

Università degli Studi di Napoli Federico II
Scuola Politecnica e delle Scienze di Base

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale

Corso di Laurea Triennale in

INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

(Classe delle Lauree in Ingegneria Civile ed Ambientale,
Classe N. L-7)



TESI DI LAUREA

**“Problematiche ambientali e idrogeologiche delle
sorgenti Mofito e Calabricito”**

RELATORE

Ch.ma Prof. ssa Daniela Ducci

CANDIDATO

Elia Toscano

N49/339

Anno accademico 2013/2014

INTRODUZIONE

Una sorgente è una fonte di approvvigionamento idrico utilizzata per le diverse esigenze delle attività umane, senza che si alteri il delicato equilibrio idrogeologico della falda acquifera che la alimenta.

La conoscenza dei meccanismi di ricarica della falda è indispensabile per la valutazione della captazione delle acque sorgentizie, per la gestione e la protezione dall'inquinamento della risorsa idrica.

SCOPO DELLA TESI

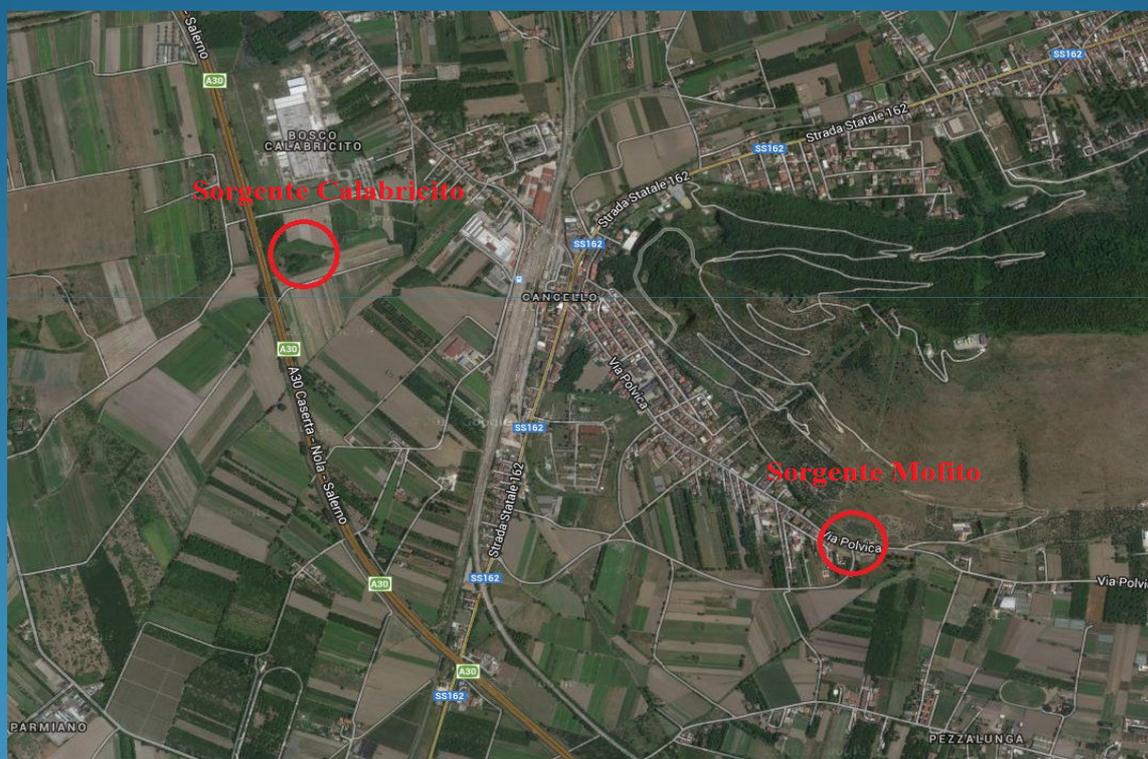
Verificare le problematiche ambientali e idrogeologiche delle sorgenti **Mofito e Calabricito**, fonti di acqua sulfurea conosciute già dall'antichità.

