Begemann, HKS. (1974) - *General report for central and western Europe*. Proceedings, European Symposium on Penetration Testing, Stockholm
- De beer E.E. (1965) - *Grondmechanica*. Standaard Wetenschappelijke Uitgeverij, Antwerpen, 7th ed.
- De Mello V.F.B. (1971) *Standard penetration test*. In: Proceedings, 4th Panamerican conference on soil mechanics and foundation engineering, San Juan, Puerto Rico, ASCE, pp 1-86
- Fletcher, G. F. A. (1965) - *Standard Penetration Test: Its uses and abuses*. Journal Soil Mechanics Foundations Division, ASCE, Vol. 91, No. SM4, pp. 67-75.
- Hara, A., Ohta, T., Niwa, M., Tanaka, S., and Banno, T. (1974) - *Shear modulus and shear strength of cohesive soils*. Soils and Foundations, 14(3): 1-12.
- Hatanaka M, Uchida A (1996) *Empirical correlations between penetration resistance and internal friction angle of sandy soils*. Soils Found 36(4):1-10
- Kishida, H. 1967. *Ultimate Bearing Capacity of Piles driven Into Loose Sand*. Soils and Foundations 7(3): 20-29.
- Malcev A.T., 1964. *Interpretation of standard spoon penetration testing*. Symp. Econ. Use Soil Testing in Site Investigation, Birmingham, 3, 11 - 16.
- Meyerhof G.G. (1956) *Penetration tests and bearing capacity of cohesionless soils*. J Soil Mech Found Eng ASCE 82(SM1):1-19
- Muromachi, T., Oguro, I. and Miyashita, T., 1974. *Penetration Testing In Japan. State of the art report*. Proc. Eur. Symp. Penetration Test., Stockholm, June 1974, 1: 193-200
- Peck, R. B., Hanson, W. E., and Thornburn, T. H. 1956. *Foundation engineering*, Wiley, New York.
- Peck, R. B., Hanson, W. E. & Thorburn, T. H. (1974). *Foundation engineering*. 2nd Edition. New York: John Wiley and Sons, 13- 15
- Sanglerat, G. (1972) - *The penetrometer and soil exploration: Interpretation of penetration diagrams - theory and practice*. Elsevier Pub. Co. (Amsterdam and New York)
- Schmertmann, J.H. (1975) - *The measurement of in situ shear strength. State of art presentation*. A.S.C.E. Specialty Conference on In Situ Measurement of Soil Properties, Raleigh, V.2, June
- Shioi Y. e Fukui J. (1982). *Application of N-value to design of Foundations in Japan*. ESOPT-2, Amsterdam, Balkema. 1: 159-164.
- Shioi Y. & Fukuni J. (1982) - *Application of N-value to Design of Foundation in Japan*. Proceedings of the Second European Symposium on Penetration Testing, Amsterdam
- Sowers, G.B. (1971). - *Introductory Soil Mechanics and Foundations*. The Macmillian Company
- Stroud, M.A. (1974) - *The standard penetration test in insensitive clays and soft rocks*. Proceedings of the European Symposium on Penetration Testing ESOPT, Stockholm 1974. Stockholm, National Swedish Building Research, pp. 367-375
- Terzaghi, K. & Peck, R. B. (1948) - *Soil Mechanics in Engineering Practice*. John Wiley and Sons, New York; Chapman and Hall, London.
- U.S. Design Manual Soil Mechanics (Department of the Navy - Naval Facilities Engineering Command), NAVFAC DM-7.1 - May 1982
- Wolff T.F. (1989) *Pile capacity prediction using parameter functions. In: Predicted and observed axial behavior of piles, results of a pile prediction symposium*, ASCE Geotechnical Special Publication 23, pp 96-106

La strategicità degli studi geologici nel Progetto di Fattibilità Tecnico Economica del nuovo Codice dei Contratti.

Francesco Maria Guadagno | Geologo, già Professore Ordinario di Geologia applicata nell'Università del Sannio – Membro del Comitato Speciale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Vincenzo Simeone | Ingegnere e geologo, Professore Ordinario di Geologia applicata nel Politecnico di Bari – Membro del Comitato Speciale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Arcangelo Francesco Violo | Geologo, Presidente del Consiglio Nazionale dei Geologi – Membro del Comitato Speciale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

1. Premessa

Come noto, le sfide derivate degli investimenti del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, in termini di realizzabilità temporale delle opere previste, ha portato il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti[1] già nel luglio del 2021 e prima dell'entrata in vigore del Nuovo Codice dei contratti, a “rivoluzionare”, mediante, apposite linee guida, il processo della progettazione (*Linee guida per la redazione del progetto di fattibilità tecnica ed economica da porre a base dell'affidamento di contratti pubblici di lavori del PNRR e del PNC* ai sensi Art. 48, comma 7, del decreto-legge 31 maggio 2021, n. 77, convertito nella legge 29 luglio 2021, n. 108).

In tale documento si definiscono gli approcci e i criteri progettuali delle opere previste in finanziamento nei due programmi al fine di “*pervenire ad una adeguata progettazione e realizzazione di infrastrutture efficienti e sostenibili*” nei tempi certi stabiliti dalla Comunità Europea. Nel documento, il Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economico (PFTE) è stato definito come “progetto della conoscenza” e se ne indicano funzioni e obiettivi. Gli approcci previsti sono stati recepiti nel Nuovo Codice dei contratti pubblici [2](D.Lgs 36/2023) che, riducendo

a due i livelli di progettazione, ha portato nel livello del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica (PFTE) tutte le attività conoscitive e le scelte progettuali essenziali e caratterizzanti le soluzioni le tecniche. Il PFTE è, quindi, oggi un momento strategico nel processo di progettazione, in quanto finalizzato a dare certezza alle previsioni progettuali relative alla soluzione prescelta. Ciò, sia nell'ipotesi che l'aggiudicazione dell'appalto venga effettuata sulla base del PFTE, sia nel caso venga invece sviluppata la fase esecutiva per la messa in gara. È da evidenziare che, in ogni caso, il progetto esecutivo deve essere comunque redatto in “conformità” al PFTE e trova orientamenti nelle relazioni specialistiche che costituiscono lo sviluppo di quelle contenute nel PFTE ivi compresa quella geologica.

