

GEOLOGIA

TECNICA & AMBIENTALE

In questo numero

Focus su:

Geotermia, Presidi Territoriali

Sviluppo della professione del geologo e opportunità di lavoro in ambito internazionale attraverso l'acquisizione del titolo di EuroGeologo

Presentazione di una nuova metodologia per adattare i coefficienti fisiografici di Kennessey all'ambiente siciliano, nella studi idrogeologici

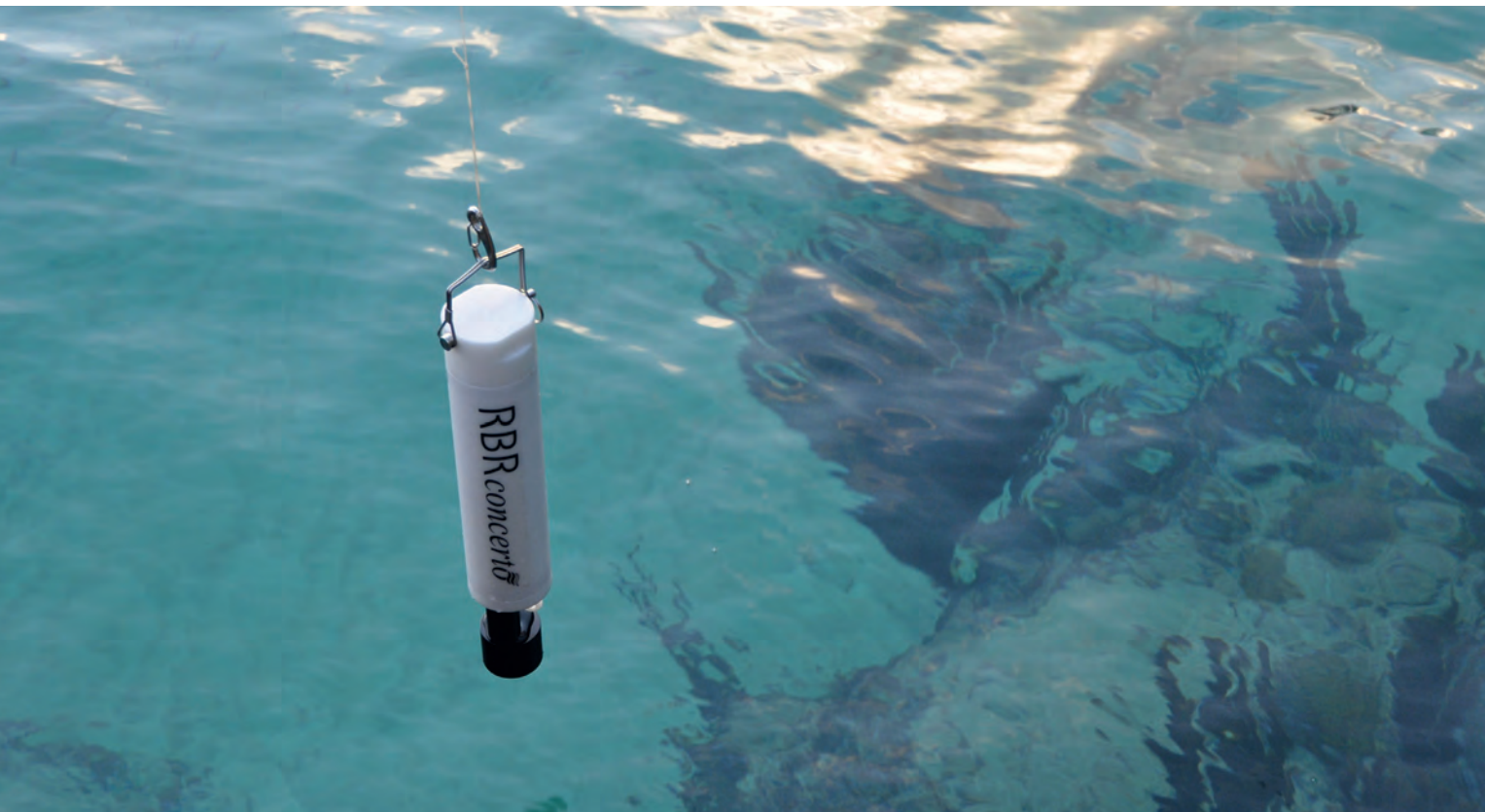
Meccanismi di formazione e caratteri tessiturali dei prodotti dell'eruzione vulcaniana del 1888-1890 a La Fossa di Vulcano (Isole Eolie)

Studio di *back analysis* su l'evento franoso avvenuto in data 05/01/2019 a Castelmola (Me) per il dimensionamento di una barriera paramassi a protezione della S.P. 10



CONSIGLIO NAZIONALE
DEI GEOLOGI

Sottocontrollo



I **sensori oceanografici RBR** rilevano con estrema precisione i parametri dell'acqua: temperatura, profondità, salinità, torbidità, clorofilla, gas disciolti, pH... Dalle acque sotterranee agli abissi oceanici.

Strumenti ad alta tecnologia anche a noleggio per:

Monitoraggio sismico

Sismometri, strong motion, reti early warning ...

Ingegneria civile

Georadar 3D, laser scanner, inclinometri ...

Studio del sottosuolo

Georadar, sismica, geoelettrica ...

Studio dei fondali e delle coste

Multibeam, SSS, SBP, sismica marina ...

Monitoraggio ambientale

Magnetometri, elettromagnetismo, sonde oceanografiche ...



CODEVINTEC

Tecnologie per le Scienze della Terra e del Mare

Codevintec rappresenta anche:

RBR

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

International Exhibition
2021 GEO FLUID
Drilling & Foundations
15-18 Settembre
Piacenza - Italy
Stand Q15

La sicurezza di grandi performance su ogni terreno.

G E O F L U I D



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.

Guarda il video:
**Deep Innovators
at work.**



COMACCHIO
DRILLING HI-TECH



SCIENCE & TECHNOLOGY

STRUMENTI ORIGINALI PER SISMICA E VIBRAZIONI



Suricat

Stazione di monitoraggio vibrazioni e analisi modale delle strutture.
Controllabile da remoto. Allerte in tempo reale.



SOILSPY

Sistema digitale per qualsiasi tipo di prospezione sismica multicanale.
Nessuna batteria esterna.
Massima leggerezza, flessibilità, risultati.



TROMINO®

Dal 2003, la prima stazione sismica per caratterizzazione dinamica di terreni (H/V e oltre) e strutture.
Sistema radio integrato per MASW e rifrazione.
Tutto-in-uno, tutto in un decimetro cubo.

MoHo è ente di formazione riconosciuto per Geologi. Ampi percorsi formativi in Geofisica e Analisi Dati: www.moho.world/corsi

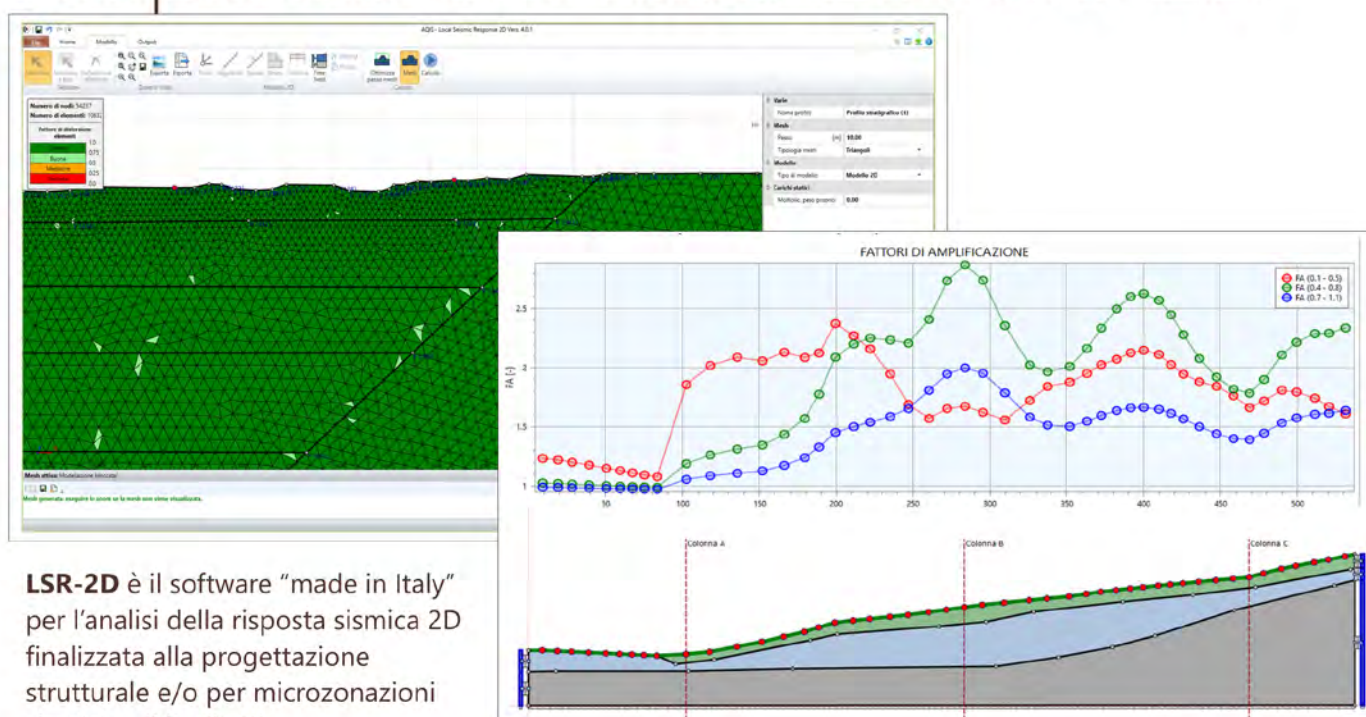


www.moho.world
VENEZIA



LSR_{2D}

Software per la valutazione della Risposta Sismica Locale 2D



LSR-2D è il software "made in Italy" per l'analisi della risposta sismica 2D finalizzata alla progettazione strutturale e/o per microzonazioni sismiche di livello III.

Grazie ad una comoda interfaccia utente, è possibile implementare modelli stratigrafici anche abbastanza complessi dal punto di vista geologico; il generatore di mesh è completamente automatico e consente di effettuare discretizzazioni ottimizzate nel passo dei singoli elementi che possono avere forma triangolare o quadrangolare.

Il solutore consente di eseguire simulazioni numeriche del processo di propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo mediante il metodo degli elementi finiti nel dominio del tempo e nell'ipotesi di materiale viscoelastico alla Kelvin-Voigt.

Gli output sono molto intuitivi ed è possibile visualizzare, mediante *colormaps*, tutte le grandezze sotto forma di valori massimi per singolo accelerogramma, o valori medi del set di accelerogrammi.

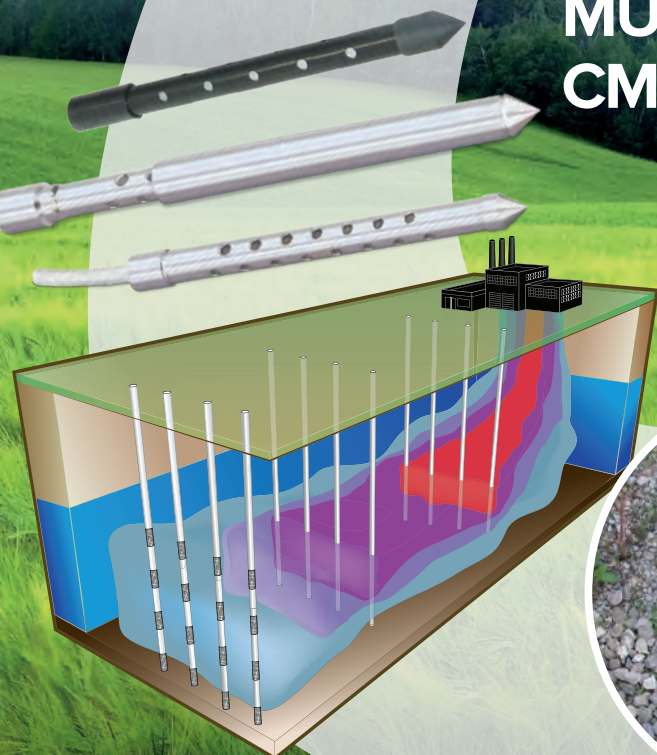
Sono disponibili diverse funzioni di *post process* come la **parametrizzazione dello spettro** secondo NTC e il **calcolo dei fattori di amplificazione** per studi di microzonazione.



**PROFILAZIONE
MULTILIVELLO**

HRSC - CARATTERIZZAZIONE AD ALTA RISOLUZIONE DEI SITI

SISTEMI DI MONITORAGGIO MULTILIVELLO SOLINST® CMT® E WATERLOO®



CMT®
Continuous Multichannel Tubing



Waterloo
Multilevel System

LA PROFILAZIONE 3D DEI CONTAMINANTI: ELEMENTO FONDAMENTALE PER DEFINIRE UNA CORRETTA STRATEGIA DI BONIFICA E PER MONITORARNE L'EFFICACIA.

Con più di 5.000 installazioni in tutto il mondo, i **sistemi multilivello Solinst® CMT® e Waterloo®** consentono di monitorare zone isolate ad intervalli discreti in un **singolo piezometro**, senza rischio di contaminazione incrociata. Mediante l'utilizzo di uno o più transetti di sistemi multilivello, è possibile ricostruire il profilo del plume inquinante e tracciarne l'**evoluzione nel tempo**.

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.



MISURE DI LIVELLO



**CAMPIONAMENTO
LOW-FLOW**



**DATALOGGER
E TELEMETRIE**



**BONIFICA
IDROCARBURI**

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.EGEOLAB.IT

Quadrimestrale dell'Ordine Nazionale dei Geologi
N. 2/2021

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 Emami, 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

Marina Berardi | 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

Ilenia Ingui | addestostampa@cngeologi.it

PUBBLICITÀ

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

GRAFICA E IMPAGINAZIONE

Agicom srl
Immagini: ©shutterstock.com

STAMPA

Spadamedia S.r.l.

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

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

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

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

Versamenti sul c/c n. 347005 intestato a:

Consiglio Nazionale dei Geologi

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

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

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

Associato all'USPI, Unione Stampa Periodica Italiana.

GARANZIA DI RISERVATEZZA

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

PER GLI AUTORI:

le Norme di Stampa sono consultabili sul sito cngeologi.it, nell'area Rivista.

IN COPERTINA: foto di Stefano Urbini, INGV
'Cratere impatto meteoritico Kamil (Sahara)',
per Codevintec.

Sommario

L'Editoriale **9**

A. Reina

Il Punto del Presidente **11**

A. F. Violo

Focus **14**

- Geotermia
- Presidi Territoriali

News **23**

R. Ruggeri

Sviluppo della professione del geologo e opportunità di
lavoro in ambito internazionale attraverso l'acquisizione
del titolo di EuroGeologo

Risorsa acqua **27**

G. Maniàci

Presentazione di una nuova metodologia per adattare i
coefficienti fisiografici di Kennessey all'ambiente siciliano,
negli studi idrogeologici [parte 2ª]

Università e ricerca **45**

M. Zuchegna

Meccanismi di formazione e caratteri tessiturali dei
prodotti dell'eruzione vulcanica del 1888-1890
a La Fossa di Vulcano (Isole Eolie)

Dissesti e alluvioni **53**

O. Barbagallo, A. Le Pira

Studio di back analysis su l'evento franoso avvenuto in data
05/01/2019 a Castelmola (Me) per il dimensionamento di
una barriera paramassi a protezione della S.P. 10

La recensione **66**



Sonda per pH, redox e temperatura



Sonda con misura di livello e temperatura



Pressione e temperatura in un logger mini



Sonda per conducibilità e salinità



Sonda per ossigeno disciolto

Misura e trasmissione remota di:

- ✓ Livello
- ✓ Temperatura

All'esigenza espandibile con:

- Ph
- Redox
- O2
- CE
- Torbidità

Le nostre soluzioni, non vanno in vacanza.



Alessandro Reina

Direttore Responsabile

Nell' antichità le civiltà umane hanno sempre pensato che il mondo fosse fatto di cielo sopra e di Terra sotto. Questa immagine del mondo è condivisa dalle civiltà egizia, cinese, maya, dell'antica India e dell'Africa nera, dagli Ebrei della Bibbia, dagli Indiani del Nord America, dagli antichi imperi di Babilonia e da tutte le culture di cui abbiamo traccia. Tutte eccetto una: la civiltà greca. Per i Greci la Terra era un sasso che galleggia nello spazio senza cadere: sotto la Terra non c'è altra terra all'infinito, né tartarughe, né colonne, ma c'è lo stesso cielo che vediamo sopra di noi. L'uomo che ha compiuto questo passo gigantesco nella comprensione del mondo è Anassimandro. Forse si può considerare il primo geologo della Storia. La rivoluzione di Anassimandro ha molto in comune con le altre grandissime rivoluzioni del pensiero scientifico di Copernico e Galileo (*eppur si muove*) sino a Einstein (la nozione di adesso non è assoluta bensì relativa). La sola differenza è che Einstein si è appoggiato su teorie già altamente codificate come quella di Maxwell e sulla meccanica di Galileo e Newton, mentre Anassimandro si è appoggiato solo su osservazioni come quella del tramontare e del sorgere del Sole. La forza dell'osservazione dei fenomeni naturali porta ad avere idee nuove e stravolgenti, ma come sappiamo non basta, bisogna trovare il modo di comporle e articolarle in un tutto coerente con il resto del nostro sapere sul mondo e convincere gli altri della ragionevolezza di tutta l'operazione. Ecco perché probabilmente Anassimandro è il primo geologo della Storia perché pone le basi della spiegazione dei fenomeni con l'osservazione che è il principio sul quale si basa la Geologia.

Un'esortazione all'applicazione del metodo geologico dell'osservazione viene dagli articoli proposti in questo numero.

In questo secondo contributo di Maniaci viene esposta la metodologia che consente di calcolare volta per volta, in base all'indice di aridità dell'area geografica in cui si trova il bacino idrogeologico, i coefficienti fisiografici per calcolare il deflusso superficiale, molto importante per eseguire i bilanci idrogeologici.

La Prof.ssa Marzia Zuchegna ha osservato e analizzato la morfologia dei componenti delle eruzioni vulcaniche del 1888-1890 a La Fossa di Vulcano (Isole Eolie).

Nel lavoro di Barbagallo e Le Pira si riporta uno studio di "Back Analysis" utilizzato per il dimensionamento delle opere di mitigazione del rischio effettuate a supporto di un intervento di somma urgenza eseguito lungo il versante in frana. Di particolare interesse geologico sono gli argomenti trattati nel Focus: Geotermia e Presidi territoriali. L'approfondimento di questi argomenti chiarisce le potenzialità per i geologi con la forte ricaduta sull'ambiente e sull'economia verde.

Buon lavoro

Buona lettura.



Il partner definitivo per geingegneri e geoscientiati

Risolvi problemi complessi, gestisci il rischio e prendi decisioni migliori durante il ciclo di vita dei progetti.

Seequent è leader nel supporto all'elaborazione di modelli in campo geologico, geoambientale e scienze della terra e offre strumenti innovativi e integrati per la collaborazione in team e lo sviluppo di progetti ingegneristici.

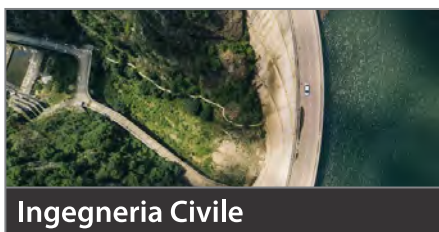
In più di 100 nazioni, professionisti nell'Industria, negli Istituti di ricerca e nelle Università, utilizzano le tecnologie Seequent per affrontare le attuali sfide nelle geoscienze e raggiungere ottimi risultati.

Le Soluzioni Seequent

I software Seequent combinano l'analisi, la visualizzazione 2D e 3D e la gestione dei dati in progetti ad ampia scala: costruzione di tunnel stradali e ferroviari, rilevamento e gestione delle acque sotterranee, esplorazione geotermica, mappatura di infrastrutture subacquee, valutazione delle risorse e dello stoccaggio sotterraneo di combustibile nucleare esaurito, e molto altro...



Industria Mineraria



Ingegneria Civile



Ambiente



Energia



Idrocarburi



Ordigni inesplosi

Software e tecnologie collaborative

GeoStudio	Modellazione della stabilità dei pendii, della deformazione del terreno e del trasferimento di calore e di massa nel suolo e nella roccia.
Leapfrog	Modellazione 3D di dati geologici del sottosuolo, stima delle risorse, verifica e tracciabilità del modello.
Oasis montaj	Modellazione 3D del sottosuolo terrestre e degli ambienti sottomarini, integrata mappatura GIS e gestione dei dati di geoscienze.
Seequent Central	Visualizzazione, modifica e gestione dei dati e della cronologia del progetto 3D all'interno di un ambiente Cloud. Condivisione via Web con i colleghi o con le parti interessate.



Arcangelo Francesco Violo

Il Recovery Plan rappresenta per l'Italia un'occasione per indirizzare gli investimenti verso una crescita sostenibile ed innovativa, oltre ad essere innegabilmente una grande opportunità per i Professionisti dell'area tecnica di essere protagonisti ed interpreti della transizione verde e digitale del Paese. Tale importante ruolo dovrà essere accompagnato dalla riorganizzazione del mondo professionale, volto a dare un forte impulso alla progettazione sostenibile secondo un approccio multidisciplinare e multifunzionale.

Il PNRR, pur non potendo essere considerato esaustivo per la soluzione della grave e generale crisi che attraversa il nostro Paese, rappresenta, quindi, sicuramente una sfida, la cui attuazione non potrà essere affrontata con l'attuale assetto e le attuali norme che disciplinano la struttura amministrativa pubblica. La storia ci insegna che i tempi per rendere efficacemente operativa una classe dirigente pubblica innovata e ri-strutturata sono lunghi; pertanto risulta necessario mettere subito in campo un progetto di sussidiarietà per l'attuazione del Recovery Plan.

Le professioni, che già nella normativa nazionale esistente sono definite sussidiarie, potrebbero essere messe in breve tempo a sistema, costruendo un approccio nuovo che veda operare insieme Dipendenti Pubblici (seppur iscritti all'Ordine) e Liberi Professionisti, per il superamento delle attuali rigidità strutturali dell'apparato della Pubblica Amministrazione.

I Geologi, in particolare, posseggono

competenze specifiche in molti ambiti che il PNRR incentiva; quindi, questi, insieme alle altre professionalità di area tecnica, rivestono un ruolo determinante, che, se raccordato maggiormente con il sistema della PA, consentirebbe al nostro Paese di rispondere in maniera efficace alle sfide che ci attendono.

In questo quadro si inserisce la sottoscrizione del Protocollo tra Professioni Italiane ed il Ministro per la Pubblica Amministrazione, On. Brunetta, finalizzato al rafforzamento della capacità amministrativa della PA, attraverso modalità speciali di reclutamento per il PNRR di Professionisti tramite un apposito Elenco sul Portale del Reclutamento. La collaborazione avrà un arco temporale di cinque anni, durante i quali Professioni Italiane, per mezzo di RPT e CUP, insieme ai Consigli Nazionali aderenti, si impegna ad ampliare le opportunità di lavoro nella P.A..

È evidente, in tale contesto, anche la necessità di tutelare il diritto dei Professionisti ad ottenere sempre un corrispettivo equo e proporzionato alla qualità ed alla importanza dell'attività svolta, estendendo a qualsiasi prestazione professionale le disposizioni in materia di equo compenso.

A tal fine il CNG ha intrapreso concrete iniziative, anche rispetto alle riforme dei parametri tabellari, entrando a far parte, fin dalla prima costituzione, dell'apposito Tavolo di Lavoro istituito dal Ministro della Giustizia per la trattazione della tematica con le Professioni vigilate da tale Dicastero e continuando ad operare per il recepimento delle proposte formulate da queste ultime in occasione dell'ultimo testo normativo licenziato in materia. Soprattutto nel momento storico che viviamo, il sistema libero professionale, nelle molteplici forme della sua organizzazione, rappresenta, in conclusione, una rete insostituibile al servizio delle imprese e delle comunità locali, una rete di prossimità ad alto valore aggiunto, in grado di presidiare i territori supportando le politiche di salvaguardia ambientale ed indirizzando, secondo un approccio di ecosostenibilità, le dinamiche di innovazione e crescita.

Il CNG, quindi, sta facendo la propria parte per fornire un contributo importante nelle sedi istituzionali competenti, sia in termini di conoscenze tecniche che di supporto, anche istituzionale, volto a sostenere gli sforzi che si stanno compiendo per consentire all'Italia di superare questo periodo di crisi.

New life for our Planet

BONIFICHE
AMBIENTALI

FORNITURA
REAGENTI INNOVATIVI

ESECUZIONE TEST PILOTA

STUDI DI FATTIBILITÀ

INDAGINI E CONSULENZE
AMBIENTALI



IN SITU CHEMICAL REDUCTION

PILOT TEST IN UN ACQUIFERO CONTAMINATO DA COMPOSTI CLORURATI

Con il termine di **In Situ Chemical Reduction** si descrive l'effetto combinato di consumo biologico di ossigeno (favorito dalla fermentazione di una fonte di carbonio organico solubile) e di riduzione chimica diretta (con utilizzo di ferro zerovalente o altri metalli ridotti) dei contaminanti di interesse.

Tale tecnologia è stata utilizzata nell'esecuzione di un test pilota di campo, ai fini della valutazione della tecnologia da adottare per la bonifica di un acquifero contaminato da composti organo-clorurati (principalmente da tricloroetilene).

Nella scelta del reagente ISCR, particolare attenzione è stata rivolta al controllo della proliferazione dei metanogeni e all'eccessiva formazione di metano; è noto infatti come nel range di lavoro dell'ISCR avvenga la proliferazione dei microrganismi metanogeni "Archea", che diventano, nei primi 1-2 mesi di trattamento ISCR, la popolazione dominante e, se non controllati, inibiscono la crescita dei batteri Dehalococcoides deputati alla dechlorazione riduttiva dei solventi clorurati di interesse, determinando un eccessivo consumo di reagente oltre a potenziali problemi di salute e sicurezza (accumulo di metano nei gas interstiziali). È stato pertanto selezionato il reagente Provect-IR®, prodotto e distribuito in Europa dalla scrivente, unico presente sul mercato che inibisce la produzione di metano durante i processi di fermentazione del carbonio, grazie a composti antimetanogeni naturali.

Il test pilota di campo è stato condotto su un'area di ca. 80 m² (v. Figura 1)

Il reagente è stato immesso nel sottosuolo per mezzo di 9 postazioni di iniezione fisse, da 2 m a 10 m da p.c.; complessivamente sono stati immessi 3.500 kg di reagente Provect-IR, per un quantitativo complessivo di miscela pari a 13.500 litri. I piezometri all'interno del campo prova sono stati oggetto di un dettagliato piano di monitoraggio per la durata di un anno.

Le concentrazioni rilevate degli acidi grassi volatili (comprendenti acido acetico, butirrico, formico, propionico e lattico) hanno evidenziato l'instaurarsi in tempi rapidi di fenomeni di fermentazione, con concentrazioni significative (prossime al g/L) già dopo un mese dalle iniezioni del reagente. Tali acidi grassi vengono utilizzati come donatori di elettroni da alcune famiglie microbiche quali dealogenatori e alorespiratori.

L'andamento delle concentrazioni di carbonio organico totale (TOC) è un effetto diretto del Provect-IR® con concentrazioni ancora significative sei mesi dopo le iniezioni.

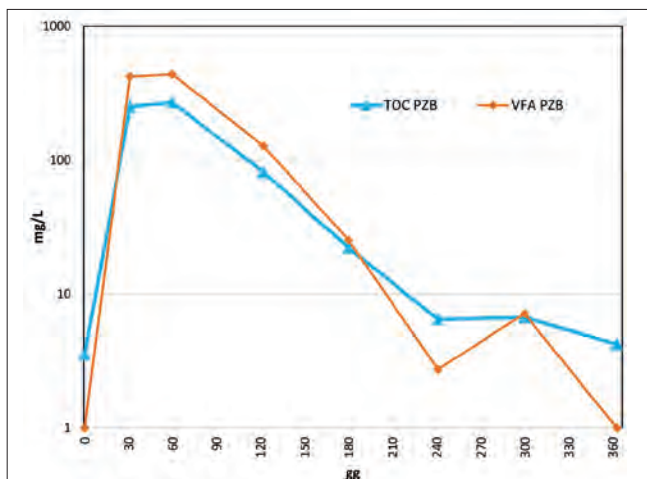


Figura 2 - Andamento delle concentrazioni degli acidi grassi volatili (VFA) e di carbonio organico totale (TOC) in PZB.

La degradazione biologica è parte integrante dei processi ISCR e l'interpretazione dei fenomeni microbiologici è un aspetto fondamentale nel processo di risanamento di un acquifero contaminato. Sono pertanto state installate specifiche Bio-Trap® prima e dopo l'iniezione dei reagenti; tali campionatori, costituiti da una matrice colonizzabile in tempi rapidi dai microorganismi, sono state lasciate per ca. 60 giorni nei piezometri e quindi inviate al laboratorio per la determinazione dei microorganismi responsabili della dechlorazione riduttiva, del cometabolismo metabolico e dei processi concorrenti. Tali analisi hanno evidenziato, dopo l'immissione del reagente, un significativo aumento (fino a 3 ordini di grandezza) della popolazione di Dehalococcoides (DHC) e dei relativi geni TCE, BVC e VCR, notoriamente in grado di degradare il contaminante principale ed i suoi sottoprodotti.

Per quanto concerne i contaminanti caratteristici del sito è stata osservata nell'area del campo prova una significativa e complessiva riduzione delle concentrazioni. È stata osservata una riduzione delle concentrazioni di tricloroetilene, le cui concentrazioni (inizialmente di 1.040 ug/l, con una CSC di 1,5 ug/l) sono state ridotte fino a valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale dopo circa due mesi.