Tali sorgenti, scomparse alla fine degli anni '90, negli ultimi anni sono riaffiorate.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Le sorgenti **Mofito e Calabricito** (30-40 m. s.l.m.) vengono a giorno alla base della collina di Cancellò, un'area della Piana Campana ubicata a Nord-Est della città di Napoli, in massima parte nel territorio comunale di Acerra.

Le acque sorgentizie effluiscono nel Corpo Idrico della Piana del Bacino Inferiore del Volturno, ma sono alimentate dal Corpo Idrico Sotterraneo dei Monti di Avella-Vergine-Pizzo d'Alvano.



Localizzazione delle sorgenti

Demograficamente e industrialmente la Piana ha avuto una forte urbanizzazione conseguentemente alla massiccia e caotica pressione antropica soprattutto nella parte Nord-Orientale dovuta ad un cospicuo numero di insediamenti industriali di varia grandezza, attività agricole e allevamenti zootecnici nate nella zona.

GOVERNO DEL TERRITORIO

D. Lgs. n. 152/99 definisce il Piano Tutela delle Acque (PTA) in Italia, adottato e attuato in Campania nel 2007

Piano Stralcio Acque Superficiali e Sotterranee

VAURIS

PRIS

Direttiva
2000/60/CE

e

Direttiva
2006/118/CE

D. Lgs. n. 152/2006:
Norme in materia di
ambiente

D. Lgs. n. 30/2009

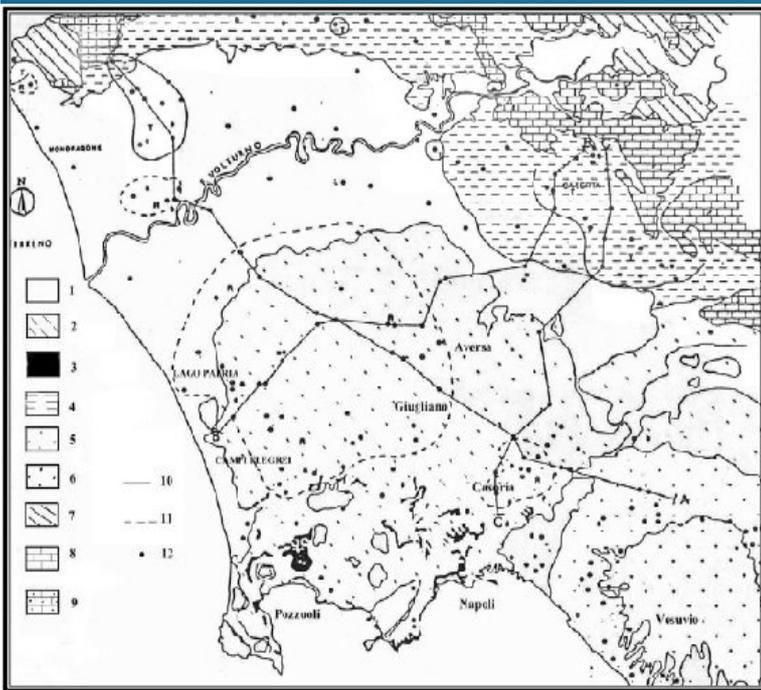
Descrizione C.I.S.: “volume distinto di acque sotterranee contenute da uno o più acquiferi, che s’individua come una massa d’acqua caratterizzata da omogeneità dello stato ambientale. Può essere coincidente con l’acquifero che lo contiene o può esserne una parte, cioè corrispondente a più acquiferi diversi”.

Il C.I.S. in esame è quello di Avella-Vergine-Pizzo d’Alvano, che ricade, secondo il Piano di Gestione Acque (Direttiva Comunitaria 2000/60/CE, D. Lgs. 152/06, L. 13/09, D. L. 194/09), nella tipologia A, cioè acquiferi carbonatici che presentano le maggiori potenzialità in termini di risorsa idrica, utilizzati a scopo idropotabile.

