

# GEOLOGIA TECNICA & AMBIENTALE



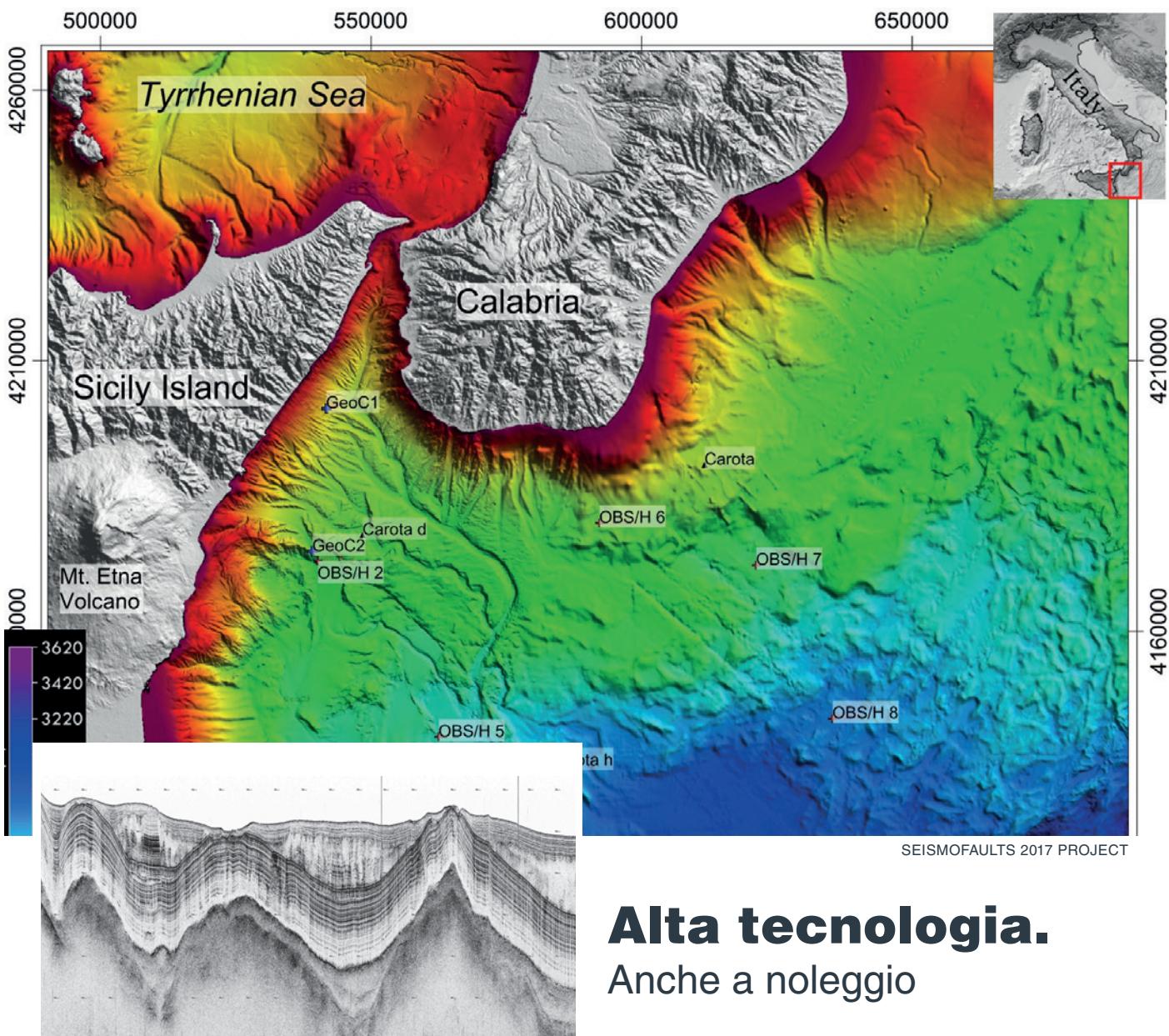
## In questo numero

**Focus su:**  
*Piano Nazionale  
di Ripresa e Resilienza*

Variazioni delle  
caratteristiche vulcanologiche  
e fisico-meccaniche  
dell'Ignimbrite Campana

Sulla inapplicabilità dei  
coefficienti fisiografici  
di Knessey negli studi  
idrogeologici in Sicilia

# Professione Geologo



Strumenti per:

## Studio del sottosuolo

Sismica, geoelettrica, magnetometria, Georadar 3D ...

## Rilievi dei fondali, delle coste, dei porti, dragaggio

Multibeam, SideScan Sonar e SubBottom Profiler, ADCP, modem acustici, release, AUV, USV ...

## Vulcanologia e monitoraggio sismico

Stazioni e reti sismiche, OBS, inclinometri ...

**Alta tecnologia.**  
Anche a noleggio



**CODEVINTEC**

Tecnologie per le Scienze della Terra e del Mare

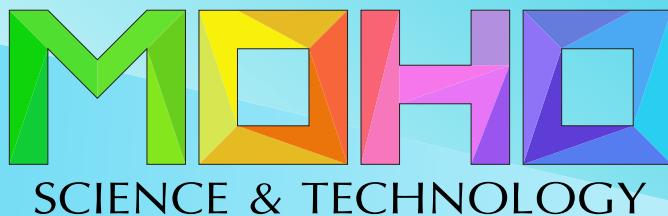
# La sicurezza di grandi performance su ogni terreno.



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.**





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](http://www.moho.world/corsi)



[www.moho.world](http://www.moho.world)  
VENEZIA





### CTD Logger multiparametrico (conducibilità, temperatura, pressione)

- Precisione / scala di conducibilità del sensore:  
± 1% max. / 0,2...200 mS/cm
- Precisione / sensore Pt1000 per monitorare la temperatura:  
± 0,1 °C / -10...40 °C
- Precisione / campo di pressione (profondità):  
± 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



# LEVELLOGGER 5

## LA QUINTA GENERAZIONE DEI DATALOGGER SOLINST®



La precisione e l'affidabilità Solinst® si consolida con il rinnovo dell'intera gamma di datalogger per il monitoraggio di livello, temperatura, conducibilità e precipitazioni.

### Caratteristiche\*

- Sensore di pressione in Hastelloy con una precisione del  $\pm 0,05\%$  FS.
- Disponibili con sensore di pressione di tipo assoluto o a tubo aperto.
- Rivestimento polimerico in PTFE interno ed esterno applicato a caldo PFAS-free.
- Batteria di lunga durata: 10 anni!
- 150.000 set completi di dati.
- Intervalli di campionamento programmabili da 1/8 di secondo a 99 ore.
- Disponibili in versioni di fondo scala da 5 a 200 m.
- Connattività ottica ad alta velocità.

### Applicazioni

- Caratterizzazione degli acquiferi.
- Test di pompaggio.
- Fluttuazione del livello dei porti e delle maree.
- Studi sulla salinità e sulle intrusioni saline.
- Monitoraggio delle acque di scioglimento.
- Monitoraggio del plume nelle attività di bonifica.
- Monitoraggio a lungo termine in pozzi e piezometri.
- Monitoraggio di livello in corsi d'acqua, bacini, ecc.

\*Le caratteristiche variano in base al modello.

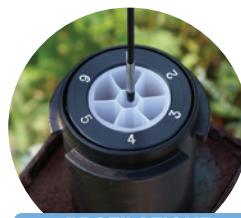
Da sempre impegnati nell'offrire le soluzioni tecnologiche più avanzate e affidabili per misure e monitoraggio di livello, campionamenti low-flow e indisturbati, analisi qualitative delle acque sotterranee o di superficie. Abbiamo selezionato i migliori prodotti disponibili sul mercato internazionale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



MISURE DI LIVELLO



CAMPIONAMENTO  
LOW-FLOW



PROFILAZIONE  
MULTILIVELLO



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



# SOLUZIONI PER L'AMBIENTE



## Registrazione e trasmissione remota dei dati

(livello, temperatura, conducibilità)

## PIU' STRUMENTI PER PIU' PARAMETRI



Ossigeno  
disiolto



Torbidità



Conducibilità  
e salinità



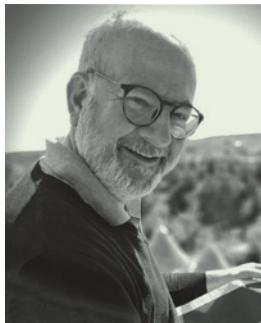
Pompe pneumatiche  
automatiche ATEX



Fotometro  
portatile



Sonda  
multiparametrica



**Alessandro Reina**

Direttore Responsabile

**Molti** anni fa mio padre durante un viaggio in macchina per raggiungere un luogo sperduto delle Murge baresi, mi disse che se incontri un uomo o una donna per strada, bisogna sempre salutare, altrimenti penserà che sei un nemico. Gli sconosciuti devono diventare conosciuti.

In questo editoriale di Geologia Tecnica e Ambientale troverete molti saluti perché è un numero di nuovi incontri che si aprono al mondo della Geologia o che partono verso nuove esperienze. Salutiamo uomini e donne che diventano nuove conoscenze e nuove amicizie.

Con stima rivolgiamo il saluto al Presidente Violo e ai componenti del nuovo Consiglio Nazionale dei Geologi certi che saranno in grado di fare un buon lavoro ma soprattutto saranno forieri di iniziative in grado di fornire ai professionisti nuovi e più significativi strumenti per avere dignità e forza nel mondo del lavoro.

Salutiamo la nuova veste grafica della rivista che manterremo in formato cartaceo ma con un maggiore aspetto tecnico nelle immagini e nei contenuti. Non cambieranno certamente gli obiettivi che la Rivista si è sempre imposta, volti a fornire strumenti ed esperienze di conoscenza per la pratica professionale.

In questo numero del nuovo anno sono presenti oltre ad uno spazio dedicato agli iscritti e un Focus sul Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza vi sono due articoli di grande interesse tecnico scientifico. Il prof. Rolandi e il suo gruppo di lavoro presentano una disamina dettagliata in cui viene messa in evidenza una chiara relazione tra il modello vulcanologico dell'aggradazione progressiva e quello geotecnico relativo alle variazioni delle caratteristiche fisico-meccaniche del deposito ignimbritico del Tufo giallo Campano.

Il collega siciliano Maniaci presenta una nuova metodologia di adattamento dei coefficienti fisiografici nell'applicazione del metodo Kennessey, utile alla risoluzione dei molti problemi per l'esecuzione di bilanci idrogeologici.

La già stretta collaborazione tra la Redazione di questo giornale e in nuovo Consiglio porterà alla realizzazione di un aggiuntivo moderno progetto editoriale, tutto su piattaforma informatica, che darà contezza dell'attività di Consiglio e della Fondazione Centro Studi, di eventuali nuove indicazioni fiscali e amministrative, dell'esito del lavoro delle Commissioni tecniche, delle nuove leggi e norme e di tutto ciò che riguarda l'attività professionale. Sarà uno strumento di consultazione rapido ed efficace che siamo certi aiuterà quotidianamente tutti i geologi.

Crediamo nei cambiamenti: per migliorare bisogna avere il coraggio di cambiare. Ognuno di noi può fare tanto. Ci sia di ispirazione la frase di Albert Einstein: Non pretendiamo che le cose cambino se continuiamo a fare nello stesso modo.

Un particolare ed affettuoso saluto a due colonne portanti della segreteria del Consiglio Nazionale, Maria Antonietta Marino e Maristella Becattini che hanno visto tanti Presidenti e tanti Consiglieri succedersi nelle stanze romane contribuendo sempre con esperienza e responsabilità ai ruoli e ai compiti ricevuti.

*Ad Maiora!*

*Buona lettura.*



# GeoStudio

Il software di modellazione per geoingegneri ed earth scientists.

GeoStudio è una suite software integrata per la modellazione della stabilità dei pendii, della deformazione del terreno e del trasferimento di calore e di massa nel suolo e nella roccia.

## TROVARE SOLUZIONI AI PROBLEMI DI GEOINGEGNERIA



Dighe e Argini



Pareti Rinforzate e Pendii



Scavi e Miniere a cielo aperto



Strade, Ponti e Terrapieni



Tutela dell'Ambiente



Studio Acque sotterranee



Congelamento del Terreno



Deformazioni da Terremoto



Idrologia zone insature (vadose)

## COMPORRE

DISEGNARE LA GEOMETRIA O IMPORTARE FILE CAD

GeoStudio fornisce molti strumenti per definire il dominio del modello 2D o 3D, tra cui l'importazione di coordinate, il copia-incolla, il feedback di lunghezza e angolo, l'unione e la suddivisione delle aree e l'importazione di file DWG/DXF.

## LAYERGROUP

RISOLVERE PIÙ ANALISI CONTEMPORANEAMENTE

GeoStudio esegue ogni risolutore di analisi in parallelo, consentendo di risolvere in modo efficiente analisi multiple su computer con i moderni processori multi-core.

## CONDIVIDERE

INTERPRETARE I RISULTATI CON LA VISUALIZZAZIONE E LA RAPPRESENTAZIONE GRAFICA

GeoStudio fornisce potenti strumenti di visualizzazione, tra cui grafici, curve di livello, isoline o isosuperficie, animazioni, interrogazioni interattive di dati ed esportazioni di dati in fogli di calcolo per ulteriori analisi.



**Arcangelo Francesco Violo**

**C**ara collega, caro collega, come ho avuto modo di accennare, a novembre scorso, ad avvio di questa nuova Consiliatura, il Paese ed i suoi cittadini stanno affrontando la più grave crisi economica, sociale e sanitaria dall'ultima guerra mondiale e le ripercussioni si fanno sentire con conseguenze pesanti anche sulle categorie professionali tecniche, tra cui quella dei Geologi.

Tante sono le questioni che fin da subito abbiamo affrontato: dal rapporto e il confronto con le altre categorie professionali e con il mondo universitario e della ricerca, alle tematiche più generali, ma di grande attualità, quali ad esempio l'ambiente e la tutela del territorio, in una visione di sviluppo ecosostenibile.

Per raggiungere gli obiettivi che ci siamo prefissati, siamo convinti che c'è la necessità di un grande impegno comune, che ha bisogno di unità di intenti da parte di tutte le componenti della nostra categoria; dobbiamo lavorare tutti insieme se vogliamo tutelare e valorizzare la nostra professione.

Il Consiglio in carica è, infatti, consapevole che per garantire tale crescita e sviluppo della professione di geologo è necessario migliorare le condizioni del lavoro intellettuale su tutti i fronti. Sarà così possibile incrementare le opportunità lavorative.

Per raggiungere questi obiettivi stiamo puntando, da un lato, alla concreta attuazione dell'equo compenso e alla riforma del "Decreto Parametri" e, dall'altro lato, alla riforma del DPR 380/2001 (Testo Unico sulle Costruzio-

ni) e all'aggiornamento delle NTC 2018. Solo mettendo insieme la componente economica e quella tecnica si potrà sviluppare l'auspicata qualità della progettazione geologica.

Una vera svolta non potrà, poi, prescindere da una nuova formulazione dell'offerta universitaria e postuniversitaria, che richiede oggi più che mai di allinearsi alla domanda del mercato professionale e alle esigenze di una moderna professione tecnica, che sia in grado di esaltare le applicazioni e gli interventi geologici secondo concetti viepiù deterministici e concreti.

A tal riguardo, ricordo che i Geologi italiani svolgono un ruolo fondamentale nella gestione delle criticità ambientali, che tra l'altro rappresentano uno dei punti di maggiore debolezza del Paese, perché siamo professionisti capaci di "leggere" le complessità del territorio ed interpretarne le evoluzioni; noi rappresentiamo una componente professionale indispensabile nella previsione e prevenzione dei rischi naturali, nelle emergenze, nella razionalizzazione dello sfruttamento delle georisorse, nella pianificazione territoriale e nello sviluppo delle energie rinnovabili.

Siamo, in sostanza, gli unici a poter appagare la domanda di maggiore sicurezza "geologica", che è cruciale per il benessere sociale e l'incolumità dei cittadini.

Parallelamente a quanto sopra descritto, il Consiglio Nazionale ha altresì favorevolmente affrontato e raggiunto, tra i primi ordini professionali tecnici, l'obiettivo della modifica delle procedure elettorali proprie e degli Ordini Regionali, introducendo le modalità telematiche da remoto, come previsto dall'art. 31 del DL 28 ottobre 2020, n. 137 ("Ulteriori misure urgenti in materia di tutela della salute, sostegno ai lavoratori e alle imprese, giustizia e sicurezza, connesse all'emergenza epidemiologica da Covid-19"). Considerando che i tentativi di dotare le istituzioni ordinistiche di meccanismi elettorali più moderni risalgono addirittura ai primi anni del decennio passato e che la norma di riferimento è datata 2005, ben si comprende quanto fosse sentita, anche da parte degli iscritti, l'esigenza di introdurre procedure al passo con i tempi, che potessero garantire partecipazione democratica e semplicità di accesso, in un quadro di dovuta sicurezza informatica.

Infatti, il 24 dicembre scorso il Ministro della Giustizia ha approvato il "Regolamento sulle elezioni con modalità telematiche dei Consigli dell'Ordine Nazionale e degli Ordini Regionali dei Geologi", recependo il testo trasmesso dal Consiglio Nazionale. Il superamento di un meccanismo elettorale oramai obsoleto e la

semplificazione della partecipazione ai procedimenti elettorali, ha rappresentato un cambio di paradigma ben più complesso e sistematico nel rapporto tra professionisti ed Ordini professionali, a cui va aggiunto il rafforzamento dell'obbligo della dotazione del domicilio digitale, nella direzione della semplificazione, della sburocratizzazione e dell'innovazione.

Sempre sotto il profilo strettamente ordinistico, il Consiglio Nazionale ha provveduto ad indicare un Consigliere referente che fungesse da raccordo tra le attività del Consiglio e gli Ordini Regionali, a riordinare le Commissioni interne permanenti e a creare Aree Tematiche di interesse ed approfondimento, al fine di dotarsi del massimo supporto nelle proprie attività.

Inoltre, è stato avviato un dialogo con la componente geologica di EPAP per affrontare in maniera sinergica le questioni che interessano i geologi liberi professionisti in questo periodo di pandemia. È stata, poi, programmata la messa in campo di iniziative congiunte anche con il Presidente di EPAP, tra cui quella per la copertura assicurativa della responsabilità civile professionale dei geologi mediante una polizza che possa offrire migliori condizioni contrattuali e premi concorrenziali.

Sul versante normativo è stata programmata e messa in campo un'azione più incisiva ed efficace, anche mediante coinvolgimento della Fondazione Centro Studi, che ha dato e darà modo di approfondire e partecipare al dibattito nazionale su alcuni temi di interesse della categoria e contemporaneamente promuovere azioni positive per la tutela e la valorizzazione della professione di geologo. In tal senso sono da considerare le partecipazioni alle sedute delle Commissioni parlamentari di Camera e Senato, tra cui quelle per il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), apportando proposte e valutazioni tese a migliorare il testo e la qualità delle azioni in esso comprese. Su questo tema il Consiglio Nazionale è costantemente impegnato, anche nell'ambito della Rete Professioni Tecniche, con osservazioni e proposte emendative.

Non va dimenticato nemmeno l'avvio di percorsi per il riconoscimento del ruolo tecnico dei geologi nelle Pubbliche Amministrazioni, che sono stati già intrapresi presso le ARPA e il Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, settori nei quali l'apporto professionale del geologo è indiscutibile, così come è di fondamentale importanza il contributo del Consiglio Nazionale all'interno della Struttura Tecnica Nazionale di supporto alle attività della Protezione Civile.

Procede, altresì, l'impegno del Consiglio all'interno dell'Osservatorio istituito dal Commissario Straordinario e del Tavolo Tecnico per la ricostruzione dei territori colpiti dal sisma 2016, mentre azioni sinergiche sono state avviate anche con l'Associazione Nazionale Comuni d'Italia. Infatti, attraverso un incontro con il Presidente della Commissione nazionale LL.PP, nonché Vice Presidente dell'Associazione Nazionale Comuni Italiani, sono state accordate diverse attività di carattere informativo nei confronti dei Comuni e per l'emanazione di linee guida con lo scopo di supportare i tecnici delle Amministrazioni locali nella redazione di capitoli, bandi e avvisi che comprendano la figura tecnica del Geologo.

Tra le altre iniziative di sostegno e sponsorizzazione va ricordata la candidatura di Firenze e Assisi quali città ospitanti il "World Water Forum 2024", un evento che rappresenta per l'Italia una grande occasione internazionale per approfondire le tematiche rappresentate dalle sfide globali sull'acqua, in termini di approvvigionamento, distribuzione e consumo in maniera razionale ed equilibrata.

Sul versante europeo, infine, prosegue l'impegno all'interno della Federazione Europea dei Geologi (FEG) attraverso la partecipazione al Board con il Segretario Generale italiano, proposto e sostenuto dal Consiglio Nazionale.

Colgo l'occasione per ringraziare il Presidente a cui sono subentrato, unitamente a tutto il Consiglio uscente, per il lavoro svolto, che ci onoriamo di proseguire.

# Professionisti del Gas Radon in Aria, Acqua e Suolo

## Decreto Legislativo 101-2020

I rivelatori a tracce nucleari di tipo Radonalpha-C sono costituiti da una camera di diffusione in plastica conduttriva all'interno della quale è posizionato un rivelatore costituito di una resina di derivazione ottica PoliAllilDiglicolCarbonato o PADC o più semplicemente CR-39. Il dosimetro viene spedito all'utilizzatore in un involucro di plastica sottovuoto impermeabile al Radon per evitare esposizioni indesiderate. Il rilevatore chiuso nel suo box ha un tempo di conservazione di 1 anno a temperatura ambiente.

### CARATTERISTICHE

Tipo Dosimetro: SSNTD chiuso

Rivelatore: PADC Cr-39 Tastrack

Periodo di esposizione raccomandato: da tre a sei mesi

Range di Esposizione: 5000 Bq/mc anno o 20000 Bq/mc 3 mesi

Minimo livello rilevabile: 20 Bq/mc

Il sistema di misura viene calibrato periodicamente presso organismi internazionali tra cui BFS e HPA

Le pellicole contenute nei rilevatori Radonalpha-C vengono analizzate presso il nostro laboratorio accreditato UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2018.

### RISULTATI

Il prezzo di acquisto del rilevatore e' comprensivo delle spese di sviluppo ed invio del Rapporto di Prova.



Contatti

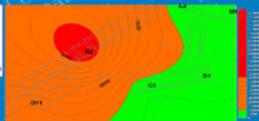


Certificazioni



Shop

LEGENDA:  
Aree a concentrazione  
Normale - Protezione  
Aree a concentrazione  
Media - Protezione  
Aree a concentrazione  
Alta - Protezione Full



# PIANO NAZIONALE di RIPRESA e RESILIENZA

*Le osservazioni e le proposte del Consiglio Nazionale dei Geologi*

**I**l **Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza** (PNRR), concentra la sua azione di rilancio attorno a tre assi strategici: la Digitalizzazione e l'innovazione, a cui assegnare almeno il 20% degli stanziamenti del Recovery e Resilience Facility (RRF); la Transizione ecologica a cui assegnare almeno il 37% del medesimo fondo europeo ed infine il 43% da utilizzare per la Coesione sociale.

Tra le sei Missioni in cui si articola il PNRR, ciò che ci preme evidenziare sono alcune dimenticanze strutturali e la completa assenza della previsione di fattori preventivi nelle Linee d'intervento che accompagnano la **Missione 1 - DIGITALIZZAZIONE, INNOVAZIONE, COMPETITIVITÀ E CULTURA** e in particolare per quanto riguarda la Componente Turismo e Cultura 4.0, ma anche due delle quattro Componenti della **Missione 2 - RIVOLUZIONE VERDE E TRANSIZIONE ECOLOGICA** e le due Componenti della **Missione 3 - INFRASTRUTTURE PER UNA MOBILITÀ SOSTENIBILE**.

È ormai universalmente riconosciuto che le calamità naturali che periodicamente colpiscono il Paese sono determinate da fattori naturali, alcuni imprevedibili, come i terremoti, e altri che la scienza ha consentito di poter prevedere anche con largo anticipo, come gli eventi indotti

dai cambiamenti climatici, come frane, alluvioni, erosioni costiere, subsidenza, etc.. Fenomeni che provocano e che nel passato hanno provocato enormi danni economici e soprattutto migliaia di vittime. Se poi rivolgiamo lo sguardo al degrado delle infrastrutture e all'abbandono dei territori montani, il tema della prevenzione e l'esigenza di programmare condizioni ideali per migliorare la resilienza deve essere un obiettivo primario per qualsiasi Governo e ancor più se questa spinta proviene da moniti precisi del Parlamento Europeo. In quest'ottica, diventa essenziale puntare su interventi non strutturali di accertamento e verifica delle condizioni al contorno prima dell'attuazione di nuovi interventi; ciò anche se si vuole puntare sulla manutenzione straordinaria delle reti a nastro e delle infrastrutture ad esse collegate (ponti, viadotti e gallerie), così come quelle deputate all'approvvigionamento idrico e idroelettrico o sul sistema dell'edificato più in generale.

La storia ci insegna che il costo degli interventi post emergenziali nel nostro Paese possono arrivare fino a dieci volte il loro valore se non vengono realizzati considerando, in via preventiva, le condizioni di sicurezza e gli aspetti di pericolosità presenti nell'ambiente naturale. Pertanto, la strada obbligata per riuscire a limitare i rischi è quella di investire nella prevenzione, perché non solo riesce a dare un quadro esaustivo delle pericolosità ambientali presenti in una determinata area, ma una volta definite e quantificate, gli interventi sia di messa in sicurezza che di nuova attuazione possono contare su una riduzione sensibile dei rischi e in particolare sulla salvaguardia delle vite umane.

Scorrendo il PNRR, nella **Componente Turismo e Cultura 4.0 della Missione 1**, laddove viene posto l'accento sulla necessità di "... *incrementare l'attrattività del Paese investendo nel sistema turistico e culturale attraverso la modernizzazione delle infrastrutture materiali e immateriali*", con l'obiettivo di rilanciare in chiave sostenibile i settori del turismo e della cultura, non vengono evidenziate tra gli 8 Mld

*il tema della  
prevenzione  
e l'esigenza di  
programmare  
condizioni ideali  
per migliorare la  
resilienza deve essere  
un obiettivo primario  
per qualsiasi  
Governo*

## proposta M1C3

Data la quantità e la distribuzione di questo immenso patrimonio nel territorio italiano, ma anche con l'obiettivo di perseguire una strategia di integrazione sempre più intensa tra la filiera del turismo naturalistico e quella del patrimonio culturale e paesaggistico dei borghi, delle aree interne e degli itinerari culturali ed enogastronomici, **è possibile stimare una quota del 10% (0,8 Mld) degli stanziamenti previsti per la Componente M1C3** da finalizzare a specifici interventi di valorizzazione e messa in disponibilità pubblica, come valore aggiunto alle entrate sotto la voce *Turismo sostenibile*.

Per quanto riguarda le **Componenti M2C2, M2C3 ed M2C4** della Missione 2 si osserva tra gli obiettivi generali la volontà: di stimolare la crescita di una filiera industriale nei settori tecnologici legati alla produzione di energia da fonti rinnovabili con 0,36 Mld; di migliorare la performance antismisica e l'efficientamento energetico degli edifici pubblici (comprese le scuole) e privati con 37,32 Mld; di assicurare la gestione sostenibile della risorsa idrica lungo l'intero ciclo con 4,38 Mld, il contrasto al dissesto idrogeologico con 3,61 Mld e l'attuazione di un programma di riforestazione con 1,6 Mld (FEARS). Misure assolutamente condivisibili, che tuttavia mancano, dalla lettura delle Linee d'intervento, del sostegno economico degli interventi non strutturali che ne consentono l'attuazione in sicurezza.

Considerando la Componente M2C2 è evidente l'obiettivo del Governo di sostenere il sistema di approvvigionamento elettrico principalmente con l'incremento del fotovoltaico e dell'eolico, mentre non viene considerata la geotermia tra le filiere delle nuove tecnologie applicate al geoscambio termico a bassa entalpia mediante "circuiti chiusi", ovvero senza alterazioni dell'ambiente. Una filiera che porterebbe benefici sostanziali sul piano del risparmio energetico da fonti tradizionali e applicabile indistintamente sull'intero territorio nazionale. Parimenti, nessun cenno viene fatto a proposito del mini idroelettrico, nonostante entrambi i sistemi siano le nuove frontiere delle energie rinnovabili e della sostenibilità del territorio, ma anche un sostegno ai nuovi settori tecnologici.

le modalità di fruizione della cultura e del patrimonio naturalistico italiano, formato da numerosi parchi e riserve, anche riconosciuti come SIC, e non si considerano le emergenze geologiche rappresentate dai geoparchi e dai geositi, che costituiscono uno dei tratti distintivi del nostro Paese e di grande attrattiva per il turismo naturalistico. La valorizzazione di questo inestimabile patrimonio dovrebbe viaggiare anche attraverso canali digitali e raggiungere un vasto pubblico, guidandolo nei percorsi e nella scoperta del territorio nazionale, andando a completare la filiera del turismo naturalistico in un Paese universalmente apprezzato per le sue bellezze naturali.