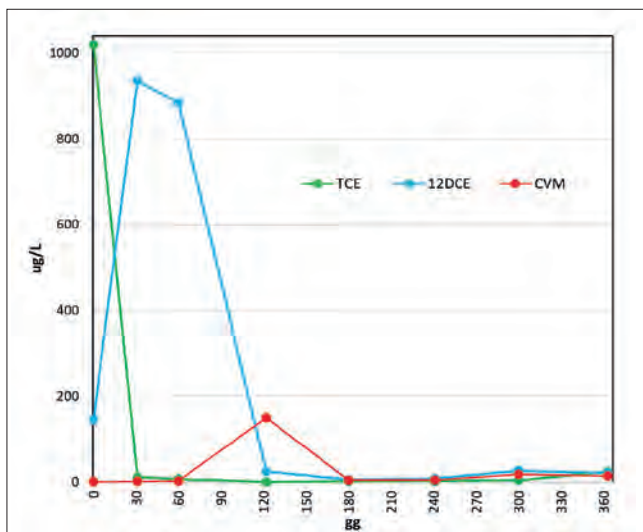


Figura 3 - Andamento delle concentrazioni di TCE, 12DCE e CVM nel piezometro PZB.

La variabilità osservata nei giorni successivi al 240 è legata all'ingresso di acqua contaminata nell'area di test (area che si trova all'interno di un significativo plume di contaminazione), che i fenomeni di degradazione non sono più in grado di contrastare (i dati secondari hanno infatti evidenziato una diminuzione dell'attività batterica). Tale fenomeno non si osserverà nell'applicazione full-scale, dal momento che tutta l'area contaminata sarà oggetto di trattamento. Sono state anche osservate significative riduzioni delle concentrazioni degli altri composti clorurati presenti (fino a valori inferiori alle CSC).

La tecnologia testata, In Situ Chemical Reduction con il reagente Provect-IR, si è pertanto dimostrata in grado di degradare la contaminazione esistente e di garantire il raggiungimento degli obiettivi di bonifica prefissati, anche per tutti i contaminanti presenti e per gli eventuali sottoprodotti di degradazione.

La tecnologia testata, In Situ Chemical Reduction con il reagente Provect-IR, si è pertanto dimostrata in grado di degradare la contaminazione esistente (principalmente tricloroetilene) e di garantire il raggiungimento degli obiettivi di bonifica prefissati, anche per i contaminanti presenti in concentrazioni inizialmente inferiori e per gli eventuali sottoprodotti di degradazione.

focus

GEOTERMIA

Allegato di approfondimento 1



benefici della geotermia a bassa entalpia

I benefici derivanti dall'adozione di questa tecnologia sono rilevanti sotto molti aspetti:

- **salute:** riduzione dell'inquinamento dell'aria in ambito urbano, conseguente all'azzeramento di emissioni dirette, con benefici in termini di salute pubblica;
- **economico ed occupazionale:** incremento di fatturato, gettito fiscale ed occupazione di un settore a prevalente utilizzo di tecnologia e manodopera locale (stimati rispettivamente in circa 100 MLD e +33.000 occupati);
- **economico e sociale:** riduzione dei costi energetici sulle bollette garantiti da questa tecnologia, con conseguente contrasto alla crescente povertà energetica delle famiglie (e delle imprese);
- **ambientale:** in termini di azzeramento di emissioni dirette di CO₂ e di polveri sottili; significativa riduzione di consumo di energia primaria (diminuzione di emissioni indirette);
- **continuità e programmabilità:** flessibilità delle reti e gestione della fornitura in base alle esigenze stagionali.

Per quanto riguarda i sistemi di geoscambio (geotermia a bassa entalpia per la climatizzazione) si osserva che nel PNRR non vi è alcun riferimento a questa tecnologia nella **Missione 2: Rivoluzione Verde e Transizione ecologica**, specificatamente al **Punto 2.3 - EFFICIENZA ENERGETICA E RIQUALIFICAZIONE DEGLI EDIFICI**, nonostante il geoscambio possa rivestire un ruolo strategico sia in tema di risparmio energetico che nella riduzione delle emissioni in sito.

Il geoscambio risente in Italia, ad oggi nel 2021, di un sostanziale sottosviluppo rispetto ai partner europei ma, e soprattutto, rispetto alle potenzialità del mercato. Le cause di ciò sono da ricondurre esclusivamente a "colli di bottiglia" legati all'assenza di normative specifiche di settore, ovvero la presenza di norme territorialmente disomogenee. A questo si somma un sistema di incentivazione/detrazione fiscale che pone questa tecnologia sullo stesso piano di altre meno performanti sia in termini di risparmio energetico ma, soprattutto, in termini di emissione "climalteranti" in sito.

azioni di sviluppo della tecnologia

- rimodulare gli incentivi per la sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale. Nei vari provvedimenti cosiddetti "ecobonus" le principali tecnologie per la climatizzazione invernale godono quasi tutte delle medesime aliquote di detrazione fiscale a prescindere dal costo di investimento associato alla tecnologia e ai benefici da questa generati in termini di efficienza e di riduzione di impatti. Per contrastare questo comportamento poco virtuoso occorrerebbe prevedere **1)** soglie minime di accesso agli Ecobonus e al Conto Termico (in termini di riduzione minima di energia primaria fossile) alle tecnologie per il riscaldamento e, nel contempo, **2)** differenziare le aliquote per la detrazione commisurandole ai risparmi energetici conseguiti, incentivando le tecnologie meno inquinanti;

- estendere gli incentivi anche ai nuovi edifici: i nuovi edifici devono rispettare i requisiti normativi in tema di NZEB (Near Zero Energy Building) e di quota minima percentuale di energia rinnovabile sul fabbisogno energetico complessivo. Per favorire l'utilizzo della fonte geotermica a bassa entalpia, che – come detto – si traduce in maggiori benefici ambientali rispetto ad altre soluzioni – si propone di introdurre l'incentivo sul differenziale di costo dato dal sistema di geoscambio (circuiti chiusi o aperti);
- prevedere una esenzione sulla parte variabile degli oneri generali di sistema relativa ai consumi aggiuntivi del cliente connessi all'uso delle PdC (totale per le pompe di calore geotermiche, parziale per quelle aereotermiche). Una simile misura per famiglie e/o imprese che utilizzano energia elettrica per alimentare impianti termici da fonti rinnovabili determinerebbe una riduzione delle bollette energetiche compresa tra il 10% e 20%;
- velocizzare e semplificare le procedure autorizzative dei sistemi di geoscambio con sottosuolo a circuito chiuso (attraverso l'emanazione del Decreto Ministeriale "Posa Sonde" in attuazione a quanto previsto dal D.Lgs 28/2011)
- semplificazione e unificazione dei percorsi autorizzativi della captazione di acque sotterranee ad uso energetico dei sistemi a circuito aperto ("open loop", "pozzi di presa" e di restituzione/scarico di acqua in corpo idrico sotterraneo "pozzi di resa");
- incentivare la progettazione e realizzazione di reti di teleriscaldamento "freddo" a partire da alcuni impianti nelle grandi aree urbane. Si tratta di sistemi in cui il calore prelevato da un'unica sorgente termica (pozzo geotermico o campo di sonde) a servizio di più edifici (es. quartiere), ciascuno dotato di uno scambiatore con la rete e di una semplice pompa di calore, con economie di scala, riduzione di costi di realizzazione (non sono necessarie tubazioni coibentate), riduzione di perdite di energia della rete, considerevoli vantaggi ambientali in caso di *revamping* o di reti a servizio di edifici esistenti.

impatti economici delle azioni proposte

la rimodulazione degli incentivi (superbonus)	€ 250 Mln
incentivi per nuovi edifici <i>N.B. commisurata alla percentuale di incentivo sul differenziale di costo dato dal sistema di geoscambio (circuiti chiusi o aperti). Incentivo 50% su differenziale di costo</i>	€ 100 Mln
esenzione sulla parte variabile degli oneri generali di sistema relativa ai consumi elettrici delle pompe di calore	€ 50 Mln
teleriscaldamento a freddo	€ 100 Mln

Complessivamente, **l'impatto economico per lo sviluppo della risorsa geotermica a bassa entalpia può essere stimato pari a 500 Mln € nel periodo 2021-2026**. Si sottolinea che tali importi debbano essere considerati come voci di spesa nei capitoli 2.2 e 2.3 del PNRR e – secondariamente nei capitoli 4 e 5 dello stesso PNRR, concorrendo agli obiettivi in essi esplicitati.

PRESIDI TERRITORIALI

premessa

Il delicato assetto geomorfologico del nostro Paese, reso vulnerabile da uno sviluppo antropico disordinato e spesso speculativo, dall'assenza di manutenzione del territorio e dalle sempre più frequenti piogge alluvionali che si abbattano sul territorio nazionale, in larga misura dovute a cambiamenti climatici in atto, pongono drammaticamente in evidenza il problema del dissesto idrogeologico, dal quale ormai nessuna regione italiana può più considerarsi indenne.

Ammonta a quasi 7 miliardi la cifra stanziata in 20 anni dal Ministero dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del Mare per far fronte al dissesto idrogeologico in Italia, per un totale di oltre 6 mila progetti finanziati di cui circa il 70% sono conclusi o in fase di conclusione ed il restante 30% in fase di progettazione o da avviare. Le richieste caricate sul ReNDIS per la mitigazione del rischio idrogeologico superano i 26 Miliardi di euro.

Fino alla metà degli anni novanta sul territorio nazionale si registravano calamità atmosferiche, tra loro distanziate nel tempo, talvolta con eclatanti e relevantissimi danni. Negli ultimi venti anni vi è stato un susseguirsi di eventi in tempi molto più ravvicinati che, oltre ad interessare regioni a rischio idrogeologico conclamato, si sono verificati anche in aree geografiche non particolarmente esposte rispetto alle conoscenze scientifiche note.

Ogni volta che si produce un accadimento del genere, il dibattito si incentra sulla necessità di affrontare la questione alla radice, prospettando soluzioni adeguate: la vulnerabilità del territorio, le manomissioni che

Allegato di approfondimento 2

la aggravano ulteriormente, la fragilità degli argini dei corsi fluviali, la conseguente insicurezza degli abitati, impongono l'urgenza di una più radicata cultura della previsione e della prevenzione, di interventi di bonifica nelle zone ad alta pericolosità, di sistemi di regimentazione delle acque, di sofisticate azioni di monitoraggio del territorio e di più diffusi sistemi di allerta, e – non da ultimo – di una capillare e continuativa attivazione degli organi della Protezione Civile, in quanto strumenti permanenti di tutela della incolumità delle persone e della salvaguardia dei territori.

Rispetto ad alcuni anni fa, le difficoltà registrate in merito all'attuazione degli interventi sono più organizzative che non finanziarie: spesso le risorse ci sono, non vengono spese perché non collegate a progetti cantierabili, bensì basati su ipotesi progettuali che poi vengono disattese, sia per cambi di linea politica che per difficoltà autorizzative.

L'ultimo rapporto ISPRA del 2018 traccia una mappa del rischio idrogeologico del nostro Paese che vede crescere le aree interessate rispetto all'anno precedente; circa il 91% dei comuni italiani è a rischio e quasi 7,5 milioni di persone vivono in territori a rischio molto elevato per frane e alluvioni.

Uno scenario così vasto e complesso impone dunque la messa in campo di una strategia integrata di azioni di prevenzione e gestione del rischio idrogeologico (convivere con il rischio, il rischio zero non esiste).

Sarà necessario attuare un piano pluriennale che preveda l'impiego delle risorse dedicate alla realizzazione di INTERVENTI DI TIPO STRUTTURALE, cioè opere ed interventi di sistemazione e di consolidamento delle frane, utili ad evitare che i fenomeni si verifichino, si riattivino o comunque a mitigarne gli effetti, che, anche se utili e necessari, da soli non possono consentire la soluzione di tutte le criticità presenti sul territorio. Un chiaro esempio deriva dall'analisi dei dati contenuti

nella piattaforma ReNDIS, presentata in questi giorni, che negli ultimi 20 anni hanno visto la realizzazione di interventi su poco più di 3.000 frane a fronte delle 620.000 censite nell'intero paese.

Occorre dunque realizzare anche una serie di AZIONI e INTERVENTI NON STRUTTURALI, mediante i quali contribuire significativamente alla prevenzione delle conseguenze dei dissesti ed operare una corretta gestione del rischio idro-geologico.

Su questi tre versanti possono essere segnalate le seguenti positive attività:

- **Aggiornamento e approfondimento continuo dei Piani di Assetto Idrogeologico e di Gestione delle Alluvioni.**

I PAI redatti dalle ex Autorità di Bacino rappresentano degli strumenti di pianificazione di eccellenza a livello europeo. L'evoluzione continua e le dinamiche geomorfologiche del territorio, anche in relazione ai cambiamenti climatici, non ci consentono però pause su questo tema. Molti PAI vanno aggiornati perché risalgono agli inizi degli anni 2000. In diversi casi inoltre non hanno coperto tutto l'intero territorio. Essendo gli stessi PAI un riferimento per la pianificazione territoriale, per la programmazione degli interventi strutturali e per la pianificazione di emergenza, aggiornarli è una necessità imprescindibile. Sono ormai più di 15 anni che non vengono stanziati fondi in tal senso. Occorrerebbe inoltre procedere alla redazione dei Piani di Gestione delle frane prevedendo anche in questo caso le necessarie risorse economiche.

- **Adeguamento della Pianificazione Urbanistica Comunale.** Occorre incentivare i Comuni a recepire la Pianificazione di Bacino nei propri strumenti urbanistici. Questo consentirebbe finalmente di impedire le costruzioni nelle aree pericolose e di attuare uno sviluppo territoriale compatibile e sostenibile con l'assetto geologico del territorio.



- **Redazione ed Attuazione dei Piani di Protezione Civile**, quale supporto operativo fondamentale per la gestione delle emergenze al fine di ridurre il danno, in caso di eventi, soprattutto in termini di salvaguardia della vita umana. Molti Comuni li hanno redatti ma pochi li applicano durante le emergenze, anche per mancanza di fondi dedicati. Non vengono fatte esercitazioni, i cittadini non vengono informati, per cui i piani spesso risultano del tutto inefficaci, sia per la gestione delle fasi di allertamento, che dell'emergenza.
- **Informazione alla cittadinanza** al fine di determinare popolazioni più resilienti. I cittadini devono essere messi a conoscenza dei possibili scenari di rischio che si possono verificare durante le emergenze e delle azioni e comportamenti che devono porre in essere per evitare di mettere a rischio la propria incolumità e quella degli altri. Molte delle vittime che si verificano durante gli eventi calamitosi sono dovuti a comportamenti sbagliati. Pensate ad esempio a quante persone rischiano o addirittura perdono la vita nei sottopassi allagati, o a quelli che attraversano i ponti con le auto durante gli eventi di piena, ecc. Su questo tema il Consiglio Nazionale dei Geologi sta facendo molto. Ad esempio la manifestazione **"A scuola con il Geologo"**, che lo scorso anno è stata inclusa nella settimana della Protezione Civile, ci ha consentito di parlare con circa **120.000 studenti di 785 scuole** di ogni ordine e grado sparse su tutto il territorio nazionale, spiegando tra l'altro come sia importante conoscere i rischi geologici e soprattutto i corretti comportamenti da tenere in fase di emergenza.
- Occorrono infine maggiori investimenti anche nella **Manutenzione estensiva del territorio** e deve riguardare non solo fiumi e torrenti, ma anche i terreni presenti sui versanti, che quando vengono abbandonati diventano concausa dei fenomeni di dissesto. Dunque si potrebbero prevedere incentivi economici per i privati nella



realizzazione di opere di manutenzione e di sistemazione che migliorerebbero le condizioni di stabilità e di assetto del territorio.

Sul versante regolatorio, il *Piano Nazionale per la Mitigazione del Rischio Idrogeologico, il Ripristino e la Tutela della Risorsa Ambientale*, adottato con DPCM del 20 febbraio 2019, risulta condivisibile nel suo complesso, avendo previsto una serie di articolate misure strutturali e non strutturali di mitigazione e gestione del rischio idrogeologico e le *Linee guida in materia di semplificazione dei processi, rafforzamento organizzativo e della governance*, anche se la sua attuazione va molto a rilento e, soprattutto per la parte riguardante gli interventi non strutturali, non sono state previste le opportune risorse finanziarie utili per la loro realizzazione.

Nel passato, in alcuni casi, sono stati emanati provvedimenti d'urgenza, seppur riferiti a specifiche calamità, che sono confluiti nella legislazione generale: il decreto-legge n. 180 del 1998, recante "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico

ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania", è uno di questi, convertito con modificazioni nella legge n. 267 del 3 agosto 1998.

Proprio da tale decreto-legge si è originata una normativa che, sebbene di rango non primario, è tuttavia divenuta un importante punto di riferimento per l'individuazione dei soggetti istituzionali e degli organi territoriali coinvolti nelle attività di previsione e prevenzione del rischio e di gestione dell'emergenza. Il riferimento è alla Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 27 febbraio 2004, recante "indirizzi operativi per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allertamento nazionale, statale e regionale per il rischio idrogeologico ed idraulico ai fini di protezione civile", che tra le altre cose **prevede misure di previsione e prevenzione non strutturale del rischio idrogeologico ed idraulico, tra cui il presidio territoriale.**

l'istituzione **del presidio territoriale**

Il Presidio Territoriale (PT) è stato istituito per la prima volta in Italia nella Regione Campania, in attuazione dello stato di emergenza nelle provincie di Avellino, Caserta e Salerno dichiarato con D.P.C.M. 9 maggio 1998, a seguito degli eventi idrogeologici di rilevante intensità ed estensione occorsi il 5 e 6 maggio 1998 in tutta la Campania; la gestione scientifica dell'emergenza fu affidata all'Unità Operativa 2,38 (U.O. 2.38) dell'allora Gruppo Nazionale Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (G.N.D.C.I.) del CNR. La gestione scientifica riguardò aspetti di rilevante impegno istituzionale, sociale ed operativo che furono assunti in forma di coordinamento con altre U.O. per la valutazione del rischio residuo da colate di fango, la definizione delle soglie pluviometriche, la redazione delle linee guida per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio e l'individuazione delle aree esposte ad analogo rischio nella Regione Campania. Per quanto attiene al PT, l'U.O. 2.38 si organizzò autonomamente, sottoponendo le risultanze del programma scientifico ed operativo del Consiglio Scientifico del G.N.D.C.I.

L'esperienza maturata durante la fase emergenziale dal PT ha consentito di strutturare, addestrare, avviare a rendere operativa, sia in fase di allertamento che in fase di attenzione, un "prototipo" tecnico-istituzionale, che si è tradotto in *"una struttura operativa sperimentale e per il monitoraggio e la sorveglianza diretta di territori ad alto rischio e sia di integrazione strutturata e permanente delle competenze e dei ruoli propri degli organi centrali e locali di Protezione Civile con quelle della Comunità Scientifica avente specifiche conoscenze territoriali"* (Cascini L., Guida D. e Sorbino G., *Il Presidio Territoriale*

– *Una esperienza sul campo*, Rubettino Ed., 2005).

Altre esperienze sono state maturate anche in altre regioni italiane a seguito dei diversi episodi di dissesto idrogeologico che si sono susseguiti nel nostro paese; applicazione del PT si sono avute in Sicilia, Calabria, Sardegna, ecc.

il presidio territoriale nelle attività legislative a livello nazionale

A livello nazionale le attività di PT sono esplicitamente previste nella Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri n.49 del 24 febbraio 2015 recante *“Indirizzi operativi inerenti la predisposizione della parte dei piani di gestione (ndr: delle alluvioni) relativa al sistema di allertamento nazionale, statale e regionale, per il rischio idraulico ai fini della protezione civile di cui al D.Lgs. n. 49 del 23/02/2010 di recepimento della Direttiva 2007/60/CE”*. Infatti, al punto 5 della succitata Direttiva si specificano le misure di previsione e prevenzione non strutturale finalizzate alla riduzione del rischio idrogeologico ed idraulico elevato e molto elevato. In queste aree, le Regioni, le Province ed i Comuni devono individuare e dettagliare i punti critici del territorio, la popolazione, le infrastrutture e gli insediamenti esposti a tale rischio, nonché promuovere ed organizzare un adeguato sistema di osservazioni e monitoraggio dei movimenti franosi e delle piene, attesi e/o in atto, nonché i necessari servizi di contrasto nel tempo reale, cioè di pronto

intervento e prevenzione non strutturale. Per realizzare ciò la Direttiva prevede esplicitamente l'attività di PT, distinguendo in PT Idrogeologico, per le frane, e PT Idraulico per le alluvioni, le cui attività devono concorrere, insieme al superamento delle soglie pluviometriche e idrometriche, alla definizione dei livelli di criticità ed alla formulazione degli scenari di rischio specifico e del controllo della loro evoluzione nel tempo reale. Visto lo stato di dissesto dei territori, la soluzione di trovare uno strumento legislativo che valorizzi tali esperienze e ne renda attuabile la loro implementazione a scala locale, con il coordinamento regionale e nazionale, consentirebbe di cambiare la politica di gestione delle aree a maggiore rischio attraverso misure non strutturali da affiancare a quelle strutturali, con rilevante ricaduta in riferimento alla salvaguardia delle vite umane e alla mitigazione degli eventi calamitosi, andando a incidere anche sul costo complessivo della gestione delle emergenze, non più sostenibile economicamente dalla comunità.

Altro aspetto rilevante è che le esperienze di Presidio Territoriale realizzate hanno insegnato che la presenza permanente di unità di PT locale non solo rende consapevole la popolazione della tipologia, entità e impatto dei rischi idrogeologici, ma sottende uno progressivo coinvolgimento degli altri operatori agenti sul territorio, soprattutto agricoltori, in una sinergica attuazione dell'agricoltura multifunzionale e del mondo delle imprese di settore.

Non è da sottovalutare la motivazione dei tecnici locali di PT nel contesto di protezione e salvaguardia complessiva delle popolazioni e del “loro” territorio.

vantaggi e possibilità di attuazione di una normativa di rango primario sul presidio territoriale

In Europa sono state censite circa 750.000 frane, ma l'80% dei dissesti (circa 620.000 secondo il “rapporto sul dissesto idrogeologico in Italia” dell'ISPRA) sono localizzati nel nostro Paese. Si evince da questi numeri la “diversità” del nostro Paese, caratterizzato da un territorio geologicamente giovane e di frontiera, rispetto al resto d'Europa, che imporrebbe di avere sempre al centro dell'agenda di governo le problematiche relative alla Difesa del Suolo, da affrontare in modo sistemico, con interventi strutturali mirati e finalizzati al risanamento del dissesto idrogeologico, attraverso una pianificazione almeno ventennale.



Per quante risorse potranno essere messe in campo, sarebbe illusorio, tuttavia, immaginare il risanamento di 620.000 frane, senza contare la necessità di mettere in sicurezza anche le aree a rischio alluvione che non sono meno problematiche e meno importanti di quelle a rischio frane. In considerazione dello stato di dissesto del territorio il risanamento complessivo, quantomeno delle aree a maggior rischio e/o pericolosità idrogeologica ed idraulica, resta un traguardo lontano e difficile da realizzare.

Ancora oggi la normalità resta quella dell'agire con misure successive all'accadimento di un dissesto, o addirittura con misure tampone o emergenziali di protezione civile, mentre agire in prevenzione comporterebbe un chiaro risparmio di spesa per lo Stato, visto che è stato stimato che riparare i danni costa in media 10 volte in più che prevenirli; la prevenzione, però, è ancora un'eccezione nel nostro Paese.

Da tutto questo ne deriva la necessità di affiancare agli interventi di tipo strutturale già in atto, finanziati e da eseguire, o semplicemente programmati e pianificati per gli anni a venire, una serie di interventi coordinati, sinergici e sistemici di tipo non strutturale, a partire dai monitoraggi satellitari, strumentali e di tipo tecnico esperto (Presidio Territoriale attraverso il geologo di zona da affiancare ai tecnici già operanti nelle strutture degli EE.LL.).

Il Presidio Territoriale, in particolare, ha già dimostrato e dato garanzia che un monitoraggio continuativo ed "esperto" del rischio idrogeologico ed idraulico, che porti la responsabilizzazione istituzionale sempre più al livello delle funzioni amministrative ordinarie e non strettamente emergenziali, si trasforma automaticamente in una efficace forma di controllo e di prevenzione sul territorio.

Le due direttive citate del Presidente del Consiglio dei Ministri, per esplicitare pienamente la loro efficacia, dovrebbero essere tradotte in norme di legge di rango primario e rafforzate attraverso nuovi e più vincolanti obblighi di ottemperanza a carico degli enti territoriali interessati.

Una norma che dovrebbe determinare la costituzione a livello locale di strutture permanenti (il Presidio Idrogeologico permanente) nelle aree classificate a rischio elevato e molto elevato, intese quali organismi capaci di mobilitare – per così dire "in tempo di pace" – le competenze tecniche e gli strumenti

di sorveglianza che l'ordinamento riserva oggi agli organismi funzionanti solo per il tempo dell'emergenza.

La composizione (geologo di zona da affiancare agli uffici tecnici esistenti e già composti da ingegneri, architetti e geometri), le modalità di funzionamento e la cadenza periodica degli adempimenti (attività permanente anche in "tempi di pace") di questi organismi offrono il quadro di una metodologia effettivamente innovativa e, a monte, della reale volontà di affrontare profondamente la questione e di attrezzare una risposta più efficace ed al passo con i tempi al problema del rischio idrogeologico.

L'ostacolo principale per l'attivazione dei Presidi Territoriali è il reperimento delle risorse economiche per realizzarli; immaginare, tuttavia, che la formazione di tali strutture possa realizzarsi attraverso la loro pianificazione in un arco temporale predefinito (un lustro), dando così agli EE.LL. – comuni, unione di comuni, piccoli comuni (questi ulti-

mi già in base alle normative vigenti dovrebbero mettere in condivisione le competenze e le funzioni di Protezione Civile) – il tempo necessario per programmare dal punto di vista amministrativo, economico ed operativo la necessaria variazione della dotazione organica, consentirebbe in pratica di istituirli, se non a costo zero, a costi estremamente contenuti.

Il legislatore che vorrà concorrere alla migliore e più appropriata definizione di una specifica normativa finalizzata alla messa in atto sul territorio italiano di misure di contrasto "non strutturali" del dissesto idrogeologico, a partire dalla realizzazione del Presidio Territoriale con il geologo di zona, che assumerebbe le funzioni di un vero e proprio "medico condotto del territorio", dovrà avere la convinzione di puntare a due grandi obiettivi:

- **La messa in sicurezza dei territori attraverso la mitigazione del diffuso e talvolta elevatissimo rischio idraulico ed idrogeologico;**
- **La tutela della pubblica incolumità;**

nella triste ed inaccettabile constatazione che la Comunità nazionale, per effetto di questo genere di eventi calamitosi, ha già versato un tributo elevatissimo in termini di perdite di vite umane, di distruzione e di degrado del territorio, che impone una risposta efficace da parte delle istituzioni ed una forte responsabilizzazione collettiva.

Ciò potrebbe avvenire come riassunto nella tabella che segue.

Presidio Territoriale	Tecnici da impiegare	Disponibilità PNRR	Proposta CNG
INTERVENTI NON STRUTTURALI	2 ogni 50.000 abitanti	Trans. Ecologica-2.4 Tutela del territorio e della risorsa idrica (€ 15.03 miliardi)	0,42 miliardi € (2,8% spesa prevista)
	2400 tecnici di Livello D/ costo lordo medio annuo circa € 35.000		



FÉDÉRATION EUROPÉENNE DES GEOLOGUES
EUROPEAN FEDERATION OF GEOLOGISTS
FEDERACIÓN EUROPEA DE GEÓLOGOS

eurogeologists.eu

Sviluppo della professione del geologo e opportunità di lavoro in ambito internazionale attraverso l'acquisizione del titolo di EuroGeologo

Rudi Ruggeri - Consigliere e delegato del CNG per la EFG

Cos'è la EFG?

La Federazione Europea dei Geologi (EFG) è un'organizzazione professionale non governativa che è stata fondata nel 1980, rappresenta più di 50.000 geologi e comprende oggi 27 membri di associazioni nazionali dei geologi dei paesi appartenenti al continente europeo tra cui il CNG rappresentante l'Italia ed è stata istituita per garantire la professionalità e l'etica tra i geologi in Europa, rappresentando la professione in tutto il continente. Obiettivi della EFG sono inoltre contribuire a un uso più sicuro e sostenibile dell'ambiente naturale, proteggere e informare il pubblico e promuovere uno sfruttamento più responsabile delle risorse naturali. Le linee guida per raggiungere questi obiettivi sono la promozione dell'eccellenza nell'applicazione delle scienze geologiche e la creazione di una consapevolezza pubblica dell'importanza delle geoscienze per la società.

EFG viene riconosciuta come un'organizzazione internazionale indipendente, affidabile e che contribuisce alla pro-

tezione dell'ambiente e all'uso responsabile delle risorse naturali. Promuove l'eccellenza nell'applicazione delle geoscienze in tutta Europa, rappresenta le associazioni professionali europee dei geologi nei vari paesi e sensibilizza l'opinione pubblica sull'importanza delle geoscienze per la società e lo sviluppo del pianeta. Nel dicembre 2003, EFG ha creato i Panels of Experts (PE) per adempiere alla missione EFG, contribuendo allo sviluppo di politiche europee che potrebbero essere interessanti per i geologi. Per raggiungere questo obiettivo, è necessario presentare documenti consultivi alla Commissione europea e al Parlamento europeo; organizzare workshop su temi geologici; partecipare a udienze pubbliche, convegni e riunioni. E questo è un lavoro per geologi ed esperti in diverse questioni geologiche in tutta Europa. I gruppi di esperti sviluppati da EFG coprono la cattura e lo stoccaggio della CO2 nel sottosuolo, la geoeducazione, la geoconservazione dei siti, geotecnica, risorse energetiche e minerali, idrogeologia, rischi naturali e cambiamento climatico, protezione del suolo.

Qual è il ruolo dei geologi nella EFG?