Il numero di stazioni di campionamento attivi monitorati nel 2006 dall’ARPAC per il suddetto C.I.S. sono 13, dei quali 5 sorgenti, 7 pozzi e 1 inghiottitoio.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE DELL'AREA DI STUDIO

L'area di studio ricade al bordo della Piana Campana, un'enorme depressione strutturale naturale (graben) che si estende su una superficie di circa 1350 km², formata durante il Quaternario recente e colmata da depositi piroclastici, alluvionali-sabbiosi e argillosi per uno spessore che può superare anche i 3000 m: questa, parte dalle fasce pedemontane dei rilievi carbonatici che la contornano (Monte Massico a Nord, Monti Tifatini a Nord-Est, Monti di Durazzano e di Avella-Vergine-Alvano ad Est, Monti Lattari a Sud) ed arriva fino al mare.



- 1) Alluvioni recenti;
 - 2) Piroclastiti recenti dei Campi Flegrei;
 - 3) Tufo giallo;
 - 4) Tufo grigio;
 - 5) Piroclastiti del Somma Vesuvio;
 - 6) Lave e piroclastiti del Somma Vesuvio;
 - 7) Arenarie, argille e marne mioceniche;
 - 8) Calcari e dolomie della piattaforma Campano-Lucana;
 - 9) Calcari e dolomie della piattaforma Abruzzese-Campana;
 - 10) Travertino presente nel sottosuolo;
 - 11) Lave a piccola profondità;
 - 12) Perforazioni;
- (da Aprile & Ortolani, 1985)

In tutta l'area, tranne che in una ristretta fascia del Basso corso del fiume Volturno, si è rinvenuto nel sottosuolo la formazione ignimbratica del "Tufo Grigio Campano", cinerite grigiastra associata a scorie nere ed a brandelli di lava, con grado di diagenesi variabile e permeabilità in genere bassa, in affioramento lungo i margini della Piana Campana e, generalmente, ricoperta da terreni sciolti, piroclastici ed alluvionali recenti, di spessore variabile da qualche metro ad oltre 15-20 metri.

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO DELL'AREA DI STUDIO

L'attuale morfologia dei versanti carbonatici dell'Appennino meridionale è il prodotto di un'evoluzione combinata della Neotettonica, e della forte disgregazione meccanica (crioclastismo), verificatisi parossisticamente durante le fasi climatiche fredde del Quaternario; questi processi hanno favorito un modello morfoevolutivo basato sull'arretramento relativo parallelo dei versanti di faglia, raccordantisi a seconda del grado di maturità con un pedimonte detritico più o meno sviluppato.

In particolare, la caratteristica che più si evidenzia dei Monti Avella-Partenio, è la differente energia del rilievo. Infatti, i versanti settentrionali, presentano generalmente pendenze non molto accentuate e sono completamente ricoperti da vegetazione, mentre i versanti meridionali presentano forti energie di rilievo, dando un paesaggio con alternanze brusche di dirupi e creste rocciose, di strapiombi e profonde incisioni.



Morfologie imbutiformi da collasso dette sinkholes sono diffuse, come quella di forma quadrangolare e di oltre 100 m di diametro situata lungo il versante meridionale della collina di Canello, e modificata dalle attività estrattive (Del Prete et al., 2004). Il territorio è in parte caratterizzato da forme carsiche quali doline, campi carsici e bocche di antichi condotti.

Vista Nord-Orientale al
piede della collina di
Canello

CARATTERISTICHE CLIMATICHE E IDROMETRICHE DELL'AREA

Dal punto di vista climatico, l'area rientra nell'ambito del regime pluviometrico sublitoraneo appenninico, caratterizzato da un massimo periodo di piovosità in autunno-inverno (Ducci & Tranfaglia, 2005), con estati calde e secche e inverni moderatamente freddi e piovosi. Il clima che contraddistingue la dorsale dei Monti Avella-Partenio è di tipo temperato con estati secche. Nelle aree pedemontane non si riscontrano periodi particolarmente secchi in quanto anche i mesi estivi si caratterizzano per fenomeni piovosi. Diversa è la situazione nelle zone più basse, dove in estate vi è, invece, una quasi totale assenza di precipitazioni.