Il PFTE rappresenta, dunque, la fase in cui gli aspetti geologici devono essere definiti in dettaglio, senza demandare a fasi successive valutazioni geologiche sostanziali che possano condizionare le scelte progettuali. Il progetto illustrato dal PFTE è un progetto che deve aver già considerato tutte le possibili criticità legate al contesto geologico in cui lo stesso si svilupperà, anche in termini di costi-benefici.

È con tali specifici riferimenti che gli autori, membri del Comitato Speciale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, hanno seguito l'istruttoria di numerose “grandi opere” che sono state oggetto di pareri e determinazioni motivate da parte del Comitato, curando, tra l'altro e in modo particolare, gli aspetti di carattere geologico.

¹ All'epoca Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili

² Codice dei contratti pubblici in attuazione dell'articolo 1 della legge 21 giugno 2022, n. 78, recante delega al Governo in materia di contratti Pubblici

È parso quindi opportuno esporre alcune riflessioni di carattere generale maturate durante questa attività che si ritiene importante condividere con la comunità dei tecnici progettisti. In particolare, è emersa in maniera lampante la centralità e la strategicità degli studi di carattere geologico nei Progetti di Fattibilità Tecnica ed Economica e l'importanza che questi siano sviluppati come elemento di riferimento ed indirizzo del processo di progettazione e non solo come mero elaborato formale o al più giustificativo di scelte legate ad altre esigenze progettuali.

Questa nota si propone, quindi, di porre nella giusta luce il ruolo degli studi geologici, inquadrando il processo di conoscenza geologica come una fase strategica negli ambiti della progettazione e pianificazione anche alla luce delle Linee Guida e dei cambiamenti normativi introdotti dal nuovo Codice e delle esperienze sviluppate a riguardo dagli scriventi nelle analisi di progetti relativi a grandi opere del PNRR.

L'obiettivo principale è quello di illustrare i punti essenziali delle nuove procedure di progettazione, dando evidenza di come la conoscenza geologica sia fondamento imprescindibile per la realizzazione di opere civili sicure, sostenibili ed efficienti e di indicare le ricadute significative sulle attività progettuali in generale. Si cercherà di inquadrare il corretto modo di sviluppare la conoscenza geologica parte integrante della progettazione delle opere di ingegneria, ma anche degli interventi di manutenzione e adeguamento delle costruzioni e delle infrastrutture esistenti.

2. Strategicità degli studi geologici

La conoscenza geologica del territorio e delle dinamiche ad esso connesse ha, o dovrebbe avere, un ruolo determinante in relazione alle scelte di carattere progettuale

e pianificatorio nelle decisioni strategiche e nello sviluppo di progetti dell'ingegneria civile, nella pianificazione territoriale, nella gestione e salvaguardia delle risorse geologiche ed ambientali e nella gestione e la mitigazione delle pericolosità geologiche e ambientali. Questo al fine di definire modelli geologici concettuali di riferimento utili ad inquadrare le opere nel loro ambito territoriale significativo. Consentendo così di giungere a corrette previsioni progettuali, sia in termini di scelte contingenti, che in termini di durabilità delle opere in relazione, non solo ai materiali, ma anche al contesto ambientale in cui si inseriscono. L'inquadramento delle opere nel contesto geologico di riferimento è elemento essenziale e strategico anche in ottica gestionale e manutentiva per inquadrare correttamente i fenomeni che potranno condizionare la gestione delle opere.

Se ciò è vero in generale, è particolarmente rilevante in un territorio come quello italiano. L'Italia è, infatti, un paese geologicamente molto giovane e pertanto fisiologicamente soggetto ad una intensa e significativa tettonica e dinamica geomorfologica attiva che si estrinseca spesso con eventi catastrofici inquadrabili nell'ambito dei Rischi Naturali (Natural Hazard) e dei fenomeni che in Italia sono classificati con il termine di "dissesto idrogeologico"^[3]. Le peculiarità geologiche del territorio italiano, in termini di varietà di assetti e di dinamiche, hanno richiesto sempre una particolare attenzione, tanto che già agli inizi del secolo scorso si è resa necessaria la divulgazione di approfondimenti specialistici, come quelli riportati dal "Giornale di Geologia pratica" (rivista pubblicata dal 1903 al 1925 presso

³ Si tratta di un termine introdotto in Italia dalla Commissione De Marchi (1970) – Commissione Interministeriale per lo studio della sistemazione idraulica e della difesa del suolo.



Fig. 1 – Viadotto Serra – Lagonegro situazione nel 1990 e nel 2020



Fig. 2 – Frana del Centro Sociale di Stigliano (MT) (2014) e frana di Pomarico (2019)

l'Università di Pisa). Di fatto quella richiamata è una delle prime esperienze editoriali al mondo riportanti applicazioni della geologia a problematiche ambientali, idrogeologiche, delle georisorse e per la realizzazione delle costruzioni, cui sono seguite le attività sviluppate negli anni dalle scuole di Geologia delle Facoltà di Ingegneria e delle Facoltà di Scienze.