## proposta M2C2

Davvero insufficiente appaiono le somme investite (0,36 Mld) per questo segmento della Componente M2C2, che tra l'altro non prevede:

**a** **La produzione di energia attraverso la geotermia a bassa entalpia (geoscambio),** che permette di realizzare impianti di climatizzazione di ambienti residenziali ed industriali con pompe di calore geotermiche, rispettando l'ambiente in quanto non entrano in diretto contatto con esso. È una tecnologia ben conosciuta nei Paesi Europei, in particolare quelli nordici, e consente l'utilizzo e la valorizzazione a fini energetici di una risorsa disponibile nel sottosuolo. I benefici derivanti dall'adozione di questa tecnologia sono rilevanti sotto molti aspetti, tra cui la riduzione dell'inquinamento dell'aria in ambito urbano con l'azzeramento delle emissioni dirette di CO<sub>2</sub> e di polveri sottili, e la riduzione dei costi energetici sulle bollette delle famiglie. Complessivamente, l'impatto economico per lo sviluppo della risorsa geotermica a bassa entalpia **può essere stimato pari a 0,4 Mld nel periodo 2021-2026**, comprendendo nella valutazione una rimodulazione degli incentivi previsti dai vari provvedimenti cosiddetti "Ecobonus"; l'estensione degli incentivi anche ai nuovi edifici poiché devono rispettare il *Near Zero Energy Building* (NZEB) e una quota minima



percentuale di energia rinnovabile sul fabbisogno energetico complessivo. Pertanto, per favorire l'utilizzo della fonte geotermica a bassa entalpia, è auspicabile l'introduzione dell'incentivo economico sul differenziale di costo dato dal sistema di geoscambio sul tradizionale, ma prevedere anche l'esenzione sulla parte variabile degli oneri generali di sistema. Si rinvia, sul punto, per i restanti profili specifici, all'**Allegato di approfondimento 1**.

**b** **La produzione di energia da mini impianti idroelettrici,** ovvero impianti di dimensioni inferiori a 1 MW, che è incentivata dal Decreto Rinnovabili FER 1 ed ha permesso finora il via libera a 500 nuovi impianti. Questi impianti sono caratterizzati dal fatto di avere una potenza installata ridotta e quindi possono essere utilizzati per piccole strutture ed hanno il vantaggio di avere un impatto ambientale e paesaggistico minore. Attualmente in Italia sono attivi più di 3400 impianti che producono oltre 5.500 MW il cui costo di installazione dipende direttamente dalla potenza installata, variando mediamente da 1.500 a 3.000 Euri/kW. Nella **previsione quinquennale di un raddoppio di questi piccoli impianti** (mediamente da 300/400 kW) la **spesa complessiva si aggira intorno a 2,55 Mld**, ma i vantaggi ambientali si traducono in un minor impatto ambientale e paesaggistico, in costi di investimento contenuti e tempi di ammortamento veloci e comunque in linea con la vita media degli impianti, ma anche nella possibilità di essere installati nei torrenti e corsi d'acqua minori.

La **Componente M2C3** mira invece ad intercettare l'adeguamento antisismico della maggior parte dei 14,5 milioni di edifici presenti nel Paese che sono stati costruiti in epoche precedenti alle vigenti normative legate alla sicurezza antisismica e per questo motivo esposti enormemente ai rischi sismici. In particolare, per quanto riguarda la messa in sicurezza del patrimonio edilizio pubblico, si fa riferimento ai cosiddetti edifici e strutture sensibili (scuole, edilizia residenziale pubblica, caserme, edifici di culto e della giustizia etc.), che richiedono capillari interventi di prevenzione attraverso indagini dirette e indirette nell'ambito geomorfologico significativo, fino al calcolo e alla valutazione dei parametri sito specifici. Indagini e calcoli che vanno previsti anche per le costruzioni private esistenti e per le future realizzazioni.

# PIANO NAZIONALE di RIPRESA e RESILIENZA



## proposta M2C3

Il concetto di sicurezza sismica va declinato non solo al passato, cioè sull'edificato datato prima degli anni '70, ovvero prima dell'introduzione della Legge 64/74 (nota come Legge antisismica, oggi parzialmente abrogata), ma anche per le nuove costruzioni e in entrambi i casi con interventi d'indagine specifica sulla congruenza strutturale alle condizioni geosismiche locali, attraverso lo studio previsionale di microzonazione sismica (SMZ) da porre alla base dei Piani Regolatori (PRG) e dei Piani d'Intervento (PI) per una programmazione urbanistica di un territorio comunale in sicurezza.

Ora, se per l'adeguamento antisismico del patrimonio immobiliare privato, stimato dal Centro Studi CNI intorno ai 100 Mld, è stato previsto lo strumento del Sismabonus con il sistema della detrazione fiscale al 110% dei costi sostenuti per gli interventi, le indagini e la progettazione (Decreto Legge n. 63/2013, convertito con Legge n. 90/2013 – Decreto Sismabonus), **per adeguare gli edifici pubblici alle regole antisismiche la Protezione Civile Nazionale ha stimato un costo che si aggira intorno ai 50 Mld** (fonte: Il Sole 24 Ore). Una somma quasi doppia rispetto a quella prevista nella Componente M2C3, che tra l'altro comprende anche l'efficientamento energetico degli immobili pubblici.

**Per quanto riguarda, invece, l'adeguamento degli strumenti urbanistici dei Comuni italiani**

**e l'aggiornamento dei PAI**, seguendo un fattore progressivo dei costi in base al numero di abitanti per realtà comunali, ovvero determinando il costo in funzione di sette fasce di popolazione, **la stima si aggira intorno a 0,8 Mld.**

È indispensabile sottolineare quanto siano importanti questi strumenti urbanistici e di pianificazione in generale ai fini di una programmazione rispettosa dell'ambiente e delle condizioni geo-idro-morfologiche territoriali, per le quali va considerata la necessità di un monitoraggio ed aggiornamento costante, per essere in grado di interfacciarsi con il sistema cartografico ambientale e con la **Carta geologica e geotematica d'Italia** (CARG), tutt'oggi purtroppo ancora da completare per il 56% del territorio italiano e per la quale, mediante una valutazione comparata tra gli incarichi in essere e quelli già terminati, **è possibile stimare, per difetto, un costo complessivo di circa 0,25 Mld.**

La **Componente M2C4** (pagina seguente) punta in particolare sulla sicurezza dell'approvvigionamento idrico, sulla gestione integrata dei bacini idrografici al fine di prevenire e contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici sui fenomeni di dissesto idrogeologico, ma anche sulla manutenzione straordinaria degli invasi e dei sistemi di approvvigionamento. Inoltre, tra gli obiettivi compaiono gli interventi per la resilienza e la valorizzazione del territorio.





## PIANO NAZIONALE di RIPRESA e RESILIENZA

focus

### proposta M2C4

**a** Considerando i finanziamenti previsti per gli interventi di mitigazione dei rischi derivanti da **fenomeni di dissesto idrogeologico**, che nelle previsioni di piano rivestono carattere strategico nell'ottica delle politiche di sviluppo sostenibile e di crescita economica dei territori, si rilevano **investimenti ridotti** a soli 3,61 Mld, che riprendono, tra l'altro, le risorse già stanziate con il *"Piano nazionale per la mitigazione del rischio idrogeologico, il ripristino e la tutela della risorsa ambientale"* per 3,36 Mld; **dunque una nullità se si pensa alle oltre 620.000 frane censite dall'IFFI nel territorio italiano e ai danni da alluvione, per i quali viene stimato un costo di oltre 65 Mld** (fonte: ANCE). In questo quadro ben vengano quindi le risorse stanziate (1,6 Mld) per la mitigazione dei rischi da dissesto declinate in misure di tipo estensivo attraverso la riforestazione dei bacini idrografici e sistemazioni di idraulica forestale, come interventi di regimazione del ruscellamento di versante in prospettiva antierosiva. Inoltre, tra le misure supplementari non strutturali che possano accompagnare la realizzazione o l'adeguamento dei Piani di gestione delle acque e del rischio alluvioni **vanno previsti gli uffici compartmentali di monitoraggio e controllo**

**delle risorse idriche superficiali e sotterranee e dei rischi idrogeologici** che possano affiancare gli uffici comunali e regionali di progettazione delle misure strutturali di contrasto al dissesto idrogeologico. Per queste strutture è prevedibile un primo impiego di 500 unità tra tecnici specialisti e amministrativi, **per un valore d'investimento stimato attorno a 0,2 Mld**. Infine, sempre tra le misure non strutturali, vanno considerati **i presidi territoriali** che contribuiscono significativamente alla prevenzione del dissesto idrogeologico e consentano una corretta gestione del rischio idrogeologico attraverso il monitoraggio e la prevenzione, anche in considerazione del cambiamento climatico in corso. Tra l'altro, la necessità si pone in linea con quanto previsto nella Missione 6 – SALUTE del PNRR, ove il concetto di presidio territoriale per la creazione di una rete di assistenza diffusa e prossima ai cittadini assume una valenza particolare per l'ambiente in senso lato. Si rinvia, in conclusione, all'**Allegato di approfondimento 2** per tutti i profili da considerare nello specifico.

**b** Il tema della manutenzione degli invasi rappresenta, per il sistema di produzione energia elettrica, una delle più importanti criticità. Le **541 più grandi dighe**, delle oltre 4300 oggi funzionanti, secondo il Comitato Italiano per le grandi dighe **hanno bisogno di interventi straordinari di pulizia dei materiali di interramento**, che rappresentano il 55% del volume totale di accumulo potenziale di tutte le grandi dighe. Complessivamente, **il costo necessario per la loro rimozione è stato stimato in 66 Mld**.

**c** Parlare di resilienza e di valorizzazione del territorio senza una previsione organica che comprenda il risanamento delle aree degradate e contaminate significa trasferire alle future generazioni un territorio privo di sviluppo. Di questo argomento non vi è traccia nella Componente M2C4 eppure la bonifica e il disinquinamento delle aree industriali dismesse non solo costituiscono un valore urbanistico aggiunto, ma permettono la resilienza urbana attraverso la diminuzione di consumo di suolo.



Sostanzialmente anche la Missione 3 (Infrastrutture per una mobilità sostenibile), che si pone tra i suoi obiettivi generali la sicurezza delle arterie stradali e dei ponti e viadotti ammalorati, non tiene nella dovuta considerazione la necessità di investigare le ragioni di alcune loro fragilità, che sono da ricercare principalmente nella mancanza di valutazioni di area vasta attorno all'infrastruttura in modo da evidenziarne le pericolosità ed accertarne di conseguenza i rischi. Vale la pena sottolineare che destinare una quota percentuale per gli interventi preventivi costituisce certamente una operazione nel segno della resilienza delle opere e della loro sicurezza.

**I Siti di Interesse Nazionale (SIN) sono 42, cui si aggiungono 16 Siti di Interesse Regionale (SIR), e devono essere bonificati** (fonte: ISPRA), perché costituiscono un pericolo per l'ambiente e per la salute delle persone: lo stato di tali siti, secondo l'ISS, determina un grave danno alla salute di circa 6 milioni di abitanti che vivono nelle aree dei 45 (su 58) siti più contaminati d'Italia (per chi ha meno di 25 anni è stato registrato un aumento di tumori maligni del 9% rispetto a chi vive in zone non a rischio). **Lo stesso vale per le 40 rimanenti discariche abusive che devono essere ancora espunte dall'infrazione europea.** Stime recenti prevedono per la bonifica e il risanamento ambientale un **costo di circa 30 Mld a carico dello Stato** – di cui solo 3 Mld attualmente utilizzati (fonte: *Il Sole 24 Ore*) – e la parte rimanente a carico dei privati.

## conclusioni

In conclusione, mediante le revisioni sopra indicate, che determinano la dovuta ridistribuzione dei fondi, sarebbe auspicabile creare un **nuovo modello di sviluppo che consideri quanto ci costa non intervenire o meglio quanto ci si "guadagna" intervenendo ed attivando una politica di prevenzione dei rischi ambientali e connessi**, anche, e soprattutto, attraverso i prospettati interventi di tipo non strutturale.

In particolare, occorrerebbe considerare che un rilancio dell'economia dovrebbe necessariamente passare attraverso la valorizzazione dei liberi professionisti tecnici che possono contribuire a prevenire (e non solo a riparare), creando in tal modo nuove opportunità di lavoro, soprattutto per i più giovani, nel rispetto della parità di genere e attivando virtuose gestioni dei citati rischi mediante la digitalizzazione dei dati necessari allo scopo.

- 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

# Variazioni delle caratteristiche vulcanologiche e fisico-meccaniche dell'Ignimbrite Campana (Unità-1) nelle valli trasversali Appenniniche: il caso studio della Provincia di Avellino

Rolandì G.(\*), Colucci O.(\*\*), Di Lascio M.(\*\*), Polzone N.(\*\*), Califano M.(\*\*),  
Fusco T.(\*\*), Pagliuca E.(\*\*), Pennacchio A.(\*\*), Persico L.(\*\*), Rolandì R.(\*\*)

(\*): già ordinario di vulcanologia – Università di Napoli – Federico II / (\*\*): Geologo – Libero professionista

## Riassunto

L'eruzione dell'unità ignimbritica del **Tufo Grigio Campano** (TGC) di 39.000 anni (39 ka), ha emesso circa 250 km<sup>3</sup> di prodotti come roccia densa equivalente (DRE). È stata depositata in tutte le province della Campania da flussi piroclastici provenienti dall'area di Giugliano (Rolandi et al. 2020), che si sono rapidamente espansi verso Est, investendo la Provincia di Avellino, oltrepassando la catena Appenninica, fino a Mirabella Eclano, ad 80 km dall'area di emissione.

Il modello dell'aggradazione progressiva (Branney e Kokelaar 1992, 2002) sembrerebbe spiegare in maniera più convincente la deposizione del TGC dai flussi piroclastici, con formazione di una parte non turbolenta, formata dall'ignimbrite via via depositata nella zona basale del flusso per aggradazione e di una parte superiore a bassa concentrazione, più diluita e meno densa dell'atmosfera, detta **phoenix plume**, o **plume co-ignimbritico**, che si espande convettivamente.

Applicando questo modello, nella valle di Baiano, per aggradazione progressiva, si è formato un deposito ignimbritico che presenta discreti valori della resistenza a compressione monoassiale ( $\sigma_c = 8 - 5.2 \text{ MN/m}^2$ ). A causa dell'espansione, il plume co-ignimbritico ha impattato a diverse altezze con la cima Appenninica più alta del M. Acerone, (1500 m s.l.m), deponendo sulla balza di località Acqua Fidia (1000 m s.l.m.) una impiallacciatura di 30 cm di spessore, il cosiddetto **veneer deposit**. Nel settore orientale, oltre le vette della dorsale dell'Avella-Partenio, il Tufo Grigio sedimentato nella conca di Avellino dal flusso co-ignimbritico formatosi per l'azione crivellatrice del rilievo sulla nube co-ignimbritica, mostra scadenti caratteristiche fisico-meccaniche ( $\sigma_c = 0.5 - 0.7 \text{ MN/m}^2$ ), in discontinuità laterale con le migliori caratteristiche

fisico-meccaniche del deposito ignimbritico sedimentato nella valle di Baiano.

In definitiva, i dati prodotti mostrano l'esistenza di una variazione delle caratteristiche fisico-meccaniche del Tufo Grigio Campano nell'ambito della provincia di Avellino. In particolare, viene messa in evidenza una chiara relazione tra il modello vulcanologico dell'aggradazione progressiva (Branney e Kokelaar 1992, 2002) e quello geotecnico, relativamente alle variazioni delle caratteristiche fisico-meccaniche del deposito ignimbritico tra Tufino e Mirabella Eclano.

## Abstract

*The eruption of the 39,000-year-old (39 ka) Campanian Grey Tuff (TGC) ignimbritic unit emitted about 250 km<sup>3</sup> of products as dense rock equivalent (DRE). It was deposited in all provinces of Campania by pyroclastic flows from the Giugliano area (Rolandi et al. 2020), which rapidly expanded eastward, investing the Province of Avellino, crossing the Apennine chain, up to Mirabella Eclano, 80 km from the emission area.*

*The progressive aggradation model (Branney and Kokelaar 1992, 2002) would seem to explain more convincingly the deposition of TGC from pyroclastic flows, with the formation of a non-turbulent part, formed by ignimbrite gradually deposited underlying flow by aggradation and an upper part at low concentration, more dilute and less dense than the atmosphere, called phoenix plume, or co-ignimbritic plume, which expands convectively.*

*Applying this model, an ignimbritic deposit was formed in the Baiano valley by progressive aggradation that exhibits discrete values of uniaxial compressive strength ( $\sigma_c = 8 - 5.2 \text{ MN/m}^2$ ). Due to the expansion, the*

*co-ignimbritic plume has impacted at different heights with the highest Apennine peak of M. Acerone, (1500 m asl), depositing on the crag of Acqua Fidia locality (1000 m asl) a 30 cm thick veneer, the so-called veneer deposit. In the eastern sector, beyond the peaks of the Avella-Partenio ridge, the Grey Tuff sedimented in the Avellino basin by the co-ignimbritic flow formed by the riddling action of the relief on the co-ignimbritic cloud, shows poor physical-mechanical characteristics ( $\sigma_c = 0.5 - 0.7 \text{ MN/m}^2$ ), in lateral discontinuity with the better physical-mechanical characteristics of the ignimbritic deposit sedimented in the Baiano valley.*

*Ultimately, the data produced show the existence of a variation in the physical-mechanical characteristics of the Campanian Grey Tuff within the province of Avellino. In particular, a clear relationship is highlighted between the volcanological model of progressive aggradation (Branney and Kokelaar 1992, 2002) and the geotechnical model, with respect to the variations of the physical-mechanical characteristics of the ignimbritic deposit between Tufino and Mirabella Eclano.*

## Introduzione

Nell'intervallo 300.000-39.000 anni si sono originati numerosi flussi piroclastici da alcune faglie tettoniche della Piana Campana, per questo denominata *Campanian Volcanic Zone (CVZ)* (Rolandi et al 2003, 2020). Circa 39.000 anni fa, in particolare, ebbe luogo la più recente di tali attività (De Vivo et al 2001), che, in accordo con Rolandi et al. (2003), consta di due unità, individuate come **IC – Unità 1 e IC – Unità 2**.

L'oggetto di questo studio è costituito dalla diffusione dell'IC unità-1 (Tufo Grigio Campano) nella Provincia di Avellino, nel quale vengono prese in particolare considerazione:

- La descrizione dell'unità ignimbritica Tufo Grigio e le rispettive facies che le caratterizzano;
- I lineamenti geomorfologici del territorio della Provincia di Avellino;
- Il controllo topografico nella valle del Baianese sull'espansione della nube piroclastica ed il conseguente impatto con i rilievi carbonatici del massiccio Avella-Partenio;
- L'ulteriore espansione e deposizione delle facies ignimbritiche verso est, nella cosiddetta conca di Avellino e le interazioni con i fiumi Sabato e Calore;
- La variazione dei parametri geotecnici in rapporto alle fasi di sedimentazione dei materiali ignimbritici, depositati in facies grigia e di quelli alteratisi successivamente nella facies gialla in conseguenza del processo di alterazione zeolitica.

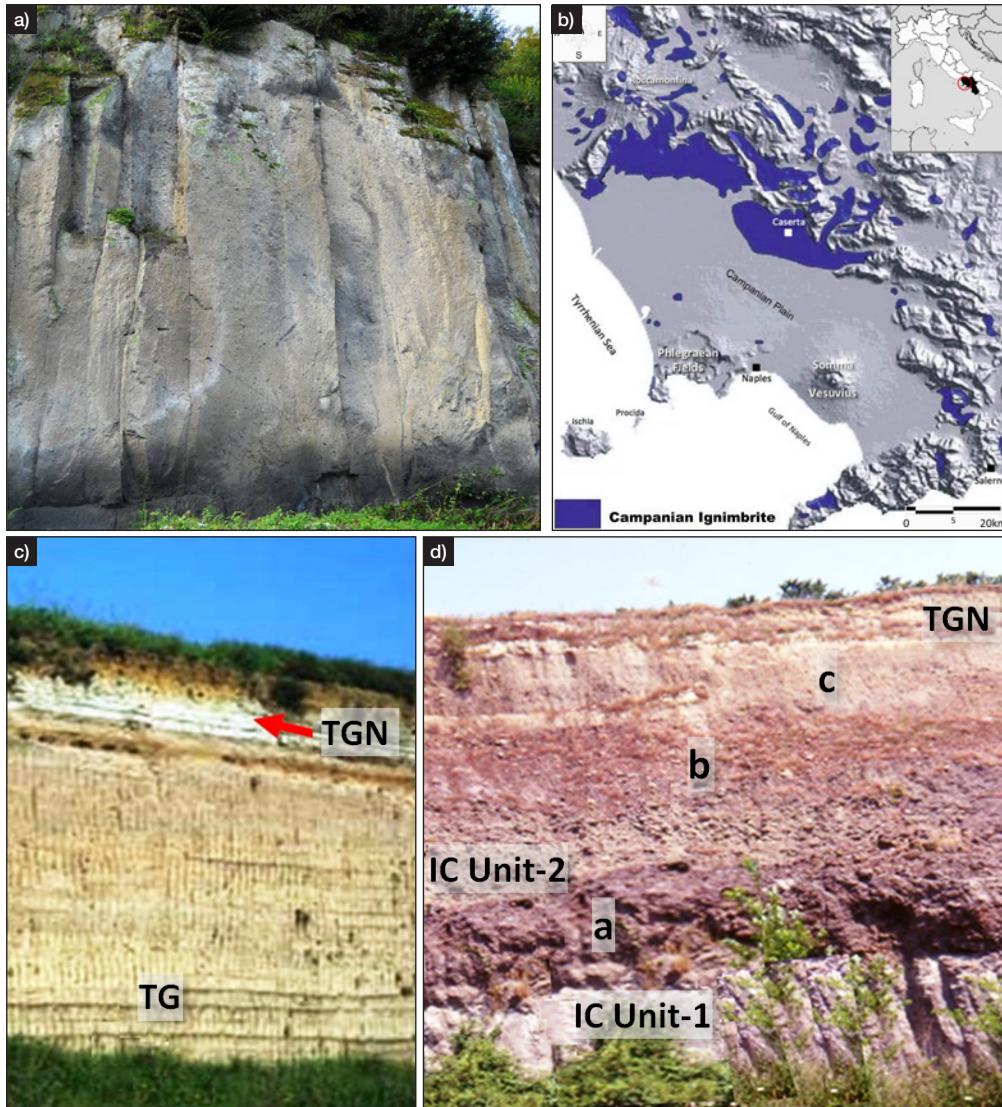
## 1 – Le unità formazionali dell'Ignimbrite Campana

Secondo Rolandi et al (2003, 2020), l'attività esplosiva dell'Ignimbrite Campana ha prodotto due unità, costituenti nell'insieme un'unità crono-stratigrafica, con i seguenti caratteri distintivi:

L'IC **Unità-1**, ascrivibile al *Tufo Grigio Campano (TGC)* (Fig. 1a), ricopre gran parte della *Campanian Volcanic Zone (CVZ)* (Fig. 1b) con le caratteristiche di una *Low Aspect Ratio Ignimbrite (L.A.R.I.)* (Walker 1983, Rolandi 2020). Nella stessa CVZ, questa Unità è presente anche in facies di Tufo Giallo (Fig. 1c). È opportuno sottolineare che l'IC Unità-1, costituisce la più grande eruzione conosciuta in Europa negli ultimi 300.000 anni, con emissione di circa 200 km<sup>3</sup> di magma (DRE). Le sue correnti piroclastiche (**pyroclastic density current PDCs**) hanno coperto 2.000 km<sup>2</sup> della Pianura Campana, scalando i versanti Appenninici. La Piana Campana, 39.000 anni fa, si estendeva fino al Golfo di Napoli. Le **PDCs** attraversarono le acque del golfo verso est, con meccanismo **“over craft”** fino alla costa Sorentina (Di Girolamo 1968, Fisher et al 1993), scalando la dorsale Appenninica dei M. Lattari (Di Girolamo 1968, Fisher 1993, Rolandi 2020). Le ceneri co-ignimbritiche hanno formato l'orizzonte stratigrafico Y5 depositato sul fondo del Mediterraneo orientale (Thunnel 1972), raggiungendo una distanza di 2.500 km, attraverso la Russia sud-occidentale (Rolandi et al 2003). Per la sua grande magnitudo e la sua posizione a media latitudine (ca. 40.8°N), l'eruzione è stata la causa di un grande sconvolgimento ambientale e di un cambiamento nella storia evolutiva dell'uomo di Neanderthal e dell'Homo sapiens.

La seconda unità (**IC Unità-2**) (Fig. 1d) è composta dai seguenti tre membri, a partire dalla base:

- un orizzonte basale di air fall-tuff in facies di *Piperno* o di *lava spatter*, associato ad una attività di fontana di lava (a in Fig. 1d);
- un banco di breccia (*Lag Breccia*), con spessore di 5 - 30 m, a tessitura caotica, polilitica, molto ben assortita, con clasti di grosso diametro (20-100 cm), rappresentati da pomici arrotondate coeve e da materiali trapanati quali blocchi di ossidiana, lave trachitiche, frammenti di tufi gialli, frammenti del substrato sedimentario. I depositi di breccia più conosciuti, (Camaldoli e di Procida), furono chiamati **“breccia Museo”** (Johnston-Lavis 1888) (b in Fig. 1d);
- un deposito ignimbritico con tessitura massiva, non saldato, scarsamente addensato, dello spessore di 10 - 30 m, costituito da pomici e litici inglobati nella matrice cineritica (c in Fig. 1d). Presenta le caratteristiche di un deposito prossimale di bassa temperatura (< 650°), (**Low grade ignimbrite**), di limitata estensione (**High Aspect Ratio Ignimbrites, HARI**), chiuso a tetto in tutti gli affioramenti presenti nella CVZ da un paleosuolo,



**Fig. 1 – a)** IC Unità-1(TGC) con struttura colonnare, **b)** distribuzione della IC Unità-1 (TGC) nella Piana Campana, **c)** IC Unità-1 in facies gialla (TG), **d)** I prodotti dell'IC Unità-2 sovrapposti all'IC Unità-1. A tetto delle due Unità è presente il Tufo Giallo Napoletano in facies grigio-chiaro incoerente (TGN, 15 ka).

cui si sovrappone il Tufo Giallo Napoletano di 15.000 anni fa (TGN in Fig.1d).

## 2 – Caratteristiche vulcanologiche delle Unità dell'Ignimbrite Campana in prossimità dei centri di emissione

- l'IC Unità-1, presente nella zona di origine, circoscritta alla cosiddetta "Giugliano area" (Fig. 2a) si struttura in due membri (Fig. 2b) (Rolandi et al. 2020):
  - Quello alla base, con spessori di 35-40 m di sabbie

medio-finì, ricchissime di vetro e sanidino, con presenza di grumi di aggregazione dello stesso materiale sabbioso. Rappresenta la fase freatomagmatica di apertura dell'eruzione (parte **a** in Fig. 2 b);

- Quello sommitale spesso 25 – 30m, costituito dalla facies ignimbritica magmatica del TGC di alta temperatura, con caratteri di prossimalità, riconoscibili nell'elevato grado di saldatura degli elementi scoriacei (10-20cm), che conferisce al deposito la caratteristica tessitura eutassitica e nella presenza di frammenti a consistenza lavica, con alti valori di resistenza a compressione

semplice (**20 – 60 kN/m<sup>2</sup>**) (Rolandi et al 2020), i cosiddetti ***magma blobs*** (Quane e Russell 2005) di grosse dimensioni (30-80 cm) (parte ***b*** di Fig. 2b), differenti dalle scorie vacuolori con le quali coesistono. La presenza di questi frammenti a consistenza lavica suggeriscono che le bocche eruttive in quest'area erano allineate lungo preesistenti faglie profonde sepolte. Questo assetto strutturale 39.000 anni fa doveva estendersi probabilmente anche nel settore meridionale della piana, nell'area che sarà poi occupata dalla caldera Flegrea,

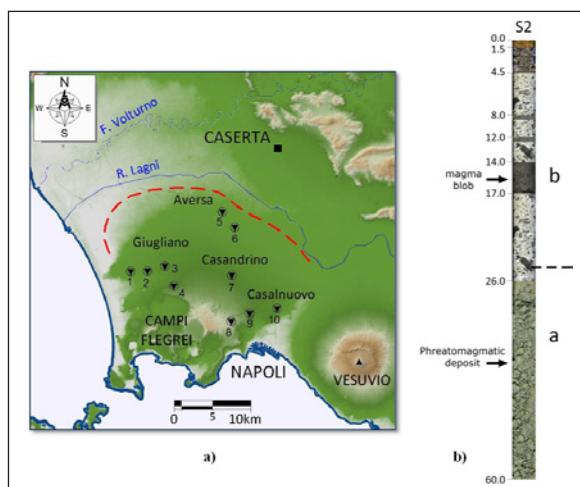


Fig. 2 – a) ubicazione dei sondaggi nella Giugliano Area, b) dettaglio stratigrafico del sondaggio n°2 (da Rolandi et al 2020 modificato)



Fig. 3 – Facies grigia del “Piperno” a Puccianello (Caserta)

ascrivibile alla sola eruzione del *Tufo Giallo Napoletano* di 15.000 anni fa (Rolandi et al 2020).