Valori Idrometrici nelle zone di fondovalle sono passati

Dal trentennio 1921-1950 di circa 1130 mm



Al trentennio 1976-2005 di circa 900 mm

Temperature medie nell'ultimo decennio

C.I.S. Avella-Vergine-Pizzo d'Alvano tra 8.7 °C e 17°C

C.I.S. Basso corso del fiume Volturno-Regi Lagni circa 17.7 °C

Nell'ultimo anno osservato (2013) la temperatura media è stata di 9.5 °C, con un totale delle precipitazioni di circa 1700-1800 mm. Si è riscontrata, in particolare, una delle primavere più calde e piovose degli ultimi trent'anni, con una media di temperatura di circa 8.2 °C, e un accumulo di precipitazioni nel triennio primaverile di 717 mm; questi dati relativi alla primavera 2013 danno ulteriore continuità al *pattern* di anomalie termiche positive instauratosi a partire dal 1999 (Osservatorio meteorologico di Montevergine).

ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA IN ESAME

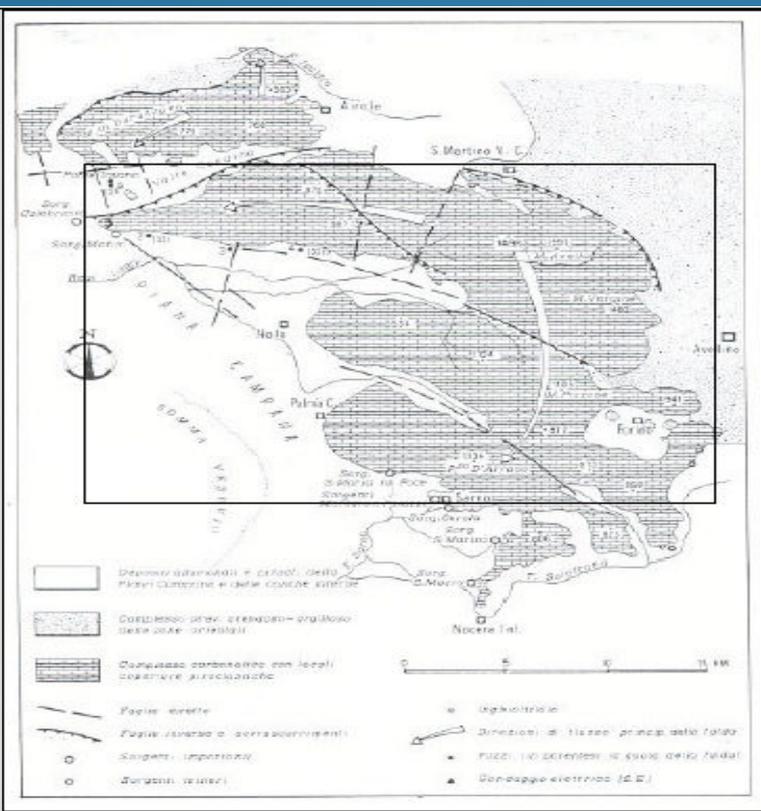
Bilancio idrogeologico Monti di Avella-Vergine-Pizzo d'Alvano:

Deflusso annuo di
 $282 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$

Afflusso annuo di
 $308 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$

Infiltrazione efficace
di $290 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$

L'idrostruttura riceve, inoltre, travasi idrici sotterranei dalle strutture limitrofe dei Monti Mai-Licinici-Accellica e dall'acquifero alluvionale-piroclastico della Piana del Solofrana, valutati in circa $30 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$.



