

# “Monitoring of percolation water to discriminate surficial inputs in a karst aquifer”

da *Covelli, Cucchi & Mosca (1998), Environ. Geol. 36, 296-304*

## INTRODUZIONE e SCOPO DEL LAVORO

- Le acque di percolazione (*stillicidio*) nelle grotte carsiche sono “sorgenti” sotterranee di acquiferi superficiali le cui variazioni in composizione chimica dipendono dalle reazioni di scambio fra acqua, suolo e rocce.
- In aree urbanizzate o antropizzate la composizione naturale delle acque sotterranee può venir alterata per effetto delle numerose attività presenti in superficie.
- E' possibile verificare l'influenza di queste attività sulle acque di stillicidio?

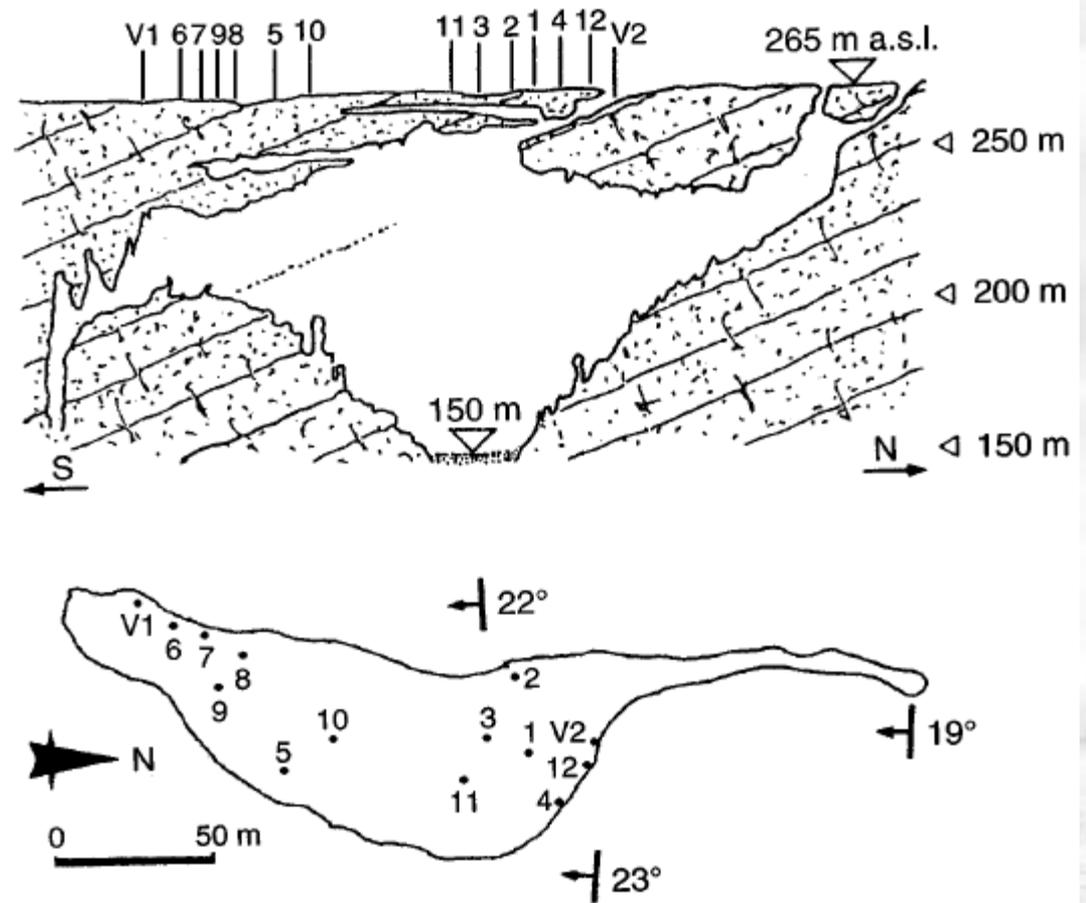


## Inquadramento geologico - 1

- **Litologia:** calcari purissimi con calcite (92,5% - 99,5%), dolomite (0,5% - 2,5%); residuo insolubile (1,0% - 5,5%).

- **Assetto strutturale:** stratificazione E-W (con immersione S di 15°-23°) solitamente netta (80-5 cm potenza degli strati).

- **Circolazione delle acque:** assetto strutturale e frequenza delle superfici di discontinuità favoriscono una veloce percolazione ipogea lungo linee di deflusso molto inclinate se non subverticali con limitati spostamenti sull'orizzontale dovuti ai piani di strato.