Il Tufo Grigio Campano viene descritto ancora oggi con il criterio adottato da Di Girolamo (1968), che, a partire dal basso, distingue, lungo i versanti Appenninici della zona Casertana, i seguenti membri: ***Piperno*** (Fig. 3), ***Tufo Pipernoide***, ***Tufo, Cinerazzo***. Queste facies devono essere, invece, considerate come membri distali, dovuti ai fenomeni localizzati di addensamento alla base del deposito (Rolandi et al. 2020) e non sono indicative di facies prossimali dell'IC Unità-1.

I caratteri di prossimalità dell'IC Unità-2 si riscontrano invece in ciascuna delle molteplici zone in cui è stata rinvenuta (Procida, Collina dei Camaldoli, Giugliano, Ischitella), mostrando la caratteristica sequenza *Piperno* e/o *lava spatters - breccia - low grade ignimbrite*; tutte queste sub-Unità si sono diffuse nell'ambito di un ristretto areale nelle prossimità delle singole zone di emissione (Fig. 1d).

### 3 – Le facies dell'IC Unità-1

I materiali di questa unità si rinviengono diffusamente nella Piana Campana in facies di Tufo Grigio e di Tufo Giallo (Fig. 1a, b, c).

– La facies grigia è presente nell'area tra Giugliano e Napoli e nella provincia Casertana, in prossimità dei Monti Tifata e del Massico, fino al versante meridionale del vulcano Roccamonfina.

È presente, inoltre, verso sud, nella piana del Sarno e tra la penisola Sorrentina e Salerno, dove la deposizione è avvenuta a temperature di 500-600°C (Di Girolamo et al. 1984), poco al di sotto dell'intervallo di temperatura che consente la saldatura dei tufi ignimbritici (600-650 °C). Ciò indica che durante la sua deposizione si è espansa molto velocemente, con una moderata dissipazione del calore (100-150 °C, per distanze di 50 km). In tale regime termico l'IC Unità-1 ha subito importanti processi di alterazione quali la *devetrificazione* e la *cristallizzazione in fase vapore (vapour phase crystallization)*.

– La devetrificazione conduce alla cristallizzazione di un feldspato alcalino di neoformazione a bassa temperatura, a grana fine, con la struttura dell'*adularia*. Si realizza per l'azione sulla componente vettosa dei gas magmatici interstiziali via via espulsi per compattazione, costituiti principalmente da  $V_{H2O}$  e subordinatamente da HF, HCl,  $CO_2$ ,  $SO_3$ , che si diffondono ad alta temperatura, trasportando elementi in soluzione (Na, K, Si, Al). Un importante fattore che facilita il processo è costituito dal grado di vescicolazione del vetro. In tali condizioni la presenza di OH<sup>-</sup> nel fluido permette la separazione delle catene tetraedriche  $SiO_4$  costituenti il vetro, mentre la diffusione di ioni K, Na, Ca incrementa notevolmente la *velocità di devetrificazione*, favorendo la formazione di

fasi feldspatiche con la struttura dell'adularia.

- La cristallizzazione in fase vapore spesso è associata alla devetrificazione, anch'essa attivata dal passaggio verso l'alto di gas surriscaldati. Una volta innescatosi il processo di devetrificazione, i fluidi sono in grado di trasportare anche una parte delle catene tetraedrichi  $\text{SiO}_4$  del vetro. La contemporanea diffusione di ioni K, Na, Ca, conduce alla formazione di piccoli cristalli di feldspato potassico che presentano la struttura dell'adularia, depositi in piccole cavità. In relazione a tali processi, in tutte le zone distali (S.Agata dei Goti, Cervinara, Tufara Valle, Altavilla Irpina), nell'Unità-1 è presente questa fase sanidinica di neoformazione. Il rilascio della componente gassosa residua, in misura di circa l'1% di  $\text{V}_{\text{H}_2\text{O}}$ , alla velocità di 10 - 100 cm/sec (Sparks 1978), fa superare le pressioni litostatiche di confinamento, con formazione di *camini di degassazione (Pipe Structure)*. In tal modo si disperdono gas e ceneri medio-finì fluidizzate, dando luogo ad un processo noto con il nome di **elutriazione (Fig. 6)**. In base a tali caratteri la IC Unità-1 può essere definita come un **sillar** (Fenner 1948, Di Girolamo 1968).



Fig. 6 – Camino di degassazione nel Tufo Grigio di Mondragone

La facies gialla si rinvie nella zona solcata dai Regi Lagni, alle falde occidentali dei rilievi carbonatici, delimitata verso Nord dal Fiume Volturno (Fig. 7a). Deriva da quella grigia per alterazione zeolitica, che ha trasformato, per uno spessore di 5 - 15 m, la parte alta del Tufo Grigio in Tufo Giallo; la parte medio-bassa è rimasta inalterata. L'alterazione è dovuta alla presenza di acquitrini alimentati da risorgive che determinano il rapido raffreddamento alla base dell'ignimbrite, che rimane di colore grigio, spingendo verso l'alto una quantità di  $\text{V}_{\text{H}_2\text{O}}$  in pressione che permea il sovrastante corpo ignimbritico (De Gennaro et al. 1999). La vaporizzazione e la conseguente pressurizzazione

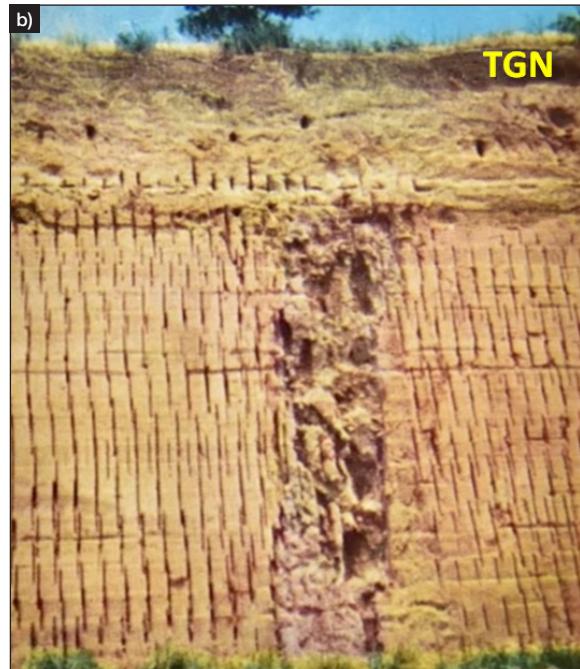
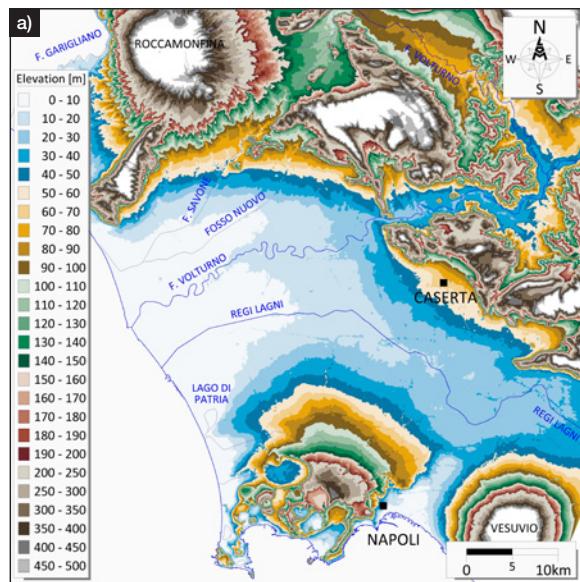


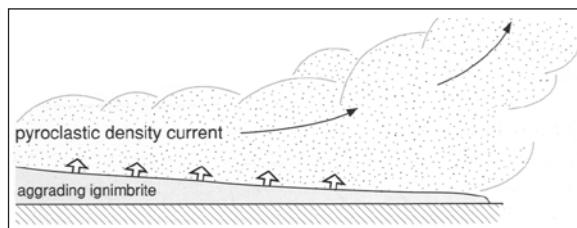
Fig. 7 – a) Carta altimetrica della Pianura Campana che mostra l'area dei Regi Lagni, b) Facies gialla a San Marco Evangelista (Caserta) attraversata da una "Pipe structure". Il tufo della facies gialla dell'IC è chiuso a tetto dalle pozzolane del TGN di 15.000 anni fa (mod. da Di Girolamo 1968)

del vapore possono superare le pressioni litostatiche di confinamento, con rilascio di una pressione esplosiva e formazione di **"pipe structure"**, veri e propri condotti di alimentazione di esplosioni freatiche (Fig. 7b).

#### 4 – Modelli deposizionali di ignimbriti

La deposizione del TGC da un flusso piroclastico con tipologia L.A.R.I., si spiega con due modelli: *aggradazione progressiva* (Fisher 1966, Brannen e Kokelaar 1992, 2002), *deposizione in massa* (Sparks 1976, 1978).

- Nel modello dell'aggradazione progressiva il flusso piroclastico si disaccoppia per gravità in una parte laminare basale e una parte turbolenta superiore. L'azione di aggradazione progressiva del materiale si concentra nella parte laminare basale del flusso a contatto con il substrato. Verso l'alto, la parte superiore a bassa concentrazione, ovvero più diluita e meno densa dell'atmosfera, detta *phoenix plume*, o *plume co-ignimbritico*, si espande convettivamente sopra la superficie di aggradazione (**Fig. 4**).



**Fig. 4** – La zona basale del flusso in aggradazione progressiva viene sormontata dalla parte del flusso a bassa concentrazione, meno densa dell'atmosfera (phoenix plume)

- Nel modello della deposizione in massa il materiale piroclastico viene trasportato con un meccanismo di **plug flow** (flusso a pistone), che si arresta in massa da PDC non turbolenti, simili a valanghe, producendo un'unità a struttura massiva e a gradazione inversa. La presenza di gas magmatici pressurizzati generati dall'essoluzione magmatica, unitamente alla ingestione di aria e della vegetazione sul fronte del flusso, conferisce, inoltre, un contributo importante alla mobilità. Durante il percorso la PDC subisce una deflazione continua, che produce una decelerazione con arresto in massa. Il modello dell'aggradazione progressiva sembrerebbe spiegare in maniera più convincente la deposizione dell'ignimbrite dal flusso per tutta la sua lunghezza. Così ad es., con la deposizione in massa è difficile spiegare le variazioni verticali nella composizione chimica che spesso vengono rilevate nelle ignimbriti (Wright e Walker 1977, 1981; Brannen e Kokelaar, 1992).

Infine, è da ritenere che l'elevata mobilità dei flussi tipo L.A.R.I. non può essere spiegata con la sola presenza dei gas magmatici pressurizzati generati dall'essoluzione magmatica, unitamente alla ingestione di aria e della vegetazione sul fronte del flusso. La rapida espansione dei PDC associati a queste ignimbriti può trovare invece una

spiegazione nell'immissione di una elevata quantità di acqua esterna nel magma (Walker 1983).

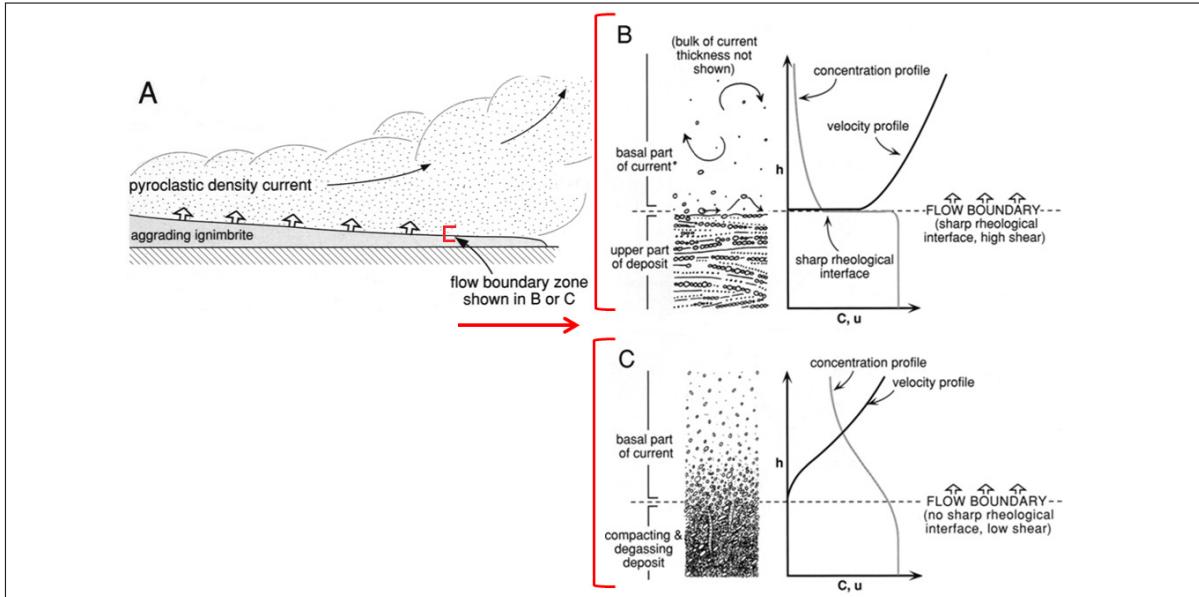
#### 5 - Il significato della Flow Boundary Zone nel modello dell'aggradazione progressiva

Secondo Brannen e Kokelaar (2002) le caratteristiche deposizionali di una ignimbrite si possono definire all'interno di una particolare zona, indicata con il nome di **Flow Boundary Zone (FBZ)**, comprendente la parte più bassa della corrente e la parte più alta del deposito, separate dall'interfaccia che delimita queste due parti, detta **Flow boundary (FB)**. Nella **Fig. 5** vengono riportati due schemi (B e C), che spiegano la maniera con la quale un flusso può interagire con il sedimento:

- Nella **FBZ** di tipo B, relativa ad una *corrente a bassa concentrazione*, la forza di trazione esercitata sul sedimento comporta la formazione di una interfaccia di taglio definita come *Sharp Rheological Interface (SRI)*, coincidente, in questo caso, con la superficie **FB**, che si forma tra la parte superiore turbolenta e la parte inferiore in aggradazione. A causa della bassa concentrazione, la turbolenza si estende in prossimità del confine del flusso, determinando una continua azione di taglio (SRI), che porta alla formazione di una stratificazione in seno al materiale che via via si aggrada.
- Nella **FBZ** di tipo C, relativa ad una *corrente ad alta concentrazione*, i materiali immediatamente sopra e sotto il confine del flusso hanno le stesse caratteristiche. In questo caso, la **FBZ** non coincide con la superficie di taglio (SRI), poiché quest'ultima non si origina a causa della quantità elevata di materiale che si depone e che inibisce via via il movimento di trazione, facendo migrare verso l'alto il confine del flusso (**FB**) per aggradazione progressiva. In tal modo, il deposito acquista una struttura massiva, che si continua a compattare e a perdere gas e ceneri fini (elutriazione), con affondamento dei clasti litici densi attraverso la matrice, rispetto alla quale gli elementi più leggeri rimangono in sospensione.

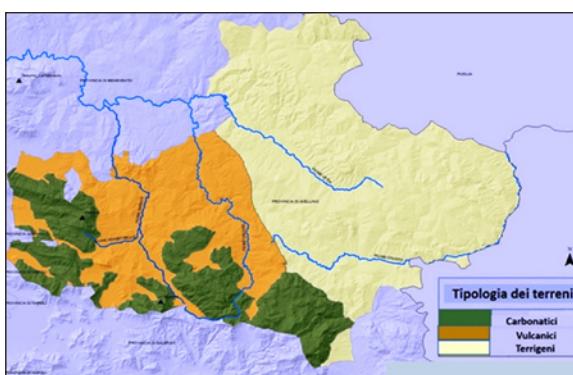
#### 6 - Caratteri litostratigrafici e geomorfologici della Provincia di Avellino in rapporto alla diffusione dell'IC Unità-1 ed alla distribuzione delle sue facies

Nel territorio della Provincia di Avellino si ergono importanti i massicci carbonatici Appenninici lungo una fascia ad andamento NW – SE, nella quale il *Gruppo Monti di Avella - M. Vergine* si dispone a NW ed il *Terminio-Tuoro* a SE, con altezze superiori a 1500 m slm. Tra i due massicci si interpongono i terreni di origine vulcanica, che estendendosi verso Est, si sovrappongono in parte alle coperture terrigene Mioceniche in affioramento verso la Puglia



**Fig. 5 –** Differenti tipologie di Flow Boundary Zone (vedi inserto piccolo in Fig. A, collegato con gli inserti più grandi nelle Fig. B, C). Ciascuno è costituito dalla parte basale della corrente e dalla parte alta del deposito, delimitate dalla superficie di separazione (Flow Boundary surface), coincidente, per il solo inserto B, con la sharp rheological interface (da Branney e Kokelaar 2002, modificato).

(Fig. 8). Nella zona ricoperta dai terreni vulcanici, il livello guida in chiave stratigrafica è rappresentato dalla IC Unità-1, nelle sue facies grigia e gialla, che si interpone tra i depositi vulcanici rimaneggiati di età più antica di 39 ka, e quelli di età più recente, ascrivibili, alle coperture piroclastiche dell'attività esplosiva del Somma-Vesuvio (Rolandi et al. 1993). Ad un esame più dettagliato, si osserva che il territorio della Provincia di Avellino interessato dalla deposizione dell'IC Unità-1, ha inizio a partire da una fascia di territorio con estensione nord-sud, occupata dai comuni della Città Metropolitana di Napoli (Nola, Casamarciano, Comiziano e Tufino) e della Provincia di Caserta (S. Felice a Cancello e Arienzo), a partire dai quali tale unità si estende verso est, lungo tre direttive (Fig. 9):



**Fig. 8 –** Carta geo-litologica schematica della Provincia di Avellino.

- Seguendo la direttrice più settentrionale, l'unità in facies grigia si rinviene nei comuni ubicati in provincia di Caserta (Arienzo), estendendosi poi verso est nel territorio della Provincia di Avellino (S. Martino valle Caudina) ed oltrepassando la dorsale Avella-Partenio, si ritrova nei territori della Provincia di Benevento (Cervinara, Tufara Valle) e di Avellino (Altavilla Irpina, Tufo, Torre le Nocelle), solcati dai fiumi Sabato e Calore, fino a Mirabella Eclano.
- Dalla direttrice centrale, attraverso Tufino, si accede nei territori comunali di Sperone, Avella, Baiano, Mugnano del Cardinale e Mercogliano. Si perviene, quindi, oltre i rilievi carbonatici dell'Avella-Partenio, nella cosiddetta conca di Avellino, nei territori di Prata Principato Ultra e Pratola Serra, solcati dal fiume Sabato.
- Da quella più meridionale, infine, da S. Paolo Belsito si entra nella provincia di Avellino attraversando i territori comunali di Lauro, Moschiano, Forino, Solofra. Il susseguirsi delle variazioni di facies dell'IC Unità-1 nella Provincia di Avellino, viene evidenziato più agevolmente lungo una direttrice intermedia, individuata dalla linea A – B - C di Fig. 9, seguendo la quale si possono fare le seguenti osservazioni:
  - A Tufino, i depositi ignimbritici hanno uno spessore di circa 15 m. A questi si sovrappongono le alluvioni del fiume Clanio, il principale corso d'acqua che ha dato origine ai Regi Lagni (Fig. 7a), a loro volta sigillate a tetto dai prodotti da caduta dell'eruzione del Somma, cosiddetta di Avellino, di circa 3800 anni fa (Rolandi et

al 1993) (Fig. 10a). L'ignimbrite si rinviene in facies gialla con spessore di circa 10m; la base è in facies grigia, per uno spessore di 5m;

- Nella valle di Baiano sono presenti, prevalentemente, i prodotti ascrivibili alla facies grigia (Figs.10b, c, d), con spessori di circa 40m;
- In prossimità del massiccio carbonatico, presso il valico di Monteforte (600m. s.l.m.) lo spessore del tufo grigio si riduce drasticamente (< 3m); a quote superiori la riduzione è ancora maggiore (circa 30 – 40 cm) (Acqua Fidia, 1000m s.l.m., Fig. 10e);
- Oltre il gruppo del Partenio, verso Est, nella conca di Avellino (Figs. 8, 9), partendo dal capoluogo fino a Prata Principato Ultra e Altavilla Irpina, alla facies grigia si associa nuovamente quella gialla (Figs.10f, g, h, i, l), che diventa predominante nelle zone distali comprese tra i fiumi Sabato e Calore (Tufo, Torre le Nocelle) (Fig. 10m); oltre il fiume Calore, nel territorio di Mirabella Eclano, è presente un cospicuo affioramento di Tufo in facies gialla (Fig.10n).

In conclusione, nell'ambito della Provincia di Avellino, la facies grigia del TGC si rinviene nelle valli dei massicci carbonatici (S. Martino Valle Caudina, Cervinara, Baiano, Moschiano, Forino), mentre la facies gialla sovrapposta a quella grigia è presente alle falde del Massiccio carbonatico Avella-Partenio, verso ovest (Casamarciano-Tufino) e verso est, Prata Principato ultra Altavilla, fino a Mirabella Eclano, ad oltre 80 km dall'area sorgente di Giugliano.

## 7 – Variazione delle caratteristiche fisico-meccaniche dei depositi dell'IC Unità-1 nella Provincia di Avellino

Negli otto punti disposti in prossimità della direttrice intermedia A - B - C di Fig. 9, sono stati prelevati i campioni di questa unità (vedi Fig. A-1 nell'Appendice tecnica), inalterati (Tufo Grigio) ed alterati (Tufo Giallo) (Fig. 11, Tab. 1). I dati ottenuti sono relativi alla resistenza a compressione monoassiale ( $\sigma_c$ ), alle proprietà fisiche in termini di densità (massa volumica apparente  $\rho$  e massa volumica reale  $\rho_g$ ) e di porosità totale ( $\eta_t$ ) (Tab. 2). Un numero di prove pari a 5 è stato assunto come statisticamente rappresentativo della caratterizzazione fisico-meccanica di ciascun campione. È stata effettuata, inoltre, una correlazione speditiva tra i dati fisico-meccanici ottenuti per questo lavoro con gli intervalli di riferimento presenti in letteratura, relativi alla prova di durevolezza (Slake Durability Test). Questa prova, come è noto, consiste nel sottoporre le rocce a più cicli standard della durata di 10 minuti in tamburi rotanti, di essiccamiento-idratazione-sgretolamento. La correlazione è riferita, in particolare, ai valori dell'indice corrispondente al secondo ciclo (slake durability  $Id_2$ ).

### 7.1 - Dati fisico-meccanici

#### – Facies Grigia

- I valori della massa volumica apparente (bulk density) con la distanza si estendono su un ampio intervallo (**1022 – 1670 kg/m<sup>3</sup>**), con altrettante ampie variazioni della porosità (**38,6 – 55,2%**). È, inoltre presente una significativa variabilità di questi stessi valori anche nel profilo verticale delle ignimbriti depositate nella valle di Baiano.
- I valori della resistenza a compressione ( $\sigma_c$ ) rientrano nell'intervallo (**0,4 - 8,4 MN/m<sup>2</sup>**), dove in corrispondenza di un'alta porosità e bassa densità di massa si riscontra una bassa resistenza a compressione monoassiale e viceversa. Per la Provincia di Avellino si nota, in particolare, che: a) i valori più alti dei parametri di  $\sigma_c$  si riscontrano tra Tufino e Monteforte valle (**5,2 - 8 MN/m<sup>2</sup>**), b) nell'ambito della sola sequenza verticale dell'Acqualonga si riscontra un ampio intervallo di valori (**1,7 - 8,4 MN/m<sup>2</sup>**) (Campioni C2, Tab. 2), c) da Monteforte (zona a monte) a tutta la Conca di Avellino, i campioni sono caratterizzati da scadenti valori della  $\sigma_c$  (**<1 MN/m<sup>2</sup>**).

L'intervallo dei valori della resistenza a compressione monoassiale consente di classificare i campioni di Tufo Grigio tra le rocce tenere e molto tenere, con passaggio alle rocce sciolte (Tab.3).

#### – Facies Gialla

I tufi della facies gialla sono ubicati a tetto di quella grigia, rispettivamente, alle pendici occidentali del massiccio carbonatico Avella-Partenio (Casamarciano, Tufino) ed in quelle orientali, della Conca di Avellino (Avellino, Prata Principato Ultra, Altavilla Irpina). La sola facies gialla è presente tra i fiumi Sabato e Calore, fino a Mirabella Eclano, ubicata a circa 80 km dall'area sorgente dell'IC Unità-1 (Fig. 9). Sui campioni della facies gialla sono stati determinati gli stessi parametri determinati per la facies grigia, (Tab. 2).

I valori maggiori della  $\sigma_c$  sono stati ottenuti per i Tufi Gialli di Tufino e di Prata Principato ultra (**6 – 6,8 MN/m<sup>2</sup>**), mentre nelle altre località ad Est del Partenio i valori oscillano intorno a **3 MN/m<sup>2</sup>**. A Mirabella Eclano si rileva un valore di **4 MN/m<sup>2</sup>**, indicativo di un locale aumento della consistenza del tufo giallo, forse dovuto ad una granulometria più fine dell'ammasso tufaceo.

### 7.2 - Correlazione tra i parametri fisico-meccanici e della Slake durability ( $Id_2$ )

Moon (1993) ha evidenziato la gamma dei parametri fisico-meccanici che si correlano con le ignimbriti non durevoli ( $Id_2 < 30\%$ ) e durevoli ( $Id_2 > 90\%$ ) (Tab. 4). Non definisce, tuttavia, i parametri di quelle ignimbriti che, apparentemente, potrebbero presentare caratteristiche intermedie tra questi valori estremi dell'indice di

durabilità, in quanto, la presenza di alcune anomalie, ne preclude l'inserimento in tale campo (Moon 1993). In questo studio è stato fatto il tentativo di definire il campo dei valori intermedi della durabilità. Sono stati, in particolare, presi come riferimento i valori medi e bassi, correlati con gli intervalli dei parametri di resistenza a compressione semplice che consentono di classificare le varie tipologie di rocce tenere (Tab. 3.4 e 3.7 da Gonzales de Vallejo 2005). In tal modo, in rapporto a questi valori, i campioni delle facies grigia e gialla sono stati inquadrati rispettivamente nella classe intermedia di bassa durabilità ed in quella estrema di non durabilità, ovvero, i campioni esaminati non si collocano mai nei campi delle ignimbriti di media durabilità e durevoli (Tab. 4). In particolare, i campioni di Tufo Grigio prelevati nella Conca di Avellino, inquadrandsi nel campo delle ignimbriti non durevoli, con bassi valori della resistenza a compressione semplice ( $< 1\text{ MN/mq}$ ) (Tab. 2), presentano anche bassi valori della coesione ed angoli di attrito variabili in un intervallo di valori medio-alti (27 - 38°). Si tratta di un insieme di parametri che caratterizzano la transizione "rocce molto tenere - terreni" (Pellegrino 1968), i quali, nello stesso tempo, consentono a tale categoria di depositi tufacei di mantenere pendii ripidi e scavi in galleria, anche per lunghi periodi di tempo (Moon 1993) (Fig. 10g).

## Discussione dei dati

Le perforazioni nell'area di Giugliano individuano, nella parte basale, la presenza di un deposito sabbioso a carattere freatomagmatico di 30-40 m di spessore. Segue verso l'alto la CI Unità-1 in facies di TGC, con uno spessore di 25-30m, con vario grado di saldatura, con caratteristiche della parte magmatica dell'eruzione prossime ad un'area sorgente (Rolandi et al. 2020) (Fig. 2). Nel passaggio dalla fase iniziale freatomagmatica a quella magmatica il magma trachitico si è arricchito di  $\text{V}_{\text{H}_2\text{O}}$  surriscaldato, che si è espanso rapidamente, apportando un contributo fondamentale al trascinamento e all'espansione della nube ignimbritica, molto maggiore dell'apporto dei soli gas magmatici e l'aria che normalmente viene intrappolata durante l'espansione. In tali condizioni la durata dell'eruzione è stata molto più breve, con temperature di deposizione di 500-600°C anche a distanze di 40-50 km dall'area sorgente (Di Girolamo et al 1984).