E' stata riconosciuta un'unica falda di base nell'acquifero carbonatico, ipotizzando un deflusso idrico sotterraneo compartimentato in più substrutture. Si ritiene, in particolare, che l'insieme si comporti come dei serbatoi in serie, con l'alto idrogeologico corrispondente con il Monte Avella e due principali direzioni di flusso, una orientata verso il gruppo sorgivo di Canello ed un'altra verso il gruppo sorgivo di Sarno.

Schema di circolazione idrica sotterranea dell'idrostruttura carbonatica dei Monti di Avella-Partenio-Pizzo d'Alvano (da Celico & De Riso, 1978)

LE SORGENTI MOFITO E CALABRICITO

Le sorgenti di Canello **Mofito** e **Calabricito** sono altamente mineralizzate, in quanto connesse a circuiti profondi delle acque sotterranee all'interno dell'acquifero carbonatico dei Monti di Avella-Vergine-Pizzo d'Alvano. I dati degli anni '70 evidenziavano una captazione parziale, con uso prevalentemente potabile ed irriguo delle acque:

Calabricito (46 m. s.l.m)

Temperatura: 16.5 °C
Portata: 707 l/s

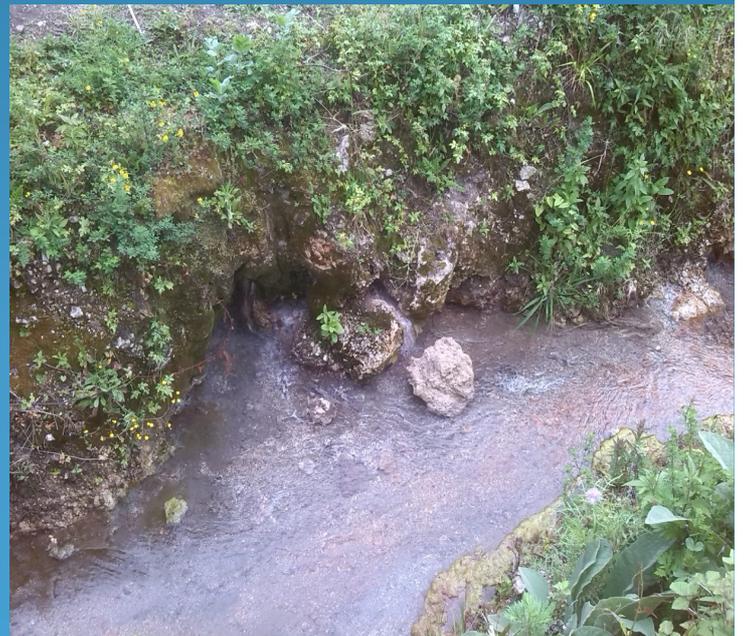
Mofito (38 m. s.l. m.)

Temperatura: 15 °C
Portata: 510 l/s

Dette sorgenti, non sono state più attive a partire dagli anni '90 a seguito dei prelievi di acque sotterranee a monte tramite pozzi e della diminuzione delle precipitazioni. Ad oggi tali sorgenti hanno ripreso ad avere una portata, come mostrato in figura:



Bocche principali della sorgente Calabricito



Bocche laterali della sorgente Calabricito

ANALISI IDROCHIMICHE

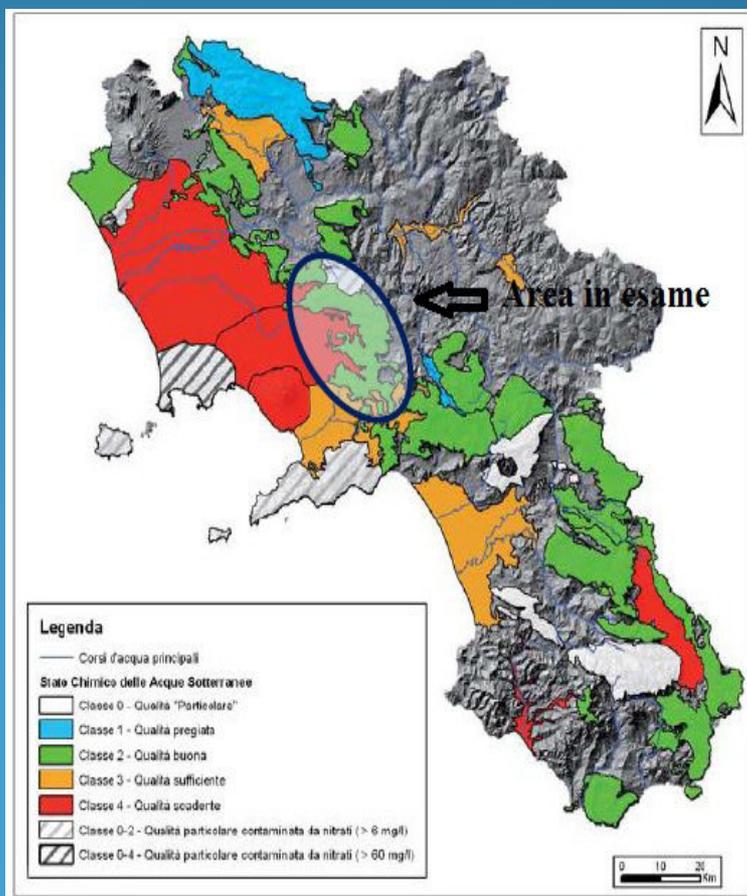
Caratteristiche idrochimiche	Classificazione 2002-2006		
<p>Note: Acque bicarbonato-calciche, con mineralizzazione media, più accentuata per le sorgenti alimentate da circuiti profondi.</p>	Parametro	Concentrazione media	
	Conducibilità elettrica specifica	577	µS/cm
	Cloruri	57,6	mg/L
	Manganese	6	µg/L
	Ferro	56	µg/L
	Nitrati	16,8	mg/L
	Solfati	24,7	mg/L
	Ammonio	0,16	mg/L
	Altri parametri critici:		
	Stato chimico	Stato quantitativo	Stato ambientale

Sulla base dei risultati del monitoraggio, il PTA osserva che, la qualità chimica delle acque sotterranee campionate del Corpo Idrico Sotterraneo dei Monti di Avella-Vergine-Pizzo d'Alvano risulta, per gran parte, ricadente in classe 2 e, subordinatamente, in classe 3 (valutazione SCAS), e dal punto di vista quantitativo in classe C.

Scheda ARPAC del C.I.S. di Avella-Vergine-Pizzo d'Alvano

Ciò è legato alla presenza di un Corpo Idrico Sotterraneo caratterizzato da una falda di base avente generalmente un'elevata soggiacenza, da ingenti volumi idrici d'immagazzinamento capaci di offrire in generale una buona capacità autodepurativa e/o di diluizione nei confronti di eventuali sostanze inquinanti idroveicolate, e da un carico antropico piuttosto basso.