**Fig. 1**  
Schematic cross section and planimetric map of the Grotta Gigante cave. Numbers represent dripping points located on the cave roof

Pianta grossomodo sub-ellissoidale e la sala, il cui fondo è a 115m di profondità dal piano campagna, ha lunghezza di circa 160m e larghezza di circa 65m; la volta ha un'altezza massima di 107m per un volume complessivo di circa 600.000 m<sup>3</sup>.

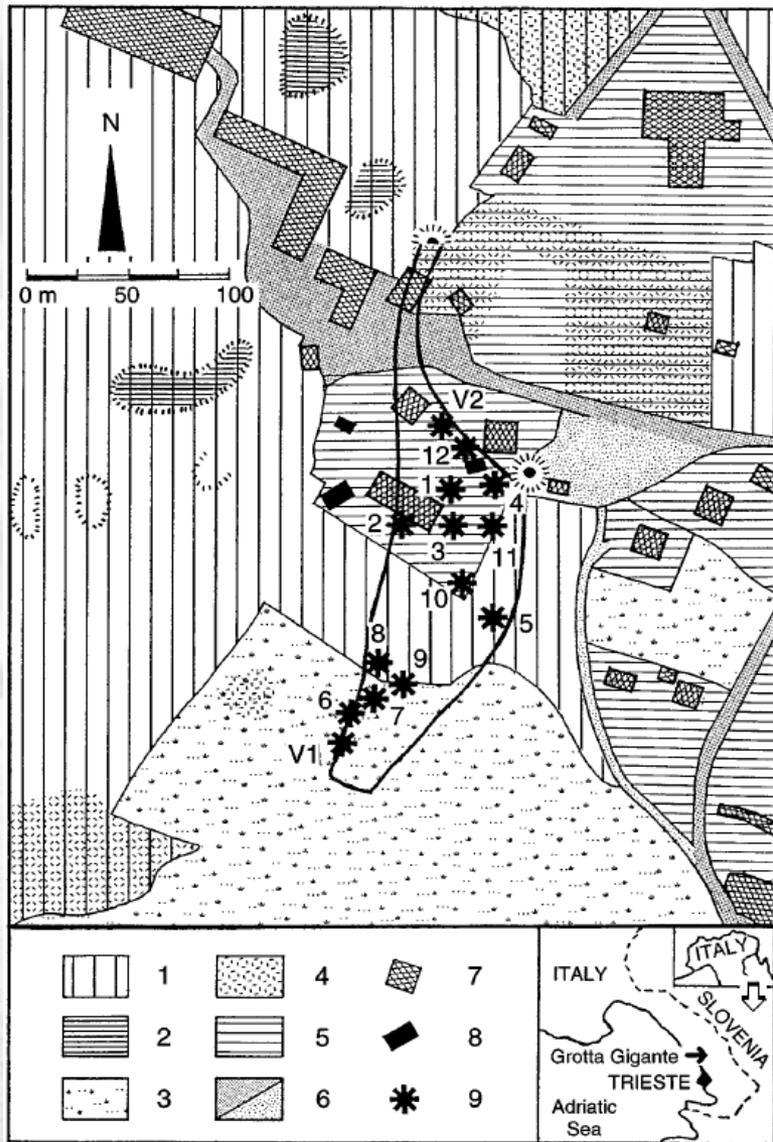


Fig. 2

Utilization map of the ground surface surrounding the cave. 1 Outcropping or suboutcropping bedrock; 2 red karst loam; 3 meadows; 4 trees; 5 gardens, orchards, vineyards; 6 asphalted or country roads; 7 buildings; 8 swimming pools; 9 sampling points

## Inquadramento geologico - 2

Le caratteristiche morfologiche superficiali dell'area sono quelle tipiche del Carso, qui rappresentate da una superficie tabulare, lievemente ondulata, con locali piccole doline dai fianchi ripidi ed il fondo in terra rossa.

Prevalgono la roccia affiorante o subaffiorante, con morfologia a estese testate di strato interessate da tutte le possibili piccole forme carsiche epigee, ed esigue coperture di terreni terroso-detritici su cui si imposta una vegetazione arbustiva data essenzialmente da querce e faggi.

Prati da sfalcio derivati dallo spietramento si affacciano a giardini e orti o ad aree coperte da case, strade e piazzali asfaltati.