La legislazione tecnica ha più volte normato gli approfondimenti a carattere conoscitivo da sviluppare nelle varie fasi progettuali, riferibili nel recente passato al progetto preliminare, definitivo ed esecutivo, nonché cantierabile. In linea di principio gli studi di carattere geologico era previsto che si chiudessero nella fase del progetto definitivo. Tuttavia, non sempre gli studi sviluppati per la progettazione definitiva si sono dimostrati adeguati per una corretta e completa conoscenza ed inquadramento dell'ambiente geologico e delle conseguenze progettuali, anche per una serie di questioni contingenti non ascrivibili ad una scarsa attenzione dei professionisti coinvolti. Da qui a volte modifiche progettuali sostanziali, sviluppate in sede di progettazione esecutiva o addirittura in fase costruttiva. Situazioni che hanno determinato significativi incrementi di costi delle opere, contenziosi e ritardi, nel migliore dei casi, se non interruzione nell'esecuzione nelle attività realizzative.

La cosiddetta “sorpresa geologica”[4], riferibile a situazioni in cui durante la realizzazione di un progetto

si incontrano condizioni geologiche, idrogeologiche, geomorfologiche e geotecniche inaspettate, ha spesso determinato, nel passato, sostanziali varianti nei lavori, con previsioni economiche e temporali non rispettate. Situazioni che sono spesso da correlare direttamente a carenze conoscitive legate ad una assenza di considerazione ed integrazione delle conoscenze di carattere geologico nelle fasi di impostazione progettuale, oltre che ad indagini non adeguate per metodologia, quantità, estensione e collocazione ai fini di una corretta e completa definizione dell'ambiente fisico e delle sue dinamiche, in relazione alle scelte progettuali e pianificatorie. La consapevolezza di tali carenze, spesso legate alla inadeguatezza delle risorse destinate alle indagini nelle fasi giuste di progettazione, ha addirittura indotto i committenti a prevedere clausole specifiche nei contratti per gestire la cosiddetta “sorpresa geologica”. È bene precisare che non si vuole mettere in discussione le previsioni del Codice civile, ma si vuole evidenziare che scelte e valutazioni che tengano effettivamente conto del contesto geologico potrebbero limitare l'esigenza di ricorrere a questa previsione di legge.

3. Il Codice dei contratti pubblici e le attività di progettazione

Il rinnovamento del quadro normativo degli appalti pubblici ha quindi profondamente innovato le modalità di approccio alla progettazione e alla realizzazione delle opere civili, ponendo maggiore enfasi sull'efficienza, la realizzabilità, la sostenibilità e la qualità delle opere stesse, il che coinvolge fisiologicamente anche gli aspetti di carattere geologico. Di fatto, quanto

4 Art. 1664 del Codice civile: Se nel corso dell'opera si manifestano difficoltà di esecuzione derivanti da cause geologiche, idriche e simili, non previste dalle parti, che rendono notevolmente più onerosa la prestazione dell'appaltatore, questi ha diritto a un equo compenso.

previsto dalle succitate linee guida per i progetti del PNRR e del Piano Nazionale per gli Investimenti Complementari (PNC) del luglio 2021, in termini di livelli di progettazione risulta, per la gran parte, recepito nel nuovo Codice dei contratti pubblici, considerato che nelle sue disposizioni sono riportati gli analoghi obiettivi da raggiungere con la progettazione.

Nello specifico, i due livelli progettuali previsti, di “fattibilità tecnico economica” ed “esecutiva”, devono assicurare, oltre che il rispetto dei vincoli, anche e soprattutto la compatibilità geologica e geomorfologica delle opere previste e prescelte attraverso gli approfondimenti preliminari necessari indicati nei documenti di “fattibilità delle alternative progettuali” (DOCFAP) e di “indirizzo alla progettazione” (DIP). Nel DOCFAP è previsto che vengano evidenziate fra le diverse problematiche anche *le principali incidenze delle alternative analizzate sul contesto territoriale, ambientale, paesaggistico*. Il DOCFAP costituisce, dunque, uno strumento essenziale per la valutazione delle alternative progettuali, in specie per le opere infrastrutturali lineari, e non solo, prevedendo la necessità anche di un’analisi territoriale ed ambientale che necessariamente comprende il contesto geologico geomorfologico ed idrogeologico per valutare la fattibilità delle opzioni considerate e/o delle criticità di carattere geologico che potrebbero condizionare le scelte. La conoscenza geologica è, infatti, fondamentale per valutare le criticità e le opportunità del contesto geologico in cui si inserisce il progetto, fornendo le basi per scelte progettuali consapevoli e informate. È necessario avere consapevolezza anche della pericolosità del territorio in un ambito significativo, così da consentire di valutare in modo più affidabile i potenziali impatti delle scelte di uso del

territorio e di sviluppo di infrastrutture. Tuttavia, non sempre è facile, a volte anche per gli addetti ai lavori, percepire le reali implicazioni in termini di pericolosità di alcune scelte. In tale ottica le valutazioni di carattere geologico sono da ritenersi, quindi, punti chiave nelle necessarie analisi costi benefici al fine delle valutazioni delle alternative progettuali, consentendo di identificare la soluzione ottimale dal punto di vista economico e ambientale. È in tal senso che il DIP, indicando le modalità di approccio alla progettazione e gli obiettivi da perseguire, deve fornire le linee guida per lo sviluppo del PFTE dal punto di vista geologico, geotecnico e idraulico, ma anche ambientale ed archeologico, nonché per quanto attiene all’antropizzazione e all’evoluzione nell’utilizzo dell’area.

Come più volte indicato, anche in documentazioni ufficiali, quali le richiamate linee guida, il PFTE deve essere considerato un vero e proprio “Progetto della conoscenza”, basato su “adeguate” analisi dei dati disponibili e da acquisire attraverso rilievi, indagini e prove tecnologiche.