Quando si verifica questa particolare combinazione di fattori, il TGC classificato come *Low Aspect Ratio Ignimbrite* (Walker 1993, Rolandi et al 2020), presenta la capacità di superare i massicci carbonatici della catena Appenninica. I dati vulcanologici fin qui presentati, pertanto, ci consentono di ricostruire il percorso di un PDC poveniente

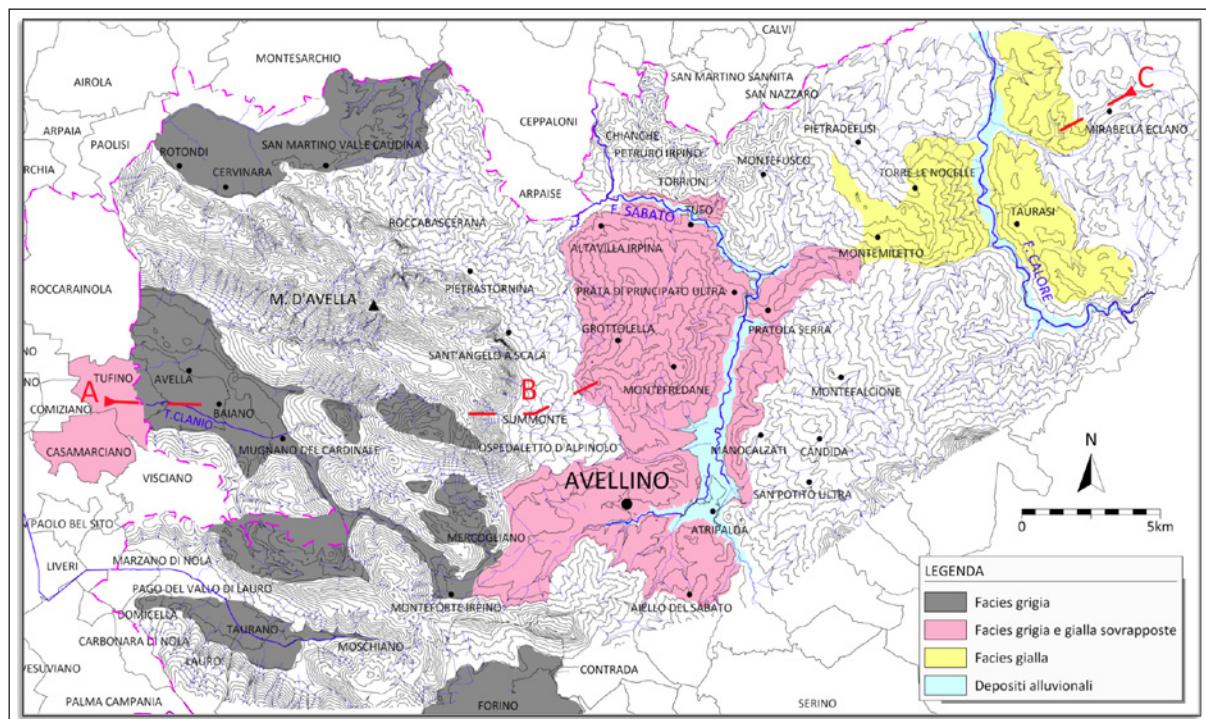


Fig. 9 – DCarta della distribuzione delle facies dell'IC nella Provincia di Avellino.



**Fig. 10** – Facies dell'IC Unità-1 nella Provincia di Avellino.  
Le lettere indicano le località degli affioramenti; la descrizione delle sezioni è riportata nel testo.



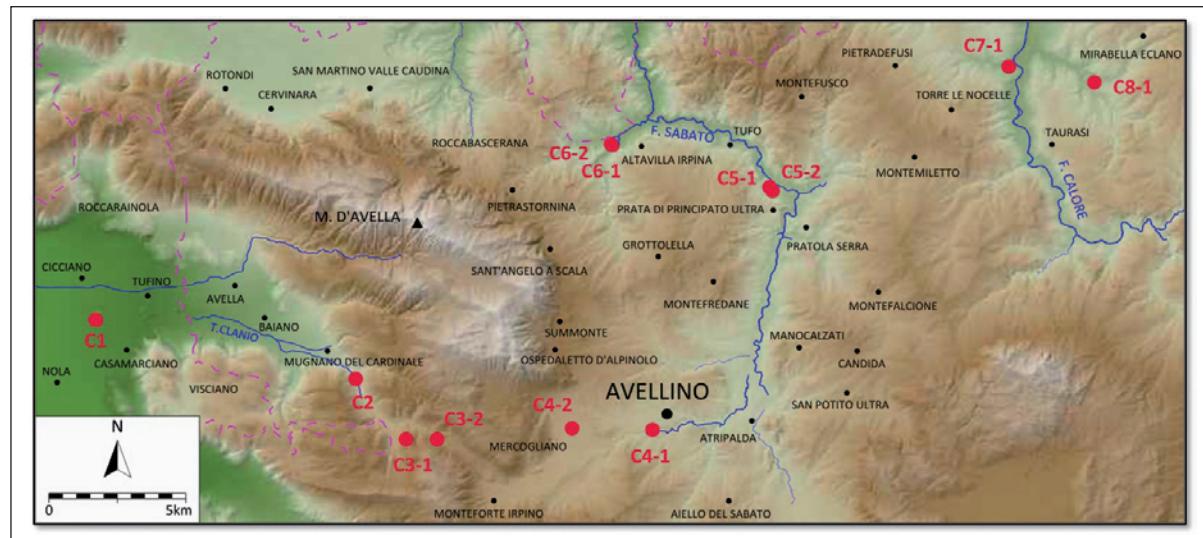


Fig. 11 – Località della Provincia di Avellino dove sono stati effettuati i campionamenti.

Sigla campione	Località	Coordinate	Facies Tufacea	Posizione nella sequenza tufacea
C1-1	TUFINO (Cava Apostolico)	461459,25 4533094,69	GRIGIO-CHIARA	medio-basale
C1-2	TUFINO (Cava Apostolico)		GRIGIO-SCURA	basale
C1-3	TUFINO (Cava Apostolico)		GIALLA	intermedia
C2-1	VALLONE ACQUALONGA	470960,86 4530887,16	GRIGIO CHIARA	basale
C2-2	VALLONE ACQUALONGA		GRIGIO CHIARA	medio-basale
C2-3	VALLONE ACQUALONGA		GRIGIA	intermedia
C2-4	VALLONE ACQUALONGA		GRIGIO SCURO	medio-alta
C2-5	VALLONE ACQUALONGA		GRIGIO SCURO	alta
C3-1	MONTERFORTE IRPINO (zona valle)	472803,95 4528629,59	GRIGIA	centrale
C3-2	MONTERFORTE IRPINO (zona monte)	473940,08 4528629,59	GRIGIA	centrale
C4-1	AVELLINO (Torrente Fenestrelle)	481812,93 4528982,00	GRIGIA	medio-basale
C4-2	AVELLINO (Cineplex)	478874,17 4529035,67	GIALLA	basale
C5-1	PRATA P.ULTRA (Chiesa Annunziata)	486095,70 4538066,74	GRIGIA	centrale
C5-2	PRATA P.ULTRA (Ex Cava )	486201,60 4537927,32	GIALLA	medio-basale
C6-1	ALTAVILLA IRPINA (Cava Bartolini)	480347,84 4539640,99	GRIGIA	centrale
C6-2	ALTAVILLA IRPINA (Cava Bartolini)	480304,10 4539670,97	GIALLA	centrale
C7-1	TORRE LE NOCELLE (Cave storiche)	494839,03 4542579,57	GIALLA	medio-basale
C8-1	MIRABELLA ECLANO (Madonna delle grazie)	497967,26 4541988,59	GIALLA	medio-basale

Tab. 1

Campione	Massa volumica Apparente (BulkDensity) $\rho$ [kg/mc]	Massa volumica reale (Grain density) $\rho_g$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Porosità Tot $\eta_t$ [%]	Compressione Monoassiale $\sigma_c$ [MN/m <sup>2</sup> ]
C1-1	1410 ± 5	2580 ± 40	45.4	5,1±0,45
C1-2	1357 ± 12	2510 ± 30	46.0	4,6±0,32
C1-3 •	1530 ± 20	2550 ± 38	40.0	6.3 ±0,76
C2-1	1670 ± 28	2680 ± 45	38.6	8.4 ±0,46
C2-2	1560 ± 22	2595 ± 30	40.3	6,2±0,7
C2-3	1185 ± 7	2480 ± 42	52.1	2,84±0,26
C2-4	1192 ± 26	2450 ± 28	51.4	2,86±0,15
C2-5	1160± 15	2410 ± 22	52.0	1,70±0,2
C3-1	1496±27	2590 ± 45	42.2	5,2±0,1
C3-2	1022 ± 19	2280 ± 32	55.2	0,43 ±0,02
C4-1	1087 ± 14	2360 ± 48	54.0	0,61 ±0,05
C4-2 •	1397±25	2530 ± 52	44.8	3,4±0,3
C5-1	1150 ± 15	2380 ± 55	51.7	0,66 ±0,05
C5-2 •	1580±27	2630 ± 38	40.,0	6,8 ±0,4
C6-1	1057 ± 11	2290 ± 41	53.9	0,52 ±0,03
C6-2 •	1420±15	2585 ± 44	45.1	3.4 ±0,3
C7-1 •	1396 ±28	2575 ± 51	45.8	3,2±0,04
C8-1 •	1490± 18	2630 ± 35	43.4	4.3 ±0,32

**Tab. 2** - Dati di densità, porosità totale e di resistenza per le facies grigia e gialla. I valori rappresentano le medie e i limiti di confidenza al 95% per le misure replicate. (•Facies Gialla)

Resistenza a compressione semplice (MN/m <sup>2</sup> )	ISRM (1981)	Geological society of London(1970)	Bieniawski (1973)
<1	Rocce sciolte		
1-5	Molto tenera	Tenera (>1.25)	Molto Bassa
5-12.5	Tenera	Moderatamente tenera	
12.5 - 25		Moderatamente dura	

**Tab.3** - Correlazione tra la terminologia qualitativa di "rocce tenere" con i valori di resistenza a compressione semplice (mod. da Gonzales de Vallejo 2005).

	Ignimbriti non durevoli	Bassa durabilità	Media durabilità	Ignimbriti durevoli
<b>Indice di Stake Durability</b>				
Id2	$\leq 30\%$	$30 \div 60\%$	$60 \div 90\%$	$\geq 90\%$
<b>Densità e Porosità</b>				
$\rho_{secco}$	$\leq 1300 \text{ kg/mc}$			$\geq 1500 \text{ kg/mc}$
$\eta_i$	$\geq 50\%$			$\leq 40\%$
<b>Compressione e Trazione</b>				
$\sigma_c$	$\leq 5 \text{ N/mq}$	$5 \div 12.5 \text{ kN/mq}$		$\geq 15 \text{ kN/mq}$
$\sigma_t$				$\geq 3 \text{ kN/mq}$
<b>Resistenza al taglio</b>				
C'	$\leq 0.1 \text{ kN/mq}$	$0.1 \div 2 \text{ kN/mq}$		$\geq 2 \text{ kN/mq}$
$\Phi'$	$27 \div 38^\circ$	$27 \div 38^\circ$		$27 \div 38^\circ$
<b>Campioni analizzati</b>				
	<b>Facies grigia</b>	C1-2, C2-3, C2-4 C2-5, C3-2 C4-1, C5-1, C6-1	C1-1, C2-1, C2-2, C3-1	
	<b>Facies gialla</b>	C4-2, C5-2, C6-2 C7-1, C8-1	C1-3, C5-2	

**Tab. 4** - Classificazione delle facies grigia e gialla dell'IC mediante gli indici di durabilità medi del secondo ciclo (Id2) (Tab. 3.4 da Gonzales de Vallejo 2005) e dei valori dell'intervallo della  $\sigma_c$  riferito alle rocce tenere (Tab. 3.7 da Gonzales de Vallejo 2005). I valori estremi di durabilità sono stati riferiti alla Tab.5 di Moon (1993).

dall'area di Giugliano, che si espande rapidamente verso est nel territorio Provinciale di Avellino, unitamente alle variazioni delle caratteristiche fisico-meccaniche, a partire dalla linea marginale Arpaia - S.Paolo Belsito, oltrepassando la catena Appenninica (**Figs. 8, 9, 12**). I punti salienti di queste relazioni sono i seguenti:

Nel settore Occidentale del territorio provinciale, la facies Grigia si è depositata, con uno spessore di circa 40m (**Fig. 9b, c, d**), nella valle intra-Appenninica di Baiano, nella quale l'espansione del flusso è condizionata da due fattori: **a**) il ruolo esercitato dalla morfologia valliva sulla diffusione del flusso, in rapporto all'andamento topografico uniformemente inclinato del fondo della valle, **b**) l'espansione del plume co-ignimbritico ed il meccanismo di impatto con i massicci carbonatici.

- In relazione al primo fattore, la canalizzazione nella valle di Baiano, produce un aumento della velocità e una diminuzione della pressione, in accordo con il cosiddetto "effetto Venturi", producendo anche una concentrazione verso l'alto dei frammenti scoriacei più leggeri trasportati dal flusso laminare, responsabile della gradazione inversa del deposito. Questo meccanismo viene mostrato in **Fig. 13** nello schema di FBZ relativo ad una *corrente ad alta*

concentrazione (vedi anche **Fig. 5**, schema C), modificato per un profilo vallivo con il fondo inclinato (kobberger e Schminke 1999), dove si osserva la migrazione verso l'alto della interfaccia FB (*linea rossa* in **Fig. 13**). Per effetto della sollecitazione di taglio alla base del flusso, si ha un aumento della temperatura ed un conseguente stiramento (**stretching**) degli elementi scoriacei, con formazione di una tessitura eutassitica nel deposito ignimbritico (**Fig. 13, 10c**). L'insieme di queste azioni si traduce nei valori più alti della resistenza a compressione monoassiale riscontrati sui campioni prelevati nella parte medio-bassa depositata nella valle di Baiano, tra Tufino e Monteforte valle ( $\sigma_c = 8 \div 5.2 \text{ MN/m}^2$ ) (**Tab. 2**), collocandosi nel campo delle ignimbriti a bassa durabilità (**Tab. 4**).

È opportuno evidenziare che la valle di Baiano ha costituito una sorta di barriera per il flusso laminare basale, determinando un flusso di ritorno che ha prodotto delle superfici di taglio con inclinazione di circa  $15^\circ$ , nella parte medio-alta del deposito ignimbritico (**Fig. 10d**).

- In merito al secondo fattore, a causa dell'espansione, il plume co-ignimbritico ha impattato a diverse altezze con il massiccio carbonatico, superando la cima più alta del M. Acerone, (1500 m slm) e depositando sulla balza di località

Acqua Fidia (1000 m s.l.m.) una impiallacciatura di 30 cm di spessore, il cosiddetto *veneer deposit* (Fig. 10e, Fig. 12). Un deposito di questo tipo, con spessore di circa 2m, si rinviene anche a quote minori in prossimità del valico di Monteforte (600 m s.l.m) con caratteristiche fisico-meccaniche molto scadenti ( $\sigma_c = 0.4 \text{ MN/m}^2$ ) (Tab. 2).

2 - Oltre le vette della dorsale del Partenio, il Tufo Grigio sedimentatosi dal flusso co-ignimbritico nella conca di Avellino, mostra scadenti caratteristiche fisico-meccaniche ( $\sigma_c = 0.7 - 0.5 \text{ MN/m}^2$ ) (Tab. 2), configurandosi come una discontinuità laterale rispetto al deposito ignimbritico sedimentato nella valle di Baiano. Anche in quest'area si è verificato il processo di alterazione zeolitica, in virtù del quale le scadenti caratteristiche geotecniche del deposito vengono migliorate nella porzione medio-alta trasformata

in tufo giallo, comparabili con quelle di una roccia tenera ( $\sigma_c = 7 - 3 \text{ MN/m}^2$ ) (Tab. 2, 3, 4).

Lignimbrite che si agrada ancora più ad est, verso Mirabella Eclano è presente quasi esclusivamente in facies di tufo giallo a grana fine, condizione che ha favorito uno sviluppo più completo dell'alterazione zeolitica, che ha portato ad un ulteriore miglioramento delle caratteristiche tecniche del materiale tufaceo distale.

Sembra evidente, da tutto quanto precede, che in virtù dell'azione crivellatrice del massiccio carbonatico Avella-Partenio (Di Girolamo 1968, Fisher et al. 1993, Rolandi et al. 2020), è stato possibile discriminare le facies ignimbritiche a bassa durabilità depositate nella valle di Baiano dalle facies distali non durevoli, che segnano la transizione tra rocce molto tenere e terreni (Tab. 4).

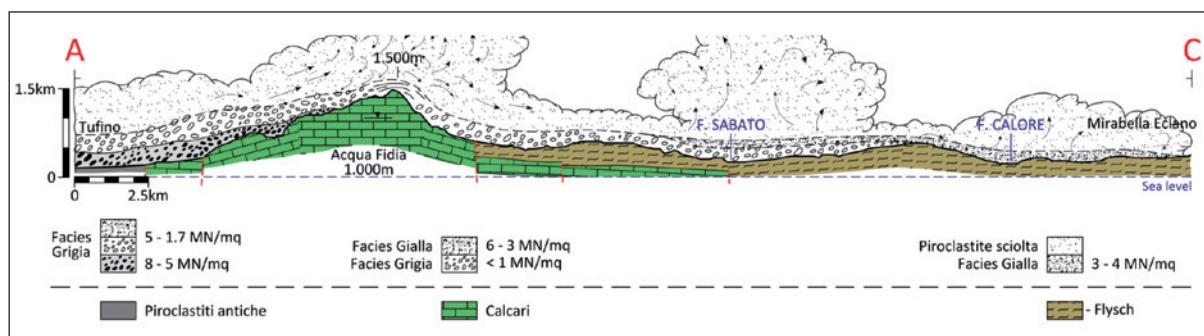


Fig. 12 - Sezione trasversale lungo il profilo A-B-C di Fig. 9, che mostra schematicamente gli effetti della topografia sulla deposizione e dello strato basale lungo il versante valivo del Baianese e la formazione dell'ash cloud co-ignimbritico che travalica il massiccio Appenninico.

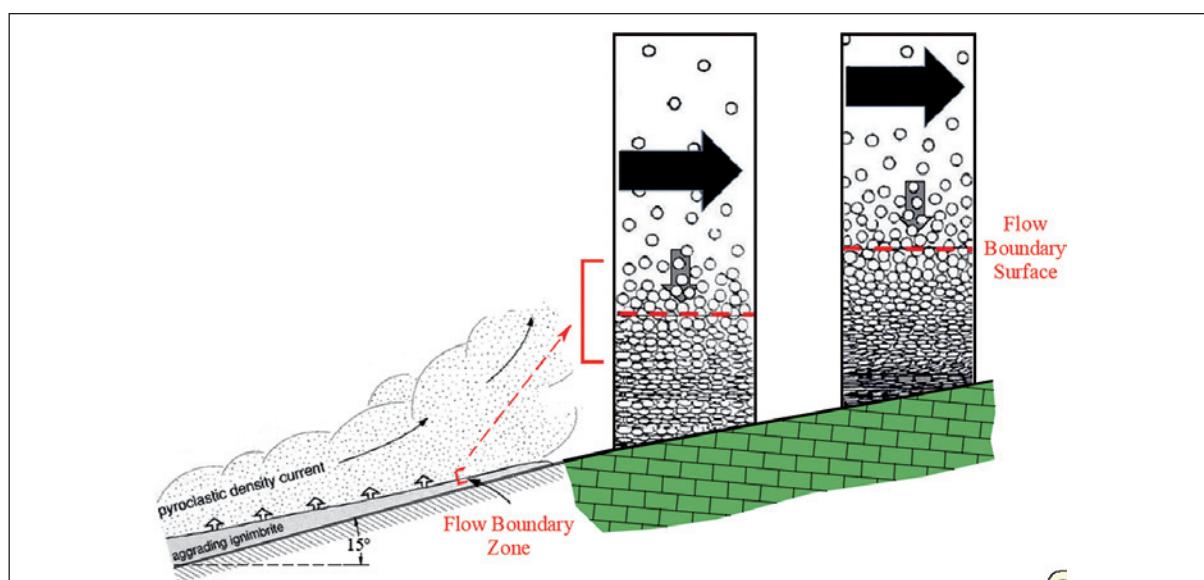


Fig. 13 – L'espansione del flusso nella valle di Baiano, considerando una FBZ che si evolve in conseguenza dell'andamento del profilo inclinato di circa 15° (modificato da Kobberger e Schminke 1999).

Si può affermare, quindi, in chiave conclusiva, che se, come già osservato, con il modello di Branney e Kokelaar (1992, 2002) si spiegano in maniera esauriente le variazioni verticali nella composizione chimica che spesso vengono rilevate nelle ignimbriti (Wright e Walker 1981; Branney e Kokelaar, 1992), le evidenze riportate in questo studio confermano che con il modello dell'aggradazione progressiva si possono spiegare altrettanto bene anche le variazioni, verticali e orizzontali, delle caratteristiche fisico-meccaniche del deposito ignimbritico corrispondente al TGC associato ad un flusso piroclastico che impatta contro il rilievo Appenninico.

Questo lavoro viene dedicato dagli autori alla memoria del Prof. Pio Di Girolamo, un pioniere nello studio del Tufo Grigio Campano. È stato il primo ricercatore ad evidenziare l'azione crivellatrice dei massicci carbonatici dell'Avellinese esercitata sui flussi piroclastici associati a questa ignimbrite. Nella corrente letteratura internazionale, il merito di questa importante osservazione è stato attribuito ad altri.

Gli autori ringraziano il dott. Gregorio Palumbo per l'assistenza sul campo nel territorio di Giugliano, il dott. Tommaso Moscato per le indicazioni sui depositi di Tufo Giallo nel territorio di Mirabella Eclano, i sig.ri Bartolini, proprietari della cava omonima sita in Altavilla Irpina e la Soc. Apostolico e Tanagro della cava di Tufino, per il supporto ricevuto durante i rilievi ed i prelievi di tufo. Desiderano, infine, ringraziare la Soc. Geoconsult per l'assistenza di campo e per le prove di laboratorio, ed il dott. Saadane Salah per l'impegno profuso durante l'esecuzione delle stesse prove.

## Bibliografia

- BRANNEY M.J. & KOKELAAR P. (1992). *A reappraisal of ignimbrite emplacement: progressive aggradation and changes from particulate to non-particulate flow during emplacement of high-grade ignimbrite*. Bulletin of Volcanology/vol.54, pages 504-520.
- BRANNEY M.J. & KOKELAAR P. (2002). *Pyroclastic density currents and the sedimentation of ignimbrites*. Geological Society Memoir. No. 271, 152.
- DÈ GENNARO M., LANGELLA A., CAPPELLETTI P., COLELLA C. (1999). Hydro-thermal Conversion of Trachytic Glass to Zeolite. 3. Monocationic Model Glasses. *Clays and Clay minerals*, vol.47, pp 348-357
- DE VIVO B., ROLANDI G., GANS P.B., CALVERT A., BOHRSON W.A., SPERA F.J., BELKIN H.E., 2001. *New constraints on the pyroclastic eruptive history of the Campanian volcanic Plain (Italy)*. Mineral. Petrol. 73, 47-65.
- DI GIROLAMO P. (1968). *Petrografia dei Tufi Campani: il processo di pipernizzazione (Tufo-Tufo pipernoide-Piperno)*. Rend. Acc. Sci. Fis. Mat. Napoli Ser. 4 (XXXV), 1-70.
- DI GIROLAMO P. (1970). *Differenziazione gravitativa e curve isochimiche nell'Ignimbrite Campana*. Rend. Soc. Ital. Mineral. Petrol. 26, 547-588.
- DI GIROLAMO P., DOWNEY W. S., INCORONATO A., NARDI G. (1984). *First data on emplacement temperatures of the Campanian Ignimbrites (Southern Italy)*. Pubblicazione a cura di P. Di Girolamo, tipografia De Frede in Napoli.
- FENNER C. N. (1948). *Incandescent tuff flows in southern Peru*. Geol. Soc. Am. Bull., vol. 59, n. 8.
- FISHER R.V., ORSI G., ORT M., HEIKEN G., 1993. *Mobility of a large volume pyroclastic flow - emplacement of the Campanian Ignimbrite, Italy*. J. Volcanol. Geotherm. Res. 56, 205-220.
- GONZALES DE VALLEJO L.ED. (2005) - Geoingegneria.. Pearson – Prentice Hall.
- JOHNSTON-LAVISH H. J., 1888. *Report of the committee appointed for the investigation of the volcanic phenomena of Vesuvius and its neighbourhood*, pp.1-7. London. [Google Scholar](#)
- KOBBERGER G., SCHMINCKE, H. (1999). *Deposition of rheomorphic ignimbrite D (Mogán Formation), Gran Canaria, Canary Islands, Spain*. Bull Volcanol, 60, 465-485.
- MOON V.G. (1993). *Geotechnical characteristics of ignimbrites: A soft pyroclastic rock type*. Engineering Geology, 35, 33-48.
- QUANE S.L., RUSSELL J.K., 2005. *Ranking welding intensity in pyroclastic deposits*. Bull. Volcanol. 67, 129e143. <https://doi.org/10.1007/s00445-004-0367-5>.
- PELLEGRINO A. (1968). *Compressibilità e resistenza a rottura del Tufo Giallo Napoletano*. Proc. IX Convegno Nazionale di Geotecnica, Genova, pp59.
- ROLANDI G., MASTROLORENZO G., BARRELLA A. M., BORRELLI A. (1993) - *The Avellino Plinian Eruption of Somma-Vesuvius (3760 Y.B.P.): The progressive evolution from Magmatic to hydromagnetic style*. Journ. Volcanol. and Geoth. Res., 58: 67-88.
- ROLANDI G., BELLUCCI F., HEIZLER M., BELKIN H.E., DE VIVO B. (2003). *Tectonic controls on the genesis of Ignimbrites from the Campania volcanic zone, Southern Italy*. Mineral. Petrol. 79, 3-31.
- ROLANDI G., DI LASCIO M., ROLANDI R. (2020). *The 15 ka Neapolitan Yellow Tuff eruption: An Analysis of the Caldera-Forming Phase and the Post-Caldera Volcanic Activity (Vesuvius, Campi Flegrei, and Campanian Volcanism)*, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816454-9.00008-0>
- SPARKS R. S. J. (1976). *Grain size variations in ignimbrites and implication for the transport of pyroclastic flows*. Sedimentology, 23 (2), 147-188.
- SPARKS R. S. J. (1978). *Gas Release Rates from pyroclastic flows: a Assessment of the role of Fluidisation in Their Emplacement*. Bull. Volcanol. Vol. 41-1, 1-9.
- THUNNELL R., FEDERMAN A., SPARKS R.S.J., WILLIAMS D., 1979. *The age, origin and volcanological significance of the Y-5 ash layer in the Mediterranean*. Quat. Res. 12, 241e252.
- WALKER G.P.L., 1983. *Ignimbrite types and ignimbrite problems*. J. Volcanol. Geotherm. Res. 17, 65-88.
- WRIGHT J.V. AND WALKER G.P.L. (1981). *Eruption, transport and deposition of ignimbrite: A case study from Mexico*. Journ. Volcanol. Geoth. Res., 9, 111-131.

## Appendice tecnica

Il presente studio è stato svolto avvalendosi del supporto di analisi fisico-mecaniche eseguite su 18 campioni, prelevati nei 10 punti della Fig. 11, ciascuno replicato 5 volte. Dei 90 provini esaminati, 75 sono a forma cilindrica, prelevati mediante una carotatrice **Hilti** (Fig. A-1) e 15 di forma cubica, campionati manualmente da vari affioramenti. I provini cubici sono di 7 cm di lato, quelli cilindrici hanno il diametro di 10 cm e rapporto  $h/d = 2$ .



Fig. A-1 – Prelievo dei campioni mediante carotatrice

### Proprietà fisiche: massa volumica e porosità

**Massa volumica apparente (Bulk density)( $\rho$ ) UNI 9724/2:** rapporto tra la massa del provino secco e il suo volume apparente (volume delimitato dalla superficie esterna del provino, compresi tutti i vuoti).

Ciascun provino è stato accuratamente rettificato nelle forme cilindrica e cubica, da campioni di tufo privi di fratture o screpolature, seccato in stufa a 110° e pesato fino a massa costante.

Il volume è stato determinato attraverso le equazioni per il volume del cilindro e del cubo, dove tutte le lunghezze (altezze e diametri) rappresentano la media di quattro misurazioni effettuate dopo rotazione di 45° del provino, utilizzando un calibro in grado di misurare fino a 0.01 mm.

**Massa volumica reale (grain density) ( $\rho_g$ ) (UNI EN 1936):** rapporto tra la massa del provino secco ed il volume della sua parte solida. Questo parametro è stato determinato dopo le misure della massa volumica apparente e della resistenza a compressione monoassiale, in quanto la procedura prevede la distruzione del campione, operazione ritenuta sufficiente ad annullare la sua porosità. La determinazione del volume della parte solida è stata effettuata su un campione prelevato da una quantità di materiale macinato fino ad ottenere una polvere che non lascia residuo sul setaccio UNI 2332 da 0.2 mm. Una parte del pasante è stata ulteriormente macinata fino a farlo passare attraverso un setaccio della stessa serie, di apertura 0,063 mm. Del provino macinato è stata utilizzata un'aliquota di 25 g, pesata con una bilancia di precisione di  $\pm 0,01$  g, essicata fino a massa costante. La massa volumica reale è stata determinata con l'impiego di un picnometro, utilizzando la bollitura come metodo di disareazione. I parametri ottenuti sono i seguenti:

$m_e \rightarrow$  massa del provino macinato ed essiccato (g)  
 $m_1 \rightarrow$  massa del picnometro riempito con acqua e con il provino macinato (g)  
 $m_2 \rightarrow$  massa del picnometro riempito con acqua (g)  
 $\rho_{rh} \rightarrow$  massa volumica dell'acqua ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

La massa volumica reale ( $\rho_g$ ), ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) viene espressa come rapporto tra la massa del provino macinato ed essiccato ed il volume del liquido spostato dalla massa:

$$\rho_g = \frac{m_e}{m_2 + m_e - m_1} \cdot \rho_{rh}$$

$$\text{Densità dell'acqua a } T = 25,5^\circ\text{C:} \quad \rho_{rh} = 996,94 \text{ kg/m}^3$$

Note la massa volumica apparente ( $\rho$ ) e la massa volumica reale ( $\rho_g$ ), la porosità totale ( $\eta_T$ ) viene espressa in percentuale dal rapporto:

$$\eta_T = 1 - \frac{\rho}{\rho_g} \cdot 100$$

### Proprietà meccaniche

#### Prova di compressione monoassiale UNI EN 1926

La resistenza a compressione è stata determinata a mezzo di prove di schiacciamento monoassiale, eseguite presso il laboratorio delle Soc. Geoconsult di Avellino, con una presa Tecnotest con capacità di carico di 20 tons, provvista di celle di carico e collegata ad un sistema di acquisizione automatico. Il movimento del pistone è controllato idraulicamente in modo tale da assicurare un avanzamento di 2mm/sec.