## Campionamento e metodologie di analisi

- prelievi effettuati raccogliendo con imbuti in contenitori da 2 litri le acque di gocciolio in **14 stazioni** di cui **12** in corrispondenza di **stillicidi** con caduta da alcune decine di metri (stazioni S1, S2,...) e **2** in **vaschette** (stazioni V1 e V2).

- **2 campagne: 1980-82 e 1989**

- Sono stati analizzati 118 campioni determinando  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$ ,  $\text{CO}_2$ , Ca, Mg, Na, K, Fe, Al, Si, il pH, la durezza, il residuo solido totale a  $180^\circ\text{C}$ , il residuo solido totale a  $600^\circ\text{C}$ , la conducibilità, l'alcalinità e i detergenti (MBAS).

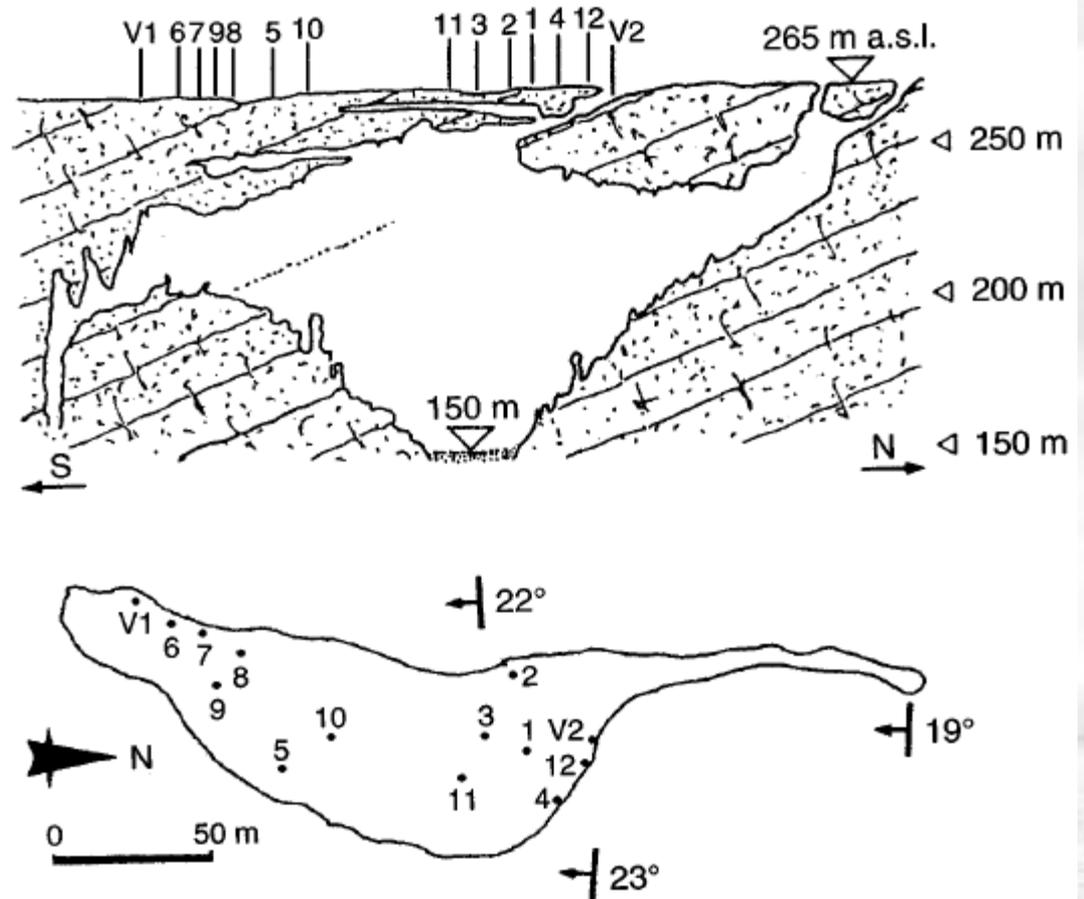
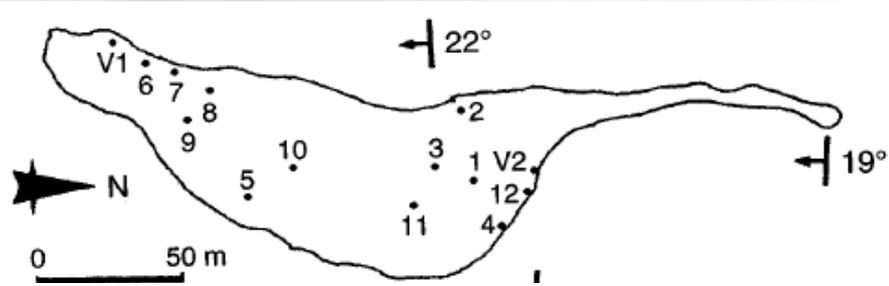