I geologi professionisti contribuiscono allo sviluppo sostenibile, all'uso responsabile delle risorse naturali, alla creazione di ricchezza e all'efficace previsione, prevenzione e mitigazione dei rischi naturali attraverso la cooperazione con altri esperti e un'efficace comunicazione con il pubblico.



Cos'è il titolo di geologo europeo (**EuroGeol**)?

È un titolo professionale assegnato dalla EFG che riconosce la capacità di fornire servizi di alta qualità nell'ambito della pratica della geologia.

Questa certificazione posseduta da un geologo professionista significa che il geologo che lo acquisisce ha raggiunto una formazione accademica adeguata e un livello di esperienza professionale, abilità e competenza per svolgere compiti nell'ambito della propria pratica professionale. Significa anche che il geologo intraprende una formazione continua, dimostrando un impegno personale a mantenersi aggiornato e informato nell'ambito della propria attività professionale.

Come si acquisisce il titolo di geologo europeo (**EuroGeol**)?

Attraverso il CNG e la sua segreteria si può presentare la propria candidatura, vi è una commissione che esamina le candidature e gestisce gli esami in piena autonomia dunque attraverso la struttura e l'istituzione del CNG si può ottenere il titolo da EuroGeol una volta compiuti i passi di cui sopra ed entrare a fare parte di questa rete europea di geologi esperti in vari settori (risorse minerarie, energia, ambiente, infrastrutture, costruzioni, ecc.). Ad oggi sono circa 2.000 i geologi in Europa che posseggono il titolo di EuroGeol.

Che opportunità offre il titolo di **EuroGeol**?

Il titolo viene riconosciuto dalle associazioni geologiche dei paesi e aree geografiche quali USA, Canada, Australia, Russia, Sud Africa, Indonesia, MENA e ovviamente Europa. Uno degli ultimi esami condotti il candidato riferisce: desidero acquisire questo titolo perché sto pianificando di spostarmi in Canada (attualmente lavora in Nigeria) e so che questo titolo è riconosciuto dalla GC e quindi con esso posso professare la geologia in quel paese.

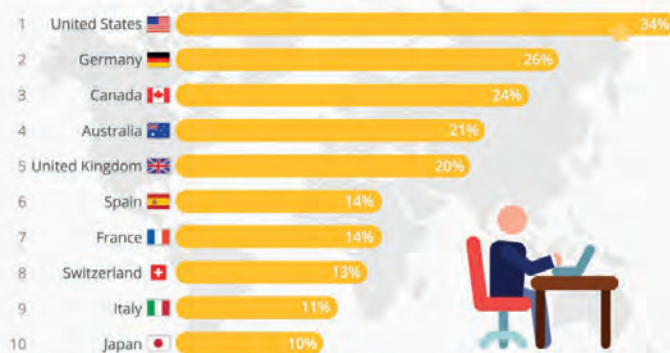
Il titolo è riconosciuto anche come certificazione in ambito minerario da PERC (Pan-European Reserves & Resources Reporting Committee) che è l'organizzazione responsabile della definizione degli standard per la comunicazione pubblica dei risultati dell'esplorazione, delle risorse minerarie e delle riserve minerarie da parte delle società quotate sui mercati europei.

Il titolo da EuroGeol sta diventando una qualifica e richiesta internazionale, lo sviluppo della nostra professione diven-



The Most Attractive Countries For The World's Workers

Share of people willing to move to the following countries for work



n=366,139 employees and job seekers in 197 countries (Jan-Apr 2018)
Sources: Boston Consulting Group, via Business Insider

statista

ta cruciale nell'ambito degli scenari che si stanno deliando ovvero quelli della transizione energetica, del consumo di risorse e della sostenibilità degli interventi. Viviamo in tempi straordinari e di sviluppo per la nostra professione, per la società e per uno sviluppo appunto sostenibile. Siamo al centro delle azioni che possano portare a soddisfare i bisogni del pianeta ed il ruolo del geologo diventa cruciale in questo scenario, si stanno aprendo opportunità di lavoro in ambito minerario, energetico, ambientale, infrastrutturale e di protezione del pianeta dalle calamità naturali.

Settore pubblico e privato richiedono la competenza del geologo, a livello internazionale le occasioni si manifestano progressivamente e con il titolo da EuroGeologo il professionista geologo che si vuole cimentare all'estero sarà dotato di un elemento di differenziazione e di vantaggio. Di seguito si mostra un grafico che indica quali sono i paesi che attraggono più lavoratori per tutte le professioni o lavori in generale e di questi elencati in relazione alla professione di geologo solo il Giappone non riconosce il titolo di EuroGeol.

Mia personale opinione è che con questo titolo il geologo può aumentare le proprie chance di successo professionale oltre confine, la professione del geologo è fondamentale per uno sviluppo sostenibile, sicuramente come geologi dobbiamo essere più multidisciplinari e inclusivi verso le altre professioni, essere contaminati da altri saperi, spingere sulle nostre competenze a servizio di settori quali le energie rinnovabili (geotermia, solare, eolico, idroelettrico), occupare lo spazio professionale che si crea a seguito degli effetti del cambiamento climatico (sia in relazione alla necessità di ritrovare più materie prime sia legato ai servizi derivanti dall'adattamento ai cambiamenti climatici nei riguardi dei territori, aree geografiche, infrastrutture), lavorare più per l'ambiente e le sue necessità (sistemazione di aree, bonifiche, dissesto, ecc.), progettare in tutti i sensi dalla progettazione degli interventi geologici alla progettazione del nostro futuro, dobbiamo essere ambiziosi non timidi. I geologi devono essere considerati in tutte le accezioni possibili quali i "guardiani del pianeta" e fare parte di una rete di geologi europei apre i nostri orizzonti professionali e ci differenziano nel momento in cui si vuole cogliere opportunità professionali oltre confine.

Nel sito del CNG <http://www.cngeologi.it/home-fegefg/> potrete trovare tutte le informazioni e le istruzioni per la compilazione dei documenti necessari per presentare la vostra candidatura ai fini dell'acquisizione del titolo da EuroGeol, in ogni caso per qualsiasi chiarimento e/o informazioni potete rivolgervi alla segreteria del CNG – Giovanni Ingenito.



Ind.A.G.O. s.n.c. - Indagini e Opere Ambientali e Geologiche - V. Balzan, 1 - 45100 - Rovigo - tel.: 042525185
www.indago-rovigo.it

Geofisica senza limiti



MALÅ GeoDrone 80

La soluzione definitiva per
Indagini GPR Low-frequency, airborne



Magdrone
Indagini magnetiche senza limiti



vent'anni di impegno al vostro fianco

DISTRIBUTORE PER L'ITALIA

GUIDELINEGEO
ABEM MALÅ



MIRA HDR

L'array di antenne GPR
con tecnologia HDR per
una risoluzione senza eguali



Presentazione di una nuova metodologia per adattare i coefficienti fisiografici di Kennessey all'ambiente siciliano, negli studi idrogeologici

Presentation of a methodology to adapt Kennessey's physiographic coefficients to the Sicilian environment

| **Parte 2^a**

Giuseppe Maniàci | Idrogeologo - Palermo, Via Degli Emiri, 24 - email: studio.maniaci@libero.it

Termini chiave:

idrogeologia, bilancio idrologico, Kennessey, coefficienti fisiografici, Sicilia, indici di aridità

Keywords:

hydrogeological, hydrogeological water balance, Kennessey, physiographic coefficients, Sicily, aridity indices

Summary

In a first report we showed that Kennessey's physiographic coefficients, adopted by Profs. A.Tardi and S. Vittorini for Tuscany and proposed by Prof. Cusimano for Sicily, are not applicable in this region. The present methodology (Maniàci 2018) is shown which allowed us to calculate the physiographic coefficients for calculating the surface runoff "Cdf" from time to time, based on the aridity index of the geographical area where the hydrogeological basin is located. , very important for running hydrogeological balances. The checks are made in the same basins presented in the first part with the same climatological and cartographic data, from the decade (1975-1984) and the thirty years (1985-2014). The results demonstrate the reliability of the method in which the incoming volumes are balanced with the outgoing ones and with other volumes that are often uncontrollable that escape the calculation and which we insert in the item: "volumes still emungibile". The method adopted can be applied in other southern regions after the appropriate climatic checks and the construction of the graphs of aridity (x)-physiographic coefficients (y) whose straight lines provide those parameters: such as the slope and the intercept that allow to obtain the relative physiographic coefficient for each class of components. We hope that colleagues and researchers from other regions want to experiment with the methodology..

Riassunto

In un primo rapporto abbiamo dimostrato che i coefficienti fisiografici di Kennessey, adottati dai Proff. A.Tardi e S. Vittorini per la Toscana e proposti dal Prof. Cusimano per la Sicilia, non sono applicabili in detta regione. Nella presente viene esposta la metodologia (Maniàci 2018) che ci ha consentito di calcolare volta per volta, in base all'indice di aridità dell'area geografica in cui si trova il bacino idrogeologico, i coefficienti fisiografici per calcolare il deflusso superficiale «Cdf», molto importante per eseguire i bilanci idrogeologici.

Si rifanno le verifiche negli stessi bacini presentati nella prima parte con gli stessi dati climatologici e cartografici, del decennio (1975-1984) e del trentennio (1985-2014). I risultati dimostrano l'attendibilità del metodo in cui vengono bilanciati i volumi in ingresso con quelli in uscita e con altri volumi spesso incontrollabili che sfuggono al calcolo e da noi inseriti nella voce : «volumi ancora emungibili». Il metodo adottato può essere applicato, in altre regioni meridionali dopo la opportune verifiche climatiche e la costruzione dei grafici indici di aridità (x) - coefficienti fisiografici (y) le cui rette forniscono quei parametri: come la pendenza e l'intercetta che consentono di ricavare il relativo coefficiente fisiografico per ciascuna classe delle componenti. Ci auguriamo che colleghi e ricercatori di altre regioni vogliano sperimentare la metodologia.

Premessa

Partendo dalla tabella dei coefficienti fisiografici di B. Kennessey, adottata in Italia da A. Tardi & S. Vittorini in Toscana e da G. Cusimano in Sicilia e memori delle osservazioni dello stesso Kennessey:

«Faccio notare che nella tabella ora presentata metto, i fattori dati nelle relazioni svizzere da Lauterburg, all'ultimo posto in ogni riga, e che, a mio avviso, i valori medi sono i valori più appropriati, e quelli più bassi da considerare solo per i pascoli....» e dei Proff. Tardi & Vittorini:

«...vi sono regioni con indice di aridità molto più basso di quello dell'Orcia (la Puglia, parte della Basilicata, la Sicilia e la Sardegna) per cui i valori dei coefficienti della prima colonna - che già per questo bacino **sembrano al limite della validità** - ci appaiono troppo elevati. Perciò si riterrebbe di dover aggiungere un'altra colonna con valori più bassi, qualora si volesse allargare il metodo Kennessey a tutta la Penisola.», che ritenevano necessaria una quarta colonna a sinistra della tabella con valori più bassi di quelli adottati. In questo lavoro ci siamo proposti di trovare un sistema semplice per completare tale colonna con opportune verifiche sperimentali nei bacini presentati nel lavoro pubblicato nel numero precedente della rivista.

TABELLA KENNESSEY DEI COEFFICIENTI FIOGRAFICI				
DA TARDI & VITTORINI				
Indice di aridità medio annuo	?	la<25	25<la<40	la>40
Componente acclività Ca				
>35%	?	0,22	0,26	0,30
10%-35%	?	0,12	0,16	0,20
3,5%-10%	?	0,01	0,03	0,05
<3,5%	?	0,00	0,01	0,03
Componente permeabilità Cp				
Molto scarsa	?	0,21	0,26	0,30
Mediocre	?	0,12	0,16	0,20
Buona	?	0,06	0,08	0,10
Elevata	?	0,03	0,04	0,05
Componente copertura vegetale Cv				
Roccia nuda	?	0,26	0,28	0,30
Pascolo	?	0,17	0,21	0,25
Terra coltivata, boscata	?	0,07	0,11	0,15
Bosco d'alto fusto	?	0,03	0,04	0,05

Tab.1-Kennessey table of physiographic coefficients
(from Tardi & Vittorini)

È evidente, guardando la tabella Kennessey che per l'inserimento di una quarta colonna, in base ad un **la** minore di quella indicata con **la<25**, era necessario fare una analisi degli indici di aridità per scegliere un intervallo di **la** discendente dalle condizioni locali.

L'analisi statistica degli indici di aridità della Sicilia ci ha indotto a raggruppare la serie dei dati in gruppi secondari compresi nei seguenti intervalli:

5<la<10
10<la<20
20<la<30
30<la<40
40<la<50

Su 236 stazioni del decennio 1975-1984 la **moda**, (l'intervallo con il maggior numero di eventi) con una frequenza relativa di (156/236) e quindi una frequenza assoluta di 156 è del 66,10 % del totale, riguarda l'intervallo **10<la<20**. Il secondo intervallo, (5<la<10) per numero di eventi, raggiunge solo il valore di 53 con il 22,46 % del totale. Molto bassi e poco significativi sono gli intervalli: (20<la<30) con il 10,17 %, (30<la<40) con lo 0,85 % e (40<la<50) con lo 0,42 % del totale.

Tav. 2-Tabella delle frequenze degli indici di aridità del decennio 1975-1984

	Fr. Assoluta	Fr. Relativa	%
la>40	1	1/236	0,42
30<la<40	2	2/236	0,85
20<la<30	24	24/236	10,17
10<la<20	156	156/236	66,10
5<la<10	53	53/236	22,46
TOTALE	236	236/236	100

13,95	MEDIA
(12,85+12,86)/2	MEDIANA
10<la<20	MODA

Tab.2-Table of frequencies of the dryness indices of the decade 1975-1984

Su 321 stazioni del trentennio 1985-2014, invece, la **moda**, con una frequenza relativa di (229/321) e quindi una frequenza assoluta di 229 è del 71,34 % del totale, riguarda l'intervallo 10<la<20. Il secondo intervallo, (5<la<10) per numero di eventi, raggiunge solo il valore di 52 con il 16,20 % del totale. Molto bassi e poco significativi sono gli intervalli: (20<la<30) con il 9,66 % e (30<la<40) con lo 2,80 %, mentre l'intervallo (40<la<50) è assente.

Ciò dimostra che dal nostro decennio 1975-1984, al trentennio 1965-1994 usato da A. Drago e al trentennio 1985-2014, da noi usato, il clima siciliano è andato sempre più inaridendosi.

In particolare, per il trentennio 1985-2014, l'analisi statistica degli indici di aridità della Sicilia ci ha fatto raggruppare la serie dei dati nei seguenti gruppi:

Tav. 3-Tabella delle frequenze degli indici di aridità del trentennio 1985-2014

	Fr. Assoluta	Fr. Relativa	%
30<la<40	9	2/321	2,80
20<la<30	31	24/321	9,66
10<la<20	229	229/321	71,34
5<la<10	52	52/321	16,20
TOTALE	321	321/321	100

14,75	MEDIA
13,34	MEDIANA
10<la<20	MODA

Tab.3-Table of frequencies of the aridity indices of the 1985-2014 thirty-year period

Si imponeva, dunque, una soluzione per introdurre dei coefficienti fisiografici in linea con l'andamento degli indici di aridità. Nell'ambito del territorio siciliano esistono aree in cui le condizioni di aridità non sono compatibili con i valori dei coefficienti proposti dagli autori già citati.

Abbiamo ideato un metodo che, attraverso l'indice di aridità presente nella zona in studio, ci fornisce adeguati coefficienti fisiografici legati alle condizioni ambientali.

Tale metodo è stato sviluppato in tre fasi.

1ª fase o dei rapporti:

Dalla tabella dei coefficienti fisiografici di Kennessey (1920) e Tardi & Vittorini (1977) abbiamo scelto la prima colonna (Ia<25) e come indice di riferimento Ia=25 considerando limite superiore della prima colonna, limite inferiore della seconda colonna e per la Sicilia valore centrale della sequenza, (Ia>25, 25<Ia<40 e Ia>40) perché l'ultimo valore è quasi assente nel decennio 1975-1984 e completamente assente nel trentennio 1985-2014.

In base agli intervalli verificati nell'analisi statistica abbiamo definito le serie degli indici di aridità seguenti:

per l'intervallo 5<Ia<10 la serie 5-6-7-8-9-10;

per l'intervallo 10<Ia<20 la serie 11-12-13-14-15-16-17-18-19-20;

per l'intervallo 20<Ia<30 la serie 21-22-23-24-25-26-27-28-29-30;

per l'intervallo 30<Ia<40 la serie 31-32-33-34-35-36-37-38-39-40.

C. F. DI TARDI E VITTORINI PER Ia<25		
Ca	Cp	Cv
0,22	0,21	0,28
0,12	0,12	0,21
0,01	0,06	0,11
0,00	0,03	0,04

Tav. 4

Posto Ia=25 (valore centrale dei valori di aridità degli autori) abbiamo rapportato le serie precedenti al valore di 25 applicando la formula seguente:

posto

a = coefficiente degli autori;

b = indice di aridità delle serie relative agli intervalli;

c = 25 (indice di aridità di riferimento);

Cf = coefficiente fisiografico

$$Cf = a \cdot b / 25$$

Abbiamo poi scelta la mediana dei valori relativi agli elementi delle serie e per ciascuna componente fisiografica si sono ottenuti i coefficienti fisiografici dei vari intervalli degli indici di aridità.

Le tavole seguenti: 4, 5 e 6 mostrano l'insieme dei calcoli eseguiti, per ciascuna componente, delle varie classi.

Abbiamo poi scelta la mediana dei valori relativi agli elementi delle serie e per ciascuna componente fisiografica si sono ottenuti i coefficienti fisiografici dei vari intervalli degli indici di aridità sintetizzati nella tav. 8.

Dai valori per classe e relativamente alle componenti si andranno a costruire le rette di regressione lineare.

Classe Acclività	>35%	10%-35%	3,5%-10%	3,50%
Intervallo 5 < Ia < 10	0,07	0,04	0,02	0,01
Intervallo 10 < Ia < 20	0,14	0,07	0,04	0,02
Intervallo 20 < Ia < 30	0,22	0,12	0,06	0,03
Intervallo 30 < Ia < 40	0,31	0,17	0,11	0,06

Tav. 5 Tab. 5- calculation of the physiographic coefficients acclivity

Classe Permeabilità	Molto scarsa	Mediocre	Buona	Elevata
Intervallo 5 < Ia < 10	0,06	0,04	0,02	0,01
Intervallo 10 < Ia < 20	0,13	0,07	0,04	0,02
Intervallo 20 < Ia < 30	0,21	0,12	0,06	0,03
Intervallo 30 < Ia < 40	0,30	0,17	0,11	0,06

Tav. 6 Tab. 6 - calculation of the physiographic coefficients permeability

Classe Copertura vegetale	Roccia nuda	Pascolo	Terra coltivata, boscata	Bosco d'alto fusto
Intervallo 5 < Ia < 10	0,08	0,06	0,03	0,01
Intervallo 10 < Ia < 20	0,17	0,13	0,07	0,02
Intervallo 20 < Ia < 30	0,29	0,21	0,11	0,04
Intervallo 30 < Ia < 40	0,40	0,30	0,16	0,06

Tav. 7 Tab. 7-calculation of the physiographic coefficients vegetal coverage

INTERVALLI DEGLI	Ia	5 < Ia < 10	10 < Ia < 20	20 < Ia < 30	30 < Ia < 40
Componente acclività Ca					
>35%		0,07	0,14	0,22	0,31
10%-35%		0,04	0,07	0,12	0,17
3,5%-10%		0,00	0,01	0,01	0,01
3,50%		0,00	0,00	0,00	0,00
Componente permeabilità Cp					
Molto scarsa		0,06	0,13	0,21	0,30
Mediocre		0,04	0,07	0,12	0,17
Buona		0,02	0,04	0,06	0,09
Elevata		0,01	0,02	0,03	0,04
Componente copertura vegetale Cv					
Roccia nuda		0,08	0,17	0,29	0,40
Pascolo		0,06	0,13	0,21	0,30
Terra coltivata, boscata		0,03	0,07	0,11	0,16
Bosco d'alto fusto		0,01	0,02	0,04	0,06

Tav. 8

Tab 8-SUMMARY TABLE

2ª fase o della costruzione delle rette di regressione:

Con i quattro valori dei coefficienti fisiografici relativi alle varie classi delle componenti (Acclività **Ca**), (Permeabilità **Cp**) e (Copertura vegetale **Cv**) abbiamo costruito le rette di regressione con diagrammi in cui in ascisse si hanno i valori degli indici di aridità **Ia** e nelle ordinate i corrispondenti coefficienti fisiografici.

Tali diagrammi consentono di trovare dei coefficienti al di fuori della tabella e quindi legare i bilanci alle reali condizioni climatiche dei particolari ambienti in Sicilia. Da tali diagrammi si ricavano:

- il coefficiente angolare della retta (pendenza)
- l'ordinata di intercetta della retta
- il coefficiente di determinazione R^2 o della bontà di adattamento

Questi elementi ci consentono di trovare per qualsiasi indice di aridità i corrispondenti coefficienti fisiografici utili al calcolo con l'applicazione del metodo Kennessey.

Passiamo ora a mostrare i diagrammi per ciascuna componente e relative classi; su ogni retta di regressione possiamo leggere:

- y = coefficiente fisiografico dipendente da (x)
- x = indice di aridità calcolato
- il coefficiente angolare e il valore dell'intercetta
- R^2 = Coefficiente di regressione o coefficiente di determinazione.

Per calcolare il coefficiente fisiografico si applica la seguente espressione:

$$y = (a \cdot x) + b$$

in cui:

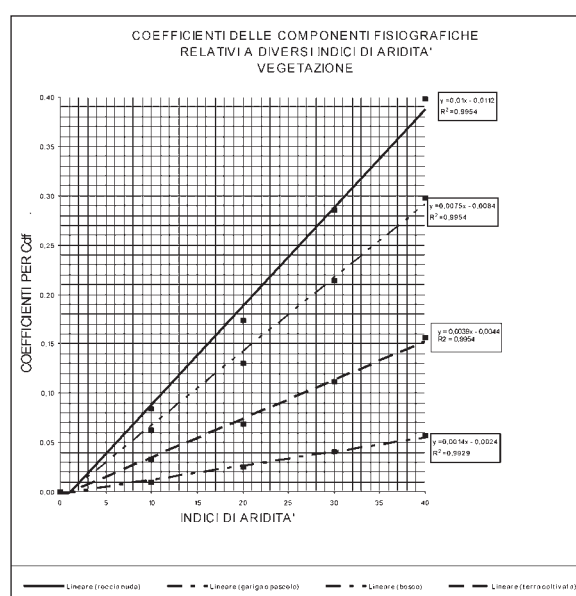
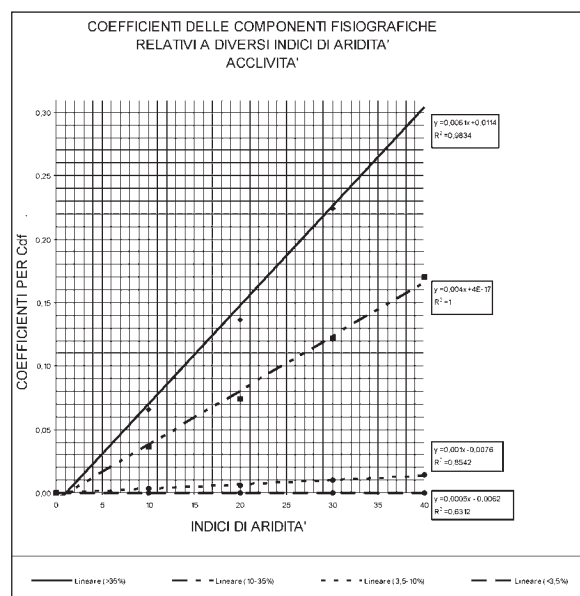
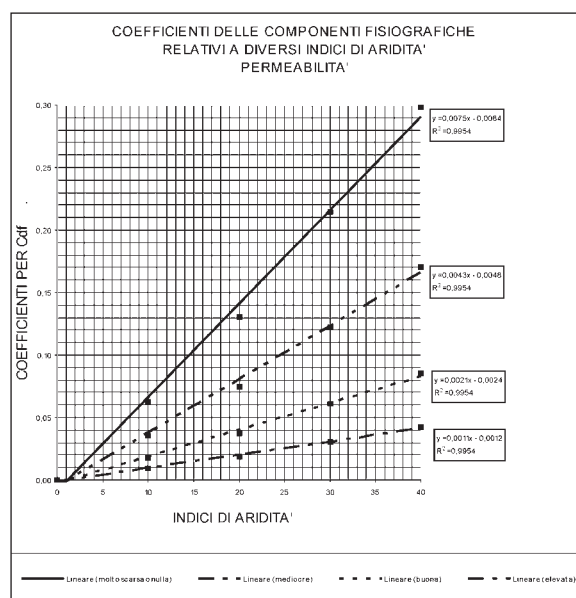
x = indice di aridità calcolato

y = coefficiente fisiografico dipendente da (x)

a = coefficiente angolare

b = intercetta

Il coefficiente di regressione o coefficiente di determinazione R^2 può variare tra 0 e 1 ed esprime la frazione di varianza spiegata dal modello di regressione sul totale della varianza del fenomeno di studio. Per esempio nella classe >35% del diagramma acclività il valore di R^2 pari a 0.8934, indica che il modello di regressione utilizzato spiega più del 89% della variabilità complessiva di y.



3ª fase o del calcolo dei coefficienti fisiografici dal locale indice di aridità:

La costruzione delle tabelle delle componenti fisiografiche e delle relative classi ci è servita per costruire le rette di regressione lineare e conoscerne le caratteristiche, attraverso le quali possiamo calcolare i coefficienti volta per volta partendo dal valore dell'indice di aridità calcolato dell'area o del bacino in studio.

Tale metodologia, pur conservando l'impostazione di Kennessey e di Tardi & Vittorini, si sgancia dai valori fissi delle tabelle degli autori citati e si lega alle condizioni climatiche dell'ambiente in cui è sita l'area di ricerca. Per ogni componente fisiografica (Ca, Cp, Cv) dai diagrammi si ricavano le seguenti informazioni che ci consentono, applicando la formula più sotto evidenziata, di calcolare tutti i coefficienti fisiografici classe per classe e componente per componente.

RETTE	1ª CLASSE	2ª CLASSE	3ª CLASSE	4ª CLASSE
Pendenza (a)	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄
Intercetta (b)	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄
Coefficiente di regressione (R ²)	R ² ₁	R ² ₂	R ² ₃	R ² ₄

x=indice di aridità calcolato

y=coefficiente fisiografico dipendente da (x)

R²=coefficiente di regressione o coefficiente di determinazione o della bontà di adattamento

Tav. 9

$$y=(x \cdot a)+b$$

Tab. 9-Table and formula to calculate all the physiographic coefficients class by class and component by component

Nella seguente tabella sono evidenziate tutte le caratteristiche delle rette di regressione utili per il calcolo dei coefficienti fisiografici.

COMPONENTE ACCLIVITA' Ca	> 35%	10-35%	3,5-10%	<3,5%
Pendenza (a)	0,0061	0,004	0,001	0,0005
Intercetta (b)	0,0114	4E-17	0,0076	0,0062
Coefficiente di regressione (R ²)	0,9834	1	0,8542	0,6312
COMPONENTE PERMEABILITA' Cp	molto scarsa o nulla	mediocre	buona	elevata
Pendenza (a)	0,0075	0,0043	0,0021	0,0011
Intercetta (b)	-0,0084	-0,0048	-0,0024	-0,0012
Coefficiente di regressione (R ²)	0,9954	0,9954	0,9954	0,9954
COMPONENTE COPERTURA VEGETALE Cv	roccia nuda	gariga o pascolo	terra coltivata	bosco
Pendenza (a)	0,01	0,0075	0,0039	0,0014
Intercetta (b)	-0,0112	-0,0084	-0,0044	-0,0024
Coefficiente di regressione (R ²)	0,9954	0,9954	0,9954	0,9929

Tav. 10

Tab. 10 - All the characteristics of the regression lines

Verifiche con i dati pluviometrici e termometrici del decennio 1975-1984 e del trentennio 1985-2014 con la nuova metodologia - (G. Maniàci 2018).

Dopo avere esposto il metodo (G. Maniàci 2018) per adattare all'ambiente siciliano i coefficienti delle componenti fisiografiche di B. Kennessey, dei Proff. A. Tardi & S. Vittorini utilizzati dal Prof. G. Cusimano per la Sicilia senza alcun aggiustamento, e avere constatato che addirittura quasi tutti i bacini, oggetto delle presenti verifiche, non avrebbero contenuto una falda con i coefficienti non adattati

(v. Parte 1a) malgrado gli emungimenti in atto i cui valori controllati per decine di anni testimoniassero il contrario, ci accingiamo ora a rifare le verifiche con la nuova metodologia esposta nei paragrafi precedenti utilizzando i dati termo-pluviometrici del decennio 1975-1984 e quelli del trentennio 1985-2014.

I bacini sperimentali, naturalmente, sono gli stessi e di quelli sui quali abbiamo fatto le verifiche nella prima comunicazione pubblicata nel fascicolo precedente.

I bacini e le aree sono i seguenti:

A - GRUPPO MONTI DI PALERMO

A1-Monti a sud-est di Partinico (PA)

1 - Bacino Passarello

2 - Bacino S. Caterina

3 - Bacino Fosso Sardo

A2 - Monti a sud di Monrera (PA)

1 - Bacino di C.zo Aglisotto

2 - Bacino di Rocca dell'Aquila

A3 - Monti a sud di Carini (PA)

1 - Bacino Dammuso

2 - Bacino di M. Calcerame

B - MONTI DELLE MADONIE GRUPPO A

OVEST DI GERACI SICULO (PA)

1 - Argentiera-Catarineci

C - COLLINE A SUD DI NARO (AG)

1 - Bacino Robbadao-Diesi

Verranno allegati per ciascun bacino:

- Scheda del bilancio idrogeologico comprendente:

- Dati pluviometrici e termometrici relativi alle aree di influenza dove si sviluppano i bacini;
- Calcolo dell'Indice di aridità (Ia);
- Calcolo dei coefficienti fisiografici
- Calcolo dei coefficienti di deflusso (Cdf);
- Bilancio idrogeologico.