Rispetto a quanto previsto in precedenza nel cosiddetto progetto “preliminare”, il PFTE rappresenta quindi una rinnovata fase di progettazione che mira a valutare alternative, individuare impatti e definire i dettagli dell’opera, con l’obiettivo di migliorare l’efficienza del processo di realizzazione in termini di certezza delle previsioni progettuali e sui tempi di realizzazione.

4. Le indagini, la modellazione geologica e i contenuti della relazione geologica per il PFTE

Nella fase di redazione del PFTE, è essenziale che sia completata la conoscenza del contesto geologico,

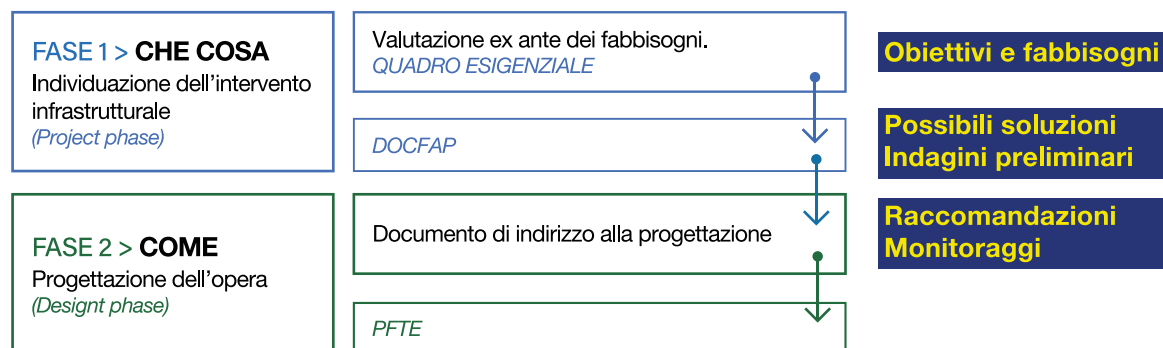


Fig. 3 – Schema delle attività da sviluppare nelle fasi di progettazione

geomorfologico e idrogeologico delle aree interessate dalle previsioni progettuali e delle interazioni che il progetto può avere con il contesto geologico ed ambientale. Deve essere definito nel modo più certo possibile il Modello Geologico di Riferimento (MGR), così come indicato dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2018) e dalla relativa Circolare esplicativa, ma anche in diversi documenti prodotti dal Consiglio Nazionale dei Geologi, oltre in pareri di indirizzo del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Eventuali limitate incertezze di carattere geologico s.l., e le potenziali ricadute nelle previsioni progettuali, devono essere evidenziate, così che possano essere oggetto di specifici accertamenti nelle successive fasi progettuali. Il modello geologico deve essere mirato agli specifici obiettivi e alle specifiche implicazioni e finalità dell'opera in progetto e deve consentire di comprendere la complessità del sottosuolo e del contesto ambientale al fine di valutare le potenziali interferenze di situazioni complesse con il progetto proposto, fornendo una rappresentazione dettagliata delle condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area di interesse, anche in chiave evolutiva e multi-temporale. A riguardo è bene sottolineare che la considerazione del fattore tempo è essenziale nella valutazione della durabilità delle opere intesa non solo con riferimento ai materiali, ma anche in relazione alle dinamiche del territorio e alle conseguenti pericolosità geologiche e ambientali oltre che a tutti i rischi naturali. Ciò al fine di cercare di considerare gli effetti delle trasformazioni ambientali anche nel lungo periodo e in connessione agli attuali mutamenti dei regimi meteorologici. Eventuali residue incertezze a carattere geologico s.l., e le potenziali ricadute nelle previsioni progettuali tali da non costituire possibile motivo ostativo alla realizzazione della soluzione progettuale prescelta, devono essere evidenziate così che possano essere oggetto di specifici accertamenti già indirizzati nella successiva fase progettuale.

Le scelte progettuali devono quindi essere derivate e supportate da un'analisi comparata delle diverse possibili soluzioni funzione anche delle eventuali problematiche derivanti dagli assetti geologici, idrogeologici e geomorfologici, con particolare attenzione al contesto sismico, al quadro evolutivo dei versanti connesso a fenomeni di instabilità e alle possibili interferenze delle opere previste con falde idriche, nonché in relazione a potenziali problematiche di cedimenti e

subsidenza. Particolare attenzione deve essere posta a specifiche condizioni litostratigrafiche o morfologiche che possano dar luogo ad effetti sismici di sito.

Di conseguenza l'elemento caratterizzante il PFTE è la disponibilità di dati utili per sviluppare un'esaustiva modellazione geologica, intesa nella sua più ampia accezione e riferita specificamente agli obiettivi del progetto, e basata, oltre che sulle conoscenze tratte dalle documentazioni ufficiali e di archivio e dalla letteratura scientifica e da banche dati (es. dati satellitari), da indagini opportunamente progettate ed eseguite sia in sito che di laboratorio.

Le motivazioni delle scelte effettuate nella programmazione delle indagini stesse, in termini di tipologia e di localizzazione, devono essere chiaramente definite sulla base delle conoscenze geologiche e dei rilievi preliminari nell'ambito territoriale significativo, nonché delle specifiche esigenze di caratterizzazione geologica del sito in relazione alle opere di progetto. Di conseguenza le motivazioni relativamente alle indagini a carattere geognostico pianificate dovranno riguardare, in particolare, la tipologia, le informazioni, i dati ottenibili e le metodologie interpretative utilizzate.

Non vi è dubbio che uno dei punti di approfondimento più significativo del PFTE è costituito, per le specifiche caratteristiche di fragilità del territorio italiano, dalla necessaria considerazione di tutti i potenziali scenari di interferenza dell'opera, sia puntuale che lineare, con il contesto geologico circostante al fine di minimizzarne gli impatti ambientali e garantirne la stabilità e la sicurezza nel tempo.