### 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



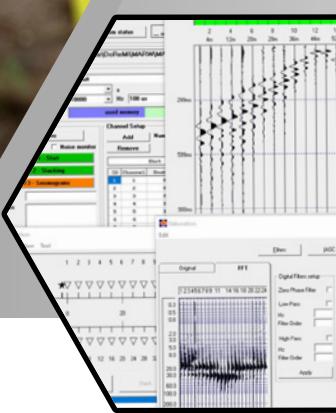
- **Configurabile da 1 a 255 canali**
- Diverse tipologie di geofoni e sensori
- **Componenti intercambiabili**
- Prolunghe e Power Booster al bisogno

### 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

# Sulla inapplicabilità dei coefficienti fisiografici di Kennessey negli studi idrogeologici in Sicilia

*On the inapplicability of Kennessey's physiographic coefficients in hydrogeological studies in Sicily*

| Parte 1<sup>a</sup>

**G. Maniàci** | ex professionista geologo - Pensionato Ministero Pubblica Istruzione, 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

*The physiographic coefficients adopted by Profs. A.Tardi and S. Vittorini for Tuscany and proposed by Prof. Cusimano for Sicily did not work, for not having considered that the climatic conditions of Sicily and those of the regions with more humid climates are not comparable. Moreover, the same A.Tardi and S. Vittorini had found that: «... there are regions with a much lower dryness index than that of the Orcia (Puglia, part of Basilicata, Sicily and Sardinia) for which the values of the coefficients of the first column .... seem too high. Therefore, it would be considered necessary to add another column with lower values the Kennessey method is to be extended to the whole Peninsula. « Having made the climatic analysis of the region with the determination of the aridity indices station by station after the construction of the topoieti, in this first part, some checks of basins are made in different points of Sicily where the unreliability of the proposed physiographic coefficients is demonstrated and the premises are laid for a new methodology for adapting these parameters to the Sicilian environment, which will be the subject of a forthcoming communication.*

## Riassunto

I coefficienti fisiografici adottati dai Proff. A.Tardi e S. Vittorini per la Toscana e proposti dal Prof. Cusimano per la Sicilia non hanno funzionato, per non avere considerato che le condizioni climatiche della Sicilia e quelle delle regioni a clima più umido non sono paragonabili. Del resto gli stessi A.Tardi e S. Vittorini avevano constatato che: «...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 .... 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.» Fatta l'analisi climatica della regione con la determinazione degli indici di aridità stazione per stazione dopo la costruzione dei topoieti, in questa prima parte, si fanno alcune verifiche di bacini in diversi punti della Sicilia in cui si dimostra la non attendibilità dei coefficienti fisiografici proposti e vengono poste le premesse per una nuova metodologia di adattamento di tali parametri all'ambiente siciliano, che sarà l'oggetto di una prossima comunicazione.

## Premessa

Il Prof. G. Cusimano nel lavoro «*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<sup>o</sup> Congresso Regionale dell'ordine dei Geologi di Sicilia - Marina di Ragusa 1994*

, così presentava il lavoro:

«*Viene data la prima segnalazione dell'applicazione del metodo proposto da B. Kennessey ad alcuni bacini idrografici della Sicilia Occidentale. Tale metodo consente, attraverso tre grandezze fisiografiche di un bacino (accivitÀ, vegetazione e permeabilitÀ), di determinare il coefficiente di deflusso medio annuo, in funzione di una quarta grandezza che esprime le caratteristiche climatiche dell'area in studio (indice di aridità medio annuo).*

*Il metodo di Kennessey ha la particolarità di poter essere applicato a bacini idrografici sprovvisti o parzialmente*

attrezzati di idrometroografi e, attraverso la realizzazione della carta dei coefficienti di deflusso, di disporre di un utile strumento operativo che permetta la risoluzione di molteplici problemi, in particolare di carattere più squisitamente idrologici ed idrogeologici.»

Così continuava:

«Per una migliore stima delle risorse idriche superficiali e sotterranee di un bacino, condotta con le ormai classiche metodologie approntate, un certo interesse riveste la valutazione del deflusso superficiale che quasi sempre negli studi idrogeologici è assai lacunosa, anche in bacini idrografici che dispongono di stazioni idrometrografiche. A tal fine assume un grande interesse scientifico l'adozione di altre metodologie che consentono di giungere alla stima del deflusso attraverso l'uso di parametri facilmente acquisibili. Nello specifico le verifiche del metodo del Kennessey, se conducono a risultati validi ed accettabili, consentono di avere a disposizione un strumento versatile e di semplice applicazione utilissimo oltre che per tutte quelle ricerche idrogeologiche di base anche per indagini a carattere locale. Il verificare la validità della adozione del coefficiente di deflusso stimato su basi fisiografiche consente indirettamente di stimare le risorse idriche potenziali (superficiali e sotterranee).

Tale coefficiente, come detto in precedenza, assume semplicemente un valore potenziale che si approssima sempre di più a quello di determinazione diretta su base strumentale. In altre parole il coefficiente di deflusso ricavato dai dati strumentali non è da ritenersi espressione della sola potenzialità di deflusso superficiale del bacino in esame, tant'è che, in relazione alle suddette situazioni, esso può presentare valori maggiori o minori di quelli dovuti alle sole caratteristiche fisiografiche. Sulla base delle stime effettuate con l'applicazione delle varie metodologie di bilancio si è determinato il coefficiente di deflusso e confrontato con quello strumentale e quello fisiografico riscontrando una buona coincidenza nei valori stimati e con scostamenti accettabili.»

Malgrado le buone intenzioni e la bontà del metodo, i coefficienti fisiografici adottati dai Proff. A.Tardi e S. Vittorini per la Toscana e proposti dal Prof. Cusimano per la Sicilia non hanno dato i risultati sperati, considerando che le condizioni climatiche della Sicilia e quelle delle regioni a clima più umido non sono paragonabili. Del resto gli stessi A.Tardi e S. Vittorini avevano constatato quanto segue sulle tre colonne di coefficienti fisiografici proposte da Kennessey:

«La terza colonna ben si adatterebbe invece a regioni più umide aventi l'indice di aridità maggiore di 40. Queste regioni si trovano in effetti al di fuori del bacino dell'Ombrone e, precisamente, sarebbero localizzabili nell'Italia alpina e prealpina e nelle regioni più elevate dell'Appennino, come risulta dalla carta dell'indice di aridità dell'Italia di Pinna.

Secondo questa carta, inoltre, 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.

L'opportunità di questa aggiunta appare giustificata dalla diversità delle condizioni climatiche italiane rispetto a quelle dell'Ungheria. Questo paese infatti, è nel complesso più umido del nostro: ha le piogge distribuite più uniformemente nel corso dell'anno e le estati piuttosto piovose, cosicché, molto spesso, il mese più arido non corrisponde a quello più caldo ed i valori dell'indice di aridità sono mediamente più elevati di quelli italiani, anche se le precipitazioni medie annue sono relativamente modeste, oscillando tra i 500 e gli 800 mm. Comunque, come risulta ..... .... gli scarti tra i valori della regione in esame e quelli dell'Ungheria non sono molto sensibili. Per questi motivi si è ritenuto di poter assumere anche per la regione dell'Ombrone gli stessi valori delle componenti usate da Kennessey.»

L'analisi degli indici di aridità della Sicilia mostra una grande diversità con quelli dell'Ungheria, ma anche, se moderatamente, con quelli della Toscana. In Sicilia, in molti bacini idrogeologici ben circoscritti, isolati da altri contigui, in cui erano chiaramente definiti gli afflussi, le emergenze e i prelievi da pozzi, l'uso dei coefficienti fisiografici, proposti dal Prof. Cusimano, ha portato a concludere che in tali bacini non dovevano essersi adunati neanche i volumi che spontaneamente emergevano negli affioramenti sorgentizi dei quali si avevano misure quasi decennali. Molti colleghi hanno incontrato gli stessi inconvenienti in studi e ricerche professionali esperite in varie zone della Sicilia.

La determinazione del valore del deflusso superficiale è rimasta un problema come lo è stato, nel periodo della mia collaborazione alla cattedra di geologia applicata nell'Ist. di Geologia della Università di Palermo, fin dalle prime tesi di idrogeologia che furono assegnate ad allievi geologi alla fine del percorso di studio. Le tesi riguardavano sia bacini idrografici sia bacini idrogeologici, anche isolati, finalizzate alla valutazione delle risorse sotterranee e a possibili ulteriori emungimenti da destinare ai bisogni idropotabili dei centri abitati, alle produzioni agricole e industriali.

Col presente lavoro non si ha la pretesa di fare un trattato di idrogeologia e non si vogliono imporre verità e assiomi, ma dare uno strumento e dei consigli utili per studi idrogeologici in Sicilia partendo da esperienze e verifiche fatte dallo scrivente.

La Sicilia, la più grande isola del Mediterraneo e la più grande regione italiana, con una superficie complessiva di circa 25.000 km<sup>2</sup>, si estende in latitudine fra circa 36° e 38° nord e in longitudine fra circa 12° e 15° est.

Pur in presenza di una situazione orografica molto articolata, con aspetti morfologici singolari, è possibile suddividere sommariamente il territorio in tre distinte macroaree (Drago A. - Atlante climatologico della Sicilia - Rivista Italiana di Agrometeorologia 67-83 (2) 2005): il macro-versante settentrionale, che si estende da Capo Peloro a Capo Lilibeo; il macro-versante meridionale, che va da Capo Lilibeo a Capo Passero; ed infine il macro-versante orientale, che si estende da Capo Passero a Capo Peloro. L'orografia mostra complessivamente dei contrasti netti tra la porzione settentrionale, prevalentemente montuosa, quella centro-meridionale e sud-occidentale, essenzialmente collinare; quella tipica di altopiano, presente nella zona sud-orientale, e quella vulcanica nella Sicilia orientale. Considerando le condizioni climatiche medie dell'intero territorio, la Sicilia, secondo la classificazione macro-climatica di Köppen, può essere definita una regione a clima temperato-umido (di tipo C) (media del mese più freddo inferiore a 18 °C ma superiore a -3 °C) o, meglio, meso-termico umido sub-tropicale, con estate asciutta (tipo Csa), cioè il tipico clima mediterraneo, caratterizzato da una temperatura media del mese più caldo superiore ai 22 °C e da un regime delle precipitazioni contraddistinto da una concentrazione delle precipitazioni nel periodo freddo (autunno-invernale). Tuttavia, questa definizione ha appunto un valore solamente macroclimatico, cioè serve a distinguere, ad esempio, il clima siciliano da quello del Medio Oriente o dell'Europa centrale.

Secondo Pinna, se si passa infatti all'analisi di quanto può trovarsi all'interno del clima temperato del tipo C di Köppen, si possono già distinguere diversi sottotipi: clima temperato subtropicale, temperato caldo, temperato sublitoraneo, temperato sub-continentale, temperato fresco, ognuno dei quali è riscontrabile nelle diverse aree del territorio della nostra regione.

### Caratterizzazione climatica dei bacini

Nell'affrontare lo studio climatologico di un bacino idrogeologico sono state utilizzate quelle stazioni termometriche e pluviometriche entro le cui « aree di influenza » esso ricade, utilizzando i dati mediati col sistema della media ponderata. In maniera molto semplice la scelta dei parametri temperatura (T) e precipitazione (P) è stata fatta attraverso il metodo dei topoieti di Thiessen, mediante l'interpolazione dei valori registrati nelle stazioni di misura, escludendo stazioni molto distanti dall'area esaminata e in condizioni climatiche differenti.

È accaduto, in qualche caso, che per una irregolare distribuzione delle stazioni il circocentro, o nodo dei topoieti, era un punto esterno al triangolo (in questo caso ottusangolo). In qualche altro caso è pure accaduto che il circocentro era il punto medio di uno dei lati di un triangolo rettangolo (ed in questo caso il lato in questione era l'ipotenusa).

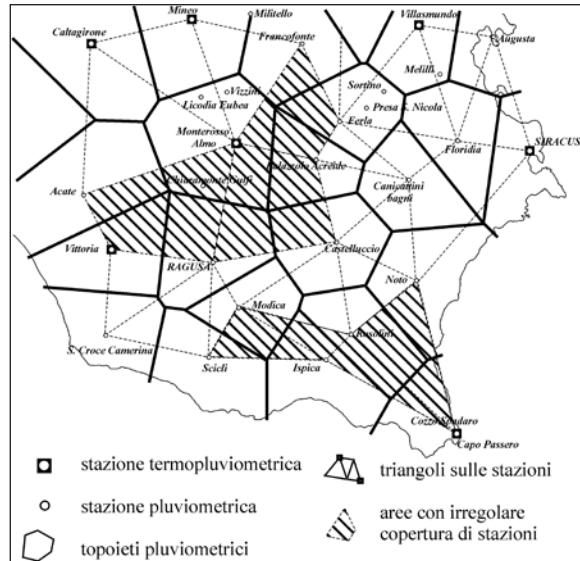


Fig.1 - Un'area della Sicilia di SE in cui si ha una irregolare copertura delle stazioni con difficoltà di chiudere un regolare reticolo di Thiessen.

Fig. 1 - An area of ?SE Sicily where there is an irregular coverage of the stations with difficulty in closing a regular Thiessen grid

L'esempio ora mostrato evidenzia che in alcuni casi per costruire la rete dei topoieti di Thiessen con maglie il più possibile regolari e con un massimo di sei lati si è dovuta inserire qualche stazione virtuale in punti di quota certa e in condizioni climatologiche e di esposizione geografica simile ad un minimo di quattro stazioni vicine ricostruendo sia per il parametro (P), sia per il parametro (T) i valori medi mensili e annui attraverso l'adozione di un modello regressivo basato sulla variazione lineare dei valori di detti parametri (P) e (T) registrati alle stazioni di misura ed espressi in (mm) per (P) in gradi centigradi per (T), in funzione della quota topografica (H),

$$P_m = a + (b \cdot H) \text{ [mm]}$$

$$T_m = a + (b \cdot H) \text{ [°C]}$$

con

**a** = (ordinata all'origine dell'intercetta della retta sull'asse delle ordinate) in [°C] per la (T) e in [mm] per la (P);

**H** = quota topografica in [m.s.l.m.];

**b** = (coefficiente angolare).

Il diagramma di dispersione risultante ha mostrato una relazione lineare tra i dati ed inoltre il valore del coefficiente di correlazione.

Con un programma di calcolo in excel è stata molto semplice la realizzazione di una stazione virtuale completa con valori medi annui e mensili atti a poterli utilizzare per il bilancio. Si precisa che per la costruzione di una stazione virtuale sono stati utilizzati i dati di un decennio completo e di almeno quattro stazioni vicine.

## Indici di aridità

Dopo avere precisato le condizioni degli apporti idrici medi mensili e annui e le variazioni medie mensili e annue delle temperature, prima di affrontare il procedimento per eseguire un bilancio idrogeologico, è stato importante esaminare il problema di un parametro fondamentale per la definizione del clima della Sicilia, cioè l'indice di aridità (**Ia**) dal quale discende la scelta dei coefficienti fisiografici per calcolare il coefficiente di deflusso (**Cdf**) punto di partenza per eseguire un bilancio idrogeologico.

Per il calcolo di **Ia** è stata usata la formula di De Martonne rivotata e completata dai suoi allievi e da altri studiosi, oggi generalmente in uso nella ricerca idrogeologica e alla quale abbiamo fatto riferimento:

$$Ia = [(P / (T + 10) + (12 \times p / t)] / 2$$

P      precipitazione media annua  
 T      temperatura media annua  
 p      precipitazione del mese più arido  
 t      temperatura del mese più arido.

Riprendiamo da vari autori alcuni concetti sull'aridità per evidenziare come la stessa sia importante per la caratterizzazione climatica di una regione geografica e, specificamente per la Sicilia nel cui territorio imposteremo una metodologia di bilancio idrogeologico:

«**L'Aridità** è una caratteristica climatica determinata dalla contemporanea scarsità di piogge (200-400 mm) e dalla forte evaporazione che sottrae umidità al terreno. Circa il 47% della superficie del pianeta, ovvero 6 miliardi di ettari, è caratterizzato da terre aride o semiaride (UNEP 1997). Questo carattere limitante individua le terre asciutte, supporta con le proprie gradazioni una loro classificazione e ne plasma in misura decisiva gli ecosistemi (Faggi, 1997).

**La Sicchezza** è il decremento dell'acqua disponibile in un particolare periodo e per una particolare zona (Wilhite, 1993); secondo questa accezione si presenta, quindi, come un fenomeno sporadico che può colpire anche aree non aride. La siccità è, infatti, una normale e ricorrente caratteristica del ciclo idrologico e può verificarsi sia in regioni secche che umide, quando le precipitazioni sono sensibilmente inferiori ai livelli normalmente registrati.»

Abbiamo voluto riportare le riflessioni di Wilhite per chiarire, una volta per tutte, che mentre **L'Aridità** è una caratteristica climatica, **la Sicchezza** è un evento temporaneo che, quando diventa endemico e duraturo nei decenni, è dovuto alle variazioni del clima e quindi all'aridità.

La nostra riflessione ci ha riportato all'inizio della presente fatica, alla causa che non ci permetteva di chiudere un bilancio idrogeologico con l'uso dei coefficienti fisiografici di Kennessey, adottati dai Proff. Tardi e Vittorini per la Toscana e proposti dal Prof. Cusimano per la Sicilia.

Siccome questi coefficienti non hanno dato i risultati

sperati, e considerato che le condizioni climatiche della Sicilia e quelle delle regioni a clima più umido non sono paragonabili, ciò è evidente dal confronto degli indici di aridità, abbiamo pensato allora di redigere una *carta degli indici di aridità della Sicilia* per verificare se le nostre precedenti asserzioni fossero corrette; tra l'altro, la conoscenza degli indici di aridità per tutto il territorio Siciliano ci avrebbe permesso di definire i coefficienti fisiografici utili al calcolo del coefficiente di deflusso utilizzando il Metodo semplificato di Kennessey, applicabile soprattutto a piccoli bacini.

## Carte degli indici di aridità

In agricoltura, disporre di studi climatici dettagliati consente di definire specificamente e con precisione la vocazionalità dell'ambiente nei confronti di una determinata coltura. È noto, infatti, che aree anche geograficamente vicine possono presentare differenze climatiche talvolta consistenti, soprattutto in dipendenza di una differente situazione orografica o topografica.

Non tenere conto di questi elementi può comportare scelte sbagliate, con notevoli ripercussioni economiche e ambientali. Per la costruzione della carta abbiamo seguito la seguente procedura:

- ubicazione di tutte le stazioni pluviometriche;
- ubicazione di tutte le stazioni termometriche;
- catalogazione e analisi dei dati termo-pluviometrici del decennio completo 1975-1984;
- catalogazione e analisi dei dati termo-pluviometrici del trentennio 1985-2014, prendendo in considerazione stazioni con non meno di 10 anni di dati registrati;
- per il decennio 1975-1984 abbiamo completato i dati mancanti calcolandoli con il metodo della regressione lineare, utilizzando i dati di non meno di 4 stazioni vicine con similare esposizione geografica e una quota rientrante nei ranges delle quote delle stazioni prese in considerazione;

I dati utilizzati ci sono stati forniti dal Servizio Idrografico Regionale, che è un archivio molto ricco e il più antico esistente in Sicilia, in quanto alcune rilevazioni partono dalla fine del 1800. A tale Ufficio tanto serio e meritevole vanno i nostri sentiti ringraziamenti.

## Costruzione dei topoieti con i poligoni di Thiessen

Per fare un'analisi accurata del clima siciliano abbiamo utilizzato un decennio (1975-1984) di misure servendoci di 104 stazioni termometriche e di 237 stazioni pluviometriche. Lo stesso dicasi per il trentennio (1985-2014) con 122 stazioni termometriche e 320 pluviometriche.

Mentre per il decennio, abbiamo completato mesi e anni mancanti (pochi in verità) con il metodo della regressione lineare, rendendo il decennio completo e omogeneo; per il trentennio abbiamo utilizzato le misure di stazioni con non

meno di dieci anni di dati registrati senza aggiungere dati virtuali a completamento di quelli mancanti, mediando i valori e cercando di eliminare valori troppo alti o troppo bassi per non inficiare le medie.

Visto che non tutte le stazioni fornivano valori termo-pluviometrici, per la realizzazione delle carte tematiche (carta degli indici di aridità) si è preferito optare tra le diverse tecniche di analisi e costruzione delle stesse, per il metodo Matheron. Tale metodologia si è sviluppata e diffusa a partire già dagli anni sessanta.

È un metodo semplice che può essere molto utile se si utilizza come base per migliorare altre tecniche di interpolazione esistenti. Tale metodo si risolve utilizzando i poligoni di Thiessen o diagrammi di Voronoi che sono poligoni con un numero variabile di lati all'interno dei quali sono racchiusi tutti i punti posti alla minima distanza dal centro del poligono. Nel paragrafo precedente è stato mostrato uno stralcio del reticolato dei topografi della Sicilia di SE. Tale reticolato è il risultato dell'unione di tutti i circocentri dei triangoli ai cui vertici ci stanno le stazioni o pluviometrici o termometrici. Eventuali difficoltà, nel chiudere un regolarmente il reticolato, possono essere superate con l'introduzione in un punto opportuno di una stazione virtuale. In questa maniera, definendo le aree di influenza dei vari topografi termometrici entro le quali ricadono le varie stazioni pluviometriche, diviene facile il calcolo degli indici di aridità riferendo i dati pluviometrici alle stazioni termometriche di influenza. Molto semplice risulta la scelta e il calcolo quando la stazione è termo-pluviometrica.

L'indice utilizzato per la redazione delle carte è quello di De Martonne che era stato già discusso nel paragrafo precedente. Questo metodo utilizza parametri già disponibili nei dati termo-pluviometrici e necessari per applicarlo poiché è funzione solo della precipitazione media annua ( $P$ ) e della temperatura media annua ( $T$ ), della precipitazione media del mese più caldo ( $p$ ) e della temperatura media ( $t$ ) dello stesso mese. Si veda la formula già precedentemente riportata. Si precisa che l'elaborazione della carta degli indici di aridità è stata effettuata ad una restituzione cartografica alla scala 1:500.000, che appare quella più idonea per avere una visione generale sulle condizioni climatiche della Sicilia, rimandando a visioni molto particolareggiate nell'ambito di studi idrogeologici e idrografici di singoli bacini a scale più piccole del 500.000 in cui si possono avere maggiori dettagli sulle quote e sulla esposizione geografica delle stazioni.

Per i fini del presente lavoro è sufficiente la metodologia e la scala adottata.

L'interpolazione dei valori puntuali dei diversi indici, ha tenuto conto della esposizione geografica e dell'orografia delle aree dei topografi di influenza delle varie stazioni, intervenendo ove era necessario sui risultati del calcolo. Abbiamo preferito questo metodo per avere sempre sotto controllo la perimetrazione delle aree influenzate dallo

stesso indice di aridità.

Sono state costruite le carte degli indici di aridità sia per il decennio 1975-1984 sia per il trentennio che vengono presentate in scala ridotta nelle pagine seguenti assieme alle tavole degli indici di aridità.

Viene allegata la carta degli indici di aridità della Sicilia di A. Drago perché è basata su dati termo-pluviometrici del trentennio 1965-1994 che copre un periodo sovrapponibile con i dati da noi usati. Il confronto con le nostre carte ci è parso molto soddisfacente in quanto vengono confermate le aree climatiche previste nella carta di Drago e, nelle nostre carte, si evidenzia che le aree umide sono molto più ridotte, specie per l'ultimo trentennio, a conferma di una tendenza alla tropicalizzazione in base alla diminuzione dell'indice di aridità in molte aree della Sicilia.

Anche il confronto con la *carta degli indici di aridità d'Italia*, costruita con gli indici di aridità di De Martonne, dall'Ing. Nicoletta Gazzea ha dato risultati similari elaborando i dati del 1961-1990.

Da molti studi è emerso che parecchie scelte metodologiche forniscono risultati di aridità diversi con aree più o meno estese per soggetti omogenei e riguardanti la Sicilia. Il metodo che restituisce una maggiore omogeneità di aree affette da simile aridità è quello di De Martonne. È evidente che non può essere selezionato un metodo migliore di un altro perché è impossibile confrontarli tra loro avendo una suddivisione in classi climatiche completamente differenti (v. Carta climatica di Köppen), mentre quasi tutti hanno differenze sul fenomeno della desertificazione, i risultati ottenuti per la classe umida e iperumida si sono mostrati molto simili tra loro. Si allegano a seguire (pagg. 20-22):

1. carta dei topografi termometrici e pluvio-metrici della sicilia
2. le carte degli indici di aridità da noi realizzate; si allegano, inoltre, gli elaborati cartografici di A. Drago, N. Gazzea, Köppen per confronto e le analisi statistiche degli indici di aridità del decennio (1975-1984) e del trentennio (1985-2014).