Alla fine si allegheranno le Schede complete e sintetiche dei bilanci dei bacini studiati.

A1-Monti a sud-est di Partinico (PA)		
BILANCIO IDROGEOLOGICO COL METODO KENNESSEY - COEFFICIENTI NUOVA METODOLOGIA (MANIACI - 2018)		

STAZIONI TERMO-PLUVIOMETRICHE CHE INFLUENZANO IL BACINO PASSARELLO A SUD DI PARTINICO (PA): STAZ. PLUVIO. PARTINICO-ROMITELLO, STAZ. TERMO. PARTINICO		
DATI: 1975-1984		

P	836,90		precipitazione annua		
T	17,34		temperatura media annua		
p	4,67		precipitazione del mese più arido		
t	25,58		temperatura del mese più arido		
la	16,40		indice di aridità medio annuo		
classi e coefficienti fisiografici		sup.iperfici in km ²	sup. bacino in km ²	componenti fisiografiche	
attività	>35%	0,11	2,850		
	10%-35%	0,07	2,290		
	3,5%-10%	0,02	0,050		
	0%-3,5%	0,01	0,000	5,190	Ca= 0,0904
permeabilità	scarsa o nulla	0,11	2,640		
	mediocre	0,07	0,130		
	buona	0,03	0,000		
	elevata	0,02	2,420	5,190	Cp= 0,0678
copertura vegetale	roccia nuda	0,15	0,250		
	gariga, prateria e pascolo	0,11	2,710		
	terra coltivata	0,06	2,230		
	bosco				
	d'alto fusto	0,02	0,000	5,190	Cv= 0,0928
			Ca+Cp+Cv =	0,2510	
B I L A N C I O	496,10		dfs (mm) medio annuo mm/mq		
	0,2510		Cdf - Coefficiente di deluffo med. an.		
	210,04		Dfs (mm) medio annuo mm/mq		
	130,76		(le) infiltrazione efficace mm/mq		
	21,52		portata teorica della falda l/sec		
	68,46		portata teorica della falda nei tre bacini contigui in l/sec		
	71,50		emungimenti o emergenze nel decennio 1975-1984 nei tre bacini contigui in l/sec		

Tav. 11 Tab. 11-Hydrogeological balance data for the

STAZIONI TERMO-PLUVIOMETRICHE CHE INFLUENZANO IL BACINO PASSARELLO A SUD DI PARTINICO (PA): STAZ. PLUVIO. PARTINICO-ROMITELLO, STAZ. TERMO. PARTINICO		
DATI: 1985-2014		

P	801,20		precipitazione annua		
T	18,59		temperatura media annua		
p	8,70		precipitazione del mese più arido		
t	26,70		temperatura del mese più arido		
la	15,97		indice di aridità medio annuo		
classi e coefficienti fisiografici		superficie in km ²	sup. bacino in km ²	componenti fisiografici	
attività	accività	>35%	0,11	2,850	
		10%-35%	0,06	2,290	
		3,5%-10%	0,02	0,050	
		0%-3,5%	0,01	0,000	5,190 Ca= 0,0881
permeabilità		scarsa o nulla	0,11	2,640	
		mediocre	0,06	0,130	
		buona	0,03	0,000	
		elevata	0,02	2,420	5,190 Cp= 0,0659
copertura vegetale		roccia nuda	0,15	0,250	
		gariga, prateria e pascolo	0,11	2,710	
		terra coltivata	0,06	2,230	
		bosco			
		d'alto fusto	0,02	0,000	5,190 Cv= 0,0902
			Ca+Cp+Cv=	0,2442	
B I L A N C I O			Evapotraspirazione reale Turc- Santoro (mm/mq)		
	507,20		Cdf - Coefficiente di deluffo med. an.		
	0,2442		Dfs (mm) medio annuo mm/mq		
	195,63		(le) infiltrazione efficace mm/mq		
	98,36		portata teorica della falda in l/sec		
	16,19		portata teorica della falda nei tre bacini contigui in l/sec		
	53,16				
	59,00		emungimenti o emergenze nel periodo nei tre bacini contigui in l/sec		

Tav.12 Tab. 12-Hydrogeological balance data for the period 1985-2014

A1-Monti a sud-est di Partinico (PA)		
BILANCIO IDROGEOLOGICO COL METODO KENNESSEY - COEFFICIENTI NUOVA METODOLOGIA (MANIACI - 2018)		

STAZIONI TERMO-PLUVIOMETRICHE CHE INFLUENZANO IL BACINO S. CATERINA A SUD DI PARTINICO (PA): STAZ. PLUVIO. PARTINICO-ROMITELLO, STAZ. TERMO. PARTINICO		
DATI: 1975-1984		

P	836,90		precipitazione annua		
T	17,34		temperatura media annua		
p	4,67		precipitazione del mese più arido		
t	25,58		temperatura del mese più arido		
la	16,40		Indice di aridità medio annuo		
classi e coefficienti fisiografici		superficiali in km ²	sup. bacino in km ²	componenti fisiografiche	
attività	>35%	0,11	3,620		
	10%-35%	0,07	1,940		
	3,5%-10%	0,02	0,160		
	0%-3,5%	0,01	0,000	5,720	Ca= 0,0935
permeabilità	scarsa o nulla	0,11	3,550		
	mediocre	0,07	0,700		
	buona	0,03	0,000		
	elevata	0,02	1,470	5,720	Cp= 0,0835
copertura vegetale	roccia nuda	0,15	0,270		
	gariga, prateria e pascolo	0,11	1,300		
	terra coltivata	0,06	3,270		
	bosco				
	d'alto fusto	0,02	0,880	5,720	Cv= 0,0705
			Ca+Cp+Cv =		0,2474
B I L A N C I O	496,10		Evapotraspirazione reale Turc- Santoro (mm/mq)		
	0,2474		Cdf - Coefficiente di deluffo med. an.		
	207,08		Dfs (mm) medio annuo mm/mq		
	133,72		(le) infiltrazione efficace mm/mq		
	24,25		portata teorica della falda l/sec		
	68,46		portata teorica della falda nei tre bacini contigui in l/sec		
	71,50		emungimenti o emergenze nel decennio 1975-1984 nei tre bacini contigui in l/sec		

Tav. 13 Tab. 13-Hydrogeological balance data for the period 1975-1984

STAZIONI TERMO-PLUVIOMETRICHE CHE INFLUENZANO IL BACINO S. CATERINA A SUD DI PARTINICO (PA): STAZ. PLUVIO. PARTINICO-ROMITELLO, STAZ. TERMO. PARTINICO		
DATI: 1985-2014		

P	801,20		precipitazione annua		
T	18,59		temperatura media annua		
p	8,70		precipitazione del mese più arido		
t	26,70		temperatura del mese più arido		
la	15,97		Indice di aridità medio annuo		
classi e coefficienti fisiografici		superfici in km ²	sup. bacino in km ²	componenti fisiografiche	
attività	>35%	0,11	3,620		
	10%-35%	0,06	1,940		
	3,5%-10%	0,02	0,160		
	0%-3,5%	0,01	0,000	5,720	Ca= 0,0912
permeabilità	scarsa o nulla	0,11	3,550		
	mediocre	0,06	0,700		
	buona	0,03	0,000		
	elevata	0,02	1,470	5,720	Cp= 0,0811
copertura vegetale	roccia nuda	0,15	0,270		
	gariga, prateria e pascolo	0,11	1,300		
	terra coltivata	0,06	3,270		
	bosco				
	d'alto fusto	0,02	0,880	5,720	Cv= 0,0685
			Ca+Cp+Cv =	0,2408	
BILANCIO	507,20		Evapotraspirazione reale Turc- Santoro (mm/mg)		
	0,2408		Cdf - Coefficiente di deluffo med. an.		
	192,90		Dfs (mm) medio annuo mm/mg		
	101,10		(le) infiltrazione efficace mm/mq		
	18,34		portata teorica della falda in l/sec		
	53,16		portata teorica della falda nei tre bacini contigui in l/sec		
	59,00		emungimenti o emergenze in atto nei tre		

Tav.14 Tab. 14-Hydrogeological balance data for the period 1985-2014

A1-Monti a sud-est di Partinico (PA)				
BILANCIO IDROGEOLOGICO COL METODO KENNESSEY - COEFFICIENTI NUOVA METODOLOGIA (MANIACI - 2018)				
STAZIONI TERMO-PLUVIOMETRICHE CHE INFLUENZANO IL BACINO FOSSO SARDO A SUD DI PARTINICO (PA): STAZ. PLUVIO. PARTINICO-ROMITELLO, STAZ. TERMO. PARTINICO - DATI: 1975-1984				
P	836,90	precipitazione annua		
T	17,34	temperatura media annua		
p	4,67	precipitazione del mese più arido		
t	25,58	temperatura del mese più arido		
la	16,40	Indice di aridità medio annuo		
classi e coefficienti fisiografici		sup. superficie in km ²	sup. bacino in km ²	componenti fisiografiche
attività	>35%	0,11	1,940	
	10%-35%	0,07	2,260	
	3,5%-10%	0,02	0,010	
	0%-3,5%	0,01	0,000	Ca= 0,0866
permeabilità	scarsa o nulla	0,11	2,050	
	mediocre	0,07	0,000	
	buona	0,03	0,030	
	elevata	0,02	2,130	Cp= 0,0646
copertura vegetale	roccia nuda	0,15	0,540	
	gariga, prateria e pascolo	0,11	0,690	
	terra coltivata	0,06	0,000	
	bosco d'alto fusto	0,02	2,980	
			4,210	Cv= 0,0529
				Ca+Cp+Cv = 0,2041
BILANCIO	496,10	Evapotraspirazione reale Turc- Santoro (mm/mq)		
	0,2041	Cdf - Coefficiente di deluffo med. an.		
	170,84	Dfs (mm) medio annuo mm/mq		
	169,96	(le) infiltrazione efficace mm/mq		
	22,69	portata teorica della falda l/sec		
	68,46	portata teorica della falda nei tre bacini contigui in l/sec		
	71,50	emungimenti o emergenze nel decennio 1975-1984 nei tre bacini contigui in l/sec		

Tav. 15 Tab. 15-Hydrogeological balance data for the period 1975-1984

STAZIONI TERMO-PLUVIOMETRICHE CHE INFLUENZANO IL BACINO FOSSO SARDO A SUD DI PARTINICO (PA): STAZ. PLUVIO. PARTINICO-ROMITELLO, STAZ. TERMO. PARTINICO - DATI: 1985-2014				
P	801,20	precipitazione annua		
T	18,59	temperatura media annua		
p	8,70	precipitazione del mese più arido		
t	26,70	temperatura del mese più arido		
la	15,97	Indice di aridità medio annuo		
classi e coefficienti fisiografici		sup. superficie in km ²	sup. bacino in km ²	componenti fisiografiche
attività	>35%	0,11	1,940	
	10%-35%	0,06	2,260	
	3,5%-10%	0,02	0,010	
	0%-3,5%	0,01	0,000	Ca= 0,0845
permeabilità	scarsa o nulla	0,11	2,050	
	mediocre	0,06	0,000	
	buona	0,03	0,030	
	elevata	0,02	2,130	Cp= 0,0627
copertura vegetale	roccia nuda	0,15	0,540	
	gariga, prateria e pascolo	0,11	0,690	
	terra coltivata	0,06	0,000	
	bosco d'alto fusto	0,02	2,980	
			4,210	Cv= 0,0514
				Ca+Cp+Cv = 0,1986
BILANCIO	507,20	Evapotraspirazione reale Turc- Santoro (mm/mq)		
	0,1986	Cdf - Coefficiente di deluffo med. an.		
	159,12	Dfs (mm) medio annuo mm/mq		
	134,87	(le) infiltrazione efficace mm/mq		
	18,01	portata teorica della falda in l/sec		
	53,16	portata teorica della falda nei tre bacini contigui in l/sec		
	59,00	emungimenti o emergenze in atto nei tre bacini contigui in l/sec		

Tav. 16 Tab. 16-Hydrogeological balance data for the period 1985-2014

Nella prima comunicazione avevamo precisato che:

«1 - Il modello idrogeologico scelto è coerente con le risultanze dei rilievi geologici e idrogeologici.

La definizione del bacino di alimentazione, molto articolato nelle sue parti e nella sua estensione sia in affioramento che sotto la copertura argillitica del Flysch Numidico, dislocato in varie zolle prismatiche tra loro in contatto e collegate idraulicamente, è l'unico possibile nell'area in studio. Esso è costituito dalle Brecce dolomitiche e Calcari dolomitici Triassici delle formazioni Fanusi e Mirabella caratterizzate da una elevata permeabilità per fessurazione e carsismo. Nello stesso si è adunata da sempre l'acqua di infiltrazione da precipitazione con volumi variabili nel tempo in relazione alle variazioni delle condizioni climatiche caratteristiche della zona in studio.

Tale bacino una volta aveva la sua emergenza naturale in due grosse sorgenti (Lago e Canneto) con una portata complessiva di circa 115 l/sec (v. Libro delle Sorgenti Siciliane del 1929) e una piezometrica che in uscita alla Sorgente Lago era a quota di +182 mt s.l.m.. Dopo la trivellazione dei pozzi Lago 1 e Lago 2 e il conseguente emungimento della falda (intorno ai 100 l/sec), il livello statico della sorgente si è gradualmente abbassato fino al punto da non più emergere. Il successivo sfruttamento anche dal pozzo Ramo 1 portava ad un ulteriore abbassamento della piezometrica col risultato di rendere non più produttivo il pozzo Lago 1 a far data del Luglio 2005. Ciò significa che i pozzi Lago 1 e 2, Ramo 1 e quelli di recente trivellazione da noi denominati Cesarò 1 e Cesarò 2 attingono tutti alla stessa falda e attraverso gli stessi sono stati operati degli emungimenti troppo gravosi per il mantenimento dell'equilibrio idraulico tra apporti e uscite nel bacino.»

Il bilancio idrogeologico eseguito con la nuova metodologia, considerando il deflusso superficiale normalmente in uscita dai bacini idrografici insistenti sui bacini idrogeologici, la portata teorica della falda di 68,46 l/sec risulta molto prossima agli emungimenti di 71,50 l/sec per il decennio 1975-1984 e di 52,16 l/sec in confronto con i 59 l/sec del trentennio 1985- 2014 e attuali. Il sovrasfruttamento della falda, operato nei decenni precedenti e attuale, con sicuro attingimento alle riserve idriche, oggi non si è ancora stabilizzato su valori di sicurezza indicati dopo la nostra segnalazione alla A.P.S. (ex gestore della risorsa idrica) eliminando il rischio di depauperamento della falda. Dai bilanci eseguiti con i coefficienti fisiografici adattati alla Sicilia (Maniàci 2018) si evince che le portate delle falde, in base ai dati climatici del decennio 1975-1984, sono vicine ai valori dello sfruttamento in quel periodo, anche se eccessivo per la sicurezza delle falde, anche in base ai dati climatici del trentennio 1985-2014 i risultati, anche se eccessivi, si mantengono pure prossimi ai valori degli emungimenti. Si fa notare però che le potenzialità delle falde nei tre bacini contigui si sono progressivamente abbassate per la

diminuzione degli apporti dovuti al progressivo inaridimento del clima.

A2 - Monti a sud di Monrera (PA)				
BILANCIO IDROGEOLOGICO COL METODO KENNESSEY - COEFFICIENTI NUOVA METODOLOGIA (MANIACI - 2018)				
STAZIONI TERMO-PLUVIOMETRICHE CHE INFLUENZANO IL BACINO AGLISOTTO A SUD DI MONREALE (PA): STAZ. PLUVIO. PIOPPA, STAZ. TERMO. MONREALE DATI: 1975-1984				
P	1.168,72	precipitazione annua		
T	15,70	temperatura media annua		
p	3,76	precipitazione del mese più arido		
t	24,04	temperatura del mese più arido		
la	23,67	Indice di aridità medio annuo		
classi e coefficienti fisiografici		superfici in km ²	sup. bacino in km ²	componenti fisiografiche
acclività	>35%	0,16	0,438	
	10%-35%	0,09	1,500	
	3,5%-10%	0,03	0,375	
	0%-3,5%	0,02	0,000	2,313 Ca= 0,0960
permeabilità	scarsa o nulla	0,17	1,000	
	mediocre	0,10	0,000	
	buona	0,05	0,000	
	elevata	0,02	1,313	2,313 Cp= 0,0872
copertura vegetale	roccia nuda	0,23	0,250	
	gariga, prateria e pascolo	0,17	0,125	
	terra coltivata	0,09	0,750	
	bosco d'alto fusto	0,03	1,188	2,313 Cv= 0,0778
				Ca+Cp+Cv = 0,2610
BILANCIO	509,17	Evapotraspirazione reale Turc- Santoro (mm/mq)		
	0,2610	Cdf - Coefficiente di deluffo med. an.		
	305,06	Dfs (mm) medio annuo mm/mq		
	354,48	(le) infiltrazione efficace mm/mq		
	26,00	portata teorica falda l/sec		
	13,00	emungimenti o emergenze in atto in l/sec		
	13,00	volumi ancora emungibili in l/sec		

Tav. 17 Tab. 17-Hydrogeological balance data for the period 1975-1984

STAZIONI TERMO-PLUVIOMETRICHE CHE INFLUENZANO IL BACINO AGLISOTTO A SUD DI MONREALE (PA): STAZ. PLUVIO. PIOPPA, STAZ. TERMO. MONREALE DATI: 1985-2014				
P	936,90	precipitazione annua		
T	18,70	temperatura media annua		
p	3,76	precipitazione del mese più arido		
t	24,04	temperatura del mese più arido		
la	17,26	Indice di aridità medio annuo		
classi e coefficienti fisiografici		superfici in km ²	sup. bacino in km ²	componenti fisiografiche
acclività	>35%	0,12	0,438	
	10%-35%	0,07	1,500	
	3,5%-10%	0,02	0,375	
	0%-3,5%	0,01	0,000	2,313 Ca= 0,0709
permeabilità	scarsa o nulla	0,12	1,000	
	mediocre	0,07	0,000	
	buona	0,03	0,000	
	elevata	0,02	1,313	2,313 Cp= 0,0624
copertura vegetale	roccia nuda	0,16	0,250	
	gariga, prateria e pascolo	0,12	0,125	
	terra coltivata	0,06	0,750	
	bosco d'alto fusto	0,02	1,188	2,313 Cv= 0,0556
				Ca+Cp+Cv = 0,1889
BILANCIO	528,49	Evapotraspirazione reale Turc- Santoro (mm/mq)		
	0,1889	Cdf - Coefficiente di deluffo med. an.		
	176,98	Dfs (mm) medio annuo mm/mq		
	231,43	(le) infiltrazione efficace mm/mq		
	16,97	portata teorica falda l/sec		
	11,00	emungimenti o emergenze in atto in l/sec		
	5,97	volumi ancora emungibili in l/sec		

Tav.18 Tab. 18-Hydrogeological balance data for the three-year period 1985-2014

A2 - Monti a sud di Monrera (PA)				
BILANCIO IDROGEOLOGICO COL METODO KENNESSEY - COEFFICIENTI NUOVA METODOLOGIA (MANIACI - 2018)				
STAZIONI TERMO-PLUVIOMETRICHE CHE INFLUENZANO IL BACINO ROCCA DELL'AQUILA A SUD DI MONREALE (PA): STAZ. PLUVIO. PIOPPA, STAZ. TERMO. MONREALE DATI: 1975-1984				
P	1.168,72	precipitazione annua		
T	15,70	temperatura media annua		
p	3,76	precipitazione del mese più arido		
t	24,04	temperatura del mese più arido		
la	23,67	Indice di aridità medio annuo		
classi e coefficienti fisiografici		superfici in km ²	sup. bacino in km ²	componenti fisiografiche
acclività	>35%	0,16	0,791	
	10%-35%	0,09	0,387	
	3,5%-10%	0,03	0,122	
	0%-3,5%	0,02	0,000	1,300 Ca= 0,1259
permeabilità	scarsa o nulla	0,17	0,297	
	mediocre	0,10	0,000	
	buona	0,05	0,147	
	elevata	0,02	0,856	1,300 Cp= 0,0603
copertura vegetale	roccia nuda	0,23	0,774	
	gariga, prateria e pascolo	0,17	0,108	
	terra coltivata	0,09	0,154	
	bosco d'alto fusto	0,03	0,264	1,300 Cv= 0,1650
				Ca+Cp+Cv = 0,3513
BILANCIO	509,17	Evapotraspirazione reale Turc- Santoro (mm/mq)		
	0,3513	Cdf - Coefficiente di deluffo med. an.		
	410,52	Dfs (mm) medio annuo mm/mq		
	249,03	(le) infiltrazione efficace mm/mq		
	10,27	portata teorica falda l/sec		
	9,00	emungimenti o emergenze in atto in l/sec		
	1,27	volumi ancora emungibili in l/sec		

Tav. 19 Tab. 19-Hydrogeological balance data for the period 1975-1984

STAZIONI TERMO-PLUVIOMETRICHE CHE INFLUENZANO IL BACINO ROCCA DELL'AQUILA A SUD DI MONREALE (PA): STAZ. PLUVIO. PIOPPA, STAZ. TERMO. MONREALE DATI: 1985-2014				
P	936,90	precipitazione annua		
T	18,70	temperatura media annua		
p	3,76	precipitazione del mese più arido		
t	24,04	temperatura del mese più arido		
la	17,26	Indice di aridità medio annuo		
classi e coefficienti fisiografici		superfici in km ²	sup. bacino in km ²	componenti fisiografiche
acclività	>35%	0,12	0,791	
	10%-35%	0,07	0,387	
	3,5%-10%	0,02	0,122	
	0%-3,5%	0,01	0,000	1,300 Ca= 0,0939
permeabilità	scarsa o nulla	0,12	0,297	
	mediocre	0,07	0,000	
	buona	0,03	0,147	
	elevata	0,02	0,856	1,300 Cp= 0,0432
copertura vegetale	roccia nuda	0,16	0,774	
	gariga, prateria e pascolo	0,12	0,108	
	terra coltivata	0,06	0,154	
	bosco d'alto fusto	0,02	0,264	1,300 Cv= 0,1180
				Ca+Cp+Cv = 0,2551
BILANCIO	528,49	Evapotraspirazione reale Turc- Santoro (mm/mq)		
	0,2551	Cdf - Coefficiente di deluffo med. an.		
	239,02	Dfs (mm) medio annuo mm/mq		
	169,40	(le) infiltrazione efficace mm/mq		
	6,98	portata teorica falda l/sec		
	6,00	emungimenti o emergenze in atto in l/sec		
	0,98	volumi ancora emungibili in l/sec		

Tav.20 Tab. 20-Hydrogeological balance data for the period 1985-2014

Per meglio valutare le riserve idriche è stato indispensabile determinare l'entità degli emungimenti in atto all'interno dei bacini. Sono stati rilevati per questo scopo tutti i punti di emungimento da pozzi e da sorgenti ancora attive nelle zone in studio. Oltre alle misure storicamente note, sono stati utilizzati tutti i dati che ci è stato possibile reperire presso enti pubblici e privati. Le portate e le caratteristiche principali dei vari punti acqua dei bacini, messe in relazione ai valori di portata media annuale del bacino alimentatore, hanno sostanzialmente confermato, pur se con piccoli aggiustamenti sulle ipotesi iniziali, la giustezza delle scelte fatte nella costruzione del modello idrogeologico, di verificare eventuali interdipendenze con bacini vicini, possibili perdite a favore di acquiferi laterali, le maggiori linee di drenaggio e di scorrimento sotterraneo e, in ultimo, la conferma degli elementi tettonici già ipotizzati durante lo studio geologico. Lo stato di fatto, che riflette l'andamento più che decennale, è sintetizzato nelle seguenti tabelle, già allegate nella prima parte.

SORGENTI E POZZI NEL BACINO AGLISOTTO Decennio 1975-1984	portata in l/sec	utilizzo in l/sec
Sorgente Catusello	3,50	3,50
Pozzo Portella Mannino	10,00	3,00
Pozzo Condominio Irriguo Renda	4,00	3,50
Pozzo Porpora Gaspare	1,50	non utilizzato
Pozzo Villafranca	4,00	3,00
TOTALE BACINO "AGLISOTTO"	23,00	13,00

Tav. 21

Tab.21-Springs and wells in the Aglisotto Basin (decade 1975-1984)

SORGENTI E POZZI NEL BACINO ROCCA DELL'AQUILA valori attuali	portata in l/sec	utilizzo in l/sec
Scorsone o Barone	scomparsa	
Maio-D'Alcamo	2,00	1,00
Barone Pezzenti	8,00	5,00
Catena o Pezzenti	scomparsa	
Gruppo Lo Presti-Pezzeenti 1	1,10	1,10
Gruppo Lo Presti-Pezzeenti 1	scomparsa	
Lo Presti-Pezzeenti 2	scomparsa	
ex Caserma dei Carabinieri	scomparsa	
TOTALE BACINO "AQUILA"	11,10	7,10

Tav. 22

Tab.22-Springs and wells in the Rocca dell'Aquila basin (current values)

Dal confronto con i dati dei bilanci (quello del bacino Agli-sotto con quello di Rocca dell'Aquila, eseguiti con i coefficienti fisiografici con la metodologia proposta (Maniàci 2018), sia per il decennio che per il trentennio di dati termo-pluviometri usati, si nota come i risultati sono coerenti e congruenti con le condizioni reali. Si ritiene che la diminuzione delle portate nel trentennio sono da attribuire al progressivo inaridimento del clima.