Occorre, altresì, porre attenzione che approcci eccessivamente cautelativi possano indurre a considerare le conseguenti valutazioni irrealistiche sortendo nei fatti un effetto contrario. Non è facile trasmettere l'idea che sia sempre possibile pensare ad opere di ingegneria che consentano di prevenire ogni pericolosità. Nelle scelte di uso del territorio occorre mettere in atto strategie che consentano di mitigare gli effetti delle pericolosità naturali sul territorio stesso e sulle opere, senza aumentarne la vulnerabilità. L'insieme delle conoscenze deve portare ad una strategia di "convivenza sostenibile" con i fenomeni naturali e con il relativo rischio, sapendo che alcuni rischi sono comunque inevitabili e vanno valutati e gestiti anche post operam. Relativamente ai rischi sinteticamente, e forse impropriamente definiti idrogeologici, se è vero che gli approfondimenti a riguardo possono preliminarmente

prendere a riferimento le documentazioni realizzate nell'ambito di interesse dalle ex Autorità distrettuali di bacino e dai Distretti Idrografici, è in tutti i casi necessario sviluppare, nell'ambito del PFTE, specifiche e locali valutazioni. È infatti da evidenziare che le cartografie di pericolosità e di rischio dei Piani di Assetto Idrogeologico e dei Piani di Gestione del Rischio Idraulico, quelle dei piani urbanistici comunali o di altra derivazione, anche scientifica, possono costituire un primo livello di approccio conoscitivo assolutamente non esaustivo, in quanto sviluppate per scopi eminentemente pianificatori o di conoscenza scientifica e non devono, quindi, costituire diretto elemento progettuale.



Fig. 4 – Frana strada provinciale in agro di Rogliano (CS) e frana lungo linea ferroviaria regionale.

A riguardo appare utile evidenziare come le Norme Tecniche richiedono che gli accertamenti, e le conseguenti analisi, vadano sviluppati in presenza e in

assenza dell'opera, tenendo quindi in considerazione tutte le possibili variazioni dello stato dei luoghi.

Altro aspetto su cui si ritiene di richiamare l'attenzione è l'identificazione e la gestione delle incertezze che rivestono un ruolo cruciale nella valutazione della fattibilità tecnica ed economica di un progetto. Infatti, spesso, nel corso della fase di progettazione, emergono varie situazioni di incertezza che possono influenzare significativamente l'esito finale del processo di progettazione. Queste eventuali incertezze, derivanti da una serie di fattori, tra cui la complessità geologica del sito, la disponibilità di dati geologici esaustivi e la variabilità delle condizioni ambientali, possono determinare costi aggiuntivi per misure di mitigazione dei rischi o per interventi correttivi durante la fase di costruzione. Pertanto, una dettagliata conoscenza e gestione efficace delle incertezze geologiche non solo contribuisce a



Fig. 5 – Colata di fango lungo una strada provinciale in agro di Salandra (MT) e frana nell'abitato di Salandra (MT) (2014)

garantire la sicurezza dell'opera, ma può anche avere un impatto significativo sulla sua fattibilità economica. Attraverso un'approfondita analisi delle incertezze, anche per mezzo dell'indicazione di ulteriori indagini geologiche da realizzare nella successiva fase di progettazione esecutiva, consente di consolidare corrette previsioni progettuali, contribuendo così al successo complessivo del progetto in senso lato.

5. Indicazioni specifiche per gli studi geologici dei PFTE

Il rinnovato processo progettuale impone che gli studi conoscitivi specialistici, ed in particolare quelli geologici, da esporre nell'elaborato progettuale "relazione geologica", si sviluppino in modo anch'esso rinnovato. Gli studi geologici del PFTE devono, in particolare, essere mirati alla definizione del modello geologico di riferimento, come previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni e dalla Circolare esplicativa, teso a definire le specifiche criticità che possono condizionare la realizzabilità delle opere inquadrando nel contesto geologico sito-specifico. Lo stesso sarà la base per la definizione delle scelte progettuali e dei conseguenti modelli geotecnici. D'altronde questa finalizzata impostazione è anche quella riportata dall'Eurocodice 7-Geotechnical design dove per la progettazione geotecnica (sezione 2 della Parte 1-regole generali) fa esplicito riferimento a fattori quali gli assetti del sito e la stabilità globale, la sismicità e le condizioni idrogeologiche ma anche agli aspetti ambientali che possano in qualche modo influenzare le costruzioni.

Sulla base, quindi, di brevi elementi di inquadramento geologico di contesto regionale e in riferimento alle cartografie geologiche ufficiali o di letteratura tecnica, lo studio deve riportare e discutere i dati utili alla base delle modellazioni geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e geomeccaniche, nel quadro sismico ed evolutivo del contesto, limitando al minimo le parti in cui si illustrano le metodologie applicate o aspetti bibliografici.

5.1 Indagini

Sulla base dei risultati dei necessari approfondimenti preliminari, si progettano, anche in coordinamento con gli altri ambiti specialistici, le indagini necessarie per definire in modo esaustivo l'assetto litostratigrafico, geologico strutturale, geomorfologico, e idrogeologico

del sito, in relazione all'opera da realizzare e nel contesto sismico dell'area. Le indagini devono consentire la definizione degli assetti geologici che possono condizionare ed orientare le scelte progettuali. In funzione delle caratteristiche dello specifico progetto, devono essere esplicitati i criteri seguiti nella programmazione e nella ubicazione delle indagini, illustrando le motivazioni delle scelte effettuate nella programmazione delle indagini stesse, sulla base delle specifiche esigenze di caratterizzazione geologica, funzione delle specifiche eventuali problematicità del sito e delle opere in progetto.