Il presente lavoro è il frutto di tante ricerche e sperimentazioni fatte fin dai tempi della mia collaborazione come assistente alla cattedra di geologia applicata presso l'Istituto di Scienze della Terra dell'Università di Palermo a partire dal lontano 1975 anno in cui il gruppo guidato dal Prof. A. Daina aveva programmato e avviato studi e ricerche idrogeologiche nei Monti di Palermo sintetizzati in:

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

Da un punto di vista idrogeologico avevamo risolto molti dei tanti problemi legati alla valutazione dell'evapotraspirazione effettiva, adottando la formula del Prof. Mario

Fig. 2

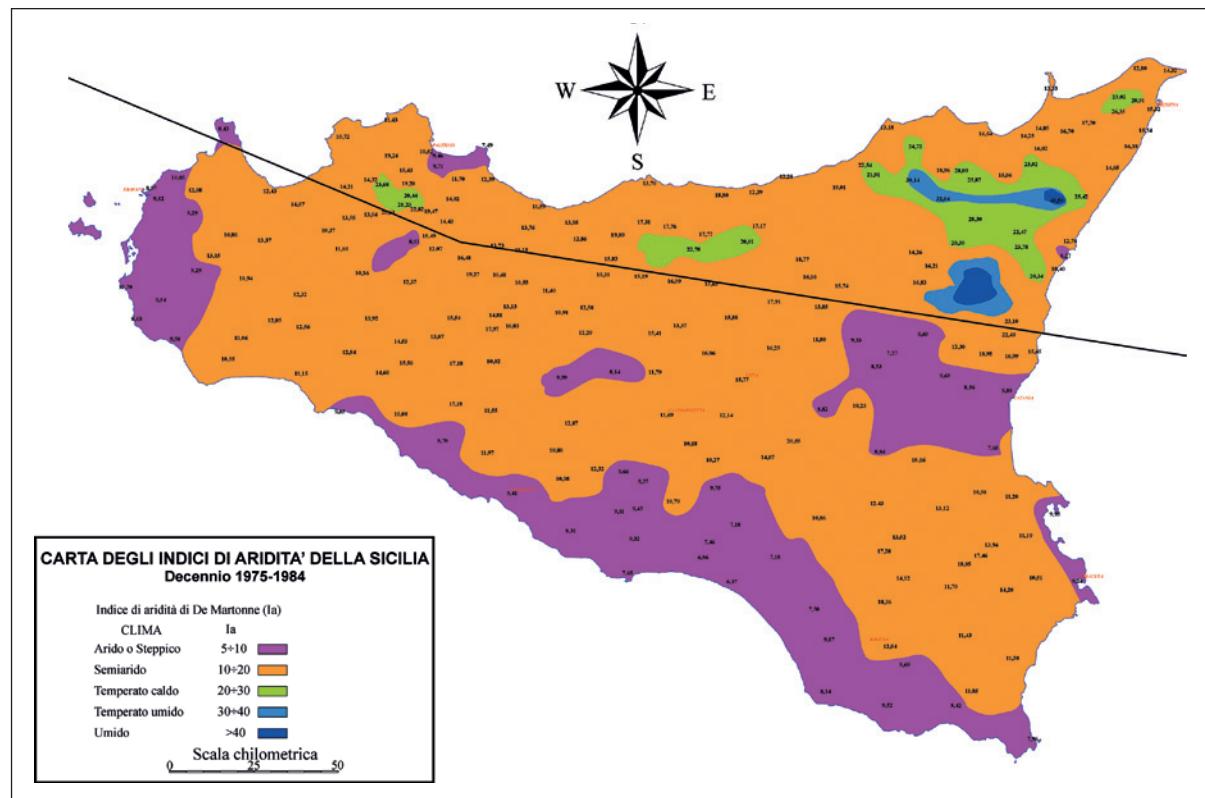
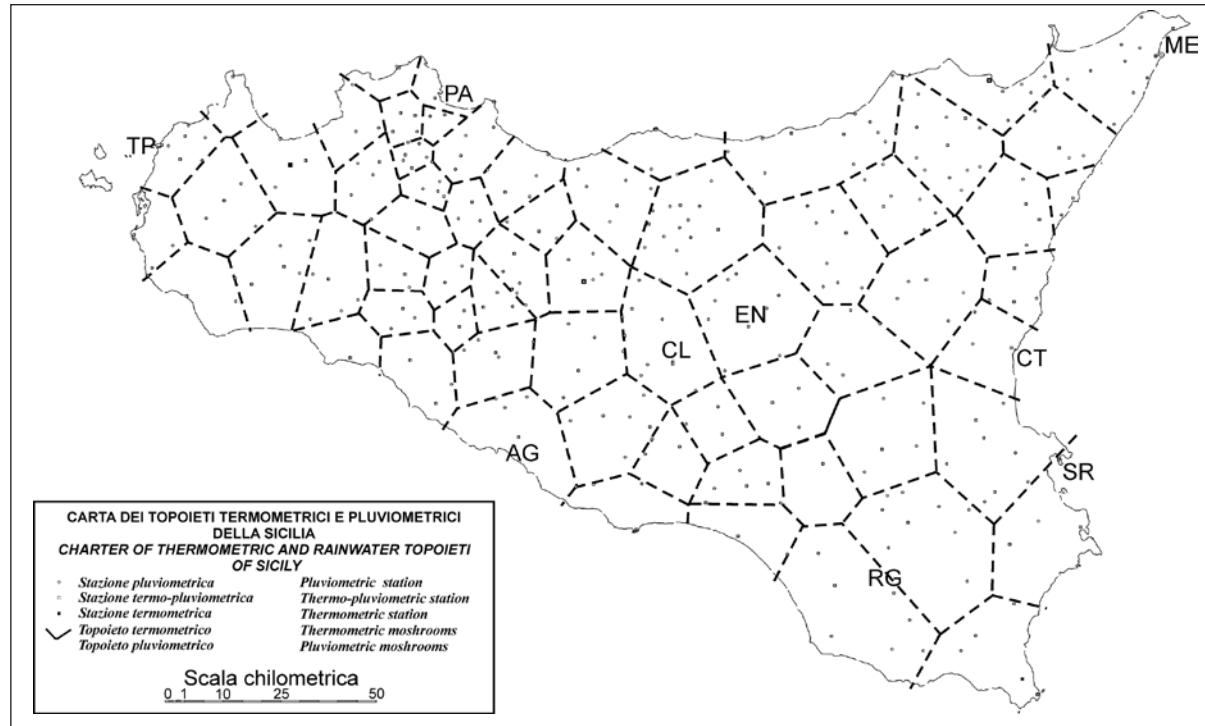


Fig. 3

Fig. 4

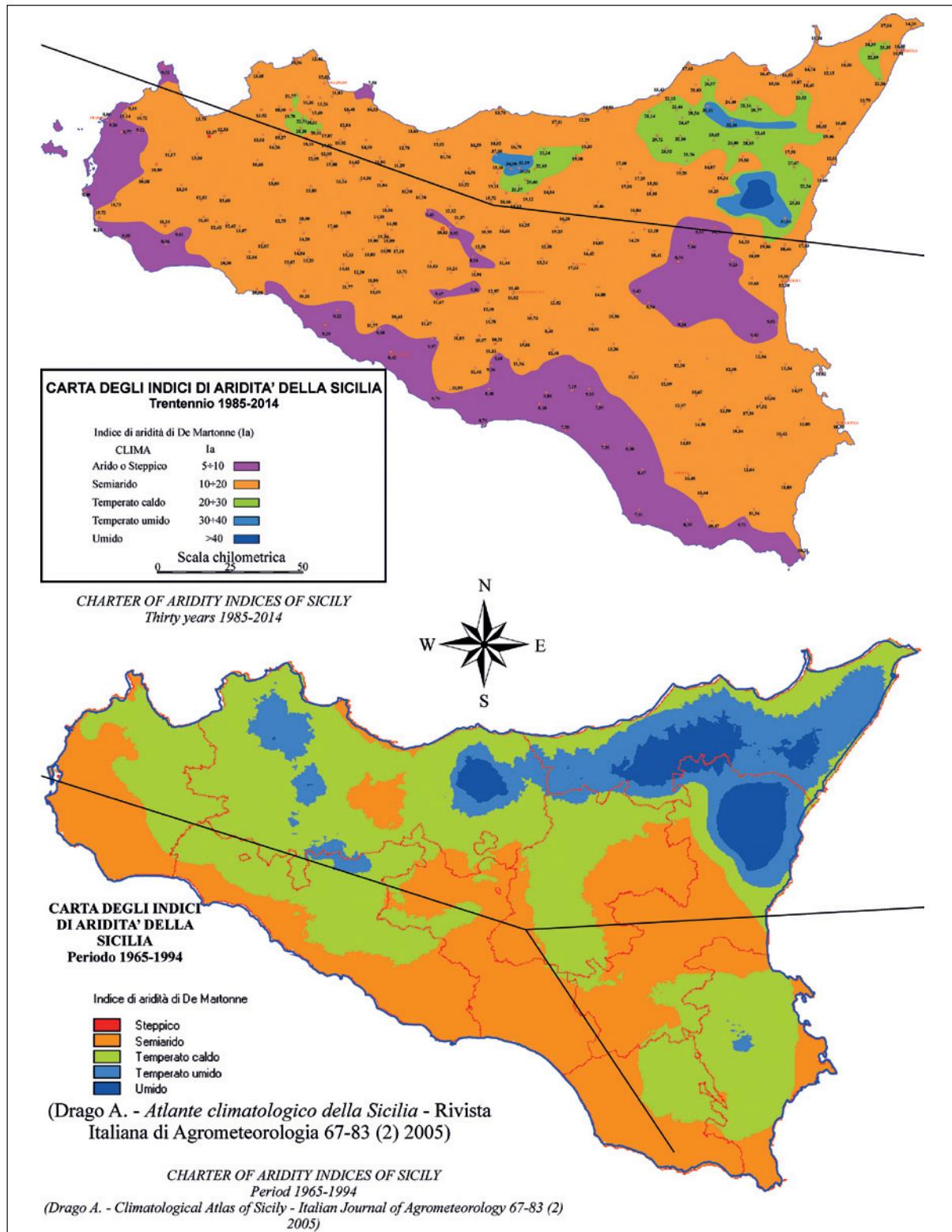
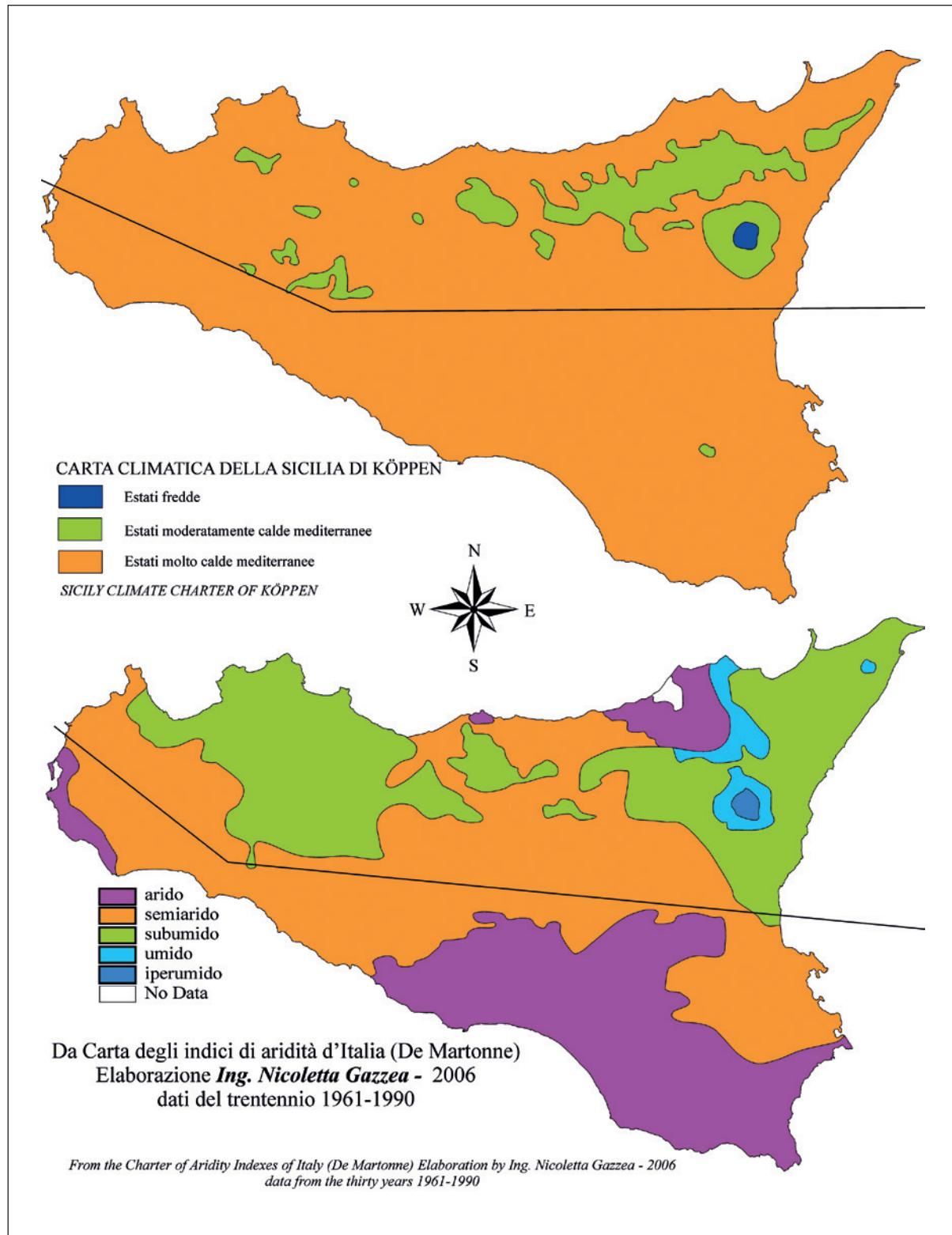


Fig. 5



Santoro, presentata in una memoria al «Convegno internazionale sulle acque sotterranee», Palermo dal 6 all'8 dicembre 1970, sulla applicabilità della formula di Turc per il calcolo della evapotraspirazione effettiva in Sicilia.

M. Santoro ha variato opportunamente la formula di Turc ricavando una formula per il calcolo della evapotraspirazione effettiva annuale utile per la sua applicabilità in Sicilia. Però restava l'altra grande incognita nell'equazione del bilancio, nella sua forma più semplice: il valore del deflusso superficiale  $D_s$ .

In base ai valori noti delle emergenze medie annue abbiamo valutato quale poteva essere la parte di ( $P$ ) che formava il ( $D_s$ ), deflusso superficiale medio annuo, e poi sperimentare alcune verifiche sullo stesso legandolo principalmente all'acclività dei versanti con valori che andavano, nelle zone calcareo-dolomitiche dal 30% delle precipitazioni nella parte montuosa al 10-15% per le zone collinari a morfologia dolce e al 5-0% nelle zone di pianura alluvionali o sabbiosocalcareniche; mentre nelle aree impermeabili quasi il 90% delle precipitazioni riservando un'alea del 10% come acqua di ritenzione nella parte alterata. Queste scelte, che tenevano in considerazione la morfologia e in parte le caratteristiche di permeabilità, non tenevano conto dell'incidenza che poteva avere l'uso del suolo nel deflusso superficiale. Nel seconda ricerca, eseguita nel *Gruppo montuoso di Belmonte Mezzano (PA)*, abbiamo aggiunto un confronto con i risultati del *bilancio idrico di Palermo di M. PINNA (1977)*. Si ringrazia il Prof. P. Celico che ha voluto inserire, con carta idrogeologica e metodologia, la ricerca eseguita nei *Monti a sud di Carini (PA)*, nel suo testo di idrogeologia pubblicato nel 1986: *Prospettive idrogeologiche*. Vol. II, Liguori Editore, Napoli, come altra metodologia di ricerca.

Bisognava precisare come i pesi delle componenti fisiografiche agivano nell'economia del bilancio idrogeologico e come dovevano essere inseriti nella formula generale.

A tale scopo il Prof. G. Cusimano pubblicava:  
 «*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.

Il calcolo della potenzialità della risorsa idrica nella struttura idrogeologica è basato sulla determinazione analitica dei parametri che entrano in gioco nel ciclo idrologico dell'acqua:

$$P + Pe = Er + D_s + Ie$$

dove :

$P$  = precipitazioni medie annue nel bacino in esame

$Er$  = evapotraspirazione reale media annua

$D_s$  = deflussi superficiali medi annui

$Ie$  = infiltrazione efficace media annua per unità di superficie

$Pe$  = Apporti esterni

L'evapotraspirazione, che è la quantità d'acqua che si perde ogni anno per evaporazione e traspirazione, è stata calcolata in base alla formula proposta dal Turc, adattata dal Santoro alla Sicilia, in cui sono determinanti, rispetto ad altri fattori meteorologici, la piovosità e la temperatura. La formula del Prof. Santoro è la seguente:

$$Er = \frac{P}{\sqrt{a + \frac{P^2}{L^2}}}$$

dove:

$P$ =precipitazione media annua

$L=b - c \times Tp + d \times Tp^3$  (Potere evaporante)

$a, b, c, d$  = costanti dipendenti dal clima che per la Sicilia (clima mediterraneo secco) hanno i valori:

$a=0,9, b=586, c=10, d=0,05$

$Tp$  = Temperatura fittizia media annua corretta in funzione di  $P$

$$Tp = \frac{\sum T_i \times P_i}{\sum P_i}$$

in cui:

$T_i$ =temperature medie mensili dell'anno tipo

$P_i$ =precipitazioni medie mensili dell'anno tipo.

Ritenendo non esaustiva la metodologia, usata nei lavori di ricerca più sopra accennati, per una valutazione del deflusso superficiale ( $D_s$ ) della formula di bilancio, abbiamo messo alla prova i coefficienti di Kennessey utilizzati dai Proff. A. Tardi e S. Vittorini in Toscana e dal Prof. G. Cusimano in Sicilia rifacendo i bilanci di tante zone di ricerca dislocate in località tipo di buona parte della Sicilia. Questo è l'obbiettivo di questa parte prima del lavoro in cui si fanno delle verifiche sull'applicabilità in Sicilia, non della metodologia, ma dei coefficienti fisiografici di Kennessey.

#### **Esecuzione di bilanci idrogeologici in alcuni bacini sperimentali della Sicilia calcolando il Cdf con il metodo e i coefficienti di Kennessey (A. Tardi e S. Vittorini 1977 e G. Cusimano 1994)**

Dopo avere calcolato gli indici di aridità e redatto le relative carte della Sicilia con i dati del decennio 1975-1894 e del trentennio 1985-2014, si è constatato che questi indici nulla hanno a che fare con quelli della Svizzera e dell'Ungheria.

I coefficienti fisiografici, dipendenti dagli indici di aridità della regione dove si trova il bacino studiato da Lauterburg e che la stessa aveva applicato in Svizzera e che poi sono stati adattati all'Ungheria da B. Kennessey con qualche variazione, sono i seguenti:

**I. Fattori di pendenza:**

1. Su una pendenza molto forte, cioè se la pendenza del versante è > 35%  $\alpha_i = 0,22 - 0,26 - 0,30$

2. Pendenza media, ovvero se la pendenza del versante è compresa tra 35-11%  $\alpha_i = 0,12 - 0,16 - 0,20$

3. In una leggera pendenza, cioè se la pendenza del versante è compresa tra 11-3,5%  $\alpha_i = 0,06 - 0,08 - 0,11$

4. Pendenza molto dolce, piatta, se la pendenza del versante è < 3,5%  $\alpha_i = 0,01 - 0,03 - 0,05$

**II. Fattori di permeabilità:**

1. Su un terreno molto stagno  $\alpha_2 = 0,22 - 0,26 - 0,30$

2. Terreno a media permeabilità  $\alpha_2 = 0,12 - 0,16 - 0,20$

3. Terreno permeabile  $\alpha_2 = 0,06 - 0,08 - 0,10$

4. Terreno molto permeabile  $\alpha_2 = 0,03 - 0,04 - 0,05$

**III. Fattori di sterilità o di copertura vegetale:**

1. Roccia nuda  $\alpha_3 = 0,22 - 0,26 - 0,30$

2. Prato e pascolo  $\alpha_3 = 0,17 - 0,21 - 0,25$

3. Suolo coltivato e arborato  $\alpha_3 = 0,07 - 0,11 - 0,15$

4. Foresta chiusa, sedimenti sciolti, terreno sassoso e sabbioso  $\alpha_3 = 0,03 - 0,04 - 0,05$

Riferisce ancora 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. I dati riportati differiscono anche da Lauterburg perché non ci sono zone pianeggianti in Svizzera.»

Gli stessi A.Tardi e S. Vittorini avevano constatato quanto segue sulle tre colonne di coefficienti fisiografici proposte da Kennessey: «La terza colonna ben si adatterebbe invece a regioni più umide aventi l'indice di aridità maggiore di 40. Queste regioni si trovano in effetti al di fuori del bacino dell'Ombrone e, precisamente, sarebbero localizzabili nell'Italia alpina e pre-alpina e nelle regioni più elevate dell'Appennino, come risulta dalla carta dell'indice di aridità dell'Italia di

Pinna. Secondo questa carta, inoltre, 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. L'opportunità di questa aggiunta appare giustificata dalla diversità delle condizioni climatiche italiane rispetto a quelle dell'Ungheria. Questo paese infatti, è nel complesso più umido del nostro: ha le piogge distribuite più uniformemente nel corso dell'anno e le estati piuttosto piovose, cosicché, molto spesso, il mese più arido non corrisponde a quello più caldo ed i valori dell'indice di aridità sono mediamente più elevati di quelli italiani, anche se le precipitazioni medie annue sono relativamente modeste, oscillando tra i 500 e gli 800 mm. Comunque, siccome gli scarti tra i valori della regione in esame e quelli dell'Ungheria non sono molto sensibili. Per questi motivi si è ritenuto di poter assumere anche per la regione dell'Ombrone gli stessi valori delle componenti usate da Kennessey.» Quanto precisato molto correttamente, sia da Kennessey per l'adattabilità dei coefficienti di Lauterburg all'Ungheria e da A. Tardi e S. Vittorini per l'applicabilità dei coefficienti di Kennessey all'Italia, ci trova totalmente d'accordo perché, i Proff. Tardi e Vittorini, facevano notare che (lo vogliamo ripetere): «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.».

Pertanto l'errore effettuato è stato proprio quello di averli voluto applicare, ex abrupto, in Sicilia senza tentare una qualche via per adattare tali coefficienti alle condizioni climatiche dell'isola ove gli indici di aridità sono molto più bassi. Appunto per questo, nell'ottica di verificare l'inapplicabilità, in Sicilia, dei coefficienti fisiografici, proposti da Kennessey, Tardi &Vittorini e da Cusimano, abbiamo fatto dei bilanci idrogeologici su bacini, studiati per anni per enti pubblici e privati, dei quali si avevano anni e anni di misura degli afflussi, delle emergenze sorgentizie e dei prelevamenti da pozzi. Facciamo notare che il metodo Kennessey è valido per piccoli bacini.

Cominciamo col presentare la tabella dei coefficienti fisiografici di Kennessey utilizzati da Tardi &Vittorini e da Cusimano per calcolare il Cdf.

TABELLA KENNESSEY DEI COEFFICIENTI FISIOGRAFICI 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.

Tab. 1 - Knessey table of physiographic coefficients from Tardi &amp; Vittorini

Riteniamo interessante allegare, a questo punto, le tavole di Luigi Fanizzi presentate in un lavoro per Ecoacque – *Il bilancio idrico annuale (BIA) col metodo del coefficiente di deflusso fisiografico*, in Scienza & Inquinamento - 2016), in cui l'autore fa degli interessanti raggruppamenti delle varie realtà che possono presentarsi all'interno di un bacino, relativi ai diversi coefficienti fisiografici appartenenti alle componenti (Ca, Cp e Cv) che concorrono alla formazione del Cdf.

I raggruppamenti della componente vegetazione discendono dalle carte Corine Land Cover.

Per le valutazioni dei contenuti delle classi nel calcolare il Cdf abbiamo fatto riferimento alle tavole proposte da L. Fanizzi. Dopo la presentazione delle tavole e prima di passare ad allegare i bilanci idrogeologici dei bacini sperimentali studiati, esporremo le procedure di studio per l'esecuzione degli stessi.

Classe di acclività metodo Knessey	Descrizione classi di acclività	Valore (%)
1	Superficie a pendenza debole	<3,5%
2	Superficie a pendenza moderata	3,5-10%
3	Superficie a pendenza forte	>10-35%
4	Superficie a pendenza ripida	>35%

Tab. 2 - Ripartizione delle varie classi di acclività e loro raggruppamento secondo Knessey.

Tab. 2 - Breakdown of the various classes of acclivity and their grouping according to Knessey.

Classi di permeabilità metodo Knessey	Descrizioni classi idrogeologiche omogenee per permeabilità (riferite ai tipi litologici della Sicilia)	Grado di permeabilità
1	Rocce eruttive (o magmatiche) effusive: trachiti, lipariti, andesiti, tefriti  Rocce argillose: argilliti, argilloscisti, argille varicolori, argille varie, depositi argilosì di origine lacustre, banchi argilosì di origine fluviale intercalati spesso nei sedimenti alluvionali, depositi eluviali (ferretto, terra rossa) e colluviali argilosì che possono coprire sottostanti rocce permeabili rendendo così impermeabile il terreno, argille grigio-azzurre, marne e calcari marnosi bianchi (trubi)  Rocce metamorfiche: gneis, micascisti, quarziti, filladi, scisti anfibolitici, scisti di natura silicea	Scarsa
2	Rocce sedimentarie compatte, dolomie, marne, arenarie, tufi cementati, pomice, alternanza di argille, di argilliti e arenarie, di argille, argilliti e calcari)  Rocce dolomitiche compatte  Rocce calcaree compatte  Rocce tipo fratturate	Mediocre
3	Coltri eluviali e colluviali costituite prevalentemente da sabbie e limi con minori quantità di ghiaie, variamente mescolati fra loro  Conglomerati, brecce, sabbioni e sabbie cementate (ciottoli, ghiaie, sabbie e limo a vari gradi di cementazione)  Rocce tipo molto fratturate	Buona
4	Tufi incoerenti, ceneri, scorie, lapilli, dune depositi sabbiosi di origine eolica a rido di spiagge  Rocce calcaree (calcaro dolomitici, c. marnosi, travertini, travertini, calcareniti, brecce calcaree, calcari organogeni) fossilifere, organogene, molto fratturate e carsificate, gessi e salgemma  Limi, sabbie, ciottoli (come depositi alluvionali di origine fluviale o lacustre, nelle pianure alluvionali, nei coni di deiezione e terrazzi fluviali)  Falde e coni di detrito, macerati, composti da cumuli di frammenti rocciosi, di solito angolosi, talora più o meno cementati (brecce di pendio); si trovano ai piedi dei versanti montuosi ripidi e presentano tracce più o meno evidenti di stratificazione	Elevata

Tab. 3 - Ripartizione delle varie classi di permeabilità e loro raggruppamento secondo Knessey. Da: Luigi Fanizzi – Ecoacque® – Il bilancio idrico annuale (BIA) col metodo del coefficiente di deflusso fisiografico. In Scienza &amp; Inquinamento - 2016.

Tab. 3 - Breakdown of the various classes of permeability and their grouping according to Knessey.

Classi d'uso del suolo Corine Land Cover	Descrizione classi Corine Land Cover	Classi di vegetazione metodo Knessey	Descrizione classi di vegetazione
1.1.1	Tessuto urbano continuo	1	Roccia nuda
1.1.2	Tessuto urbano discontinuo		
1.1.3	Zone urbanizzate		
1.2.1	Area industriali e commerciali		
1.2.2	Reti stradali e ferroviarie, spazi accessori		
1.3.1	Aree estrattive		
3.3.1	Spiagge, dune, sabbie		
3.3.2	Rocce nude		
5.1.2	Bacini d'acqua		
1.4.1	Aree verdi urbane		
1.4.2	Aree sportive e ricreative	2	Pascolo
3.2.1	Aree a pascolo e praterie naturali		
3.3.3	Vegetazione rada		
2.1.1	Seminativi in aree non irrigue		
2.2.1	Vigneti	3	Terra coltivata, boscata
2.2.3	Oliveti		
2.4.2	Coture complesse		
2.4.3	Aree con colture e spazi naturali		
2.4.5	Seminativi		
3.2.2	Brughiere e cespuglietti		
3.2.3	Vegetazione a sclerofille		
3.2.4	Vegetazione bosc. ed arbust. in evoluzione		
3.1.1	Boschi di latifoglie	4	Boschi d'alto fusto
3.1.2	Boschi di conifere		
3.1.3	Boschi misti		
3.1.4	Zone boscate		

**Tab. 4** - Ripartizione delle varie classi di vegetazione e loro raggruppamento secondo Knessey.

Da: Luigi Fanizzi – Ecoacque® – Il bilancio idrico annuale (BIA) col metodo del coefficiente di deflusso fisiografico. In Scienza &amp; Inquinamento - 2016.

**Tab. 4** - Distribution of the various vegetation classes and their grouping according to Knessey.

I bacini in cui sono state fatte le verifiche sono distribuiti in quasi tutto il territorio siciliano siti in luoghi tipici e significativi in grado di chiarire le anomalie riscontrate nell'uso dei coefficienti di Knessey in Sicilia.  
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 Monrerale (PA)**

- 1 - Bacino di C.zo Aglissotto
- 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

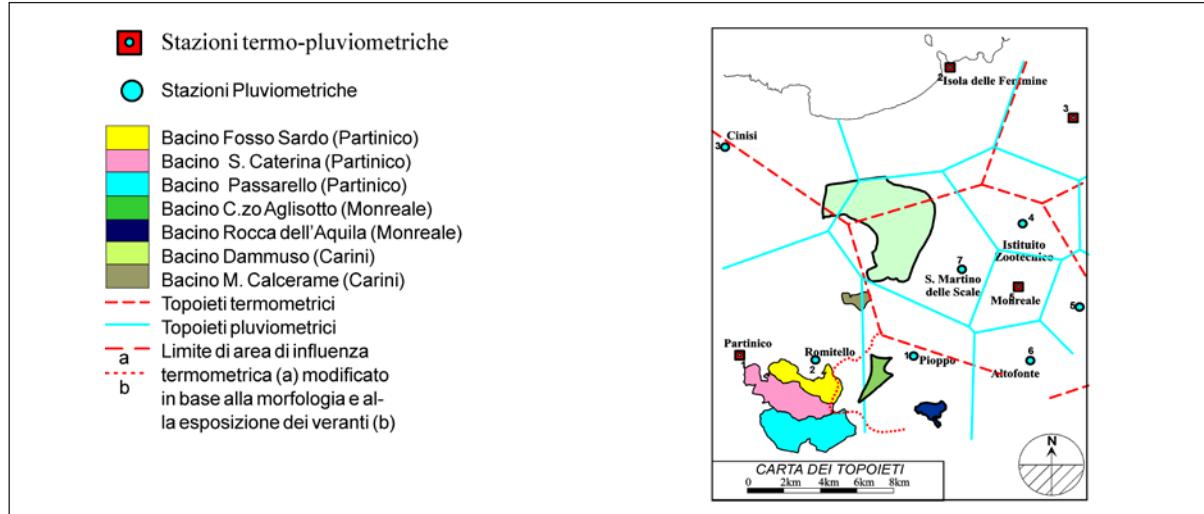
**C - COLLINE A SUD DI NARO (AG)**

- 1 - Bacino Robbadao-Diesi

**Verranno allegati per ciascun bacino:**

- carta dei topografi
- Scheda completa e sintetica dei bilanci dei bacini studiati.comprendente:
  - Dati pluviometrici e termometrici relativi alle aree di influenza dove si sviluppano i bacini;
  - Calcolo dell'Indice di aridità;
  - Calcolo dei coefficienti di deflusso (Cdf);
  - Bilancio idrogeologico
  - Volumi emunti o emergenti
  - Volumi ancora emungibili

## A - GRUPPO MONTI DI PALERMO

**Fig. 6** - Carta dei topoieti del Gruppo dei Monti di Palermo.**Fig. 6** - Map of the topoieti of the Gruppo dei Monti in Palermo.**A1-Monti a sud-est di Partinico (PA)**

Prima di presentare i bilanci, si precisa 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 Calcaro-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 piezometrica si è gradualmente abbassato fino al punto da non più emergenza. 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.

2 - Abbiamo eseguito il bilancio idrogeologico in due condizioni di verifica. In una prima abbiamo considerato il deflusso superficiale normalmente in uscita dai bacini idrografici insistenti sul bacino idrogeologico. In tale condizione la portata teorica della falda risulta molto distante dagli emungimenti di 71,50 l/sec del decennio 1975-1984 e di circa 59 l/sec attuali.

3 - In una seconda ipotesi abbiamo considerato il deflusso superficiale tutto in ingresso in falda assieme ai volumi derivanti dalla infiltrazione efficace. In tale condizione la potenzialità idrica della falda è risultata sempre inferiore ai quantitativi attualmente emunti dalla falda per il fabbisogno idropotabile del Comune di Partinico e da concessioni a privati. Il livello statico si è portato alla quota di +175 mt. s.l.m. nei pozzi Lago 1 e 2 e Ramo 1 e nei nuovi pozzi Cesarò a +171 mt. s.l.m. Non è stato possibile effettuare misure di livello dinamico nei pozzi in esercizio a causa del carente impianto di monitoraggio. In ogni caso risulta quindi un sovrasfruttamento della falda, con sicuro attingimento alle riserve idriche, con rischio elevato di depauperamento delle stesse.