BILANCIO IDROGEOLOGICO COL METODO KENNESSEY - COEFFICIENTI NUOVA METODOLOGIA (MANIACI - 2018)					
A3 - Monti a sud di Carini (PA)					
STAZIONI TERMO-PLUVIOMETRICHE CHE INFLUENZANO IL BACINO DAMMUSO CARINI (PA):					
STAZ. PLUVIO. MEDIA CINISI-S. MARTINO DELLE SCALE					
STAZ. TERMO. MEDIA ISOLA DELLE FEMMINE-PARTINICO- MONREALE - DATI: 1975-1984					
P	892,30	precipitazione annua			
T	17,31	temperatura media annua			
p	4,04	precipitazione del mese più arido			
t	25,11	temperatura del mese più arido			
la	17,30	Indice di aridità medio annuo			
classi e coefficienti fisiografici		superfici in km ²	sup. bacino in km ²	componenti fisiografiche	
accivita	>35%	0,12	5,810		
	10%-35%	0,07	5,400		
	3,5%-10%	0,02	8,460		
	0%-3,5%	0,01	6,560	26,230	Ca= 0,0519
permeabilità	scarsa o nulla	0,12	6,290		
	mediocre	0,07	0,180		
	buona	0,03	2,530		
	elevata	0,02	17,230	26,230	Cp= 0,0446
copertura vegetale	roccia nuda	0,16	0,420		
	gariga, prateria e pascolo	0,12	6,400		
	terra coltivata	0,06	15,610		
	bosco d'alto fusto	0,02	3,800	26,230	Cv= 0,0729
			Ca+Cp+Cv =		0,1694
B I L A N C I O	504,82	Evapotraspirazione reale			
	0,1694	Turc- Santoro (mm/mq)			
	151,15	Cdf - Coefficiente di deflusso med. an.			
	236,33	Dfs (mm) medio annuo mm/mq			
	196,56	(le) infiltrazione efficace mm/mq			
	185,00	portata teorica falda l/sec			
	11,56	emungimenti o emergenze in atto in l/sec			
		volumi ancora emungibili in l/sec			

Tav. 23

Tab. 23-Hydrogeological balance data for the period 1975-1984

STAZIONI TERMO-PLUVIOMETRICHE CHE INFLUENZANO IL BACINO DAMMUOSO CARINI (PA):					
STAZ. PLUVIO. MEDIA CINISI-S. MARTINO DELLE SCALE					
STAZ. TERMO. MEDIA ISOLA DELLE FEMMINE-PARTINICO-					
MONREALE - DATI: 1985-2014					
P	985,51	precipitazione annua			
T	19,80	temperatura media annua			
p	7,00	precipitazione del mese più arido			
t	18,40	temperatura del mese più arido			
la	18,82	Indice di aridità medio annuo			
classi e coefficienti fisiografici		superfici in km ²	sup. bacino in km ²	componenti fisiografiche	
attività	>35%	0,13	5,810		
	10%-35%	0,08	5,400		
	3,5%-10%	0,03	8,460		
	0%-3,5%	0,02	6,560	26,230	Ca= 0,0559
	scarsa o nulla	0,13	6,290		
permeabilità	mediocre	0,08	0,180		
	buona	0,04	2,530		
	elevata	0,02	17,230	26,230	Cp= 0,0487
	roccia nuda	0,18	0,420		
copertura vegetale	gariga, prateria e pascolo	0,13	6,400		
	terra coltivata	0,07	15,610		
	bosco				
	d'alto fusto	0,02	3,800		
				26,230	Cv= 0,0797
				Ca+Cp+Cv = 0,1843	
BILANCIO	558,77	Evapotraspirazione reale			
	0,1843	Turc- Santoro (mm/mq)			
	181,68	Cdf - Coefficiente di deflusso med. an.			
	245,06	Dfs (mm) medio annuo mm/mq			
	203,83	(le) infiltrazione efficace mm/mq			
	185,00	portata teorica falda l/sec			
	18,83	emungimenti o emergenze in atto in l/sec			
		volumi ancora emungibili in l/sec			

Tav. 24

Tab. 24-Hydrogeological balance data for the period 1985-2014

BILANCIO IDROGEOLOGICO COL METODO KENNESSEY - COEFFICIENTI NUOVA METODOLOGIA (MANIACI - 2018) A3 - Monti a sud di Carini (PA)				
STAZIONI TERMO-PLUVIOMETRICHE CHE INFLUENZANO IL BACINO DI MONTE CALCERAME A SUD DI CARINI (PA): STAZ. PLUVIO. MEDIA ROMITELLO STAZ. TERMO. PARTINICO - DATI: 1975-1984				
P	836,90	precipitazione annua		
T	17,34	temperatura media annua		
p	4,67	precipitazione del mese più arido		
t	25,58	temperatura del mese più arido		
la	16,40	Indice di aridità medio annuo		
classi e coefficienti fisiografici		superfici in km ²	sup. bacino in km ²	componenti fisiografiche
accivita	>35%	0,11	0,373	
	10%-35%	0,07	0,042	
	3,5%-10%	0,02	0,000	
	0%-3,5%	0,01	0,000	0,415 Ca= 0,1068
permeabilità	scarsa o nulla	0,11	0,000	
	mediocre	0,07	0,000	
	buona	0,03	0,007	
	elevata	0,02	0,408	0,415 Cp= 0,0171
copertura vegetale	roccia nuda	0,15	0,350	
	gariga, prateria e pascolo	0,11	0,013	
	terra coltivata	0,06	0,013	
	bosco d'alto fusto	0,02	0,039	
			0,415 Cv= 0,1363	
		Ca+Cp+Cv = 0,2602		
B I L A N C I O	488,12	Evapotraspirazione reale Turc. Santoro (mm/mq)		
	0,2602	Cdf - Coefficiente di deluffo med. an.		
	217,76	Dfs (mm) medio annuo mm/mq		
	131,02	(le) infiltrazione efficace mm/mq		
	1,73	portata teorica falda l/sec		
	1,50	emungimenti o emergenze in atto in l/sec		
	0,23	volumi ancora emungibili in l/sec		

Tav. 25 Tab. 25-Hydrogeological balance data for the period 1975-1984

STAZIONI TERMO-PLUVIOMETRICHE CHE INFLUENZANO IL BACINO DI MONTE CALCERAME A SUD DI CARINI (PA): STAZ. PLUVIO. MEDIA ROMITELLO STAZ. TERMO. PARTINICO - DATI: 1985-2014				
P	801,20	precipitazione annua		
T	18,59	temperatura media annua		
p	8,70	precipitazione del mese più arido		
t	26,70	temperatura del mese più arido		
la	15,97	Indice di aridità medio annuo		
classi e coefficienti fisiografici		superfici in km ²	sup. bacino in km ²	componenti fisiografiche
accivita	>35%	0,11	0,373	
	10%-35%	0,06	0,042	
	3,5%-10%	0,02	0,000	
	0%-3,5%	0,01	0,000	0,415 Ca= 0,1042
permeabilità	scarsa o nulla	0,11	0,000	
	mediocre	0,06	0,000	
	buona	0,03	0,007	
	elevata	0,02	0,408	0,415 Cp= 0,0166
copertura vegetale	roccia nuda	0,15	0,350	
	gariga, prateria e pascolo	0,11	0,013	
	terra coltivata	0,06	0,013	
	bosco d'alto fusto	0,02	0,039	
			0,415 Cv= 0,1324	
		Ca+Cp+Cv = 0,2533		
B I L A N C I O	507,20	Evapotraspirazione reale Turc. Santoro (mm/mq)		
	0,2533	Cdf - Coefficiente di deluffo med. an.		
	202,91	Dfs (mm) medio annuo mm/mq		
	91,08	(le) infiltrazione efficace mm/mq		
	1,20	portata teorica falda l/sec		
	1,00	emungimenti o emergenze in atto in l/sec		
	0,20	volumi ancora emungibili in l/sec		

Tav. 26 Tab. 26-Hydrogeological balance data for the period 1985-2014

Ricordiamo che il bacino Dammuso-Moscala si estende dalla parte della Piana di Carini, immediatamente a nord dell'abitato e da C.da Belvedere, immediatamente a sud di Carini, fino ai versanti settentrionale ed occidentale di M.te Fior dell'Occhio, con uno sviluppo areale di Km2 26,230. Litologicamente costituito dalle dolomie e brecce calcareo-dolomitiche sovrascorse sul flysch numidico, è intensamente fessurato e interessato da un sistema di faglie dirette con direzioni prevalenti N-S ed E-W. Dalle sorgenti che bordano tutta la scaglia tettonica costituente il bacino in oggetto ed addensate principalmente nei punti di passaggio delle faglie principali, viene emunta una quantità d'acqua pari a circa m3 2.712.726 per anno. Va poi aggiunta a questo valore la quantità d'acqua emunta attraverso i due pozzi di Piano Gallina per conto del Comune di Carini e altri privati pari a circa m3 914.544 per anno. In totale quindi, gli emungimenti ammontano a circa m3 3.627.270; tale valore si mantiene costante da parecchi decenni senza sensibili variazioni.

I bilanci, eseguiti con i coefficienti fisiografici di Kennessey et alii in uso, danno risultati alquanto discosti dalla realtà con valori addirittura negativi.

I bilanci eseguiti con la metodologia (Maniacci 2018), invece, confermano sostanzialmente la situazione reale sopra esposta, mentre c'è da evidenziare che la diminuzione delle portate nel trentennio sono da attribuire al progressivo inaridimento del clima.

Anche per la scaglia tettonica di M.te Calcerame, litologicamente formata esclusivamente dalle dolomie farinose della Fm. Fanusi, con uno sviluppo areale di Km2 0,4145 e compresa tra Cugno Signuruzzu e la zona di Sagana, valgono le stesse considerazioni fatte per il vicino bacino Dammuso-Moscala. Le osservazioni di circa un decennio sulle portate delle emergenze dalle sorgenti di Mazza Martino e Calcerame danno un valore di l/sec 1,50. Dai bilanci eseguiti con i coefficienti fisiografici di Kennessey, ex abrupto applicati hanno dato valori nulli come se non fosse mai esistita una falda.

I bilanci eseguiti con la metodologia (Maniacci 2018), invece, confermano la situazione reale con portata teorica della falda di l/sec 1,73 per il decennio 1975-1984 e di l/sec 1,20 per il trentennio 1985-2014.

La diminuzione delle portate in conformità con i bilanci sono da attribuire al progressivo inaridimento del clima. I risultati sono presentati nelle tavole allegate e per la cartografia di riferimento rimandiamo alla Parte 1a della ricerca pubblicata nel numero precedente della rivista.

Per sottolineare la giustezza delle nostre applicazioni ribadiamo che lo stesso Kennessey ha presisato che il metodo da lui proposto è valido per piccoli bacini come nei casi oggetto del presente lavoro.

B - MONTI DELLE MADONIE		
BILANCIO IDROGEOLOGICO COL METODO KENNESSEY - COEFFICIENTI NUOVA METODOLOGIA (MANIACI - 2018)		
STAZIONI TERMO-PLUVIOMETRICHE CHE INFLUENZANO IL BACINO ARGENTIERA-CATARINECI A W DI GERACI SICULO (PA): STAZIONE PLUVIOMETRICA: GERACI SICULO, STAZIONE TERMOMETRICA: PETRALIA SOTTANA DATI: 1975-1984		

P	986,24	precipitazione annua		
T	13,34	temperatura media annua		
p	4,80	precipitazione del mese più arido		
t	23,06	temperatura del mese più arido		
la	22,37	Indice di aridità medio annuo		
classi e coefficienti fisiografici		superficil in km ²	sup. bacino in km ²	componenti fisiografiche
acclività	>35%	0,15	0,500	
	10%-35%	0,09	3,680	
	3,5%-10%	0,03	1,720	
	0%-3,5%	0,02	0,000	5,900 Ca= 0,0771
permeabilità	scarsa o nulla	0,16	1,160	
	mediocre	0,09	0,000	
	buona	0,04	2,340	
	elevata	0,02	2,400	5,900 Cp= 0,0585
copertura vegetale	roccia nuda	0,21	0,810	
	gariga, prateria e pascolo	0,16	2,740	
	terra coltivata	0,08	0,000	
	bosco	0,03	2,350	
	d'alto fusto			5,900 Cv= 0,1147
		Ca+Cp+Cv = 0,2504		
B I L A N C I O	476,31	Evapotraspirazione reale		
	0,2504	Turc- Santoro (mm/mq)		
	246,92	Cdf - Coefficiente di deluffo med. an.		
	263,02	Dfs (mm) medio annuo mm/mq		
	49,21	(le) infiltrazione efficace mm/mq		
	35,00	portata teorica falda l/sec		
	14,21	emungimenti o emergenze in atto in l/sec		
	14,21	volumi ancora emungibili in l/sec		

Tav. 27 Tab. 27-Hydrogeological balance data for the period 1975-1984

STAZIONI TERMO-PLUVIOMETRICHE CHE INFLUENZANO IL BACINO ARGENTIERA-CATARINECI A W DI GERACI SICULO (PA): STAZIONE PLUVIOMETRICA: GERACI SICULO, STAZIONE TERMOMETRICA: PIZZO FAO DATI: 1985-2014		
--	--	--

P	802,40		precipitazione annua	
T	9,48		temperatura media annua	
p	7,00		precipitazione del mese più arido	
t	18,40		temperatura del mese più arido	
la	22,87		Indice di aridità medio annuo	
classi e coefficienti fisiografici		supuperfici in km ²	sup. bacino in km ²	componenti fisiografiche
acclività	>35%	0,15	0,500	
	10%-35%	0,09	3,680	
	3,5%-10%	0,03	1,720	
	0%-3,5%	0,02	0,000	5,900 Ca= 0,0787
	scarsa o nulla	0,16	1,160	
permeabilità	mediocre	0,09	0,000	
	buona	0,05	2,340	
	elevata	0,02	2,400	5,900 Cp= 0,0599
copertura vegetale	roccia nuda	0,22	0,810	
	gariga, prateria e pascolo	0,16	2,740	
	terra coltivata	0,08	0,000	
	bosco			
	d'alto fusto	0,03	2,350	5,900 Cv= 0,1174
			Ca+Cp+Cv =	0,2561
B I L A N C I O			Evapotraspirazione reale	
	452,04		Turc- Santoro (mm/mq)	
	0,2561		Cdf - Coefficiente di deluffo med. an.	
	206,50		Dfs (mm) medio annuo mm/mq	
	144,85		(le) infiltrazione efficace mm/mq	
	27,10		portata teorica falda l/sec	
	28,00		emungimenti o emergenze in atto in l/sec	
	-0,90		volumi ancora emungibili in l/sec	

Tav. 28 Tab. 28-Hydrogeological balance data for the period 1985-2014

Per quanto riguarda il bacino Argentiera-Catarineci, i dati climatici usati si riferiscono al decennio 1975-1984, che è risultato il più completo ed il più vicino al periodo delle misure delle portate delle sorgenti, e al trentennio 1985-2014 come verifica dello stato attuale.

Per le valutazioni delle emergenze e dei prelievi riportiamo quanto detto nella Parte 1a:

1. 8,00 l/sec dalle sorgenti dell'area, in cui ci sono le sorgenti della concessione della Società Terme di Geraci Siculo;
2. 19,00 l/sec da stime accettabili di acque infiltrate che per parecchi mesi all'anno non hanno emergenza e si diffondono nel sottosuolo negli strati alterati o detritici superficiali e si adunano nei livelli quarzarenitici posti a varie profondità nel corpo del flysch che si comporta come un acquifero multifalda;
3. 8,00 l/sec di alcuni gruppi sorgentizi al servizio di comuni vicini.

Globalmente i volumi in uscita sono nel decennio 1975-1984 sono di 35,00 l/sec, e di circa 28 l/sec nel trentennio 1985-2014, molto vicini ai volumi teorici derivanti dal bilancio con i dati della stazione termometriche di influenza Petralia Sottana per il decennio e Pizzo Faio per il trentennio e della stazione pluviometrica di Geraci Siculo. Mentre con l'uso dei coefficienti fisiografici di Kennessey et alii eravamo al limite dell'applicabilità, con l'adozione dei coefficienti adattati alla Sicilia (Maniàci 2018) i risultati sono molto prossimi a quelli reali.

Riconfermiamo quanto detto nella prima parte: Esisterebbero consistenti volumi idrici ancora emungibili, ma difficilmente captabili nella loro totalità. Solo una limitata parte degli stessi può essere captata mediante pozzi che emungerebbero dai vari livelli quarzarenitici quelle piccole quantità d'acqua che sommate possono fornire apprezzabili volumi economicamente utili.

Ulteriori adunamenti idrici si verificano nel corpo degli strati alterati superficiali delle argilliti con livelli arenacei sottostanti o intercalati alle quarzareniti e ampiamente fessurati che spesso, da un punto di vista idrogeologico, fanno corpo unico con coltri detritiche di materiale identico e a luoghi non perfettamente distinguibile. Tutto ciò fa sì che, ove il contatto tra banchi quarzarenitici e argilliti sottostanti è a giorno e coincidente con la superficie topografica, si hanno delle sorgenti di strato, mentre, quando tale contatto è mascherato da detriti o da materiali alterati, la sorgente geologica alimenta varie emergenze nel corpo di tali materiali o lungo il bordo degli stessi al contatto con livelli impermeabili sottostanti. In alcuni casi la formazione alterata e frantumata è così estesa che le acque provenienti dalle sorgenti geologiche si disperdono nella stessa dando origine in vari punti del suo corpo a sorgenti stragionali e a pantani, chiamati localmente «gorghi».

Dal confronto dei dati meteorologici dei due periodi usati per la presente ricerca, si evincono consistenti diminuzioni degli apporti nel trentennio rispetto al decennio che sono da attribuire al progressivo inaridimento del clima.

Continuiamo con l'ultima verifica nel bacino idrogeologico Robadà-Diesi sito nell'area delle colline a SW di Naro in provincia di Agrigento tradizionalmente gravata da una aridità che nell'ultimo decennio si è aggravata.

Il modello idrogeologico adottato è idoneo a definire le condizioni di adunamento idrico nel Bacino di C.da Robbadà a SW di Naro. Tali condizioni, specie per il tipo di bacino di cui trattasi che è impostato in un piccolo sinclinorio della Serie Gessoso Solifera in un ambiente scarso di precipitazioni, sono particolarmente delicate. Nel caso in studio la falda idrica si aduna nei calcari vacuolari di base ripiegati in sinclinorio composto da due sinclinali secondarie, una ad W con direzione NNE-SSW e l'altra a SE con direzione dell'asse della piega NE-SW, al letto delle quali si ha la formazione impermeabile della argille sabbiose del Tortoniano. Per definire gli apporti capaci di assicurare sia i prelievi, sia il mantenimento degli equilibri esistenti, è stato eseguito il bilancio idrogeologico del Bacino di Robbadà-Diesi e confrontare poi la portata teorica della falda con i prelievi in atto. Le caratteristiche del bacino sono:

Superficie del bacino Km² 2,625

Stazione Termometrica di influenza: Racalmuto per il decennio 1975-1984; Canicattì per il trentennio 1985-2014

Stazione pluviometrica di influenza: Castrolfilippo.

La morfologia del bacino è praticamente piatta e i litotipi affioranti riescono a drenare le acque di deflusso superficiale in condizioni di normali intensità e frequenza di pioggia. Comunque fenomeni climatici critici sono stati esclusi nella valutazione media di precipitazione e di temperatura. Per quanto ci risulta, da una valutazione degli impianti colturali presenti nel bacino, i volumi emunti dai pozzi utilizzati, si aggirerebbero intorno ai 7,5 l/sec per anno irriguo per il decennio 75-84, pari una media annua di circa 3,5 l/sec.

I risultati del bilancio idrogeologico, utilizzando i coefficienti fisiografici calcolati con la nuova metodologia, in base ai dati climatologici del decennio (1975-1984) e del trentennio (1985-2014) hanno fornito valori della portata teorica della falda, sia per il decennio che per il trentennio, valori coerenti con la situazione reale controllata per circa un decennio.

La potenzialità della falda idrica nel bacino con i soli apporti all'interno dell'area è risultata pari a circa:

Portata teorica 7,51 l/sec (1975-1984)

Portata teorica 5,42 l/sec (1985-2014)

a fronte di un utilizzo da decenni di circa 5,00 l/sec.

BILANCIO IDROGEOLOGICO COL METODO KENNESSEY - COEFFICIENTI NUOVA METODOLOGIA (MANIACI - 2018)			
C - COLLINE A SUD DI NARO (AG)			
STAZIONI TERMO-PLUVIOMETRICI: RACALMUTO E CASTROFILIPPO CHE INFLUENZANO IL BACINO DIESEI-ROBBADAO COLLINE A SUD DI NARO (AG) DATI: 1975-1984			

P	587,10	precipitazione annua	
T	17,13	temperatura media annua	
p	0,70	precipitazione del mese più arido	
t	26,30	temperatura del mese più arido	
la	10,98	Indice di aridità medio annuo	
classi e coefficienti fisiografici		sup. periferici in km ²	sup. bacino in km ²
acclività	>35%	0,08	0,000
	10%-35%	0,04	1,083
	3,5%-10%	0,02	1,542
	0%-3,5%	0,01	0,000
permeabilità	scarsa o nulla	0,07	0,019
	mediocre	0,04	1,856
	buona	0,02	0,000
	elevata	0,01	0,750
copertura vegetale	roccia nuda	0,10	0,125
	gariga, prateria e pascolo	0,07	1,375
	terra coltivata	0,04	1,125
	bosco d'alto fusto	0,01	0,000
		Ca+Ca _p +Cv =	
		0,1226	
B I L A N C I O	424,87	Evapotraspirazione reale Turc- Santoro (mm/mq)	
	0,1226	C _{df} - Coefficiente di deflusso med. an.	
	71,97	Dfs (mm) medio annuo mm/mq	
	90,26	(le) infiltrazione efficace mm/mq	
	7,51	portata teorica falda l/sec	
	5,00	emungimenti o emergenze in atto in l/sec	
	2,51	volumi ancora emungibili in l/sec	

Tav. 29 Tab. 29-Hydrogeological balance data for the period 1975-1984

STAZIONI TERMO-PLUVIOMETRICI: CANICATTI E CASTROFILIPPO CHE INFLUENZANO IL BACINO DIESEI-ROBBADAO COLLINE A SUD DI NARO (AG) DATI: 1985-2014			
--	--	--	--

P	519,90	precipitazione annua	
T	16,80	temperatura media annua	
p	1,20	precipitazione del mese più arido	
t	26,30	temperatura del mese più arido	
la	9,97	Indice di aridità medio annuo	
classi e coefficienti fisiografici		sup. periferici in km ²	sup. bacino in km ²
acclività	>35%	0,07	0,000
	10%-35%	0,04	1,083
	3,5%-10%	0,02	1,542
	0%-3,5%	0,01	0,000
permeabilità	scarsa o nulla	0,07	0,019
	mediocre	0,04	1,856
	buona	0,02	0,000
	elevata	0,01	0,750
copertura vegetale	roccia nuda	0,09	0,125
	gariga, prateria e pascolo	0,07	1,375
	terra coltivata	0,03	1,125
	bosco d'alto fusto	0,01	0,000
		Ca+Ca _p +Cv =	
		0,1108	
B I L A N C I O	397,19	Evapotraspirazione reale Turc- Santoro (mm/mq)	
	0,1108	C _{df} - Coefficiente di deflusso med. an.	
	57,59	Dfs (mm) medio annuo mm/mq	
	65,13	(le) infiltrazione efficace mm/mq	
	5,42	portata teorica falda l/sec	
	5,00	emungimenti o emergenze in atto in l/sec	
	0,42	volumi ancora emungibili in l/sec	

Tav. 30 Tab. 30-Hydrogeological balance data for the period 1985-2014

ESEMPI SPERIMENTALI UTILIZZANDO PER IL CALCOLO DEL Cdf IL METODO KENNESSEY CON I COEFFICIENTI DELLE COMPONENTI FISIOGRAFICHE CALCOLATI E ADATTATI ALL'AMBIENTE SICILIANO (MANIACI 2018) - (Decennio 1975-1984)													
BACINI IDROGEOLOGICI	P(mm) media annua x mq	T (°C) media annua	p (mm) mese più arido	t (°C) mese più arido	la annuo	Evapotr. Turc- Santoro mm/mq	Sup. Bacino in Km ²	Dfs % di P x mq	Dfs(mm) medio annuo x mq	le infiltrazione efficace mm/mq	portata teorica falda l/sec	emungimenti nel periodo in l/sec	volumi ancora emungibili in l/sec
A1 - MONTI A SUD-EST DI PARTINICO (PA)													
PASSARELLO	836,90	17,34	4,67	25,58	16,40	496,10	5,19	25,10	210,04	130,76	21,52	71,50	-3,04
S. CATERINA	836,90	17,34	4,67	25,58	16,40	496,10	5,72	24,74	207,08	133,72	24,25		
FOSSO SARDO	836,90	17,34	4,67	25,58	16,40	496,10	4,21	20,41	170,84	169,96	22,69		
											68,46		
A2 - MONTI A SUD DI MONREALE (PA)													
AGLISOTTO	1.168,72	15,70	3,76	24,04	23,67	509,17	2,313	26,10	305,06	354,48	26,00	13,00	13,00
ROCCA DELL'AQUILA	1.168,72	15,70	3,76	24,04	23,67	509,17	1,30	35,12	410,52	249,03	10,27	9,00	1,27
A3 - MONTI A SUD DI CARINI (PA)													
DAMMUSO-MOSCALA	892,30	17,31	4,04	25,11	17,30	504,82	26,230	16,93	151,15	236,33	196,56	185,00	11,56
CALCERAME	836,90	17,34	4,67	25,58	16,40	488,12	0,415	26,02	217,76	131,02	1,72	1,50	0,22
B - MONTI DELLE MADONIE (PA)													
ARGENTIERA-CATARINECI GERACI SICULO (PA)	986,24	13,34	4,80	23,06	22,37	476,31	5,90	25,04	246,92	263,02	49,21	35,00	14,21
C - COLLINE A SUD DI NARO (AG)													
ROBBADA'DIESI	587,10	17,13	0,70	26,30	10,98	424,87	2,625	12,26	71,97	90,26	7,51	5,00	2,51

Tav. 31

Tab. 31 - Experimental examples using the Kennessey method with the coefficients of the physiographic components for the calculation of the cdf calculated and adapted to the sicilian environment (MANIACI 2018) - (Decade 1975-1984)

ESEMPI SPERIMENTALI UTILIZZANDO PER IL CALCOLO DEL Cdf IL METODO KENNESSEY CON I COEFFICIENTI DELLE COMPONENTI FISIOGRAFICHE CALCOLATI E ADATTATI ALL'AMBIENTE SICILIANO (MANIACI 2018) - (Trentennio 1985-2014)													
BACINI IDROGEOLOGICI	P(mm) media annua x mq	T (°C) media annua	p (mm) mese più arido	t (°C) mese più arido	la annuo	Evapotr. Turc- Santoro mm/mq	Sup. Bacino in Km ²	Dfs % di P x mq	Dfs (mm) medio annuo x mq	le infiltrazione efficace mm/mq	portata teorica falda l/sec	emungimenti nel periodo in l/sec	volumi ancora emungibili in l/sec
A1 - MONTI A SUD-EST DI PARTINICO (PA)													
PASSARELLO	801,20	18,59	8,70	26,70	15,97	507,20	5,19	24,42	195,65	98,34	16,18	59,00	-5,84
S. CATERINA	801,20	18,59	8,70	26,70	15,97	507,20	5,92	24,08	192,93	101,07	18,97		
FOSSO SARDO	801,20	18,59	8,70	26,70	15,97	507,20	4,21	19,86	159,12	134,88	18,01		
											53,16		
A2 - MONTI A SUD DI MONREALE (PA)													
AGLISOTTO	936,90	18,70	3,76	24,04	17,26	528,49	2,31	18,89	176,98	231,43	16,97	11,00	5,97
ROCCA DELL'AQUILA	936,90	18,70	3,76	24,04	17,26	528,49	1,30	25,51	239,00	169,41	6,98	7,10	-0,12
A3 - MONTI A SUD DI CARINI (PA)													
DAMMUSO-MOSCALA	985,51	19,80	7,00	18,40	18,82	558,77	26,23	18,43	181,63	245,11	203,87	185,00	18,87
CALCERAME	801,20	18,59	8,70	26,70	15,97	507,20	0,42	25,33	202,94	91,05	1,20	1,00	0,20
B - MONTI DELLE MADONIE (PA)													
ARGENTIERA-CATARINECI GERACI SICULO (PA)	802,40	9,48	7,00	18,40	22,88	452,04	5,90	25,61	205,49	144,87	27,10	28,00	-0,90
C - COLLINE A SUD DI NARO (AG)													
ROBBADA'DIESI	519,90	16,80	1,20	26,30	9,97	397,19	2,63	11,08	57,58	65,13	5,43	5,00	0,43

Tav. 32

Tab. 32 - Experimental examples using the Kennessey method with the coefficients of the physiographic components for the calculation of the cdf calculated and adapted to the sicilian environment (MANIACI 2018) - (Period 1985-2014)

Conclusioni

Premesso che un bilancio idrogeologico non è una operazione contabile di entrate e uscite certe (anche se spesso in certi casi le certezze si costruiscono a tavolino), dobbiamo mettere in conto che nella idrogeologia ci sono molte cose che sfuggono ad una verifica diretta e, quindi, si cerca di predisporre un calcolo su dati che portino a risultati molto prossimi alla realtà.

Meglio si conoscono le condizioni reali di un bacino, più vicino al vero, e sempre con una buona approssimazione, è un bilancio idrogeologico.

Abbiamo messo a frutto le nostre esperienze di tutta una vita di ricerca e professionale mettendo a punto una nostra idea per effettuare dei bilanci idrogeologici accettabili.

Nella precedente comunicazione, attraverso delle verifiche su bacini siti su buona parte del territorio siciliano, si è dimostrato come i coefficienti fisiografici di Kennessey, atti a calcolare il deflusso superficiale di un bacino idrogeologico e proposti per la Toscana dai Proff. A.Tardi e S. Vittorini, non hanno funzionato per la Sicilia, come proposto dal Prof. G. Cusimano il quale non ha considerato che le condizioni climatiche della Sicilia e quelle delle regioni a climi più umidi non sono paragonabili.

Del resto gli stessi A.Tardi e S. Vittorini avevano messo in guardia da un uso di tali valori per i motivi esposti all'inizio del lavoro.

Siccome siamo convinti che il metodo Kennessey risolva molti dei problemi per l'esecuzione di bilanci idrogeologici, in particolare per piccoli bacini, abbiamo ricercato un sistema per creare quella prima colonna, auspicata dai proff. Tardi e Vittorini per adeguare il metodo alle regioni con indici di aridità bassi. In questa seconda comunicazione è stata presentata una nuova metodologia di adattamento dei coefficienti fisiografici all'ambiente siciliano.

Tale metodologia ci ha consentito di effettuare dei bilanci appropriati con risultati molto prossimi, ora per difetto e ora per eccesso, alle condizioni reali sullo stato delle falde, delle emergenze e sui prelievi dei siti studiati.

Non abbiamo gli elementi per consigliare l'uso dei parametri, trovati per la Sicilia, atti al calcolo dei coefficienti fisiografici trovati per la prima colonna auspicata dagli autori più sopra citati per applicarli alle altre regioni italiane, specie per quelle meridionali.

In ogni caso per applicare la nostra metodologia bisogna seguire il procedimento da noi usato per applicarlo ad altre regioni con condizioni climatiche simili a quelle siciliane.