La relazione geologica deve, quindi, contenere l'interpretazione delle indagini eseguite, evitando di riportare, se non per quanto strettamente indispensabile, la descrizione di tecniche di indagini e/o di particolari esecutivi e cantieristici, che potranno essere eventualmente contenuti in separati rapporti di indagine. L'esposizione dei dati deve essere finalizzata ad una esaustiva definizione del modello geologico di riferimento come definito dalle NTC.

5.2 Modello Geologico di riferimento

Le risultanze del complesso degli approfondimenti e delle indagini geologiche concorreranno alla definizione del modello geologico di riferimento che deve essere illustrato attraverso le cartografie geologiche e tematiche e attraverso sezioni illustrative opportunamente predisposte. È opportuno che le relazioni riportino in forma sintetica stralci delle carte geologiche e delle sezioni redatte, così da semplificare la lettura senza dover necessariamente ricorrere alla consultazione di allegati.

5.3 Aspetti geomorfologici

Gli studi geomorfologici possono preliminarmente basarsi sugli studi effettuati dalle Autorità distrettuali di Bacino, ma, come detto, occorre sviluppare specifiche autonome valutazioni di dettaglio anche in funzione delle caratteristiche delle opere previste. Le cartografie di rischio e di pericolosità dei PAI (ex Autorità di Bacino), dei Piani Strutturali comunali o altre cartografie, costituiscono un primo livello di approccio conoscitivo assolutamente non esaustivo in quanto sviluppate per scopi eminentemente pianificatori e non possono, quindi, costituire diretto elemento progettuale. In ogni caso gli studi sviluppati dovranno essere comparati con le risultanze dei citati studi a

carattere pianificatorio. Sulla base di una attenta ricostruzione di documentazioni storiche, tecniche e d'archivio devono essere rilevati e cartografati i fenomeni di instabilità in atto o potenziali, ed illustrati attraverso opportune sezioni che consentano di evidenziare e inquadrare le relazioni esistenti fra l'assetto geologico e geomorfologico dell'area e le opere in progetto nel quadro evolutivo del sito. Relativamente all'eventuale uso di dati interferometrici o multi-temporali da foto aeree o satellitari, questi devono essere oggetto di una interpretazione, anche alla luce di rilievi diretti di campagna, che sia parte dei modelli geologici presentati. Lo studio dei caratteri geomorfologici deve costituire uno strumento per valutare le zone potenzialmente instabili e consentire di sviluppare studi e verifiche delle condizioni di stabilità, che tengano conto degli assetti strutturali e dei fenomeni cinematicamente possibili. Tali ricostruzioni devono costituire anche base di riferimento delle valutazioni di sicurezza e degli eventuali criteri di scelta delle opere di stabilizzazione. Detti approfondimenti devono consentire anche l'individuazione di elementi morfologici anche non immediatamente evidenti che possono interferire con le previsioni progettuali quali, ad esempio, paleoalvei, fenomeni di subsidenza in atto o potenziale, sinkholes ed effetti legati alla dissoluzione di rocce solubili. In specifiche aree, andranno effettuati approfondimenti sulla eventuale presenza di depositi olocenici compressibili e sulla eventuale presenza di livelli torbosi. Gli approfondimenti devono, inoltre, tendere a individuare zone che, in base all'assetto geomorfologico, siano caratterizzate da potenziali pericolosità di carattere idraulico che saranno poi oggetto delle specifiche verifiche idrauliche.

5.4 Aspetti idrogeologici

Per quanto attiene agli aspetti idrogeologici andranno definiti appropriati modelli concettuali di circolazione delle acque sotterranee e le possibili interferenze delle opere, sia in termini quantitativi che qualitativi, e di conseguenza, i possibili effetti della realizzazione dell'opera, così come peraltro previsto dalle NTC. Dovranno altresì essere discusse anche il regime dei moti di filtrazione e le possibili distribuzioni delle pressioni interstiziali nei litotipi a bassa permeabilità.

5.5 Sismicità

Relativamente agli aspetti connessi alla sismicità delle

aree interessate, particolare attenzione deve essere posta nella presenza di Faglie Attive e Capaci (FAC) nelle aree di interesse progettuale, oltre che nella individuazione di assetti predisponenti effetti di sito, quali fenomeni di liquefazione, instabilità di versante sismoindotta, di amplificazione sismica locale, di adensamento di ammassi non saturi.

5.6 Carte geologiche e tematiche e sezioni illustrative

Si è già detto dell'importanza delle documentazioni illustrative degli assetti, carte geologiche e tematiche nonché sezioni, nella definizione dei modelli concettuali di riferimento basati sulle indagini sviluppate, i cui risultati devono essere parte integrante delle documentazioni illustrative. A riguardo si ritiene che sia sempre opportuno che le dette documentazioni siano affiancate da specifiche sezioni che dovrebbero consentire di inquadrare gli assetti geologici e idrogeologici di area più vasta.

Gli studi geomorfologici devono riguardare non solo la zona interessata dall'intervento, ma devono riferirsi, così come indicato dalle NTC e dalla connessa circolare esplicativa, all'ambito geomorfologico significativo ossia il contesto geomorfologico dei versanti dove ricade l'opera, così da poter consentire di valutare le eventuali problematiche geologiche e geomorfologiche di più ampia scala, con specifico riferimento alle opere in progetto.

5.7 Completezza del quadro conoscitivo ed eventuali incertezze

Il processo conoscitivo a carattere geologico deve concludersi in tutti i casi con l'esplicitazione delle eventuali incertezze nella definizione degli assetti geostutturali, geomorfologici e idrogeologici e che sono da approfondire con successive indagini, da dettagliare per metodologie e tempi. Incertezze che in caso di appalto integrato dovranno essere evidenziate sia in termini di approfondimenti da sviluppare sia in termini di potenziali problematiche esecutive e costruttive e di tempi di esecuzione.