Comunque, oltre ai valori di portata e degli emungimenti ora esposti, si rimanda ai bilanci con i coefficienti fisiografici di Kennessey-Tardi & Vittorini-Cusimano, qui di seguito allegati. Da tali bilanci si evince che le portate delle falde in base ai dati climatici del decennio 1975-1984 sarebbero diminuite di circa l'80% o addirittura sparite con i dati climatici del trentennio 1985-2014. In genere le diminuzioni delle potenzialità delle falde sono dovute al progressivo inaridimento del clima. Malgrado il sovrasfruttamento delle falde le portate discendenti

dai bilanci con i sopra detti coefficienti fisiografici non regono e sono fuori dalla realtà.

#### A2 - Monti a sud di Monreale (PA)

Per meglio valutare le riserve idriche è stato indispensabile determinare l'entità degli emungimenti in atto all'interno del bacino. 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 del bacino, 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:

SORGENTI E POZZI NEL BACINO AGLISOTTO Decennio 1975-1984	portata in l/sec	utilizzazione 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
<b>TOTALE BACINO "AGLISOTTO"</b>	<b>23,00</b>	<b>13,00</b>

Tab. 5

Tab. 5 - Springs and wells in the Aglisotto basin.

SORGENTI E POZZI NEL BACINO ROCCA DELL'AQUILA	portata in l/sec	utilizzazione in l/sec
<b>Trentennio 1985-2014</b>		
Scorsone o Barone		scomparsa
Maio-D'Alcamo	2,00	1,00
Barone Pezzenti	8,00	5,00
Catena o Pezzenti		scomparsa
Gruppo Lo Presti-Pezzenti 1	1,10	1,10
Gruppo Lo Presti-Pezzenti 1		scomparsa
Lo Presti-Pezzenti 2		scomparsa
ex Caserma dei Carabinieri		scomparsa
<b>TOTALE BACINO "AQUILA"</b>	<b>11,10</b>	<b>7,10</b>

Tab. 6

Tab. 6 - Springs and wells in the Aglisotto basin.

Dal confronto con i dati del bilanci eseguiti con i coefficienti fisiografici di Kennessey et alii sia per il decennio che per il trentennio di dati termo-pluviometri usati, si nota come i

risultati non 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.

#### A3 - Monti a sud di Carini (PA)

**Il bacino Dammuso-Moscalia** 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. Si ritiene che la diminuzione delle portate nel trentennio sono da attribuire al progressivo inaridimento del clima.

**Il bacino di M.te Calcerame** coincide con una scaglia tettonica, litologicamente formata esclusivamente dalle dolomie farinose della Fm. Fanusi, presenta uno sviluppo area le di Km2 0,4145 ed è compresa tra Cugno Signoruzzu e la zona di Sagana. È interessata da faglie con orientamento NW-SE che abbassano verso ovest e verso sud-ovest e da numerose fratture. Da circa un decennio le emergenze dalle sorgenti di Mazza Martino e Calcerame è di l/sec 1,50. Dai bilanci eseguiti con i coefficienti fisiografici di Kennessey ex abrupto qui applicati hanno dato valori nulli come se non fosse mai esistita una falda.

#### B - MONTI DELLE MADONIE

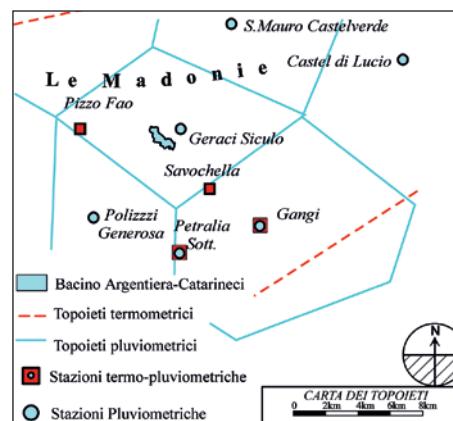


Fig. 7

Fig. 7 - Map of the topoieti of the mountains west of Geraci Siculo.

La determinazione del Bacino Argentiera-Catarineci e delle zone di adunamento idrico nel sottosuolo sono stati confrontati sia con i dati delle sorgenti rilevate, sia con i rilievi geologici e idrogeologici.

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 ci siamo avvalsi di:

1- misure effettuate in buona parte delle sorgenti dell'area, in cui ci sono le sorgenti della concessione della Società dell'acqua di Geraci Siculo, portano a valori intorno a 8,00 l/sec;

2- stime accettabili che portano a circa 19,00 l/sec 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 multialfald;

3- per alcuni gruppi sorgentizi al servizio di comuni vicini, i prelievi si aggirano intorno a 8,00 l/sec.

Globalmente i volumi in uscita sono di 35,00 l/sec, molto vicini ai volumi teorici derivanti dal bilancio con i dati del decennio in cui la stazione termometrica di influenza è quella di Petralia Sottana (nel decennio manca la stazione di Pizzo Fao); ma molto diversi per il trentennio in cui la stazione termometrica di influenza è quella di Pizzo Fao (nel trentennio manca la stazione di Petralia Sottana). I bilanci non danno risultati paragonabili. Mentre per il decennio siamo al limite di applicabilità dei coefficienti Kennessey et alii, per il trentennio i risultati sono fuori dalla realtà.

STAZIONE PLUVIOMETRICA MEDIA	
<b>GERACI SICULO</b>	
G	111,90
F	124,90
M	107,74
A	99,44
M	40,84
G	19,42
L	4,80
A	36,04
S	36,84
O	106,98
N	136,14
D	161,20
<b>TOTALE</b>	<b>986,24</b>

Tab. 7 - DATI DECENTNIO 1975-1984.

Tab. 7 - Data period 1975-1984.

STAZIONE TERMOMETRICA MEDIA	
<b>PETRALIA SOTTANA</b>	
G	5,51
F	5,84
M	7,75
A	10,00
M	15,05
G	19,97
L	23,06
A	22,16
S	19,20
O	14,81
N	9,90
D	6,87
<b>MEDIA</b>	<b>13,34</b>

Tab. 8 - DATI TRENTENNIO 1985-2014.

Tab. 8 - Data period 1985-2014.

Risulta evidente che 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. Le valutazioni di carattere geologico ed idrogeologico fatte e le conferme dai dati di portata ci inducono a considerare valido e realistico il modello idrogeologico ipotizzato e favorevoli le condizioni di adunamento idrico nel sistema di fessurazione, dalle fratture macroscopiche fino a quelle di dimensione capillare, e dei giunti di stratificazioni delle quarzarenitici. Ulteriori adunamenti idrici si verificano nel corpo degli strati alterati superficiali delle argilliti con livelli arenacei sottostanti o intercalati alle quarzarenitici 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 disperdonano nella stessa dando origine in vari punti del suo corpo a sorgenti stragionali e a pantani, chiamati localmente «gorghi», nei periodi di morbida e a volte lontani dalla zona di alimentazione. Si ritiene che la diminuzione delle portate nel trentennio sono da attribuire al progressivo inaridimento del clima.

STAZIONE PLUVIOMETRICA MEDIA	
<b>GERACI SICULO</b>	
G	112,10
F	87,00
M	71,10
A	80,70
M	37,90
G	21,40
L	7,00
A	19,50
S	50,60
O	84,60
N	101,50
D	129,00
<b>TOTALE</b>	<b>802,40</b>

STAZIONE TERMOMETRICA MEDIA	
<b>PIZZO FAO</b>	
G	2,80
F	2,60
M	3,50
A	6,60
M	11,60
G	15,50
L	18,40
A	18,40
S	14,90
O	11,10
N	6,00
D	2,40
<b>MEDIA</b>	<b>9,48</b>

### C - COLLINE A SUD DI NARO (AG)

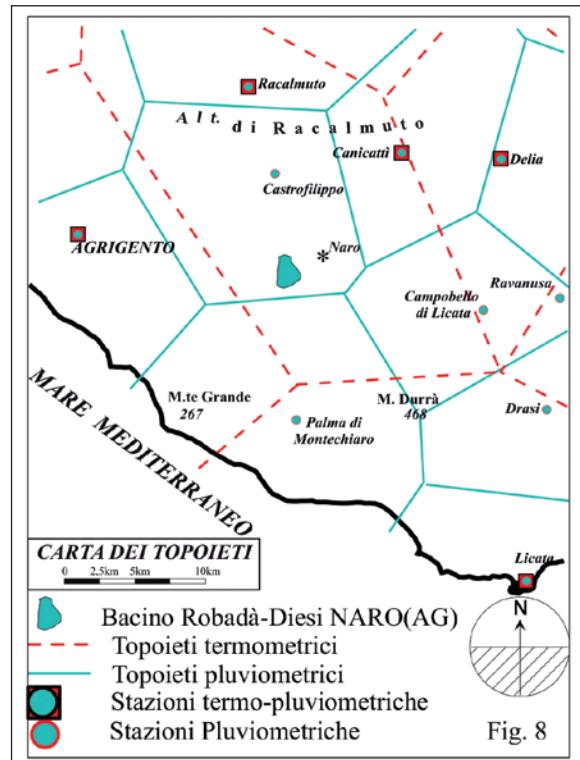


Fig. 8

Fig. 8 - Map of the topoieti of the hills south of Naro (AG).

Il modello idrogeologico adottato è idoneo a definire le condizioni di adunamento idrico nel Bacino di C.da Robbadao a W di Naro. Tali condizioni, specie per il tipo di bacino di cui trattasi che è impostato in un piccolo sinclinorio della Serie Gessoso Solfifera 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 Robbadao e confrontare poi la portata teorica della falda con i prelievi in atto.

Le caratteristiche del bacino sono:

- Superficie del bacino Km<sup>2</sup> 2,625
- Stazione Termometrica di influenza: Racalmuto per il decennio 1975-1984; Canicatti per il trentennio 1985-2014
- Stazione pluviometrica di influenza: Castrofilippo.

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 emuti dai pozzi utilizzati, si aggirerebbero intorno ai 7,5 l/sec per anno irriguo per il decennio 75-84. I risultati del bilancio idrogeo-logico, utilizzando i coefficienti fisiografici di Tardi & Vittorini e G. Cusimano utilizzando i dati climatologici del decennio (1975-1984) e del trentennio (1985-2014) partendo da:

- a) Apporti diretti da precipitazioni in mm  
 $P = 587,10$  (1975-1984)  
 $P = 519,90$  (1985-2014)
- b) Temperatura media annua in °C  
 $T = 17,13$  (1975-1984)  
 $T = 16,80$  (1985-2014)
- c) Apporti esterni per ruscellamento  $PE = 0$   
sono stati ottenuti i seguenti risultati:  
  - 1) Evapotraspirazione  
 $E = 424,87$  mm (1975-1984)  
 $E = 397,19$  mm (1985-2014)
  - 2) Deflusso superficiale  
 $Dfs = 165,41$  mm (1975-1984)  
 $Dfs = 146,48$  mm (1985-2014)
  - 3) Infiltrazione efficace  
 $Ie = -3,19$  mm (1975-1984)  
 $Ie = -23,77$  mm (1985-2014)
  - 4) la potenzialità della falda idrica nel bacino con i soli apporti all'interno dell'area è risultata pari a circa:  
Portata teorica -0,27 l/sec (1975-1984)  
Portata teorica -1,98 l/sec (1985-2014)  
a fronte di un utilizzo da decenni di circa 5,00 l/sec e i 5,00 l/sec attuali.

### Conclusioni

Ancora una volta, con l'ultima verifica esposta, si dimostra 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 a pag. 2.

Vengono ora allegate due tavole sintetiche, usando i dati climatologici del decennio 1975-1984 e quelli del trentennio 1985-2014, con i risultati dei bilanci dei vari bacini studiati per avere un quadro generale con possibilità di confronto delle condizioni geografiche e climatiche dei vari siti.

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.

Questa prima parte è la premessa per la presentazione della nuova metodologia di adattamento dei coefficienti fisiografici all'ambiente siciliano, che sarà l'oggetto di

una prossima comunicazione che verrà presentata in un prossimo numero.

Tale metodologia è basata sui dati siciliani e non ci sentiamo in grado di consigliare i coefficienti idrografici trovati per la prima colonna auspicata dagli autori più sopra citati per applicarli alle altre regioni italiane, specie per quelle meridionali.

Bisogna applicare il metodo da noi adottato dopo le opportune verifiche climatiche delle varie regioni meridionali.

ESEMPI SPERIMENTALI UTILIZZANDO PER IL CALCOLO DEL Cdf IL METODO KENNESSEY CON I COEFFICIENTI DELLE COMPONENTI FISIOGRAFICHE PROPOSTE PER LA TOSCANA (Da Tardi & Vittorini, 1977) E APPLICATE (Da G. Cusimano, 1994) IN SICILIA (Decennio 1975-1984)									
BACINI IDROGEOLOGICI	P(mm) media annua x mq	T (°C) media annua	Evapotr. Turc- Santoro mm/mq	Sup. Bacino in Km <sup>2</sup>	Dfs (mm) medio annuo x mq	le infiltrazione efficace mm/mq	portata teorica falda l/sec	emungimenti nel decennio in l/sec	volumi ancora emungibili in l/sec
<b>A1 - MONTI A SUD-EST DI PARTINICO (PA)</b>									
PASSARELLO	836,90	17,34	496,10	5,19	264,24	76,56	12,60		
S. CATERINA	836,90	17,34	496,10	5,72	358,59	-17,79	-3,23	71,50	-57,54
FOSSO SARDO	836,90	17,34	496,10	4,21	306,41	34,39	4,59		
								13,96	
<b>TOTALE PER I TRE POZZI</b>									
<b>A2 - MONTI A SUD DI MONREALE (PA)</b>									
AGLISOTTO	1.168,72	15,70	509,17	2,31	355,66	303,88	22,29	23,00	-0,71
ROCCA DELL'AQUILA	1.168,72	15,70	509,17	1,30	500,62	158,93	6,55	16,10	-9,55
<b>A3 - MONTI A SUD DI CARINI (PA)</b>									
DAMMUSO	892,30	17,31	504,82	26,23	218,82	168,65	140,28	185,00	-44,72
CALCERAME	836,90	17,34	488,12	0,42	393,37	-44,59	-0,59	1,50	-2,09
<b>B - MONTI DELLE MADONIE (PA)</b>									
ARGENTIERA-CATARINECI (GERACI SICULO)	986,24	13,34	476,31	5,90	296,16	213,78	40,00	35,00	5,00
<b>C - COLLINE A SUD DI NARO (AG)</b>									
ROBBADA'-RIESI	587,10	17,13	484,27	2,63	165,41	-3,19	-0,27	5,00	-5,27

Tab. 9.

Tab. 9 - Experimental examples using the Kennessey method with the coefficients of the physiographic components proposed for Tuscany (from Tardi & Vittorini, 1977) and applied (from G. Cusimano, 1994) in Sicily (decade 1975-1984).

ESEMPI SPERIMENTALI UTILIZZANDO PER IL CALCOLO DEL Cdf IL METODO KENNESSEY CON I COEFFICIENTI DELLE COMPONENTI FISIOGRAFICHE PROPOSTE PER LA TOSCANA (Da Tardi & Vittorini, 1977) E APPLICATE (Da G. Cusimano, 1994) IN SICILIA (Trentennio 1985-2014)									
BACINI IDROGEOLOGICI	P(mm) media annua x mq	T (°C) media annua	Evapotr. Turc- Santoro	Sup. Bacino in Km <sup>2</sup>	Dfs (mm) medio annuo	le infiltrazione efficace	portata teorica falda l/sec	emungimenti nel trentennio in l/sec	volumi ancora emungibili in l/sec
<b>A1 - MONTI A SUD-EST DI PARTINICO (PA)</b>									
PASSARELLO	801,20	18,59	507,20	5,19	252,97	41,02	6,75		
S. CATERINA	801,20	18,59	507,20	5,72	343,30	-49,30	-8,94	59,00	-61,10
FOSSO SARDO	801,20	18,59	507,20	4,21	293,34	0,65		-2,10	
<b>A2 - MONTI A SUD DI MONREALE (PA)</b>									
AGLISOTTO	936,90	18,70	528,49	2,31	285,12	123,30	9,04	23,00	-13,96
ROCCA DELL'AQUILA	936,90	18,70	528,49	1,30	401,32	7,10	0,29	16,10	-15,81
<b>A3 - MONTI A SUD DI CARINI (PA)</b>									
DAMMUSO	985,51	19,80	558,77	26,23	241,68	185,06	153,92	185,00	-31,08
CALCERAME	801,20	18,59	507,20	0,42	376,59	-82,59	-1,09	1,00	-2,09
<b>B - MONTI DELLE MADONIE (PA)</b>									
ARGENTIERA-CATARINECI (GERACI SICULO)	802,40	9,48	452,04	5,90	240,95	109,40	20,47	28,00	-7,53
<b>C - COLLINE A SUD DI NARO (AG)</b>									
ROBBADA'-RIESI	519,90	16,80	397,19	2,63	146,48	17	-23,77	-1,98	5,00

Tab. 10.

Tab. 10 - Experimental examples using the Kennessey method with the coefficients of the physiographic components proposed for Tuscany (from Tardi & Vittorini, 1977) and applied (from G. Cusimano, 1994) in Sicily (thirty years 1985-2014).

## 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 spatial et son intérêt bydrogeologique*. Compte rendu scand. Soc. Geol. France, n. 7.
- BRUNETTO V., D'ANGELO U., LETO P. & RENDA P., 1975, *Su alcuni depositi di alabastro 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'ARGENIO 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), *Prospettive idrogeologiche. Vol. II*, Liguori 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. Gco1. 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.
- DANGELO U., MANIACI G., VERNUCCIO S., 1980, *Caratteristiche idrogeologiche del gruppo montuoso di Belmonte Mezzagno (Monti di Palermo)*. Geologia Technica 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.
- FANIZZI 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. Récérche, 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 retenciók*. Vizugy, Koniémények.
- MASCLE G. (1973), *Etude géologique 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 tectonica 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 tectonica 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 Funisi 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.
- THORNTWHAITE C.W. & MATHER J.R. (1957), *Instructiones and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance*. Drexel Institute of Technology, Publications in climatology, vol. X, n. 3.

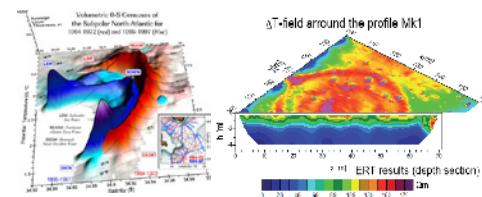
## Ringraziamenti:

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



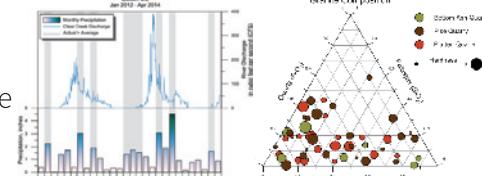
## Surfer 20

Prendere decisioni consapevoli. Le potenti funzioni di mappatura, modellazione e analisi di Surfer aiutano a trovare le risposte alle domande più difficili.



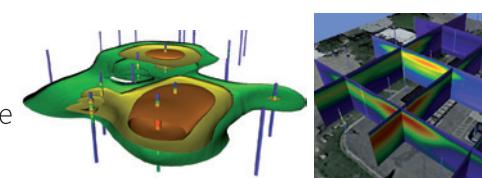
## Grapher 17

Ottenere una comprensione completa. La comprensione chiave è contenuta nei vostri dati. Sbloccate queste informazioni con le ampie funzionalità di analisi e di rappresentazione grafica di Grapher.



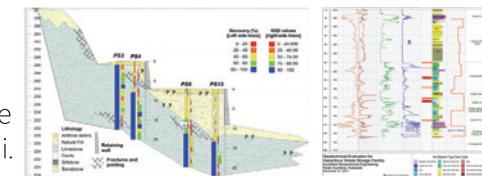
## Voxler 4

Comprendere tutti gli aspetti dei vostri dati tridimensionali. Utilizzate le potenti capacità di modellazione di Voxler per trasformare i vostri dati in informazioni preziose.



## Strater 5.5

Eliminare l'incertezza del sottosuolo. Strater fornisce i mezzi per visualizzare e analizzare rapidamente i dati del sottosuolo, come pure i registri dei pozzi (logging), i fori di trivellazione e le sezioni trasversali.



**ADALTA** Rivenditore autorizzato per l'Italia di Golden Software

[www.adalta.it/Golden](http://www.adalta.it/Golden) ►



# WOLFRAM TECHNOLOGY

LA SOLUZIONE DEFINITIVA PER LA RICERCA E LO SVILUPPO

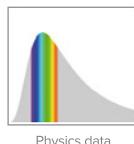
Partecipa ai seminari gratuiti!

La Wolfram Technology offre un ambiente di sviluppo con la piena integrazione della computazione nell'intero flusso di lavoro.

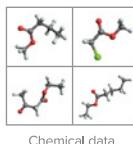
La punta di diamante della tecnologia Wolfram è **Mathematica** che dal 1988 è rinomato per essere il miglior programma al mondo per ogni tipo di calcolo.

Mathematica guida l'utilizzatore dall'idea iniziale fino allo sviluppo di soluzioni che siano individuali o su larga scala.

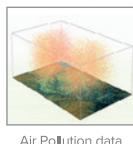
Mathematica integra la più grande collezione al mondo di algoritmi, capacità di calcolo ad alte prestazioni e un potente motore di visualizzazione in un sistema coerente e semplice da usare; ciò rende estremamente intuitivo, veloce ed economico il processo di creazione di modelli di calcolo personalizzati e per questo rappresenta lo strumento ideale per la ricerca di base e applicata in ogni settore.



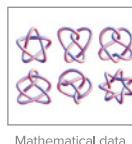
Physics data



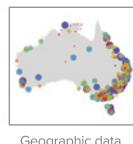
Chemical data



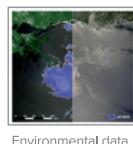
Air Pollution data



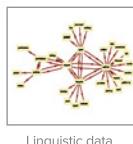
Mathematical data



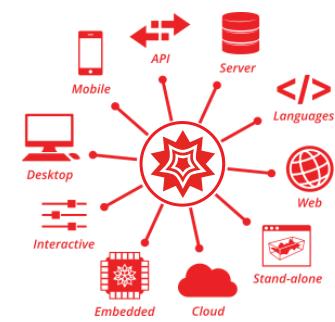
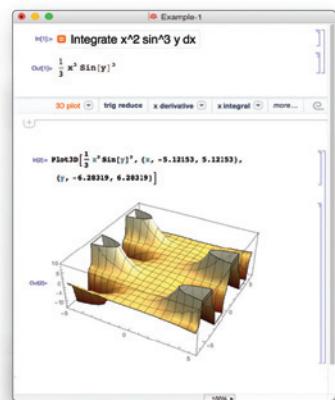
Geographic data



Environmental data



Linguistic data



Mathematica ha accesso alle vastissime risorse di conoscenza Wolfram, che includono dati continuamente aggiornati e gratuiti in migliaia di differenti domini: fisica, geologia, scienze della terra, chimica, matematica, ecc... Tutti i dati in Mathematica sono immediatamente calcolabili.

Mathematica in versione **OnLine** consente di calcolare, visualizzare, programmare e creare documenti interattivi direttamente nel browser Web; inoltre gli strumenti di collaborazione integrati permettono di condividere i Notebook interattivi con colleghi in tutto il mondo.

**ADALTA** Distributore unico per l'Italia di Wolfram

[www.adalta.it/Wolfram](http://www.adalta.it/Wolfram) ►

## Geofisica senza limiti .....



### MALÅ GeoDrone 80

La soluzione definitiva per  
Indagini GPR Low-frequency, airborne



vent'anni di impegno al vostro fianco

DISTRIBUTORE PER L'ITALIA

**GUIDELINEGEO**  
ABEM | MALÅ



geotomographie

**GEOGIGA**  
TECHNOLOGY CORP.

**SENSYS**  
Magnetometers & Survey Solutions

 **Geophex Ltd.**

**EMFAD**  **ZC** 



**SENSYS**  
Magnetometers & Survey Solutions

**Magdrone**  
Indagini magnetiche senza limiti



## MIRA HDR

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

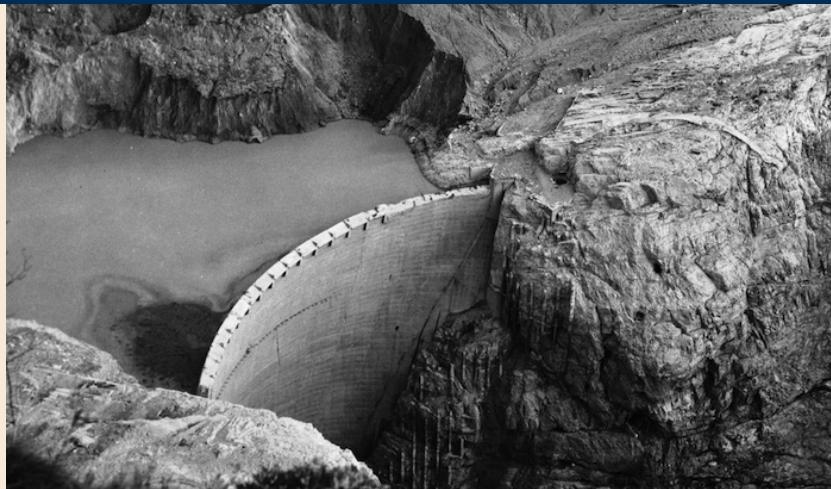
Per questa rubrica, puoi inviare il tuo contributo a: [alessandro.reina@cngeologi.it](mailto:alessandro.reina@cngeologi.it)

## TUTELA DEL TERRITORIO e DISSESTO GEOLOGICO

### Problemi, Proposte, Soluzioni

**C**on l'avvicinarsi delle piogge autunno invernali il territorio italiano sarà flagellato da eventi calamitosi che produrranno perdite di vite umane, ingenti danni al patrimonio agro-silvo-forestale e urbanizzato-edificato, alle infrastrutture, al paesaggio, ai beni artistici e storico-culturali. Come ripetutamente accaduto in passato, lo Stato e gli Enti territoriali destineranno più o meno ingenti risorse economiche per fronteggiare l'emergenza, il sostegno alle popolazioni, la ricostruzione dell'edilizia abitativa, il rilancio dell'economia. Come in passato, ad ogni cosiddetta "calamità naturale" per frane e alluvioni (in questa nota non comprendono, volutamente, quelle derivanti dai terremoti e dalle attività vulcaniche) le Autorità esprimeranno cordoglio e impegno per immediati e decisivi interventi.

Come in passato, si verificheranno ritardi, promesse inevase, palleggio di responsabilità, disquisizioni sulle possibili cause della catastrofe a conferma della manifesta ignoranza, purtroppo dominante, che la tutela del territorio è problema complesso che necessita, in primis, della conoscenza dei suoi elementi costitutivi rappresentati dallo spazio fisico e dalle comunità umane che lo occupa. Il territorio, come spazio fisico antropizzato, è un organismo espressivo della ineludibile difficile convivenza di Uomo e Natura in continuo divenire dove ogni mutazione avviene con il preciso fine



【 Come in passato, si verificheranno ritardi, promesse inevase, palleggio di responsabilità, disquisizioni sulle possibili cause della catastrofe 】

Facendo riferimento al solo "dissesto geologico", inteso come evento d'immediato impatto sulla popolazione per le ricadute sul piano umano e socio-economico, si ricorda che Giustino Fortunato, eminente politico, storico e meridionalista, già nel finire del 1800, definiva il territorio italiano "uno sfasciume pendulo sul mare" e con lungimiranza sosteneva la necessità di programmare interventi specificatamente mirati alla mitigazione dei rischi da frane e inondazioni; una lungimiranza tanto riconosciuta quanto disattesa.

Nell'immediato secondo dopoguerra, agli inizi degli anni '50, l'Italia fu flagellata da copiose e insistenti piogge. Nel 1951 il Po esondò allagando interamente la pianura padana e nel 1953 la Calabria fu invasa dalle acque dei torrenti in piena. Già in quelle occasioni gli italiani, pur non essendo ancora adusi ai moderni mezzi di informazione, si mobilitarono in azioni di spontanea solidarietà verso le popolazioni colpite e presero consapevolezza della necessità di interventi concretamente mirati

alla inefficienza delle preposte Autorità che, ritardando le necessarie e urgenti decisioni, aggravarono l'entità dei disastri.

Soltanto nel novembre 1966, dopo che l'Arno sommersse Firenze con gravissimi danni al patrimonio storico-artistico, fu insediata una Commissione interministeriale presieduta dal Prof. De Marchi che indagò, con un approccio innovativo, i problemi della sistemazione idraulica e della difesa del suolo anche in relazione alle attività agricole e forestali. La Commissione concluse i lavori con una imponente relazione, redatta a più mani da autorevoli scienziati e tecnici di provata competenza professionale, che analizzava lo stato generale del territorio italiano evidenziandone le criticità sotto l'effetto dirompente dei corsi d'acqua in piena e della erosione delle pendici montane e collinari, e concludeva con l'indicazione di indirizzi programmatici circa i necessari interventi di salvaguardia e prospettando anche un impegno di spesa dell'ordine di 10 miliardi di lire (al valore degli anni settanta).