Bibliografia

- ABATE B. & CATALANO R., 1974. *Il margine della piattaforma carbonatica triassica nei Monti di Palermo*. Boll. Soc. Nut., vol. LXXXIII, Napoli.
- ASSESSORATO LL.PP. REGIONE SICILIANA - SERVIZIO IDROGRAFICO, Annali Idrologici, Parte I e Parte II, Palermo.
- BARAZZUOLI P., MICHELUCCI M., SALLEOLINI M. & SSALVADORI (1986), *Valutazione delle risorse idriche nella Toscana meridionale 1) Applicazione del «Metodo Kennessey» al bacino del Torrente Farma (Province di Siena e di Grosseto) e sua verifica con i calcoli di bilancio*. Boll. Soc. Geol. It. 105.
- BARAZZUOLI P., IZZO S., MICHELUCCI M. & SALLEOLINI M. (1987), *Valutazione delle risorse idriche nella Toscana meridionale. 2) La carta dei coefficienti di deflusso del bacino del F. Merse (Prov. di Siena e Grosseto)*. Mem. Soc. Geol. It. 37.
- BARAZZUOLI P., PIZZUTO D., RIGATI R. & SALLEOLINI M. (1994), *Valutazione delle risorse idriche dell'Alto bacino del F. Biferno (Molise): un esempio di utilizzo del deflusso su basi fisiografiche*. Boll. Soc. Geol. It. 113.
- BENFRATELLO G., 1970 *Bilancio idrologico di un bacino per la stima delle risorse idriche sotterranee utilizzabili*. Lav. Ist. di Idraulica Univ. n. 84, Palermo.
- BROQUET P., DUEE G., MANGANO F. & PRATELLI W., 1971, *La mappe du Panormide en Sicile. Precision sur son extension spatiale et son intérêt hydrogéologique*. Compte rendu scanc Soc.GeoI. France, n. 7.
- BRUNETTO V., D'ANGELO U., LETO P. & RENDA P., 1975, *Su alcuni depositi di alaba-stro calcareo "Onice" nei Monti di Palermo*. Riv. Min. Sic., nn. 151-153, Palermo.
- CATALANO R. & D'ARGENIO B. (1978), *An essay of palinspastic restoration across Western Sicily*. Geologica Romana, vol. XVII, 145-159.
- CATALANO R. & D'AARGENIO B. (1982), *Schema geologico della Sicilia*. In Guida alla Geologia della Sicilia occidentale, Soc. Geol. It., Guide regionali, 1° Centenario della Soc. Geol. It., Palermo, 9-41.
- CATALANO R. & MONTANARI L. (1979), *Geologia dei Monti di Trabia-Termini Imerese e dei Monti Sicani orientali (Fogli Bagheria e Termini Imerese, Sicilia centro settentrionale)*. Rend. Ace. Se. Fis. e Mat. della Soc. Naz. di Scienze Lettere e Arti in Napoli, s. IV, vol. XLVr.
- CELICO P. (1988), *Prospezioni idrogeologiche*. Vol. II, Li guori Editore, Napoli.
- CIMINO A., CONSENTINO P. & CUSIMANO G., 1971, *Studio idrogeologico della Piana dei Colli (Palermo)*. Atti Symp. Int. Acque Sotterranee nelle rocce cristalline. Cagliari.
- CIVITA M., 1975, *L'infiltrazione potenziale media annua nel massiccio carbonatico del Matese (Italia meridionale)*, Ist. Geol. Appl. Fac. Ingegneria Univ. Napoli.
- CIVITA M., DE RISO R., VALLARIO A. & DE MASI R., 1971 *Idrogeologia del Massiccio del Taburno-Camposauro*. Mem. Soc.GeoI. Ital., vol. X, fasc. 2.
- CIVITA M. (1973), *L'infiltrazione potenziale media annua nel massiccio carbonatico del Matese (Italia meridionale)*. Atti Il Convegno Internazionale sulle acque sotterranee, Palermo 28 Aprile - 2 Maggio 1973, ESA-AIH-AIRH, 129-142.
- CUSIMANO G. & LIGUORI V. (1980), *Sintesi idrogeologica della Sicilia occidentale (Italia)*. 1980, 26° Congrès Géologique Intern. Paris, 7-17 Juillet 1980, V.III, Résumés, Section 15 Hydrogéologie.
- CUSIMANO G. (1994), *Valutazione delle risorse idriche in Sicilia occidentale - Applicazione del metodo Kennessey ad alcuni bacini idrografici e sua verifica con calcoli di bilancio idrologico* - in Atti del I° Congresso Regionale dell'ordine dei Geologi di Sicilia - Marina di Ragusa 1994.
- CUSIMANO G. & LIGUORI V. (1985), *Contributo delle Scienze della Terra alla definizione del bilancio idrologico di un bacino*. Acque

- sotterranee, a. II, n. 4, 25-29, Milano
- DAINA A., MACALUSO T., MANIACI G. MONTELEONE S., PIPITONE G. & VERNUCCIO S., 1975, *Idrogeologia dei monti a sud di Carini*. Il Mediterraneo, anno IX, n. 9, Palermo.
 - D'ANGELO U., MANIACI G., VERNUCCIO S., 1980, *Caratteristiche idrogeologiche del gruppo montuoso di Belmonte Mezzagno (Monti di Palermo)*. Geologia Tecnica n.1 - 1980
 - DE MARTONNE E.M. (1926), *Une nouvelle fonction climatologique: l'indice d'aridité*. La Météorologie, 449-458, Paris.
 - DRAGO A. - *Atlante climatologico della Sicilia* - Rivista Italiana di Agrometeorologia 67-83 (2) 2005
 - FABIANI R. & TREVISAN L., 1940, *Prove della esistenza di uno stile a falde di ricoprimento nei Monti di Palermo*. Atti Acc. Italia, n. 11. Roma.
 - FANIZZU L. *Il bilancio idrico annuale (BIA) col metodo del coefficiente di deflusso fisiografico*. in Scienza & Inquinamento - 2016 - per Ecoacque.
 - FIEROTTI G. et alii (1980), *Carta della vegetazione e dei suoli della Sicilia*. Regione Siciliana.
 - GIANNOTTI G.P., LOMBARDI L. & SIDOTI G., 1972, *Schema idrogeologico della Sicilia occidentale*. Riv. Min. Sic., nn. 133-135. Palermo.
 - GIUNTA G. & LIGUORI V. (1973), *Evoluzione paleotettonica della Sicilia nord-occidentale*. Boll. Soc. Geol. It., 92, 903-924.
 - IMBEAUX E., 1930, *Essai d'hydrogeologie. Recherche, études et captage des eaux souterraines*. Dunod, Paris.
 - MANFREDINI A., 1956. *Captazione di acque sotterranee nella Piana dei Colli per l'approvvigionamento idrico di Palermo*. Boll. Serv. Geol. Ital., vol. 78.
 - KENNESSEY B. (1930), *Lefolyasi téniezak és retenciok*. Vizugy, Konieménység.
 - MASCLE G. (1973), *Etude geologique des Monti Sicani*. These de Doctorat, Paris.
 - MOSETTI F., 1954 *Su un metodo per individuare i bacini di alimentazione delle falde acquifere*. Tecnica Italiana, vol. IX, n. 5
 - .OGNIBEN L., 1963, *Il flysch Numidico nel quadro della geologia della Sicilia*. Mem. Soc. Geol. Ital., vol. IV, Roma.
 - PINNA M., 1977, *Climatologia*. UTET., Torino
 - PRATELLI W., 1961, *Osservazioni sulla tettonica dei Monti di Palermo*. Riv. Min. Sic., nn. 70-72, Palermo.
 - QUIGNONES R., 1974, *Correlazione fra gli afflussi e i deflussi dei principali bacini siciliani*. Ist. Idraul. Univ. nn. 103 e 106, Palermo.
 - RUGGIERI G., 1966b, *Primi risultati di ricerche sulla tettonica della Sicilia occidentale*. Geol. Rom., vol. V, Roma.
 - SANTORO M., 1970, *Applicabilità della formula di Turc per il calcolo della evapotraspirazione effettiva in Sicilia*. Sviluppo Agricolo, vol. 5°, n. 4 suppl., Palermo.
 - SCANDONE P., RADOICIC R., GIUNTA G. & LIGUORI V., 1972, *Sul significato delle dolomie Funusi e dei calcari ad Ellipsactinie nella Sicilia settentrionale*. Riv. Min. Sic., nn. 133-135, Palermo.
 - SCHMIDT DI FRIEDBERG P., BARBIERI F. & GIANNINI G., 1960, *La geologia del gruppo montuoso delle Madonie (Sicilia centro-settentrionale)*. Boll. Serv. Geol. Ital., vol. LXXXI, Roma.
 - TARDI A. & VITTORINI (1977), *Il calcolo del coefficiente di deflusso su basi fisiografiche*. Boll. degli Ing. Firenze, 4.
 - THORNTON C.W. & MATHER J.R. (1957), *Instructiones and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance*. Drexel Institute of Technology, Publicationes in climatology, vol. X, n. 3.

È possibile scaricare lo studio completo comprensivo di carte geologiche e idrogeologiche dei siti della ricerca al seguente link: <https://www.geologidisicilia.it/volume-di-giuseppe-maniaci-sulla-inapplicabilita-dei-coefficienti-fisiografici-di-kennessey-negli-studi-idrogeologici-in-sicilia-3089>

Ringraziamenti:

Ci sentiamo in obbligo e riconoscenti verso il Geologo e Ingegnere Virginio Scarabello per i consigli e la lettura critica del presente lavoro.



CTD Logger multiparametrico (conducibilità, temperatura, pressione)

- Precisione / scala di conducibilità del sensore:
 $\pm 1\%$ max. / 0,2...200 mS/cm
- Precisione / sensore Pt1000 per monitorare la temperatura:
 $\pm 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ / -10...40 $^{\circ}\text{C}$
- Precisione / campo di pressione (profondità):
 $\pm 0,02\%$ FS max. / 5...200 m
- Applicazioni:
monitoraggio della qualità dell'acqua e del livello



Competenza nella idrologia

Unità di trasmissione dati a distanza GSM

- Logger multiparametrico
- Trasmissione dei dati via e-mail, FTP oppure SMS
- Multifunzionale
- Durata della batteria fino a 10 anni
- Facilità d'installazione
- Software incluso

Logger di pressione e temperatura

- Autonomo
- Di facile uso
- Durata della batteria fino a 10 anni
- Applicazioni:
 - Acqua dolce
 - Acqua salata
 - Acqua sporca
- Ottenibile in acciaio Inox,
Hastelloy oppure in Titanio



**I NOSTRI
RECAPITI**



S.S. Pasubio 10
Costabissara (VI)
Tel. 0444212962
Cell. 3490567455
info@studiosisma.com
www.studiosisma.com

StudioSisma Srl

SOCIETÀ DI SERVIZI

Studiosisma nasce nel 2012 con l'obiettivo di fornire un servizio di alta qualità in materia di indagini geognostiche per la caratterizzazione del suolo e delle strutture.

Studiosisma è iscritta tra gli Enti Formatori Autorizzati ad organizzare convegni accreditati per l'aggiornamento professionale continuo dei geologi.

Iscriviti alla newsletter oppure visita il sito per consultare i prossimi appuntamenti.



SOCIETÀ DI INGEGNERIA

Sono presenti all'interno dello studio figure professionali qualificate in grado di fornire supporto e consulenza in ambito geologico, ingegneristico e ambientale.

INDAGINI GEOFISICHE

Dalle meno invasive misure sismiche (HVSr, MASW, REMI, ESAC, DH) alle più complesse acquisizioni tomografiche, sismiche ed elettriche 2D e 3D. Disponiamo di Georadar per ricostruzioni tridimensionali.



PROVE GEOTECNICHE

Offriamo un servizio di prove penetrometriche (DPSH, CPT, CPTU, DPM) con possibilità di campionamento indisturbato dei terreni e prelievo campioni per analisi ambientali.



INDAGINI STRUTTURALI

Eseguiamo monitoraggi in controllo remoto, analisi frequenziali e modali, misure vibrometriche, crepemetrie e inclinometriche.



MODELLAZIONI NUMERICHE AVANZATE

Modellazione alle differenze finite di eventi geologici complessi e di strutture interagenti come Analisi di Risposta Sismica Locale 2D, studi avanzati di liquefazione, dislocazioni tettoniche da faglie attive e capaci e molto altro.

NOVITÀ 2021

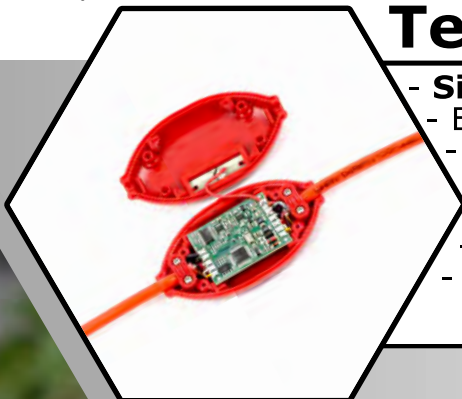
**MISURAZIONI GPS-RTK
RILIEVI CON DRONE
FOTOGRAMMETRIA**



SISMOGRAFO DOREMI[®] 16/24 BIT



Telemetria digitale



- **Sismografo nel canale**
- Eccezionale Rapporto Segnale/Rumore
- **Immune al Crosstalk ed ai disturbi elettromagnetici**
- Lunga autonomia
- **Batteria inclusa nell'interfaccia**
- Non teme l'umidità

Modulare



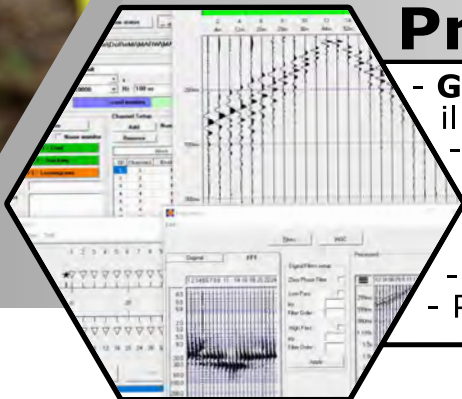
- **Configurabile da 1 a 255 canali**
- Diverse tipologie di geofoni e sensori
- **Componenti intercambiabili**
- Prolunghe e Power Booster al bisogno

Multiruolo



- Rifrazione/Tomografia
- **MARW** Riflessione 1D
- **Riflessione 2D/3D**
- ESAC/SPAC/ReMi
- **SSV**
- HVSR
- Downhole
- **MASW 1D/2D/3D**

Pratico



- **Gestione totale dell'acquisizione** con il software **DoReMi GeoExplorer**
- Roll Along, Interlace, Walk Away, Down Hole, etc.
- **Controllo rumore in situ**
- Controllo qualità dei dati
- **Analisi spettrale**
- Picking per rifrazione e molto altro

Via Angelo Morettini, 11, 06128 Perugia

E-mail: info@sara.pg.it | Web: sara.pg.it | Telefono: +39 075 505 1014, +39 075 937 0309

Meccanismi di formazione e caratteri tessiturali dei prodotti dell'eruzione vulcaniana del 1888-1890 a La Fossa di Vulcano (Isole Eolie)

Formation mechanism and textural characterization of products of the 1888-1890 vulcanian eruption at La Fossa of Vulcano (Aeolian Islands)

Marzia Zuchegna | Università degli studi di Firenze, Dipartimento di Scienze della Terra.

Termini chiave:

Eruzioni vulcaniane, cenere, bombe a crosta di pane, frammentazione, morfologia

Keywords:

Vulcanian eruptions, volcanic ash, breadcrust bombs, fragmentation, morphology

Abstract

The last eruption occurred in La Fossa of Vulcano (Aeolian Islands), which began in August 1888 and ended in 1890, led Giuseppe Mercalli to introduce the term 'Vulcanian' to describe the eruptive activity. He describes the vulcanian eruptions characterized by the absence of lava flow and with intermittent eruptions that release materials of different types such as ash, bombs and blocks. In particular, Mercalli divided the 88-90 eruption into two main phases: the first, very short, which runs from 3 to 5 August 1888 with very violent explosions separated by long intervals of rest; and the second, prolonged and with very variable frequency and intensity of the explosions. The aim of the work is to investigate the mechanisms of formation and the textural characteristics of the ashes and of a particular type of bomb, dense but characterized by strongly brecciated areas, through the study of the present components and the morphologies observed.

Riassunto

L'ultima eruzione di La Fossa di Vulcano (Isole Eolie) è quella del 1888-1890. Questa è l'eruzione tipo che ha portato Giuseppe Mercalli ad introdurre il termine di 'vulcaniana' per descrivere l'attività eruttiva. I prodotti vulcanici emessi consistono in bombe e blocchi e notevole quantità di cenere.

In questo lavoro vengono studiate le ceneri e un particolare tipo di bombe, dense, contenenti zone di intensa brecciatatura con lo scopo di indagare i meccanismi di formazione ed i caratteri tessiturali di questi prodotti, attraverso lo studio delle componenti presenti e delle morfologie osservate. Vengono comparate le caratteristiche morfologiche e tessiturali della cenere con quelle dei frammenti fini presenti nelle porzioni brecciate delle bombe. Dall'analisi comparativa si osserva che nei depositi cineritici c'è la presenza notevole di una componente altamente vescicolata, la quale risulta assente o scarsamente presente all'interno dei campioni densi brecciati. Così come dall'analisi morfologica si notano differenze a seconda della taglia delle particelle. Quelle fini (inferiori a 100 µm) costituenti la cenere risultano essere molto irregolari, al contrario di quelle grossolane (maggiori di 250 µm) che appaiono nettamente regolari. Le forme dei frammenti contenuti nelle brecce ci dicono che questi sono molto variabili e che la presenza minima del materiale fine al loro interno è dovuta al reticolo di fratture che caratterizza le bombe e che queste siano soggette ad un trasporto breve del materiale più grossolano (>100 µm). La presenza di materiale diverso tra cenere e brecce porta a pensare, quindi, che queste abbiano dei meccanismi di formazione diversi. Si pensa che l'intera stratigrafia di cenere studiata si sia formata nella prima fase eruttiva, che va dal 3 al 5 agosto 1888, caratterizzata da violente esplosioni intervallate da lunghi intervalli di riposo, data la presenza al

suo interno di materiale vescicolato in tutti i tipi di depositi. Successivamente si ha fuoriuscita di bombe in cui il materiale vescicolato è assente, infatti sono tutte formate da materiale denso. La brecciatura che caratterizza le bombe dimostra che il *plug* è internamente fratturato, a seguito di movimenti a piccola scala all'interno del condotto e che trasporta attraverso un sistema tridimensionale di fratture del materiale costituito da frammenti di diversa litologia e con forme molto irregolari. La prima fase è caratterizzata da depositi più grossolani che sono carenti di bombe; questo suggerisce che non è un *plug* che agisce ma un magma che degassa mentre viene frammentato.

La frammentazione meccanica ha caratteristiche differenti, vale a dire assenza di materiale vescicolato e forme diverse, da quella che domina nella fase eruttiva iniziale. Ciò potrebbe dimostrare che c'è una fase iniziale dominata da degassamento e frammentazione attiva di magma ed una fase secondaria, che è anche quella più lunga, con una frammentazione esplosiva di *plug*, il quale è tendenzialmente denso, così come dense sono le bombe studiate.

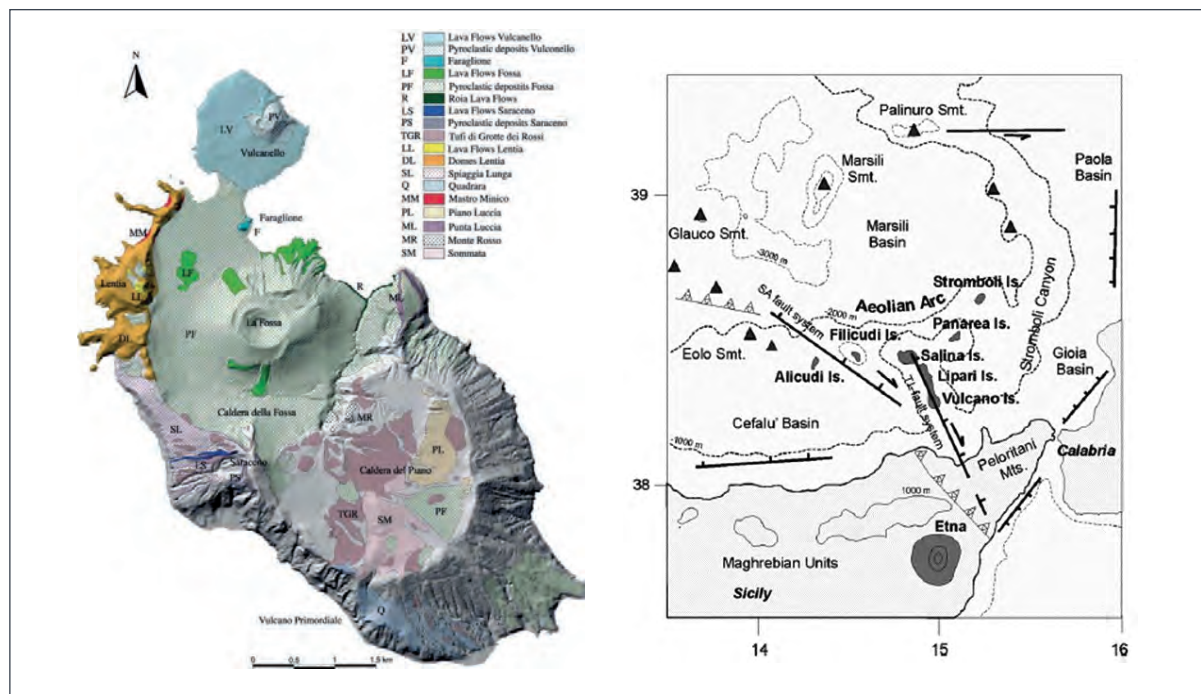
Introduzione

Le eruzioni vulcaniane sono esplosioni vulcaniche di piccole e medie dimensioni che espellono materiale fino ad

altezze di 20 km ed hanno una durata di secondi o minuti. L'attività può manifestarsi come un singolo evento discreto oppure verificarsi come una serie di eventi esplosivi pulsanti. Gli eventi vulcaniani, di solito, si originano a partire da magmi intermedi, da andesitici a dacitici; la loro natura esplosiva è stata attribuita a diversi meccanismi, tra cui la rottura di un *plug* solido e impermeabile sotto il quale si è accumulato gas magmatico. Da questa tipologia di eruzioni possono generarsi flussi piroclastici, bombe (le cosiddette 'bombe a crosta di pane', blocchi e cenere molto fine (Morrissey e Mastin, 2000).

L'isola di Vulcano è la sommità esposta di un edificio vulcanico situato nel settore più meridionale dell'arcipelago delle Eolie. Il sistema vulcanico di Vulcano poggia su una struttura crostale molto probabilmente costituita da tre grandi orizzonti, rappresentati da (1) biotite - gneiss e/o metapeliti dell'Arco Calabrese, (2) rocce granulitiche felsiche della Crosta Superiore e (3) rocce granulitiche mafiche della Crosta Inferiore. Si pensa che l'interfaccia crosta - mantello sia posizionata ad una profondità di circa 20 km sotto l'isola (Wang et al., 1989; Ventura et al., 1999), come dedotto considerando anche la diminuzione generale della profondità della Moho, la quale si spostò dalla Sicilia settentrionale al bacino del Marsili (Continisio et al., 1997) e il mantello risalì al di sotto delle isole Lipari e Vulcano

Fig. 1 - In basso la mappa geologica schematica dell'Isola di Vulcano (Gioncada, Mazzuoli, Bisson, Pareschi, 2003), con i prodotti dell'attività eruttiva avvenuta negli ultimi 50 Ka. A destra mappa strutturale semplificata dell'Arco Eoliano da Ventura et al., 2013; modificata da; SA - Sisifo-Alicudi; TL - Tindari-Letojanni.



(Wang et al., 1989). Lo schema strutturale di Vulcano è dominato dalla tendenza NNW – SSE del sistema di faglie a scorrimento orizzontale Tindari – Letojanni (Fig.1), come delineato in primo luogo dalle fessure eruttive allungate da NW – SE a NNW – SSE e dagli allineamenti vulcanici. La Caldera de La Fossa è l'elemento morfostrutturale più importante della parte nord – occidentale di Vulcano, insieme alle strutture formatesi al suo interno (Cono de La Fossa) o lungo i suoi confini (Vulcanello). È una caldera *multi – stage* sviluppata come conseguenza di tre distinti e successivi eventi di collasso. Il cono attivo de La Fossa di Vulcano (circa 5.5 Ka – 1890 AD) spicca nel mezzo della caldera de La Fossa e rappresenta la struttura dominante nel settore settentrionale dell'isola. L'attuale rilievo sale dal livello del mare fino a 391 m e forma un ripido cono a pianta ellittica e con pareti ripide, costituito da diverse successioni piroclastiche e colate laviche messe in posto durante le successive fasi eruttive, con diametro alla base di 2km (De Astis et al., 2013) e con un'ampia piattaforma craterica. L'attuale bordo craterico è largo circa 500m e mostra sul fondo le tracce di due *vent* anastomizzati che hanno avuto origine dall'ultima eruzione del 1888-1890.

Rilevamento di terreno

Nel mese di maggio 2018 è stata effettuata una campagna di rilevamento sull'isola di Vulcano con l'intento di catalogare e campionare diverse tipologie di prodotti eruttivi allo scopo di indagare i meccanismi di formazione di questi. In particolare, ci si è concentrati sulla cenere e su una

particolare tipologia di bombe dense ma caratterizzate da intense zone brecciate.

Per quanto riguarda la cenere sono state individuate e campionate in dettaglio due sezioni stratigrafiche sui pendii del cono de La Fossa, una in posizione medio – prossimale (con spessore totale di 71,5 cm) e una in posizione distale (con spessore totale di 22,6 cm) rispetto al cratere centrale (Fig.2). Esse presentano, in generale, un'alternanza di banchi di lapilli e cenere fine, oltre al livello basale litico. Da queste sono stati prelevati 19 campioni di cui sono state effettuate l'analisi di *grain-size distribution* e l'analisi dei componenti.

Per i campioni densi brecciati, nel rilevamento di campagna, sono stati campionati un totale di 12 pezzi presenti nei settori occidentale e sud – orientale del cratere. Questi presentano, sulla superficie esterna o in fratture all'interno dei campioni, porzioni brecciate composte da frammenti con forme e dimensioni diverse. Tra i campioni osservati sul terreno, in genere, si riconosce il contatto netto tra la parte interna densa e il *rim* esterno composto dai singoli frammenti (Fig.3). Alcuni campioni appaiono facilmente disgregabili ed in questi è dominante la frazione fine, probabilmente cenere.

Risultati e discussioni

La morfologia delle particelle registra i processi che le hanno generate, ne controlla il loro comportamento e la loro interazione. Le misurazioni della forma sono fondamentali per migliorare la comprensione sull'origine e sull'evoluzione del materiale frammentato (Buttner et al., 2006; Stachowiak et al., 2008; Manga et al., 2011), per definirne le proprietà materiali e per predirne il comportamento, come ad esempio la sedimentazione (Kylling et al., 2014; Bagheri et al., 2015; Merikallio et al., 2015). La cenere vulcanica, in particolare, comprende un diverso spettro di forme (spesso estreme), ciascuna con proprietà fisiche e comportamenti diversi.



Fig. 2 - Sezioni stratigrafiche studiate; a sinistra quella medio – prossimale, a destra quella distale rispetto al cratere centrale de La Fossa.

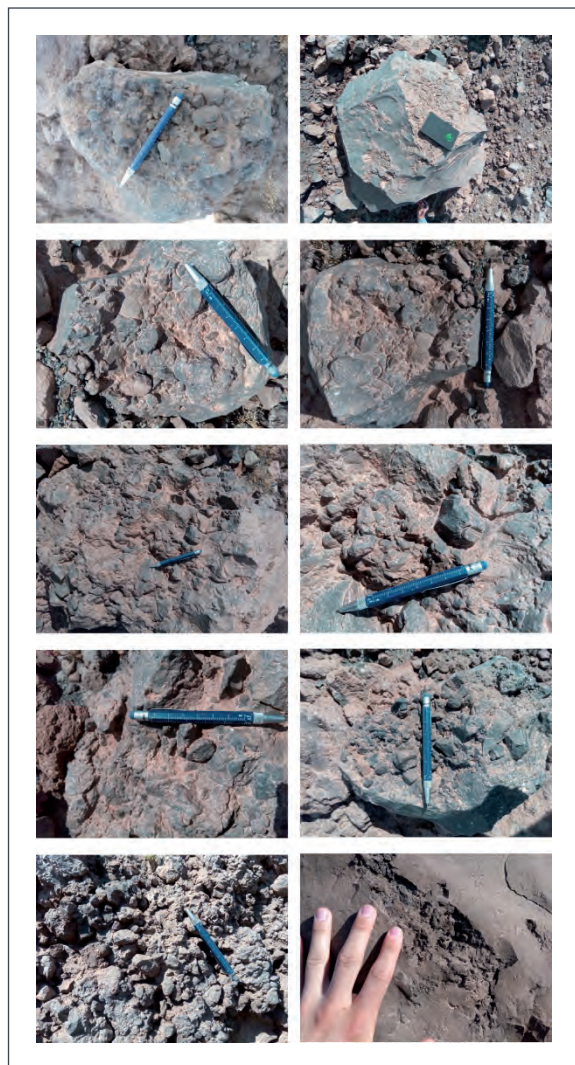


Fig. 3 - Campioni di bombe dense brecciate presenti nei settori occidentale e sud-orientale del cratere centrale de La Fossa.

Comprendere il legame tra eterogeneità morfologica e comportamento aerodinamico è una sfida chiave per cercare di prevedere la dispersione delle ceneri (Dellino et al., 2012; Dioguardi et al., 2015). Le forme di particelle di cenere *juvenile* riflettono anche i meccanismi di frammentazione che operano durante un'eruzione, che a loro volta sono controllati dalle proprietà del magma (viscosità, temperatura e composizione) e le condizioni in cui il magma risale nel condotto e fuoriesce (e.g. Heiken e Wohletz, 1985; Dellino e La Volpe, 1996; Cioni et al., 2008; Rust e Cashman, 2011; Liu et al., 2015). L'analisi della forma fornisce uno strumento prezioso per decifrare i meccanismi generativi responsabili della produzione di ceneri. Sebbene i parametri di forma

siano comunemente usati per distinguere la cenere prodotta da diversi stili eruttivi (ad esempio, frammentazione magmatica vs frammentazione idromagmatica, Buttner et al., 2006), manca una valutazione rigorosa delle generalità di queste relazioni. Inoltre, le differenze nel modo in cui i parametri di forma sono definiti e misurati e nei criteri di base su cui i parametri vengono scelti, spesso precludono il confronto diretto dei dati di forma esistenti in letteratura (Leibbrandt e Le Pennec, 2015).

Presso il laboratorio di vulcanologia del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli studi di Firenze, attraverso l'uso del Microscopio Elettronico a Scansione (SEM) e l'analizzatore ottico di particelle Morphologi G3, sono state effettuate le analisi utili a comparare le caratteristiche morfologiche e quelle tessuturali della cenere con quelle dei frammenti fini presenti all'interno delle porzioni brecciate delle bombe. Dall'analisi comparativa si osserva che nei depositi cineritici vi è la presenza notevole di una componente marcatamente vescicolata, la quale risulta assente o scarsamente presente all'interno dei campioni brecciati. Questi, infatti, risultano composti da materiale litologicamente eterogeneo, ma raramente vescicolato. Si notano differenze soprattutto riguardo la presenza di materiale fine, che è presente nei depositi di cenere e, invece, risulta quasi assente nelle brecce (Fig. 4).

Per l'analisi morfologica sono stati esaminati 4 campioni per la cenere e due transetti appartenenti allo stesso campione di bomba densa brecciata. Anche in questo caso si notano differenze a seconda della taglia delle particelle: osservando i grafici (Fig. 5) che mostrano gli andamenti della *solidity* (SLD, con valori tra 0 e 1: rapporto tra area della particella e area di una forma di riferimento delimitata, in genere un *convex hull*, Cioni et al., 2014) e della *convexity* (CVX, con valori tra 0 e 1: rapporto tra perimetro del *convex hull* e perimetro della particella), si vede che le particelle fini (inferiori a 100 μm) costituenti la cenere risultano essere molto irregolari, al contrario di quelle grossolane (maggiori di 250 μm) che appaiono nettamente regolari. Le forme dei frammenti contenuti nelle brecce ci dicono che questi sono molto variabili e che la presenza minima del materiale fine al loro interno è dovuta al reticolo di fratture che caratterizza le bombe e che queste siano soggette ad un trasporto breve del materiale più grossolano (> 100 μm).