Al fine di completare il quadro della conoscenza, si ritiene quindi importante riportare un'analisi critica delle eventuali problematiche, che interessano o hanno interessato l'area e le opere preesistenti, integrando e correlando questi dati con quelli raccolti in fase di progettazione. Questa analisi critica dei dati storici relativi alle problematiche ed esigenze di manutenzione

delle opere esistenti devono attenere specificamente alle criticità geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche, sismiche e di alluvionamento.

6. Riflessioni generali conclusive

Nella progettazione e gestione delle opere, un adeguato approfondimento sugli aspetti geologici e le conseguenti ricadute delle conoscenze acquisite assumono, per quanto prima detto e riportato, una rilevanza strategica, spesso maggiore di quanto non sia percepito dagli operatori del settore, non specificamente competenti, sia per quanto attiene alla progettazione che alla gestione delle opere.

Considerati i peculiari assetti e le specifiche fragilità del territorio italiano, tutte le opere di ingegneria civile, ambientale e quelle di architettura devono fare i conti con problematiche inquadrabili fra quelle connesse al contesto geologico in cui le opere si inseriscono, prime fra tutte quelli connessi ai rischi geologici e ambientali. Ciò è ancor più rilevante per le opere infrastrutturali lineari che ricadono in ampie porzioni di territorio, dove i fenomeni di macroscala, connessi a specifici assetti del territorio, possono essere particolarmente significativi.

Gli assetti geologici in generale e le pericolosità geologiche dell'area hanno un'importanza determinante che dovrebbero condizionare le scelte, anche strategiche, relative alle ubicazioni delle opere puntuali e dei tracciati di quelle lineari. La localizzazione e la definizione delle tipologie di opere dovrebbero essere effettuate tenendo conto in dettaglio di quelle che sono le problematiche geologiche che le opere di ingegneria devono affrontare, sia per quanto attiene alla progettazione specifica sia per quanto attiene ai problemi di durabilità e di manutenzione delle opere stesse.

E' ineludibile che chiunque si occupi sia di progettazione che di gestione delle costruzioni e delle infrastrutture, ma anche di pianificazione del territorio debba avere adeguata conoscenza e sensibilità sulle

problematiche geologiche e su quelle connesse ai rischi geologici e ambientali, sviluppando anche la capacità di valutare autonomamente le criticità connesse alle caratteristiche geologiche del territorio, così come illustrate negli studi geologici che devono essere parte integrante dell'attività progettuale sin dalle fasi di impostazione del progetto. In tal senso sarebbe utile che nei corsi di laurea di Ingegneria ed Architettura ci fosse un ritorno all'obbligatorietà di studi di carattere geologico, che si è persa negli anni.

Questo perché gli studi geologici devono orientare direttamente i processi decisionali e quindi essere parte integrante della progettazione, e non devono svolgere un ruolo marginale, limitandosi a fornire una giustificazione retrospettiva delle scelte progettuali già effettuate.

È altresì fondamentale che gli studi geologici per la progettazione, e gestione delle opere siano sviluppati nell'ottica di dare un contributo strategico alle scelte progettuali e manutentive, evidenziando le specifiche problematiche di interazione degli interventi con l'ambito territoriale significativo e le relative criticità immediate e di prospettiva. In senso contrario, il contributo geologico resta solo un adempimento formale, che non fornisce i necessari orientamenti per lo sviluppo di progetti di qualità e di interventi caratterizzati da buona funzionalità e durabilità, quest'ultima definita in relazione con le dinamiche proprie del sito di interesse.

Nel contesto normativo oggi cogente, la "conoscenza geologica" deve svolgere un ruolo centrale nelle fasi decisionali, indirizzando attivamente le scelte progettuali, divenendo vera e propria "geologia di progetto" attraverso indicazioni su come affrontare le "sfide geologiche" del sito d'interesse, attraverso soluzioni non impattanti. I nuovi criteri di progettazione necessitano, quindi, di una geologia orientativa che guidi l'approccio alla progettazione verso soluzioni sostenibili e sicure.



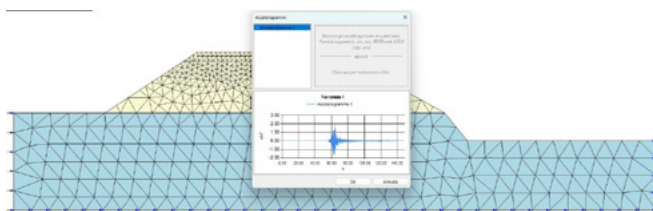
Analisi di risposta sismica locale mediante il software RSL III 2D

RSL III 2D è il software per la valutazione della risposta sismica locale di III livello mediante un approccio agli elementi finiti, nel dominio del tempo, in termini di tensioni totali. Si ricorda che il livello III, che conclude lo studio di microzonazione sismica, ha il compito di approfondire la conoscenza degli effetti di amplificazione nelle zone stabili, caratterizzate da situazioni topografiche e geomorfologiche complesse, nelle quali i metodi semplificati non sono applicabili.

Esso consente di eliminare l'assunzione del bedrock completamente rigido utilizzata nel modello monodimensionale di propagazione delle onde in un suolo alla Kelvin-Voigt. Il codice di calcolo consente di modellare geometrie e condizioni al contorno complesse sia del substrato, sia della superficie topografica, sia interne al deposito stesso (cavità, inclusioni). Esso esegue un'analisi agli elementi finiti (FEM) discretizzando la sezione mediante una mesh di elementi di forma triangolare, secondo uno schema di masse, molle e smorzatori viscosi concentrati nei nodi, risolvendo nel dominio del tempo le equazioni di moto scritte per ciascun nodo.