Fig. 1

Schematic cross section and planimetric map of the Grotta Gigante cave. Numbers represent dripping points located on the cave roof



## Risultati - 1

- pH: mediamente da 7.42 a 8.22 nel 1980–1982, tra 5.50 e 7.30 nel 1989.

- MBAS sporadicamente presenti nell'area nord (S3=0.09 mg/l, S4=0.06 mg/l e S12=0.05 mg/l).

- Relativa omogeneità delle acque di percolazione di tipo carbonatico-alcalino considerato il substrato calcareo.

- Fanno eccezione le stazioni S1 e S2, lievemente più ricche in Na e SO<sub>4</sub>

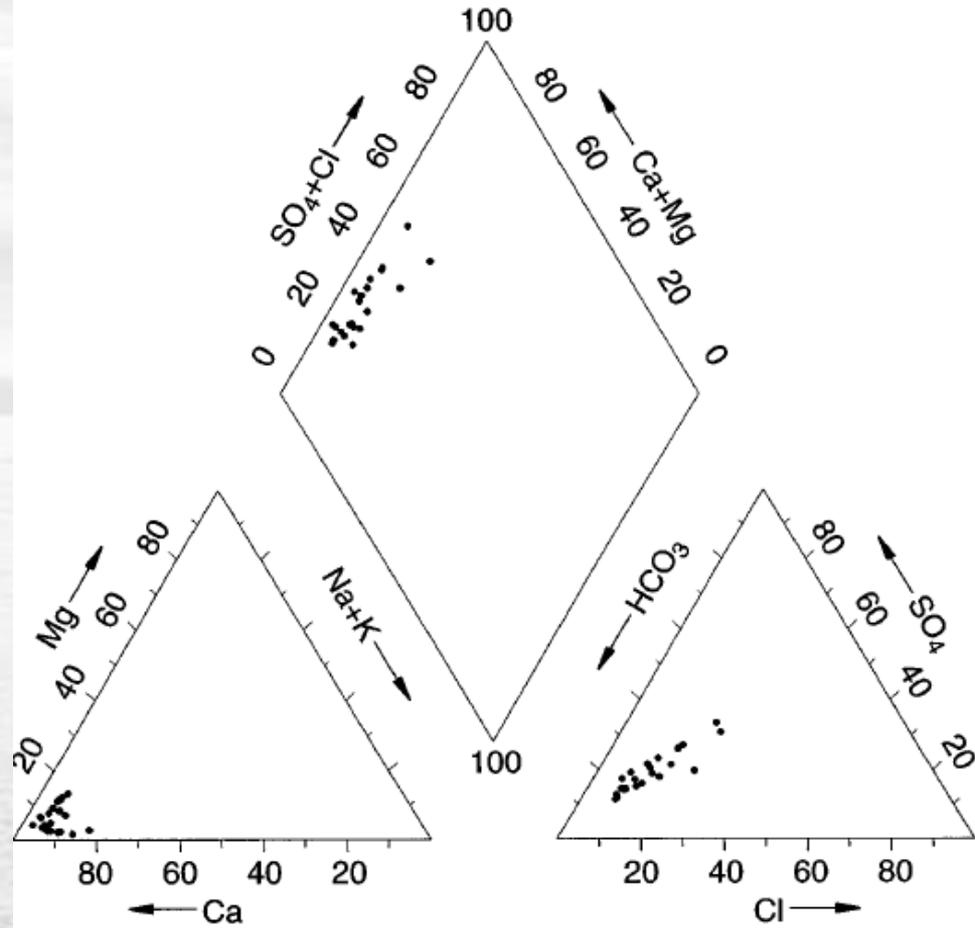


Fig. 3

Piper's diagram of the percolation waters in the Grotta Gigante cave

Gli *spidergrams* evidenziano una maggior variabilità e più elevato contenuto di  $\text{NO}_3$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Na}$  e  $\text{PO}_4$  nei campioni dell'area Nord (S1, S2, S3, S4, S11, S12) nel periodo 1980–1982.