Conclusioni

I dati che emergono da questo lavoro aiutano a comprendere il meccanismo di formazione dei prodotti emessi durante i due anni di eruzione. I caratteri morfologici e composizionali delle stratigrafie studiate fanno pensare che queste siano state generate nella prima fase eruttiva, caratterizzata da violente esplosioni intervallate da lunghi intervalli di riposo, in quanto caratterizzate dalla presenza di materiale

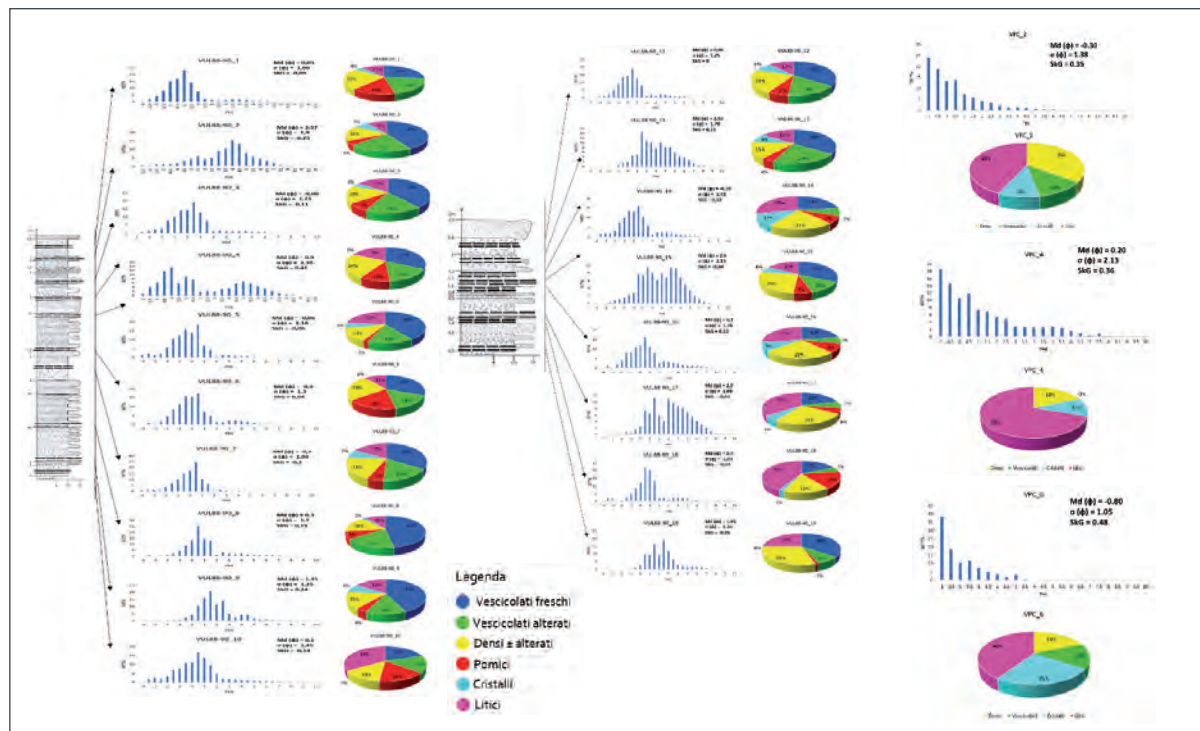
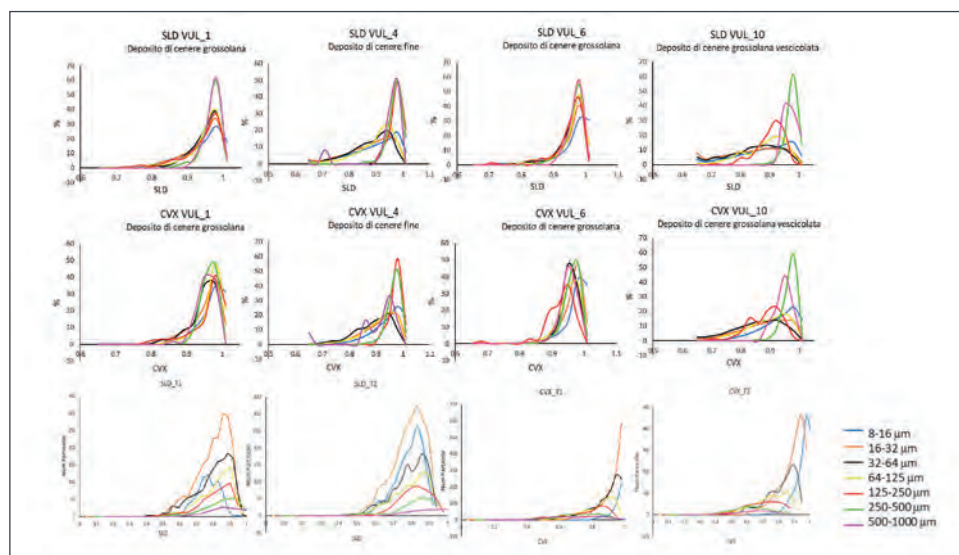


Fig. 4 - Distribuzioni granulometriche della sezione 1 (a sinistra), della sezione 2 (al centro) e delle bombe dense brecciate (a destra), associate ai diversi punti di campionamento, con i relativi valori dei parametri statistici calcolati e i relativi diagrammi a torta che mostrano le abbondanze dei diversi componenti.

Fig. 5 - Istogrammi che relazionano la % di particelle con un dato valore di SLD e di CVX sia per i quattro campioni analizzati di cenere (VUL_1, VUL_4, VUL_6 e VUL_10) che per i campioni densi brecciati.



vescicolato in tutti i tipi di depositi; mentre le bombe dense brecciate potrebbero essersi formate nella seconda fase dell'eruzione, in quanto in esse è assente la componente

vescicolata, in cui l'attività era caratterizzata da esplosioni meno intense. La brecciatura evidente sulle bombe dimostra che il *plug* è internamente fratturato, a seguito di movimenti a piccola scala all'interno del condotto e che trasporta, attraverso un reticolo tridimensionale di fratture, del materiale costituito da frammenti di diversa litologia e con forme molto irregolari. Questo trasporto

di materiale potrebbe essere quello che va ad alimentare l'*ash venting* caratterizzante in gran parte la seconda fase del periodo eruttivo, ma di cui non c'è evidenza di deposito.

La prima fase è caratterizzata da depositi più grossolani carenti di bombe, questo suggerisce che non è un *plug* che agisce ma un magma che degassa mentre viene frammentato. La frammentazione meccanica ha caratteristiche differenti, quali assenza di materiale vescicolato e forme diverse, da quella che domina nella fase eruttiva iniziale. Ciò potrebbe dimostrare che c'è una fase iniziale dominata da degassamento e frammentazione attiva di magma ed una fase secondaria, che è anche quella più lunga, con una frammentazione esplosiva di *plug*, il quale è tendenzialmente denso, caratteristica dimostrata dal fatto che le bombe studiate sono tutte costituite da materiale denso.

Bibliografia

- BAGHERI G. H., BONADONNA C., MANZELLA I., VONLANTHEN P., (2015). "On the characterization of size and shape of irregular particles". *Powder Technologies*, 270: 141-53.
- BUTTNER R., DELLINO P., RAUE H., SONDER I., ZIMANOWSKI B., (2006). "Stress - induced brittle fragmentation of magmatic melts: theory and experiments". *Journal of Geophysical Results - Solid Earth*, 111 (B8).
- CIONI R., BERTAGNINI A., SANTACROCE R. & ANDRONICO D., (2008). "Explosive activity and eruption scenarios at Somma - Vesuvius (Italy): Towards a new classification scheme". *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 178(3), 331-346.
- CIONI R., PISTOLESI M., BERTAGNINI A., BONADONNA C., HOSKULDSSON A., SCATENI B., (2014). "Insights into the dynamics and evolution of the 2010 Eyjafjallajökull summit eruption (Iceland) provided by volcanic ash textures". *Earth and Planetary Science Letters*, 394: 111-23.
- CONTINISIO R., FERRUCCI F., GAUDIOSI G., LO BASCIO D., VENTURA G., (1997). "Malta escarpment and Mt.Etna: early stages of an asymmetric rifting process? Evidence from geophysical and geological data". *Acta Vulcanologica*, 9, 39-47.
- DE ASTIS G., LUCCHI F., DELLINO P., LA VOLPE L., TRANNE C.A., FREZZOTTI M.L., PECCERILLO A., (2013). "Geology, volcanic history and petrology of Vulcano (central Aeolian archipelago)". *Geological Society, London, Memoirs* 2013, v.37; p281-349.
- DELLINO P., DE ASTIS G., LA VOLPE L., MELE D., SULPIZIO R., (2011). "Quantitative hazard assessment of phreatomagmatic eruptions at Vulcano (Aeolian Islands - Southern Italy) as obtained by combining stratigraphy, event statistics and physical modelling". *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 201, 364-384.
- DELLINO P., LA VOLPE L., (1996). "Image processing analysis in reconstructing fragmentation and transportation mechanism of pyroclastic deposits. The case of Monte Pilato-Rocche Rosse eruptions, Lipari (Aeolian Islands, Italy)". *Journal of Volcanology and Geothermal research*, 71 (1): 13-29.
- DIOGUARDI F., MELE D., (2015). "A new shape dependent drag correlation formula for non -spherical rough particles. Experiments and results". *Powder Technologies*, 277:222-30.
- GIONCADA A., MAZZUOLI R., BISSON M., PARESCHI M. T., (2003). "Petrology of volcanic products younger than 42 Ka on the Lipari - Vulcano complex (Aeolian Island, Italy): an example of volcanism controlled by tectonics". *Journal of Volcanology and Geothermal research*, 122, 191 - 220.
- HEIKEN G., WOHLKETZ K., (1985). "Volcanic ash". *Chicago, Harvard & MIT: University Presses of California, Los Angeles*.
- KYLLING A., KAHNERT M., LINDQVIST H., NOUSIAINEN T., (2014). "Volcanic ash infrared signature: porous non - spherical ash particle shaes compared to homogeneous spherical ash particles". *Atmospheric Measurement Techniques*, 7(4): 919-29.
- LEIBRANDT S., LE PENNEC J.L., (2015). "Towards fast and routine analyses of volcanic ash morphometry for eruption surveillance applications". *Journal of Volcanology and Geothermal research*, 297: 11-27.
- LIU E.J., CASHMAN K.V., RUST A.C., (2015). "Optimising shape analysis to quantify volcanic ash morphology". *Elsevier, GeoResJ*, 8: 14-30.
- MANGA M., PATEL A., DUFEK J., (2011). "Rounding of pumice clasts during transport: field measurements and laboratory studies". *Bullettin of Volcanology*, 73 (3): 321-33.
- MERCALLI G., SILVESTRI O., (1891). "Le eruzioni dell'isola di Vulcano, incominciate il 3 Agosto 1888 e terminate il 22 Marzo 1890 - relazione scientifica della Commissione incaricata dagli studi 177 del R. Governo". *Estratto dagli Annali dell'Ufficio Centrale di Mineralogia e Geodinamica, Parte 4, Vol. 10* 1888.
- MERIKALLIO S., MUÑOZ O., SUNDSTRÖM A.M., VIRTANEN T.H., HORTTANAINEN M., LEEUW G.D., ET AL., (2015). "Optical modelling of volcanic ash particles using Ellipsoids". *Journal of Geophysical research*, 120.
- MORRISSEY M.M., MASTIN L.G. (2000). "Vulcanian eruptions". In: *Sigurdsson H (ed) Encyclopedia of volcanoes. Academic Press, San Diego*, pp 463-475.
- RUST A.C., CASHMAN K.V., (2011). "Permeability controls on expansion and size distributions of pyroclasts". *Journal of Geophysical Results - Solid Earth*, 116.
- STACHOWIAK G.P., STACHOWIAK G.W., PADSIADLO P., (2008). "Automated classification of wear particles based on their surface texture and shape features". *Tribology International*, 41 (1): 34-43.
- VENTURA G., (2013). "Kinematics of the Aeolian volcanism (Southern Tyrrhenian Sea) from geophysical and geological data". *Geological Society London Memoirs, Chapter 2*.
- VENTURA G., VILARDO G., MILANO G., PINO N.A., (1999). "Relationships among crustal structure, volcanism and strike-slip tectonics in the Lipari-Vulcano volcanic complex (Aeolian Islands, Southern Tyrrhenian Sea, Italy)". *Physics of Earth and Planetary Interiors*, 166, 31-52.
- WANG C., HWANG W.T., SHI Y., (1989). "Thermal evolution of a rift basin: The Tyrrhenian Sea". *Journal of Geophysical Research*, 94, 9914006.

- 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 Datares-10



3D/5D - 3D Twin Borehole Geophone



P/S Wave Borehole Energy Source



Borehole Deviation Probe

EXPLORE

the world in a whole new way

Ultra
High Resolution IRMS



Scopri un nuovo mondo nella spettrometria di massa

Lo spettrometro di massa ad altissima risoluzione Thermo Scientific™ Ultra™ HR-IRMS decreta un nuovo standard nella misura dei rapporti isotopici nei gas: apre la strada all'esplorazione di traccianti isotopici finora impensabili nelle scienze della terra e dell'atmosfera, nella ricerca climatica, nella geochemica del petrolio, nei gas nobili e molto altro. Permette la misura avanzata dei *clumped isotopes*, delle *position specific isotopes*, oltre a tutte le applicazioni classiche.

Ultra HR-IRMS, lo strumento che rivoluziona l'analisi isotopica in tutti i suoi aspetti.

Scopri di più su thermofisher.com/ultra

Oppure contattaci: isotopeanalysis-italy@thermofisher.com

Studio di *back analysis* su l'evento franoso avvenuto in data 05/01/2019 a Castelmola (Me) per il dimensionamento di una barriera paramassi a protezione della S.P. 10

*Back Analysis Study On The Landslide Event That
Occurred On 05/01/2019 In Castelmola (Me) For The Sizing
Of A Rockfall Barrier To Protect The S.P. 10*

Orazio Barbagallo | Geologo, libero professionista – Docente Geologia Applicata UNIME orbarbagallo2@gmail.com
Arcangela Le Pira | Geologo Dirigente della U.O.S08.01 del Dipartimento Regionale di Protezione Civile- Sicilia

Termini chiave:

back analysis
barriera paramassi
frana in roccia

Keywords:

back analysis
rockfall barrier
landslide in rock

Abstract

This work reports the results of a "Back Analysis" study, designed to support the sizing of Rockfall Barrier, as part of a very urgent operation for mitigation of a collapse landslide occurred on 05/01/2019 by a limestone cliff in Castelmola (ME). The "Back Analysis" made it possible to evaluate the volume distribution of the collapsed rock blocks, the average value and the standard deviation. These values, together with those of the restitution coefficients on the paths of the boulders, also derived from "Back Analysis", were then employed to sizing the Rockfall Barrier.

Premessa

In data 05/01/2019 nel comune di Castelmola (ME), lungo la parete calcarea che delimita a NE l'abitato, si è verificato il crollo di un cospicuo numero di massi che, nel percorso di discesa a valle, hanno intersecato la stradella pedonale posta in c.da Cuculunazzo che congiunge l'abitato di Taormina con Castelmola e la SP 10 che rappresenta l'unica via di accesso al centro abitato di Castelmola.

L'evento franoso ha avuto origine su di una parete rocciosa sulla quale in passato si erano già riscontrati dei crolli, infatti nel 2013 sul versante orientale della Rocca su cui si adagia l'insediamento urbano era avvenuto uno

scoscendimento di blocchi rocciosi, fenomeno che si è ripetuto il giorno 11 del mese di novembre del 2016 quando dalla stessa parete posta all'ingresso dell'abitato si sono staccati dei grossi massi che sono rotolati a valle lungo il pendio rivolto a E-NE, dove si è verificata l'attuale frana. Nel presente lavoro si riporta uno studio di "Back Analysis" utilizzato per il dimensionamento delle opere di mitigazione del rischio effettuate a supporto di un intervento di somma urgenza eseguito lungo il versante in frana.

Caratteristiche geologiche dell'area

L'area ove è avvenuto il dissesto, da un punto di vista geologico, risulta estremamente complessa, essa è infatti caratterizzata da una struttura a thrust, con le unità Appenninico-Maghrebidi sormontate da quelle Kabilo-Calabridi che costituiscono l'ossatura dei Monti Peloritani. Il contatto fra queste unità è marcato dalla Linea di Taormina, che rappresenta un thrust a basso angolo, originatosi in età oligo-miocenica, successivamente ritagliato da strutture trascorrenti ad alto angolo di età più recente.

In particolare, nella zona in studio affiorano le unità più esterne Kabilo-Calabridi, composte da un basamento di epimetamorfiti erciniche con resti delle originarie coperture mesozoiche.

Le osservazioni di campagna, unitamente ai dati tratti dal progetto CARG dell'ISPRA (Foglio 613 – Taormina) e dalla Carta Geologica della Provincia di Messina, hanno evidenziato nella zona in studio l'affioramento dell'Unità tettonica di Longi-Taormina, sotto-unità di Castelmola, che forma la scarpata lungo la quale è avvenuto il crollo. Si tratta di calcari detritici grigiastri, biocalcareni algali ed oospatiti grigio-biancastre talora dolomitizzati, da massivi a stratificati, in grossi banchi.

Alla base della scarpata rocciosa calcarea è presente una sequenza paleozoica con tracce di fossili devoniani, ricoperta da spessori metrici di detrito, data da metamorfiti erciniche (*da semimetamorfiti fino a metamorfiti in facies di scisti verdi di BP e BT*).

In relazione alla configurazione morfologica nell'area si osservano numerose forme di instabilizzazione, riportate nella cartografia del Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) del Bacino Idrografico compreso fra il Fiume Alcantara e la Fiumara Agrò (097). Nella carta delle pericolosità e del rischio geomorfologico del PAI, si individua infatti una frana da crollo attiva con codice 097-5CM-048, che provoca l'insorgenza a valle di una vasta area con

pericolosità P4 (*Molto Elevata*) e con elementi a rischio da R3 (*Elevato*) a R4 (*Molto Elevato*).

Descrizione dell'evento

L'evento franoso del gennaio 2019 ha preso origine da una superficie di stacco posta immediatamente al di sotto della piazza di ingresso a Castelmola in corrispondenza di una rientranza della roccia, che già mostrava tracce di alterazione di color marrone-bruno, indicative del passaggio di acque d'infiltrazione circolanti nell'ambito dell'ammasso roccioso (Cfr. Fig. 1).

La superficie di rottura, ubicata su di una preesistente frattura, presentava un assetto a franapoggio molto acclive, caratteristica che ha evidentemente favorito lo scivolamento dei massi.

In prossimità della nicchia di distacco, nella parete litoide erano visibili grosse cavità, dovute sia a fenomeni di scalzamento dell'ammasso roccioso, causato dall'elevato grado di fratturazione, che all'azione erosiva delle acque di infiltrazione e di fenomeni di dissoluzione delle rocce carbonatiche.



Fig. 1 - Raffronto fra le condizioni dell'ammasso nel 2016 a sinistra e nel 2019 a destra (si noti l'assenza del grosso cuneo roccioso ancora presente nel 2016)

I suddetti fenomeni hanno portato alla formazione di pareti irregolari, caratterizzate da porzioni aggettanti, particolarmente vistose nella zona posta immediatamente al di sotto della piazzetta e del bar che si affaccia sulla scarpata. Già nel crollo avvenuto nel 2016, da un semplice primo esame visivo del versante risultavano evidenti le condizioni di elevato detensionamento dell'ammasso calcareo, favorite dalla presenza di discontinuità contraddistinte da persistenze elevate anche superiori ai 10-20 m, sia verticali che disposte a franapoggio e a traversopoggio o anche parallele alla scarpata. Tali discontinuità evidentemente erano capaci di condizionare la separazione ed il distacco di blocchi rocciosi di elevata volumetria.

In occasione della frana del 05/01/2019 dallo stesso ammasso roccioso si è verificato il crollo di un grosso cuneo roccioso caratterizzato da un volume non inferiore a 13-15

m³ circa, per un peso complessivo compreso tra 32 e 37 tonnellate. I massi sono rotolati a valle lungo il pendio rivolto ad E-NE. Lo sciame di blocchi ha invaso la strada pedonale Sottoporta-Cuculunazzo, attualmente interdetta alla fruizione. Altri blocchi hanno raggiunto la strada provinciale SP 10, che collega l'abitato di Castelmola con Taormina, alcuni di loro si sono fermati su di uno spiazzale della strada provinciale, mentre uno in particolare ha attraversato la carreggiata urtando la ringhiera che delimita il ciglio di valle dell'arteria stradale (Cfr. Fig 2 – percorso dei blocchi). La superficie di stacco si pone sulla sommità di una scarpata alta poco più di 30 m, con acclività media di 70° circa, ed interessa l'ammasso posto immediatamente al di sotto della piazzetta d'ingresso al paese di Castelmola.

Nel crollo del 05/01/2019, a seguito dei sopralluoghi in sito si è potuta constatare la caduta di 18 blocchi di maggiori



Fig. 2 - Evento 2019, la linea rossa indica il percorso del masso più avanzato

dimensioni, unitamente ad una serie di ciottoli più piccoli risultanti dai fenomeni di ulteriori frammentazioni dei massi in caduta, di volume totale difficilmente valutabile.

Studio di *back analysis*

A prescindere dalle opere di rafforzamento corticale, realizzate per mettere in sicurezza sia la zona di distacco della frana che il muretto orientale della piazza e consiste prevalentemente in strutture di sottomurazione, si è proceduto



Fig. 3 - Nicchia di distacco e detrito di falda alla base della parete

al dimensionamento di una barriera paramassi posta a salvaguardia della SP 10. Visto il carattere di somma urgenza del progetto, per il dimensionamento della struttura e per valutare i volumi, le energie e le altezze sviluppate nel crollo, si è pensato di fare una serie di rilievi in sito atti a sviluppare uno studio di "Back Analysis" della frana.

Indagini realizzate

Le indagini a supporto dello studio di "Back Analysis" sono consistite nella misura del volume dei blocchi scoscesi, onde definire sia la magnitudo dell'evento sia per valutare il cosiddetto "Blocco di progetto", da inserire alla base delle calcolazioni per il dimensionamento della Barriera. Considerato che nel crollo del gennaio 2019 si sono instabilizzati 18 massi rocciosi di maggiori dimensioni, possiamo concludere che l'evento franoso è assimilabile al crollo di uno sciame di blocchi di cui alcuni si sono fermati a monte, altri hanno proseguito a valle fino alla SP 10.

Misure sui blocchi

La prima fase delle indagini è consistita nella catalogazione dei blocchi scoscesi e nella misurazione, su apposite schede, dei singoli volumi a partire da massi presenti a monte fino a quelli arrivati a valle:

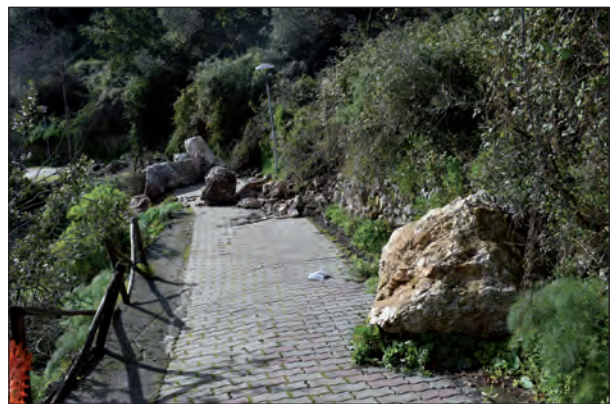


Fig. 4 - Massi presenti a monte lungo la via Cuculunazzo



Fig. 5 - Massi caduta sulla SP10

Blocco n° 1 - Volume (m³) = 1,08



Blocco n° 2 - Volume (m³) = 0,70



Blocco n° 3 - Volume (m³) = 0,32



Blocco n° 4 - Volume (m³) = 0,25



Blocco n° 5 - Volume (m³) = 1,62



Blocco n° 6 - Volume (m³) = 0,57



Blocco n° 7 - Volume (m³) = 0,39



Blocco n° 8 - Volume (m³) = 0,62



Blocco n° 11 - Volume (m³) = 0,40



Blocco n° 9 - Volume (m³) = 0,29



Gruppo di Blocchi n° 10 - Volume (m³) = 0,50



Blocco n° 12 - Volume (m³) = 1,03



Blocco n° 13 -Volume (m³) = 0,54



Blocco n° 14 -Volume (m³) = 0,92



Blocco n° 15 -Volume (m³) = 0,89



Blocco n° 16 -Volume (m³) = 0,73



Blocco n° 17 -Volume (m³) = 0,36



Blocco n° 18 -Volume (m³) = 0,22



Elaborazione dati

I risultati delle misure sono riportati nella tabella 1:

Tab. 1 - Rilievo dei massi - frana Castelmola	
Masso n°	Volume (m³)
1	1,08
2	0,70
3	0,32
4	0,25
5	1,62
6	0,57
7	0,39
8	0,62
9	0,29
10	0,50
11	0,40
12	1,03
13	0,54
14	0,92
15	0,89
16	0,73
17	0,36
18	0,22
Volume min.	0,22
Volume max	1,62

I dati per il dimensionamento del “*blocco di progetto*” sono funzione di alcuni parametri quali la media e la deviazione standard della *Sample Population relativa* ai volumi misurati nel corso delle indagini. È evidente che la presenza di valori estremi, per esempio molto più bassi o molto più alti rispetto alla maggior parte dei dati, può aumentare o diminuire in modo significativo i due predetti stimatori, tanto più se si hanno a disposizione pochi campioni.

Prima di procedere alla determinazione dei principali parametri si rende perciò necessario valutare le serie di dati a disposizione eliminando, se sono presenti, i cosiddetti *outlier*, nome con cui si indica un dato che giace al di fuori del modello di distribuzione applicato, ovvero che non è ben interpolato dal modello stimato.

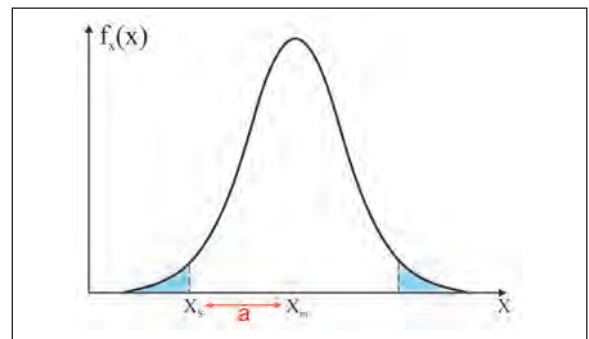


Fig. 6 - In azzurro è evidenziata la probabilità che si presentino dati esterni all'intervallo $[(x_m - a), (x_m + a)]$

In statistica esistono diversi criteri per l'eliminazione dei dati spuri da una serie di valori; nel presente lavoro abbiamo applicato il criterio di Chauvenet che fornisce un metodo per stabilire l'affidabilità di un dato che appartenga a una funzione di distribuzione $f(x)$.

Supposta una distribuzione normale con media x_m , se x_s è il dato sospetto, si procede calcolando la probabilità associata alla presenza di eventi lontani dalla media per più di x_s . Sia quindi:

$$|x_m - x_s| = a$$

la distanza tra la media e il dato sospetto;

Essendo la funzione di distribuzione presa in esame simmetrica rispetto a x_m , la probabilità che capitino eventi esterni all'intervallo $[(x_m - a), (x_m + a)]$ sarà:

$$Pr\{X < (x_m - a)\} + Pr\{X > (x_m + a)\} = 2 \int_{x_m+a}^{\infty} f(x) dx$$

Quindi, se la probabilità risultante è:

$$p < 0.5 \approx 0$$

allora si rigetta il dato x_s e si ripete il procedimento con un a minore. Se invece è:

$$p > 0.5 \approx 1$$

il dato si conserva e si ripete il procedimento con un a maggiore. In poche parole, nel criterio di Chauvenet non si calcola la probabilità che il valore sospetto ricada entro la deviazione standard, viceversa si calcola di quante deviazioni standard esso dista dalla media. I risultati ottenuti sono riportati nelle tabelle 2 e 3:

Tab. 2 – Ricerca degli outlier					
Masso n°	Volume (m³)	1° test di Chauvenet			
1	1,08	Valore Massimo		Valore Minimo	
2	0,70	X=	1,62	X=	0,22
3	0,32	Z=	2,707	Z=	-1,152
4	0,25	P1 =	0,497	P1 =	0,375
5	1,62	P2=	0,007	P2=	0,249
6	0,57	R atteso =	0,002	R atteso =	0,091
7	0,39	verifica	Rifiutato	verifica	Rifiutato
8	0,62				
9	0,29				
10	0,50				
11	0,40				
12	1,03				
13	0,54				
14	0,92				
15	0,89				
16	0,73				
17	0,36				

18	0,22
media	0,63
dev. Standard	0,36
Volume min.	0,22
Volume max	1,62

Tab. 3 – Ricerca degli outlier					
Masso n°	Volume (m³)	2° test di Chauvenet			
1	1,08	Valore Massimo		Valore Minimo	
2	0,70	X=	1,08	X=	0,25
3	0,32	Z=	3,192	Z=	-0,057
4	0,25	P1 =	0,499	P1 =	0,023
5	0,57	P2=	0,001	P2=	0,954
6	0,39	R atteso =	0,000	R atteso =	0,256
7	0,62	verifica	Rifiutato	verifica	Rifiutato
8	0,29				
9	0,50				
10	0,40				
11	1,03				
12	0,54				
13	0,92				
14	0,89				
15	0,73				
16	0,36				
media	0,60				
dev. Standard	0,27				
Volume min.	0,25				
Volume max	1,08				

La nuova distribuzione, a meno dei 4 outlier prima eliminati, è quella riportata nella tabella 4:

Tab. 4 – Distribuzione corretta del volume dei blocchi	
Masso n°	Volume (m³)
1	0,70
2	0,32
3	0,57
4	0,39
5	0,62
6	0,29
7	0,50
8	0,40
9	1,03
10	0,54
11	0,92
12	0,89
13	0,73
14	0,36

Trovandoci di fronte ad una distribuzione con un numero di campioni piccolo (*in statistica un numero di campioni inferiore a 30 è considerato "piccolo"*), per ovviare alla conseguente approssimazione degli errori insiti nello stimatore della media della *Sample Population*, rispetto a quelli della *Target Population*, abbiamo applicato la correzione di "Student" (*William Sealy Gosset - 1908*), funzione del grado di libertà del campione.