Il primo atto legislativo che seguì fu la Legge n.319/1976 (c.d. Legge Merli) che, però, dettava solo norme per la tutela delle acque dall'inquinamento; parecchi articoli furono prima variamente modificati e poi definitivamente abrogati con il D.Lgs n.152/1999.

I disastri continuaron a martoriare le popolazioni italiane.

La frana del Monte Toc scivolò nell'invaso del Vajont e l'onda scavalcò la diga cancellando gli abitati di Casso, Erto e Longarone e lasciando nel fango 1.917 morti. Era il finire del 1963.

Ancora una volta le Autorità si costernarono ma nulla fecero per affrontare la questione del risanamento del territorio.

Del resto, la politica non si impegnò neppure dopo i catastrofici eventi che inondarono la Val d'Ossola (1978), Stava (1985), Valtellina (1987) Sicilia orientale (1995), Sarno e Quindici (1998), Messina (2009), Marche e Romagna (2011), Genova (2014), Benevento (2015), Livorno (2017). Centinaia di morti, case distrutte, opifici danneggiati, agricoltura devastata, miliardi di danni patrimoniali privati e pubblici.

Nel 1989 il Parlamento approvò la Legge n.183/1989 ("Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo"), una legge lungimirante, pregevolissima, particolarmente mirata ad affrontare le peculiarità del territorio italiano e che rappresentava una vera e propria rivoluzione nell'ottica di pianificazione e di governo del territorio, statuendo i criteri fondamentali di riferimento per assicurare la difesa del suolo e il risanamento delle acque, con il fine di predisporre nuovi modelli organizzativi dell'intervento pubblico. Con questa Legge furono istituite le Autorità di Bacino con il compito di perimetrazione delle aree a rischio e redigere i "piani di bacino", anche per sottobacini o per stralci relativi a settori funzionali. Il P.A.I. viene qualificato come "piano territoriale di settore sovraordinato" ed è lo strumento conoscitivo,

normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo, alla corretta utilizzazione delle acque sulla base delle caratteristiche fisico-ambientali del bacino idrografico interessato, ponendo vincoli di inedificabilità nelle zone a rischio. Per gli adempimenti previsti dalla legge furono stanziate risorse finanziarie pari a 10 Md€.

Quella legge fu sciaguratamente modificata, in parte, dal D.Lgs n.152/2006 ("Norme in materia Ambientale") adempiendo alla Direttiva europea sulle acque (2000/60/CE) recepita nell'ordinamento italiano con il D.Lgs n.49/2010. Le Autorità di Bacino furono sopprese a far data dal 30 aprile 2006 e sostituite dalle Autorità di Bacino Distrettuale (alpi orientali, Po, appennino settentrionale, centrale, meridionale) di grandi estensioni territoriali, occupando ambiti geografici interregionali, variamente disomogenei per caratteri geomorfologici, antropici e socio-economici. Le Autorità di Bacino furono ridotte da 37 a 7 e ai nuovi Enti vennero assegnate le stesse funzioni delle precedenti Autorità, ripetendo la mappatura, ancorché aggiornata, delle aree a diverso grado di pericolosità e rischio da frane e alluvioni, la elaborazione del "piano di bacino distrettuale" (fotocopie dei precedenti P.A.I.) e la programmazione degli interventi. Nella pianificazione di bacino permane il carattere vincolante, sia per i soggetti privati che operano nel territorio, sia per le Amministrazioni pubbliche (Regioni, Province, Comuni) che avrebbero dovuto uniformare i piani-programmi triennali delle opere pubbliche e socio-economici.

È da evidenziare che dal 2006, anno di soppressione delle originarie Autorità di Bacino, quelle distrettuali sono diventate operative soltanto nel 2016-2017 con l'insediamento dei rispettivi Segretari Generali muniti di delega dirigenziale. In ogni caso, allo stato attuale, in materia di difesa

del suolo si fa riferimento alle Linee Guida delle ex Autorità di Bacino, adottate dai Distretti, che prevedono precisi adempimenti nella redazione dei progetti di messa in sicurezza dei versanti collinari e montani soggetti a movimenti franosi in atto o potenziali.

Appare, con chiara evidenza che il "problema" concernente la difesa del suolo dai rischi per l'incolumità delle popolazioni insediate nei territori collinari e montani molto suscettibili per condizioni morfologiche e acclività dei versanti a "movimenti franosi" risiede principalmente nella incapacità delle forze politiche ad emanare norme legislative e regolamentari meno complicate, di comprensibile lettura, con procedure semplificate sottratte, per quanto possibile, all'interpretazione più o meno soggettiva e/o interessata della tecno-burocrazia.

Con ovvia è altrettanto necessario che la politica presti maggiore attenzione alle sollecitazioni del mondo professionale che rappresenta gli "operatori della conoscenza" deputati, in ultima analisi, a tramutare in opere concrete il dettato normativo.

Definito il problema, la soluzione è conseguente: per intervenire con competenza all'attenuazione dei rischi connessi al dissesto geologico non è sufficiente la sola perimetrazione e classificazione, ancorché necessaria, delle aree a rischio, peraltro concepite in base a elaborazioni statistiche di eventi già verificatisi, occorre mettere in campo una diversa "cultura del progetto" non più anacronisticamente settoriale ma multidisciplinare, con la indispensabile consapevolezza che il territorio è in continua evoluzione non solo per le dinamiche espansive dell'Uomo che lo occupa ma soprattutto per le trasformazioni, ineluttabili, in atto, da sempre, nel Pianeta Terra.

La nozione di "bacino" è associata, genericamente, a una conca di raccolta delle acque meteoriche. Nell'esame degli eventi geomorfologici responsabili

di dissesti del territorio l'unità fisiografica fondamentale da prendere in considerazione è il bacino idrografico, ossia l'intero territorio in cui le acque superficiali scorrono lungo i versanti e vanno ad alimentare un reticollo idrografico costituito da una serie di corsi d'acqua che confluiscono in un collettore principale (torrente maggiore o fiume). Sia nelle acque dilavanti che in tutti i corsi d'acqua che costituiscono il reticollo idrografico la forza dell'acqua è determinata dalla acclività delle linee di scorrimento; tanto maggiore è l'acclività, tanto più veloce è il deflusso superficiale e devastante la capacità dell'acqua di asportare e trasportare detriti anche molto grandi che andranno ad accumularsi nell'alveo dei corsi d'acqua principali. La forza distruttiva delle acque correnti superficiali è maggiore nelle zone montane dove i versanti sono più acclivi: è in queste che si deve progettare il sistema di protezione dei terreni correggendo, dove è possibile, il pendio topografico diminuendone l'inclinazione. Le tecniche, al riguardo, sono molteplici ma non tutte adeguatamente efficaci ed è guida fondamentale l'analisi puntuale e dettagliata, sito per sito, delle condizioni orografiche e geologiche.

Nelle aree pianeggianti è preponderante l'accumulo dei materiali solidi ed è maggiore il rischio di inondazioni in conseguenza dell'innalzamento del fondo fluviale. In queste zone la protezione delle colture agrarie e silvo-pastorali e dei casali colonici può avvenire con la costruzione di argini ovvero, pratica tecnica da preferirsi con cautela, mediante l'escavazione dei detriti accumulati, favorendo il deflusso del fiume verso il mare...

È fondamentale, perciò, essendone causa originaria e predisponente, la conoscenza approfondita e analitica della struttura geologica e delle condizioni geomorfologiche di un determinato sito per stimare il grado di pericolosità e orientare nelle soluzioni progettuali più idonee

**【 ...si deve acquisire, con consapevolezza, una nuova 'cultura del progetto'...】**

per la messa in sicurezza dai rischi eventualmente cagionati alla vita delle persone e alla salvaguardia dei beni individuali e collettivi.

In questo contesto si deve acquisire, con consapevolezza, una nuova "cultura del progetto" che rappresenta l'aspetto più significativo ed efficace per programmare e pianificare ovvero per governare l'evoluzione del territorio in continuo divenire. Le attività sul campo non possono essere effettuate dai soli tecnici della Pubblica Amministrazione e quindi soccorre, ineludibilmente e positivamente, l'intervento dei Geologi Liberi Professionisti e delle loro strutture professionali, con il conferimento di incarichi per la redazione del "Progetto di fattibilità tecnico-economica" che analizza tutte le condizioni geomorfologiche del sito e individua gli interventi più adeguati sotto i profili tecnici ed economici.

A tal riguardo è da evitare che la Pubblica Amministrazione emetta bandi di gara per il conferimento di incarichi di progettazione definitiva ed esecutiva congiuntamente allo "studio di fattibilità tecnico-economica" prospettando, senza giustificata motivazione, l'importo dei lavori. È una procedura incautamente attuata che inficia non solo la qualità del progetto ma disperde ingenti risorse economiche per opere non correttamente impostate e troppe volte all'origine di disastrosi eventi

Nella progettazione degli interventi di mitigazione del rischio geologico la prima e decisiva elaborazione è, pertanto, lo "studio di fattibilità tecnico-economica" con la compilazione di specifiche cartografie tematiche che evidenziano le successioni stratigrafiche, le acclività dei

versanti, la circolazione idrica di superficie e profonda, le proprietà delle rocce in relazione al loro grado di alterazione e/o di aggregazione, le modalità attraverso le quali può avvenire il distacco e lo scivolamento gravitazionale di una massa rocciosa che sono molteplici talché le "frane" sono diversamente classificabili. È opportuno sottolineare il fatto che queste attività sono di specifica competenza tecnico-scientifica dei Geologi e la progettazione degli interventi mitigativi e sistematori (strutturali e non strutturali di loro esclusiva competenza conferita ai sensi della Legge n.328/2002) debbono, quando necessario, prevedere forme avanzate e positivamente sperimentate di collaborazioni multidisciplinari nelle quali il contributo dei Geologi permane prioritario, fondamentale e insostituibile.

Richiamando le funzioni delegate alle Autorità di Bacino Distrettuale la comunità dei Liberi Professionisti, ciascuno per le proprie specifiche competenze, deve essere chiamata a collaborare, in coerenza con la Direttiva 2000/60/CE, tesa a favorire la più ampia partecipazione, alla formazione dei programmi attuativi per la mitigazione dei rischi geologici. Le Autorità politiche dovranno destinare le necessarie risorse finanziarie, destinate esclusivamente alla formazione dei progetti e alla realizzazione delle conseguenti opere strutturali e infrastrutturali. Per il rilancio dell'economia non occorrono, necessariamente, progetti faraonici ma interventi di modeste dimensioni in modo da favorire una catena virtuosa di Progettisti, singoli o associati, e di piccole-medie imprese di costruzione appositamente qualificate.

**Andrea Maniscalco**  
Geologo libero professionista  
Presidente Onorario del Singeop  
Agosto 2020

# PNRR

## Elementi di progetto per il territorio nazionale



Il governo italiano ha approvato il 12 gennaio 2021 il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) che si inserisce all'interno del piano finanziario straordinario (Next generation EU) approvato nel luglio 2020 dal Consiglio Europeo. Il PNRR si sviluppa secondo tre assi strategici: digitalizzazione e innovazione, transizione ecologica e inclusione sociale. È ben evidente l'intreccio strategico e la necessità di un approccio integrato, se si vogliono perseguire e raggiungere gli obiettivi dichiarati, in un orizzonte di lungo periodo, quali: la modernizzazione dell'economia, la transizione verso una economia rispettosa dell'ambiente e il sostegno alla occupazione, in particolare giovanile. In estrema sintesi il documento intende per:

**modernizzazione dell'economia:** sostenere la crescita e la resilienza delle PMI, vero motore propulsivo del sistema ITALIA e incrementare il livello di attrattività del paese, anche attraverso la modernizzazione delle infrastrutture materiali e immateriali;

 **transizione verso una economia rispettosa dell'ambiente:** mitigare i rischi di dissesto idrogeologico e ripulire le acque interne e marine;

 **sostegno alla occupazione:** interventi mirati ai territori con maggiori fragilità con investimenti per la resilienza territoriale delle aree interne, montane e insulari nel Paese.

È evidente quindi come in questa cornice debba trovare concreta ispirazione, e collocare obiettivi a cascata, l'azione a scala territoriale e, nella fattispecie, quella programmativa delle singole Regioni.

Richiamandosi al PNRR, che si articola in 6 Missioni, declinate in 16 Componenti che si articolano in 48 Linee di investimento, si focalizza l'attenzione sulla **MISSIONE 6 - RIVOLUZIONE VERDE e TRANSIZIONE ECOLOGICA**, in particolare sugli obiettivi delle componenti che affrontano i vari aspetti della gestione del territorio. Al riguardo è necessario che gli interventi da programmare con relativa richiesta di finanziamento:

**[ ...Si tratta di andare oltre l'interesse per migliorare la resilienza dei sistemi idrici, obiettivo dichiarato del PNRR, di particolare primaria attenzione con riguardo ai cambiamenti climatici in atto, e di rivolgere analogo riguardo ai siti inquinati... ]**

**[...Sono obiettivi da perseguire con una programmazione di respiro regionale, integrata e mirata a valorizzare le risorse e le attese delle aree montane, delle aree di pianura e litoranee, in una scala di priorità di interventi, in grado di razionalizzare progressivamente la gestione del territorio insediato esistente in relazione ai processi geodinamici. ...]**

**a** si riferiscono innanzitutto alla sicurezza sismica, geologica e idraulica.

Le Regioni italiane, pur con disomogeneità territoriali da colmare, hanno a disposizione un patrimonio di dati sito specifici e di strumenti pianificatori, di settore, in continuo (anche se lento) aggiornamento, che garantiscono a sufficienza la conoscenza delle relative condizioni di pericolosità a scala comunale e assicurano il loro monitoraggio nel tempo. Ci si riferisce in particolare a:

- studi comunali di Microzonazione Sismica, di Livello 1 (nella gran parte) e sino al Livello 3;
- pericolosità geologica di cui ai Piani di Assetto Idrogeologico, nazionali e regionali;
- pericolosità idraulica di cui ai Piani di Assetto Idrogeologico, nazionali e regionali.

Sulla base delle perimetrazioni esistenti si è quindi in grado di apprezzare l'estensione areale e la significatività dei pericoli e dei rischi che il verificarsi di eventi tellurici, franosi e alluvionali, moderati come estremi, possono produrre, con gravi penalizzazioni per il tessuto produttivo come residenziale, di ampie zone del territorio, con riguardo, prevalentemente, alle parti pedemontane e montane, ma anche alle parti di media e bassa pianura.

Si tratta quindi da un lato di attuare un piano programmato e progressivo, sistematico, di prevenzione di interventi e opere di difesa delle aree insediate nelle diverse Regioni e, dall'altro, di intervenire per il completamento degli interventi di emergenza ancora in atto, in primis con riguardo alle aree colpite dal terremoto nel Centro Italia.

**b** Privilegino anche la riqualificazione ambientale a fronte dell'obiettivo "consumo di suolo zero" che l'Unione Europea ha individuato per il 2050.

Le Regioni italiane (tutte a partire dal 1999, alcune anche da inizio anni novanta) hanno a disposizione un patrimonio di dati sitospecifici di "siti inquinati", nelle diverse matrici di suolo, sottosuolo, sedimenti, acque superficiali e sotterranee, compendiati, nella gran parte dei casi, in strumenti pianificatori di settore, quali il Piano regionale di bonifica dei siti inquinati, che garantiscono a sufficienza la conoscenza delle relative condizioni di inquinamento a scala comunale. Per queste realtà diverse Regioni hanno predisposto e aggiornato nel tempo la graduatoria di priorità dei siti inquinati dell'Anagrafe regionale e approvato la stima degli oneri finanziarii per gli interventi di risanamento.

Si tratta, quindi, di andare oltre l'interesse per migliorare la resilienza dei sistemi idrici, obiettivo

dichiarato del PNRR, di particolare primaria attenzione con riguardo ai cambiamenti climatici in atto, e di rivolgere analogo riguardo ai siti inquinati. Si stima trattarsi di oltre un migliaio di siti, pubblici e privati, di diversa estensione, da decine di ha a decine di mq, per gran parte eredità di un rapporto con il territorio estraneo alle esigenze e agli strumenti di salvaguardia dell'ambiente, che si sono andati lentamente consolidando a partire da metà degli anni settanta. Essi sono localizzati in aree urbane, aree di tutela ambientale, aree industriali e aree servizi, prevalentemente nella media e bassa pianura e sulla costa.

Con priorità vanno considerati i "siti orfani", per i quali il responsabile dell'inquinamento non è individuabile o non provvede agli adempimenti per la bonifica e per i quali di recente è iniziato il finanziamento a livello nazionale, ma che sono stati individuati anche a livello di singole Regioni.

Non appare peraltro coerente declinare il PNRR, che prevede la transizione verso una economia rispettosa dell'ambiente e che andrà all'esame della UE, senza tener nel debito conto:

\* del ripristino dell'ecosistema definito dall'UNEP (Programma Ambiente delle Nazioni Unite) che, assieme alla FAO, ha il compito di coordinare le iniziative per "Il Decennio per il Ripristino dell'Ecosistema" (2021-2030), proclamato dalle Nazioni Unite,

come un processo per invertire il degrado degli ecosistemi e paesaggi e per riacquistare la loro funzionalità ecologica; in altre parole, per migliorare la produttività e la capacità degli ecosistemi di soddisfare i bisogni della società.

\* che lo scorso maggio la Commissione UE ha pubblicato la nuova Strategia sulla biodiversità per il 2030, con l'obiettivo di mettere la biodiversità della UE sulla via del recupero, che prevede la proposta, entro il 2021, di uno strumento giuridicamente vincolante (Regolamento) sugli obiettivi della UE di ripristino degli ecosistemi danneggiati entro il 2030.

Va rilevato, in particolare, che l'iniziativa di ripristino degli ecosistemi della Commissione UE è volta anche a:

- prevenire e ridurre l'impatto dei disastri naturali;
- fornire ulteriori vantaggi, come la salute del suolo.
- migliorare la conoscenza e il monitoraggio degli ecosistemi e dei loro servizi.
- Di quanto normato a livello nazionale dalla legge 6 ottobre 158/2017 "Misure per il sostegno e la valorizzazione dei piccoli comuni, nonché disposizioni per la riqualificazione e il recupero dei centri storici dei medesimi comuni." È proprio di questi giorni la notizia del via libera, da parte della Conferenza unificata, del decreto che individua 5.518 piccoli comuni con popolazione fino a 5.000 abitanti che rientrano nelle tipologie indicate da tale legge e che potranno così beneficiare dei finanziamenti, mirati tra l'altro alla <manutenzione del territorio con priorità per la tutela dell'ambiente e la prevenzione del rischio idrogeologico>. I piccoli comuni secondo la classificazione

adottata dalla legge rappresentano circa il 70% dei 7.978 comuni italiani e comprendono oltre il 50% del territorio nazionale. Ci vivono oltre 10 milioni di cittadini, pari a circa il 16 % della popolazione italiana e potrebbe accadere che il "postpandemia", anche con il favore di strumenti informatici e nuove tecnologie, porti a una loro piena rivalutazione, attesa da tempo per quanto rappresentano in termini di identità e di sostenibilità.

Il PNRR, che anche a scala regionale deve essere coerente con gli strumenti sovraordinati di riferimento verso una economia rispettosa dell'ambiente, può dunque rappresentare l'occasione per una significativa accelerazione verso gli obiettivi A) e B) sopra indicati, sino ad ora perseguiti con lentezza e frammentarietà, anche causa la limitata disponibilità finanziaria, in particolare nell'ultimo decennio. Quelli indicati sono obiettivi strutturali e di base per assicurare, anche nel breve periodo, attrattività e competitività al nostro territorio e, di conseguenza, consentire occupazione, almeno con permanenza in loco della forza lavoro, e aumentare la coesione sociale, in particolare in montagna,

dove si continua a registrare un costante e significativo calo demografico.

Sono obiettivi da perseguire con una programmazione di respiro regionale, integrata e mirata a valorizzare le risorse e le attese delle aree montane, delle aree di pianura e litoranee, in una scala di priorità di interventi, in grado di razionalizzare progressivamente la gestione del territorio insediativo esistente in relazione ai suoi processi geodinamici.

Si tratta di intervenire con progetti che a partire dagli elementi geologici e ambientali di cui disponiamo: mettendoli a sistema e legando concretamente scelte e priorità alle caratteristiche naturali, insediative ed economiche, a scala di bacino, o sottobacino, idrografico, ove possibile. È banale osservare che le comunità hanno da tempo imparato a privilegiare, quali prerequisiti di loro interesse insediativo, la valenza di sicurezza e di qualità ambientale, sia per i luoghi di residenza, di produzione e di servizi, che per le vie di relativo collegamento per la mobilità come per le reti infrastrutturali.

**Gianni Menchini**  
Geologo libero professionista

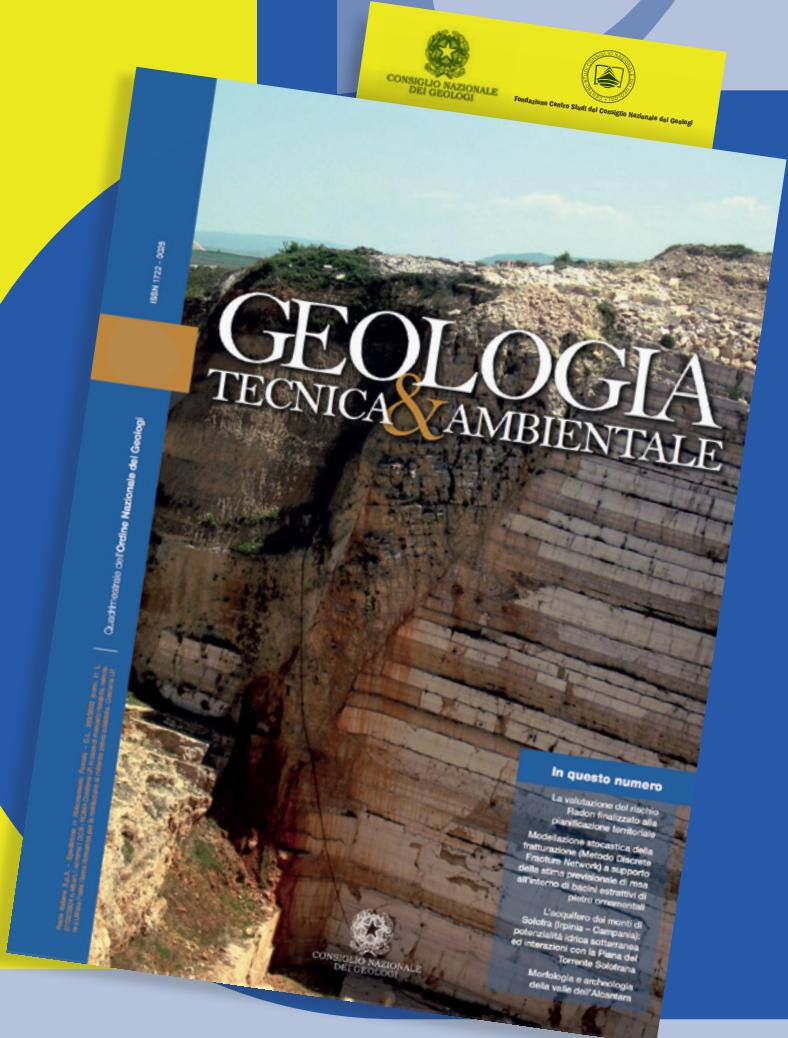
[ ...Quelli indicati sono obiettivi strutturali e di base per assicurare, anche nel breve periodo, attrattività e competitività al nostro territorio e, di conseguenza, consentire occupazione, almeno con permanenza in loco della forza lavoro, e aumentare la coesione sociale, in particolare in montagna, dove si continua a registrare un costante e significativo calo demografico... ]

# BONUS PUBBLICITÀ

APPROVATO DALLA LEGGE BILANCIO 2021



RECUPERA IL  
**50%**  
INVESTENDO  
SU QUESTA  
RIVISTA!



CONTATTA

 **CAGICOM**®  
ADVERTISING SALES AGENCY

**Lorenzo  
Benedetto****Fondazione Centro Studi del Consiglio Nazionale dei Geologi****Presidente:** Lorenzo BENEDETTO**Consiglieri:** Domenico ANGELONE, Paolo SPAGNA, Carlo CASSANITI, Francesco CECCARELLI, Francesco FRAGALE, Vincenzo GIOVINE, Rino GUADAGNINI, Mauro POMPEI.

**Care** colleghi e cari colleghi, ho il piacere di comunicarvi che nel corso della seduta del 30 marzo u.s. il Consiglio Nazionale dei Geologi mi ha designato Presidente del Consiglio di Amministrazione della Fondazione Centro Studi, nominando contestualmente anche i restanti componenti del CdA.

Colgo pertanto l'occasione di ringraziare il Presidente Francesco Violo e l'intero Consiglio per la fiducia accordata nel ricoprire questa prestigiosa carica.

Rivolgo un sentito ringraziamento al mio predecessore Fabio Tortorici per l'ottimo lavoro svolto negli ultimi 5 anni, ma il ringraziamento più grande è rivolto a voi che avete reso possibile tutto questo grazie al consenso accordato alla squadra di cui faccio parte e che dunque mi ha permesso di rappresentarvi nel massimo organo della categoria professionale dei geologi.

Dunque mi appresto ad assumere un incarico di responsabilità che mi onora e mi gratifica e che spero di svolgere al meglio con lo spirito di servizio che ha sempre contraddistinto la mia azione, la mia storia ed esperienza ordinistica, verso un'importante istituzione quale è la Fondazione Centro studi del Consiglio Nazionale dei Geologi.

Certo è un momento difficile per le libere professioni, segnatamente per quelle tecniche ed in modo specifico

per quella di geologo, che vede da un lato ridurre in maniera pressoché continua il numero di iscritti alle nostre Facoltà Universitarie e conseguentemente all'Ordine professionale e dall'altro il permanere dei valori medi del fatturato pro-capite su livelli medio-bassi. La causa principale è senza dubbio legata alla crisi economica che ormai da più di un decennio attanaglia il nostro paese e non solo, aggravata peraltro dalla pandemia in atto, ma è evidentemente connessa in parte anche all'inadeguatezza dell'intero sistema di soddisfare una domanda di geologia che comunque in Italia rimane molto alta e per soddisfare la quale occorrerebbero, a mio avviso, più qualità e specializzazione. Queste ultime risultano sempre più penalizzate da percorsi universitari in molti casi anacronistici e da una carenza di offerta formativa di tipo specialistica. Non faremo mancare il contributo del Centro Studi per cercare di invertire questa tendenza negativa, rivolgendo il nostro impegno principalmente a:

1. Erogare formazione di alta qualità e specialistica, legata sempre di più alla domanda ed alle esigenze del mercato del lavoro.
2. Potenziare le attività di studi e ricerche nei settori d'interesse in modo da avere dati aggiornati e dunque utili ad orientare e supportare le scelte e le strategie del CNG.
3. Intensificare le attività di studio e ricerca in tema di normativa nazionale ed internazionale attraverso un centro studi legale per la tutela, valorizzazione e promozione della professione del geologo, con iniziative svolte in sintonia ed osmosi con il Consiglio Nazionale.
4. Implementare attività di studio e ricerca relativi alla copertura assicurativa della responsabilità professionale degli iscritti all'albo dei geologi.

Mi adopererò sicuramente al massimo, con la consapevolezza di poter contare sul supporto qualificato dell'intero Consiglio di Amministrazione e sulle sinergie con il Consiglio Nazionale, allo scopo principale di tutelare, valorizzare e promuovere la professione del geologo e diffondere la cultura geologica.



## X-PAD Ultimate

### Tutto in un unico software

X-PAD Ultimate è un software modulare, facile da usare per lavori topografici e del cantiere, come rilievi, tracciamenti, catasto, controlli BIM, strade, mappe, batimetria e GIS.

Il software è disponibile sulla piattaforma Android e porta le migliori tecnologie direttamente in campo nella tua mano: una completa visualizzazione 3D ed un sistema CAD per visualizzare e modificare i disegni,

integrazione dei tuoi dati con tutte le tipologie di mappe, supporti per la realtà aumentata e molto altro. XPad Ultimate ti assicura la produttività e ti permette di avere una perfetta integrazione con tutti gli strumenti.

Disponibile in due versioni, una dedicata a chi lavora nel campo della topografia ed una dedicata alle imprese di costruzioni, offrendo ad entrambi delle caratteristiche dedicate.



**geomax-positioning.it**

©2018 Hexagon AB and/or its subsidiaries and affiliates. All rights reserved.

# GEOSTRU IL PARTNER GIUSTO PER LA TUA PROFESSIONE

Produciamo software di successo a livello mondiale.

Leggi la nostra storia su: [geostru.eu/it/storiageostru](https://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](#)

### 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](https://geoapp.geostru.eu)

Corsi certificati in collaborazione con GoMeeting.  
Visita il sito [www.gomeeting.eu](https://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 2021 (<https://geoapp.geostru.eu>)
- GeoStru 365
- Well Foundation (Progettazione e calcolo pozzi strutturali)
- GM3D (Modellazione Geologica/Geotecnica, 3D, BIM)

Software, risorse,  
info, servizi e offerte  
sul nostro sito:  
[www.geostru.eu/it](https://www.geostru.eu/it)