Classificazione dello stato qualitativo dei Corpi Idrici Sotterranei



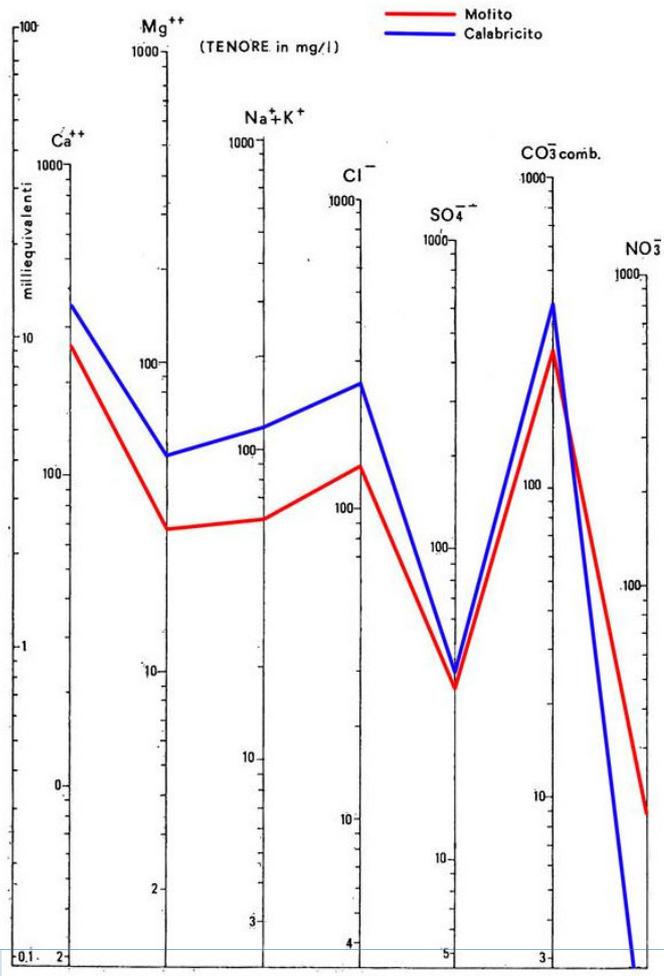


Diagramma Schoeller-Berkaloff

Rapporti uguali = segmenti paralleli o sub-paralleli
 Rapporti diversi = segmenti a pendenza diversa o invertita

Vantaggio: vengono conservati i valori assoluti delle concentrazioni dei singoli ioni

Diagramma Schoeller-Berkaloff per le sorgenti Mofito-Calabricito

Le ultime analisi effettuate nel luglio '79 e gennaio '80 (Celico, 1983) hanno riscontrato tenori elevati di TDS (solidi totali disciolti) che superano costantemente i 650 mg/l; per **Mofito** questi valori si aggirano intorno agli 850 mg/l, imputabili ad un maggiore contributo di apporti a percorso breve, evidenziato dai valori alti di UT pari a 14, mentre per **Calabricito** i valori di TDS sono di circa 1200 mg/l, con valori di UT intorno a 4.3.

UT (Unità Tritio)
per datare le acque

Legge di Decadimento Radioattivo:

$$C = C_0 \times e^{-\lambda t}$$

Si ricava il valore di t (età isotopica)

Valori compresi fra 0.8 e 5 TU indicano un'acqua con età compresa tra 10 e 50 anni; valori fra 5 e 15 TU, tra 1 e 10 anni; e valori maggiori di 15 TU indicano possibili casi di inquinamento.

CONCLUSIONI

Allo stato attuale le acque sorgentizie emergono da vari punti della roccia carbonatica ed hanno caratteristiche fisiche ed organolettiche marcate

- Forte odore sulfureo (presenza di H₂S) e gorgogliano con grosse bolle
- Colore rosso che assume la roccia bagnata dall'acqua (elevato contenuto di ione ferro)

E' da aggiungere che proprio a valle dell'emergenza della sorgente **Calabricito**, a distanza di non più di 100 m, vi è un terreno recintato sottoposto a sequestro dall'autorità giudiziaria perché inquinato dai rifiuti tossici e nocivi, e questa contiguità aumenta a dismisura il rischio. Inoltre le acque delle due sorgenti vengono convogliate, attraverso un lagno superficiale (Gorgone), nei Regi Lagni, ove si disperdono mescolandosi alle acque inquinate.

La scomparsa delle acque per più di 20 anni ha, probabilmente, acuito le problematiche idrologiche ed ambientali del territorio di affioramento delle sorgenti, che è stato vittima di degrado ed incuria sia da parte delle popolazioni locali che delle istituzioni. Sarebbe quindi opportuno:

Approfondire le analisi idrochimiche e di portata

Implementare un'azione di recupero e di risanamento dell'area in esame e per tentare di preservare la qualità di queste acque e regolarne il deflusso