Nella fattispecie è stata applicata la seguente formula:

$$x_{medio}^{95\%} = \mu(x) + t^{95\%} \frac{\sigma(x)}{\sqrt{n}}$$

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella 5:

Tab. 5 - Correzione dei valori della media (metodo di Gosset)	
n° campioni	14
gradi di libertà (n-1)	13
T (variabile di Student) (95%)	1,76
media corretta	0,70 m³
deviazione standard	0,24

Una volta ricavata la media corretta dei dati, abbiamo potuto ricostruire la distribuzione teorica normale della serie, restituita nella figura 7 e nella tabella 6, ove sono stati riportati i valori significativi compresi quelli degli stimatori statistici di riferimento utilizzati per i calcoli, dati dai frattili 5% e 95%.

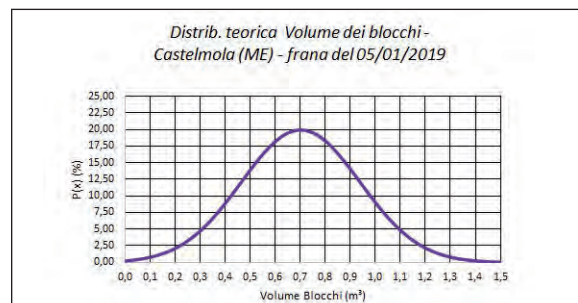


Fig. 7 - Distribuzione teorica normale del valore dei volumi dei blocchi

Tab. 6 - Valori statistici significativi della distribuzione del volume	
media corretta	0,70 (m³)
Deviazione standard	0,24
Frattile 5%	0,31 (m³)
Frattile 95%	1,09 (m³)

A questo punto siamo in grado di valutare i principali parametri del blocco teorico di progetto:

Tab. 7 - Dati riassuntivi dimensionamento blocco di progetto		
Vol. Minimo (m³)	Vol. max (m³)	Vol. medio (m³)
0,31	1,09	0,70
Lato del cubo equivalente		
Minimo (cm)	Massimo (cm)	Medio (cm)
67,74	102,94	88,79
Diametro della sfera equivalente		
Minimo (cm)	Massimo (cm)	Medio (cm)
84,1	127,7	110,2

Tab. 8 - Peso del blocco di progetto in kN e Tonn		
Peso di volume in kN		Peso di volume in Tonn
23,00		2,35
Peso del blocco di progetto in kN		
minimo	massimo	medio
7,15	25,09	16,10
peso del blocco in tonn		
minimo	massimo	medio
0,76	2,56	1,64

Analisi traiettografica

Per definire l'energia cinetica dei blocchi in caduta, abbiamo sviluppato un'analisi traiettografica di tipo 3D, utilizzando il software Geomassi della Ditta Dolmen, applicando il metodo "Lumped Mass Ibrido".

L'utilizzo del metodo ibrido ci permette di eliminare alcuni errori insiti nel "lumped mass puro", che considera per l'avanzamento del blocco solo il moto contrassegnato da impatto e rimbalzo, ovvero una modalità di avanzamento che, provocando un elevato dispendio energetico, risulta spesso poco cautelativa ai fini dell'analisi traiettografica di un blocco in caduta.

Infatti una maniera di simulazione più precisa del moto in discesa di un blocco lungo una parete, deve prevedere il cosiddetto "rotolamento equivalente". Per fare ciò bisogna però definire una condizione di passaggio da moto con impatto e rimbalzo a moto di rotolamento.

Esistono diversi metodi per definire il cambio di tipo di moto, per esempio:

- il principio della massima efficienza del moto (Hung & Evans, 1988);
- assumere che il cambio di moto si ha quando l'angolo risultante tra traiettoria del blocco che impatta in un punto e la retta tangente al pendio, in quel punto, è minore di un dato valore (Piteau, 1976).

Nella fattispecie il passaggio da un moto definito da una sequenza di rimbalzi ad un roto - scivolamento è stato stabilito in funzione del tempo intercorso tra due rimbalzi successivi. In poche parole, il cambiamento di moto poteva

avvenire se il tempo trascorso (t) tra un rimbalzo ed il successivo fosse minore di una data soglia, così stabilita:

$$t < \frac{1}{\frac{3}{2}e}$$

Di seguito sono elencate le ipotesi poste alla base del calcolo utilizzate dal software Geomassi:

- Il masso è sintetizzato come un punto materiale, ignorando aspetti collegati alla forma e orientamento dei blocchi all'istante dell'impatto con la superficie del pendio.
- Il fenomeno d'impatto è schematizzato con riferimento ai coefficienti di restituzione dell'energia, che rappresentano completamente le caratteristiche dell'impatto. Tali coefficienti sono considerati distintamente nella componente normale e tangenziale;
- Il fenomeno di roto-scivolamento è schematizzato con riferimento al coefficiente di attrito volvente dei terreni sul pendio;
- Il calcolo delle velocità post-impatto è eseguito con modello Colorado Rockfall Simulation Program (CRSP), basato sulla conservazione dell'energia;
- L'effetto della parte aerea della vegetazione, se presente, è valutato attraverso una resistenza viscosa lineare equivalente. La forza resistente risultante è applicata al centro di massa di ciascun blocco;
- La geometria del versante è rappresentata da una maglia di triangoli. L'analisi del rimbalzo e del roto-scivolamento su ciascun triangolo è eseguita con riferimento al piano che lo contiene; viene però anche definito un valore di rugosità del terreno (altezza media delle asperità), che influisce sull'angolo di rimbalzo, secondo le dimensioni del blocco;
- L'analisi delle varie fasi del moto (rimbalzo - volo - roto-scivolamento) prosegue fino all'arresto del blocco, che avviene quando l'energia traslazionale è inferiore a $[1 \cdot e - 0,6]$ o la velocità traslazionale è inferiore a $0,005$ (m/s).

In relazione alla necessità di sintetizzare un fenomeno complesso come la caduta di un masso lungo un pendio, considerando l'aleatorietà dei parametri che governano l'analisi (topografia, interazione blocco-terreno, condizioni iniziali etc), si è applicato un **modello statistico tipo montecarlo**. Infatti ad alcuni parametri, tra cui le dimensioni del blocco, la velocità iniziale, i coefficienti di restituzione, l'angolo d'attrito, la scabrezza ed altri, è stata applicata una distribuzione statistica di tipo normale o gaussiano, definita dal valor medio μ e dallo scarto quadratico medio (o deviazione standard) σ . Ad ogni evento (impatto) lungo il percorso di un blocco, viene casualmente associato un nuovo valore compreso tra quelli prima definiti.

Tipologia terreni

Per valutare i rimbalzi dopo l'urto o il rotolamento dei blocchi, bisogna assegnare ai terreni presenti i coefficienti di restituzione e l'angolo d'attrito volvente. Nella fattispecie, tenuto conto che conosceamo il punto di partenza e di arrivo dei massi instabilizzati, abbiamo realizzato, anche in questo caso, uno studio di *Back Analysis* partendo da dati di letteratura fino ad ottenere dei coefficienti di restituzione che risultassero in linea con il percorso realmente seguito dai blocchi.

Per ciò che concerne l'angolo d'attrito volvente, i valori ricavati dallo studio di "Back Analysis" sono stati comparati con quelli risultanti dall'applicazione della formula di Kirkbye & Statham (1975):

$$\tan \varphi_{ud} = \tan \varphi_0 + \frac{k \cdot d}{2 \cdot R}$$

dove:

φ_{ud} = angolo d'attrito dinamico (volvente);

φ_0 = angolo d'attrito di base;

k = costante;

d = altezza media delle asperità lungo il pendio (m);

R = diametro del blocco.

Sono stati in tal modo definiti i parametri valore medio e scarto quadratico medio (o deviazione standard) dei coefficienti di restituzione. La rugosità del terreno, definita dal parametro di scabrezza, è stata valutata in funzione dell'altezza della massima asperità. La distribuzione di questo parametro è uniforme e varia tra zero ed il valore massimo definito. I valori dei coefficienti di rimbalzo tangenziale e normale sono stati calcolati in relazione ai percorsi dei massi prima riportati. I dati ottenuti sono i seguenti:

Tab. 9 – Coefficienti di restituzione							
descr. terreno	Rn	σ	Rt	σ	Mu	σ	d (m)
Roccia in posto	0.69	0.2	0.62	0.19	0.54	0.16	0.4
Detrito grossolano	0.5	0.2	0.68	0.18	0.60	0.18	0.4

Rn = coefficiente di restituzione normale;

Rt = coefficiente di restituzione tangenziale;

Mu = tangente dell'angolo d'attrito volvente;

σ = deviazione standard;

d = altezza delle asperità lungo il pendio.

Profilo del versante

Il profilo del versante è stato modellato attraverso una sequenza di superfici triangolari. Le coordinate dei punti sono state importate da un file DTM ASCII fornito dalla Regione Sicilia. La maglia di triangoli applicata ha le seguenti caratteristiche:

- Numero di vertici = 12556;
- Numero di triangoli = 24624;
- Lunghezza minima lato triangolo = 2 (m);
- Lunghezza massima lato triangolo = 14,2927 (m);
- Lunghezza media lato triangolo = 2,6358 (m);
- Superficie totale = 65589,39 (m²);
- Superficie totale, tipo terreno "Roccia in posto" = 23793.18 (m²);
- Superficie totale, tipo terreno "Detrito grossolano non vegetato" = 41796.2 (m²).

Zone di distacco e barriera paramassi

Nel modello sono state definite 2 zone di distacco ("Zona 1 - A" e "Zona 1 B"), poste sulla porzione più elevata della scarpata, immediatamente al di sotto della piazzetta e dell'edificio che si affaccia sul versante. Per ognuna delle due linee di distacco sono stati generati 100 massi (*per un totale di 200 lanci*), con le seguenti caratteristiche:

- *Peso di volume* = 23 (kN/m³);
- *Blocco rappresentato da una sfera con diametro compreso tra 0,841 e 1,277 m;*

Le velocità medie iniziali in direzione X e Y sono state poste pari a 1 m/sec. Come opera di mitigazione del rischio da caduta massi, a parte le opere di rafforzamento corticale prima citate ed ubicate nell'ammasso roccioso posto immediatamente al di sotto della piazzetta, è stata prevista la realizzazione di una Barriera paramassi a 3 moduli, ognuno largo 10 m, per un'ampiezza complessiva di 30 m. I dati ottenuti sono di seguito riportati:

Risultati

Dati traiettorie



Fig. 8 - 3D punti d'arresto dei massi (vista da NE)

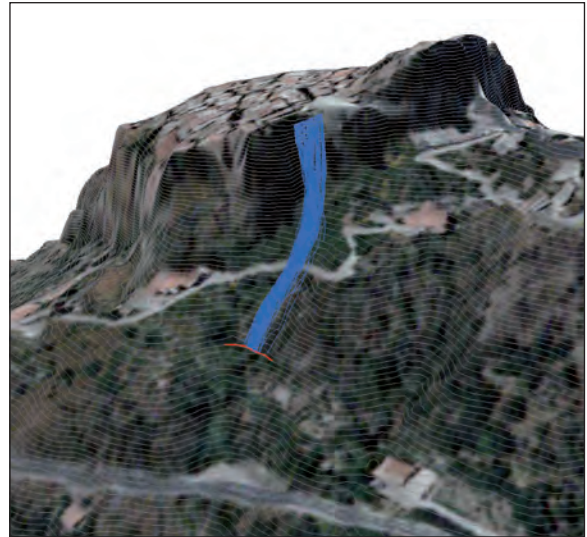


Fig. 9 - Traiettorie 3D (vista da NE)

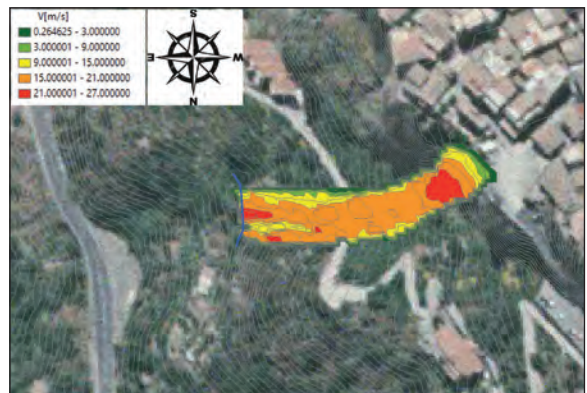


Fig. 10 - Iso Velocità (m/s)

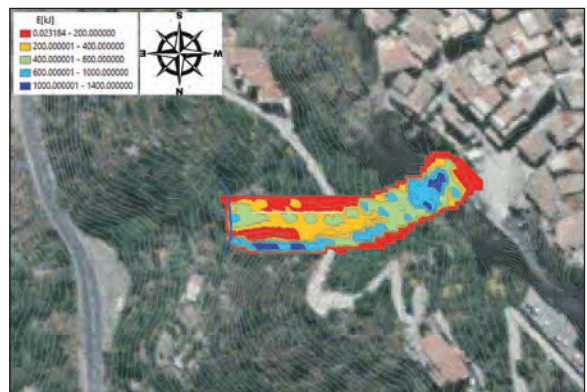


Fig. 11 - Iso Energie (kJ)



Fig. 12 - Iso Altezze

Dimensionamento della barriera paramassi

Nella Regione Sicilia per i fenomeni di crollo si devono applicare le norme previste nel DDG n° 1067 (*direttive per la redazione degli studi di valutazione della pericolosità derivante da fenomeni di crollo*), conosciuto con il nome di *Decreto Crolli*, emanato al fine di garantire l'univocità dei dati di analisi per il rilascio di pareri conseguenti a studi per la valutazione della pericolosità delle frane da crollo. In esso l'approccio logico degli studi prevede la realizzazione di una procedura di analisi sviluppata in più fasi con grado di approfondimento crescente. Ad un primo livello di analisi preliminare (**FASE 1**) che permette di valutare, in una prima approssimazione cautelativa, l'area di transito ed arresto dei massi in caduta per alcune tipologie e dimensioni delle frane di crollo, segue una fase di scenario progettuale (**FASE 2**) per la definizione delle energie che si possono sviluppare lungo gli scendimenti dei massi ed una terza fase di progetto (**FASE 3**) per il dimensionamento degli interventi attivi e/o passivi.

Gli scenari di riferimento per la progettazione delle opere di mitigazione del rischio da crollo devono attenersi a quanto definito all'interno delle linee guida predisposte dall'European Organisation for Technical Approvals (**EOTA**) e nella Guida per il benessere tecnico Europeo di Sistemi di Protezione Paramassi, denominato **ETAG 027**.

Gli studi debbono essere condotti per la definizione del **blocco di progetto**, di cui si dovranno determinare le dimensioni massime (*frattile 95%*), minime (*frattile 5%*) e medie, e del **crollo di progetto**.

Per quanto riguarda quest'ultimo, è previsto che la modellazione venga realizzata in base ai differenti cinematismi riscontrati ed in particolare facendo riferimento alle seguenti tipologie indicate dalla normativa tecnica:

- *crollo di un masso isolato;*
- *crollo di uno sciame di blocchi;*
- *crollo che si esplica in condizioni temporali tali da*

poter essere considerato come un unico evento;

- *crolli ripetuti, concentrati in tempi ristretti, lungo la stessa direttrice.*

Le analisi fin qui condotte, articolate e finalizzate all'individuazione di un modello di comportamento dell'ammasso roccioso e del sottostante versante nei riguardi dei possibili futuri fenomeni di crollo, ci hanno permesso di definire la tipologia di crollo, di delimitare l'area di transito dei massi e di valutare le altezze e le energie cinetiche delle loro traiettorie.

In particolare, per ciò che concerne il crollo di progetto, si è ritenuto che il meccanismo più probabile fosse rappresentato dal crollo di uno *sciame di blocchi*, mentre per il volume del blocco di progetto si è fatto riferimento a quanto riportato nella tabella 7. Per i dati di altezza di impatto sulle barriere e le velocità di arrivo dei blocchi si è fatto riferimento ai coefficienti di restituzione riportati nella tabella 9. Per definire le caratteristiche principali delle barriere (*energia di assorbimento e altezza di intercettazione*) abbiamo applicato le norme UNI (11211 - 4), mentre per il dimensionamento degli elementi di fondazione si è fatto riferimento alle NTC (DM 17/01/2018) e agli Eurocodici.

Le ETAG 027 introducono due livelli energetici: il MEL (*Livello Energetico Massimo*) ed il SEL (*Livello Energetico di Servizio*); nel nostro caso considerato che la frana era rappresentata dallo scoscendimento di diversi blocchi, abbiamo considerato un "*crollo di progetto*" dato dalla caduta di sciame di blocchi. Per la verifica degli SLU abbiamo perciò fatto riferimento al livello energetico SEL.

Valori ottenuti al livello energetico SEL

Vt (velocità di progetto dei blocchi) = 20,51 m/sec (frattile 95%);

md = (massa del blocco di progetto) = 25,59 kN (frattile 95%);

l = coefficiente amplificativo di protezione = 1,1 (adm);

Ed = (energia cinetica sollecitante di progetto) = 592,01 (kJ);

Hd = (altezza di progetto calcolata con franco minimo di 0,55 cm) = 2,3

γ_E = coefficiente da applicare a Ed per livello energetico SEL = 1,0;

E = (energia di assorbimento richiesta alla Barriera) = 592,01 kJ;

Il quadro dei risultati ottenuti per il livello energetico SEL è riportato nella tabella 10.

Tab. 10 - Verifica dimensionamento barriera paramassi al livello energetico SEL		
velocità calcolata - frattile 95% Vt (m/sec)	altezza calcolata - frattile 95% Hd (m)	energia cinetica richiesta alla barriera Ed (kJ)
20,51	2,3	592,01

Come si può osservare, in relazione alle caratteristiche richieste alla barriera in condizioni SEL, si è resa necessaria l'applicazione di una barriera certificata di livello 5 categoria A, cioè una barriera caratterizzata da una capacità di assorbimento in condizioni MEL di 2000 kJ, che diventano 660 kJ in condizioni SEL (*valore maggiore di 592 kJ ottenuto*

dal calcolo). L'altezza residua della barriera, dopo il primo impatto, non deve essere inferiore a 3 m, ciò significa che l'altezza minima pre-impatto deve essere di almeno 4 m. In base a ciò è stata scelta una barriera certificata, di altezza pari a 5 m e resistenza MEL di 2000 KJ, riportata nella figura 13.

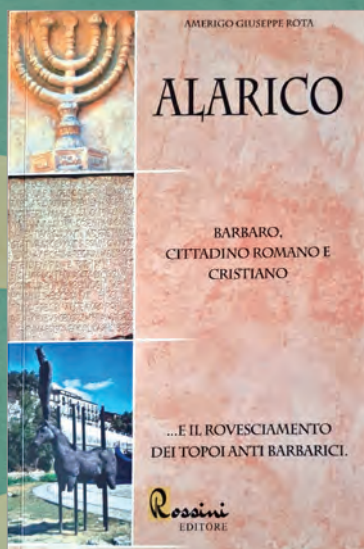


Fig. 13 – Barriera paramassi realizzata

Bibliografia

- BARBAGALLO O. (1997) - *Valutazioni statistiche per la caratterizzazione strutturale di un ammasso roccioso* - Boll. Ord. Reg. Geologi di Sicilia n 2.
- BARBAGALLO O. (2014) - *L'importanza del modello geologico e geostrutturale negli studi geomeccanici* - Boll. Ord. Reg. Geologi di Sicilia anno XXII - numero unico 2014.
- BARNETT, VIC AND LEWIS, TOBY. "Outliers in Statistical Data". 3rd edition. Chichester: J.Wiley and Sons, 1994. ISBN 0-471-93094-6
- BALLESTER MUNOZ F., FONSECA J.L.F., TORRES VILAS J.A. (1996) - *Protección contra desprendimientos de rocas* - Pantallas dinamica. Ministerio de Fomento. Secretaria de Estado de Infraestructuras y Transportes, Direccion General de Carreteras.
- DE COL R., COCCO S. (1996) - *Motivazioni tecniche ed economiche per la standardizzazione di prove sulle opere paramassi nella Provincia Autonoma di Trento*. Giornata di studio su. "La protezione contro la caduta di massi dai versanti rocciosi", Associazione Georisorse e Ambiente, Torino, pp. 65-72.
- Dolmen - IS GeoMassi.
- DUFFY J.D. (1992) - *Field tests of flexible rockfall barriers*. Brugg Technical note. DUFFY J. (1996) - Field tests and evaluation of Hi-tech low energy chain link rockfall fence. Report n. CA/05- 96-01. California Dept. of Transportation. San Luis Obispo. Ca.
- EOTA (2006) - (Organizzazione Europea per il Benestare Tecnico). - *Linee guida per il benessere europeo di Kit di protezione contro la caduta di massi*.
- ETAG 27(2008) - *Guida per il benessere tecnico europeo di sistemi di protezione paramassi*.
- FRANZETTI S., LURASCHI D. (1974) - *Due nuovi metodi di prevenzione e protezione dalla caduta di masse rocciose su centri abitati e opere civili*. Le strade (10).

- GIANI G.P. (1997) – *Caduta di massi - Analisi del moto e opere di protezione*. Hevelius Edizioni, pp. 1-118.
- GIANI G.P., GIACOMINI A., MIGLIAZZA M., SEGALINI A. (2004) – *Experimental and theoretical studies to improve rock fall analysis and protection work design*. Rock Mech. Rock Engng, 37 (5), pp.369-389.
- Norme UNI 11211 - *Opere di difesa dalla caduta massi Parte 4: Progetto definitivo ed esecutivo*.
- PEILA D., PELIZZA S., SASSUDELLI F. (1995) – *Prove in scala reale su barriere paramassi deformabili a rete*. GEAM 86, pp. 147-153
- PEILA D., PELIZZA S., SASSUDELLI F. (1998) – *Evaluation of behaviour of rockfall restraining nets by full scale tests*. Rock Mech. Rock Engng, 31, 1, pp. 1-24
- WEISSTEIN E. W., Distribuzione t di Student, in MathWorld, Wolfram Research.



Autore:

Amerigo Giuseppe Rota

Editore: Rossini (Rende)

Pagine: 276

Anno: 2021

Alarico

Barbaro, cittadino romano e cristiano ...e il rovesciamento dei topoi anti barbarici

Tra l'attenta ricostruzione storica e la descrizione del potente mistero della posizione della Tomba di Alarico, con annesso tesoro, si incastona una corposa e mirabile ricerca geologica sui luoghi del possibile prezioso ritrovamento. Al centro del Saggio storico dell'Autore c'è la Calabria, terra per la quale traspare evidente la complicità dell'Autore e per la quale esprime tutta la voglia di far risaltare i drammi, i misteri e la bellezza.

La parte geologica della ricostruzione storica è condotta con meticoloso metodo scientifico: vengono presentati i risultati delle tecniche geologiche tradizionali (rilevamento geologico e lettura delle carte) e di quelle tecnologicamente più avanzate (indagini geofisiche, immagini Lidar). Forse trasportato alla scoperta per via del suo nome, l'Autore si imbatte in una esplorazione di dati, luoghi, testi antichi fornendo un accurato documento intriso di passione. Come tutti gli attenti ricercatori pone solo delle ipotesi sulla posizione della Tomba: a circa 4 km dalla Consolare Popilia, all'intersezione tra il fiume Acheronte e i flussi salutiferi. Ma non vorrei togliere la sorpresa. Ottimo lavoro di ricerca e scrittura semplice e comprensiva.

New Date



15 -18 September 2021
Piacenza - Italy

GEO FLUID

Drilling & Foundations

23rd International Exhibition & Conference
of Technology and Equipment
for Prospecting, Extracting
and Conveying Underground Fluids

www.geofluid.it



2021 Mostra Internazionale
International Exhibition



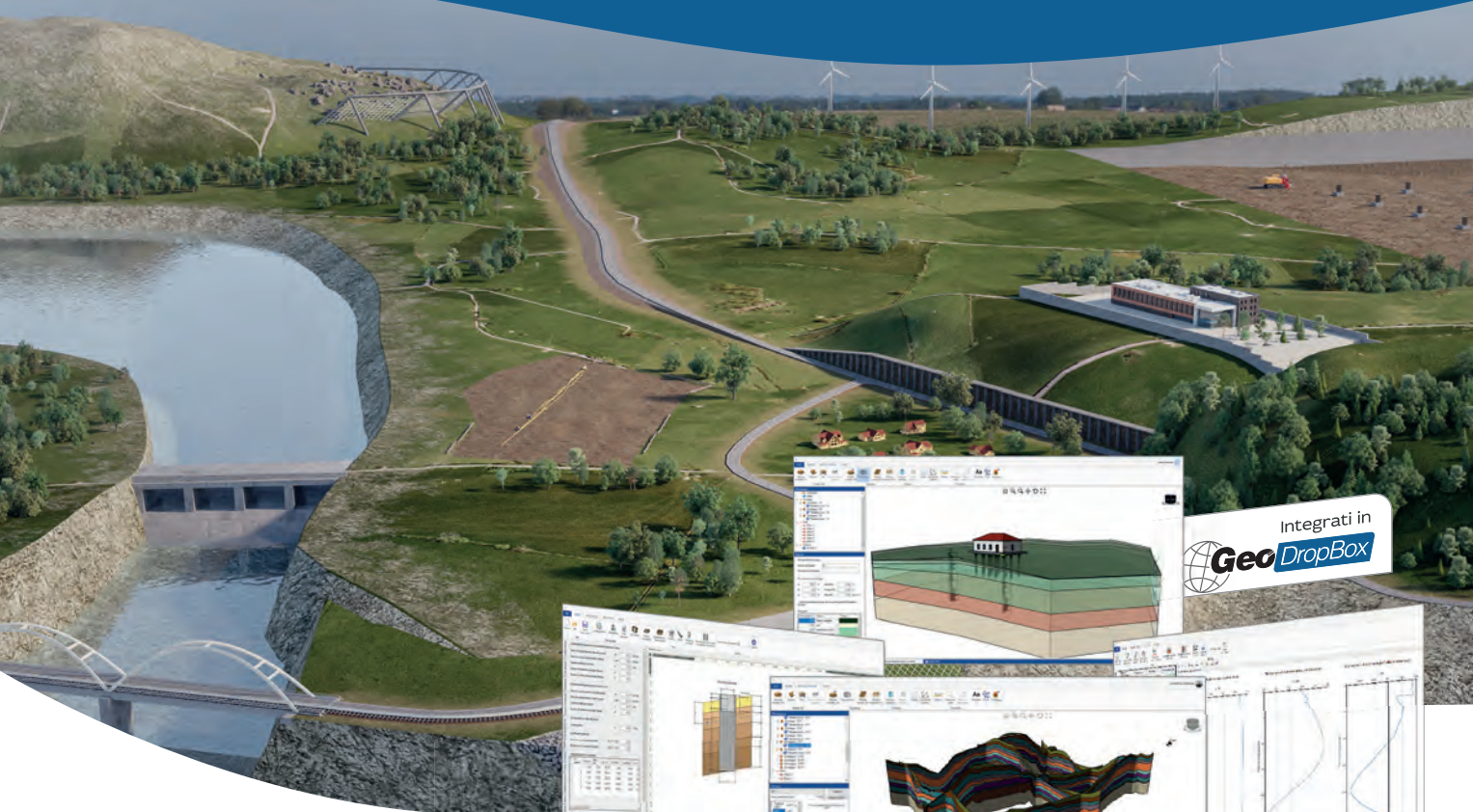
Head Offices and Exhibition Centre: PIACENZA EXPO SpA - Tel.: +39 0523 602711 - geofluid@piacenzaexpo.it

International Representative: Mediapoint & Communications s.r.l. - Tel.: +39 010 5704948 - E-mail: info@mediapointsrl.it

GEOSTRU IL PARTNER GIUSTO PER LA TUA PROFESSIONE

Produciamo software di successo a livello mondiale.

Leggi la nostra storia su: geostru.eu/it/storiageostru



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

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 36.000 installazioni in più di 135 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 AGS4.

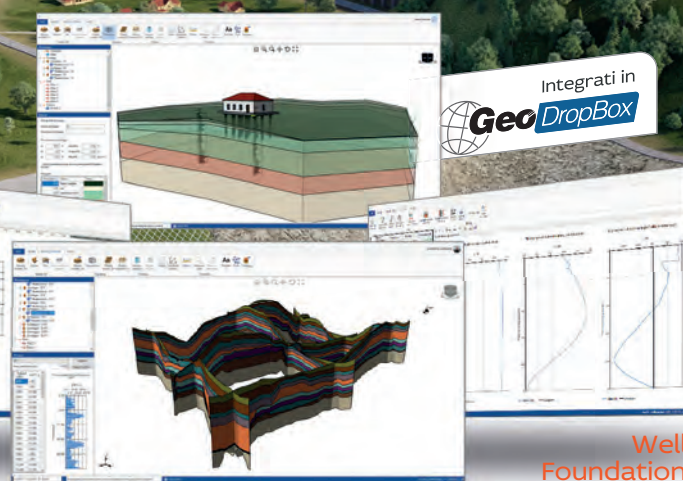
Tutti i prodotti sono pienamente compatibili con Normativa Italiana (NTC) e gli Eurocodici.

**Un partner IT che risponde
ad ogni tua esigenza professionale.**



Per i lettori
in esclusiva un
codice di sconto!

Leggi il QR code



GM3D

Well
Foundation

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 2022
- Risposta sismica locale 2D
- GFAS (Geotechnical and F.E.M. Analysis System)
- GeoDropbox 2022
- GeoApp 2022 (<https://geoapp.geostru.eu>)
- GeoStru 365
- 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