L'input sismico, rappresentato da uno o più accelerogrammi, viene applicato al bedrock, per il quale si assume un con comportamento elastico lineare. Quindi, viene valutata la risposta del sistema all'istante t in funzione della risposta all'istante $t - \Delta t$ mediante una sequenza di analisi lineari equivalenti in cui i parametri di rigidità e smorzamento vengono aggiornati seguendo una procedura iterativa e secondo un prefissato criterio di convergenza.





RSL III 2D consente:

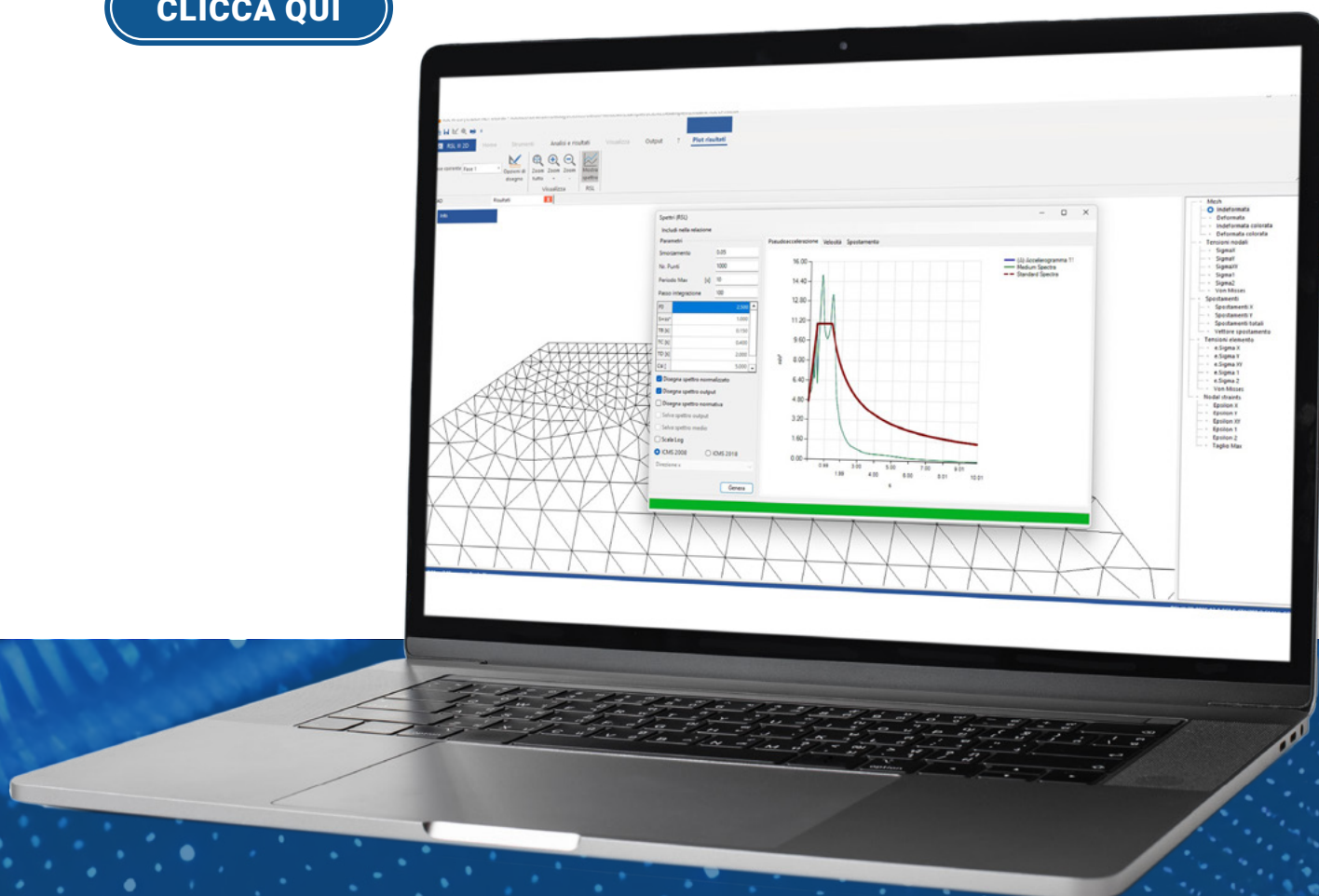
- l'importazione di accelerogrammi spettro-compatibili;
- l'importazione del modello geometrico bidimensionale da DXF;
- la generazione automatica della mesh per la discretizzazione del modello geotecnico tenendo conto delle interfacce o dei fori presenti nella geometria assegnata;
- la determinazione della risposta sismica in termini

di accelerogrammi e spettri di risposta in accelerazione per ogni nodo del modello;

- l'esportazione degli spettri in formato .txt o .csv per consentire l'importazione nel software Edifici in C.A. e/o qualsivoglia software strutturale;
- la normalizzazione degli spettri secondo le NTC e gli EUROCODICI;
- la determinazione dei parametri sismici e delle grandezze necessari ad effettuare una caratterizzazione completa del moto sismico in superficie.

MAGGIORI INFORMAZIONI SU RISPOSTA
SISMICA LOCALE 2D- RSL III 2D

CLICCA QUI





 KELLER

KELLER UNPLUGGED!

LEVEL & GROUNDWATER MONITORING



KELLER ADT1-TUBE

- Remote data transmission unit with logger function
- Measured values: barometer, temperature and moisture sensor, real-time clock (RTC), battery capacity / voltage
- For installation in 2" tubes
- Robust stainless steel metal housing
- Long-life battery enables autonomous operation for up to 5 years
- Software KOLIBRI DESKTOP included
- ADT1-Box available for wall installation