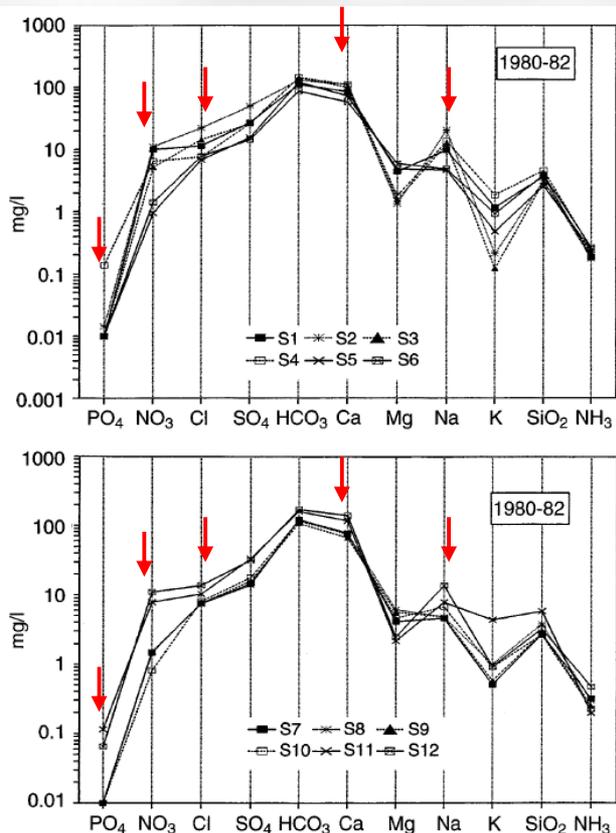
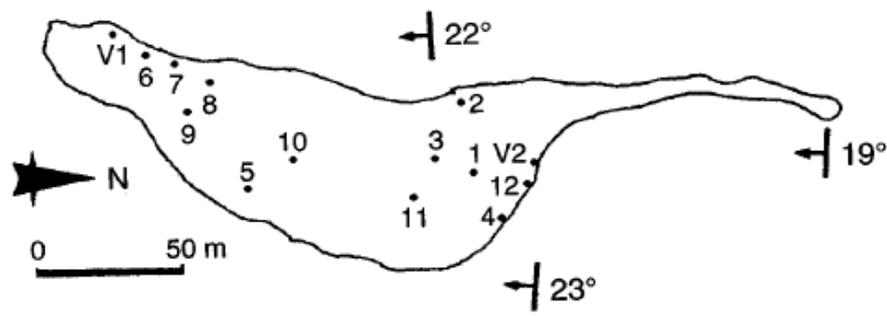


Fig. 4  
Schoeller's diagrams considering common and minor constituents of karst waters (1980, 1982)

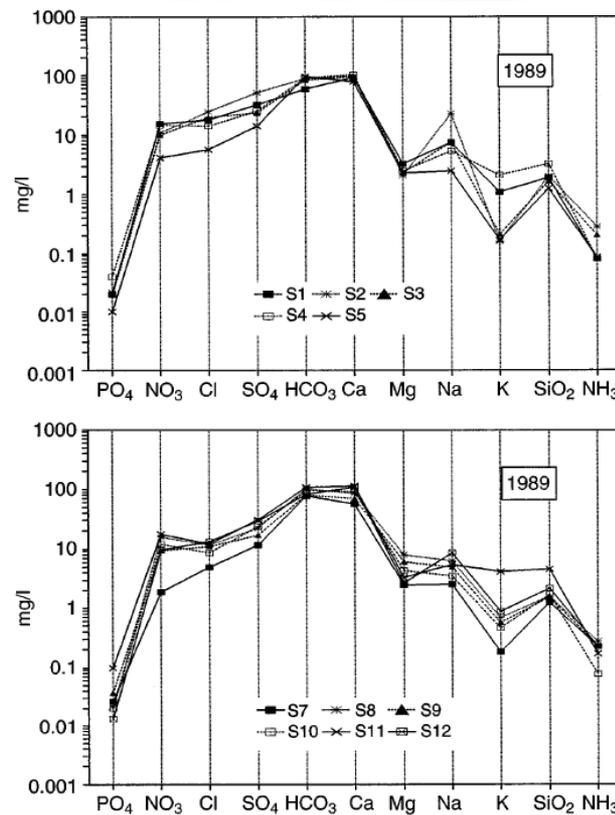
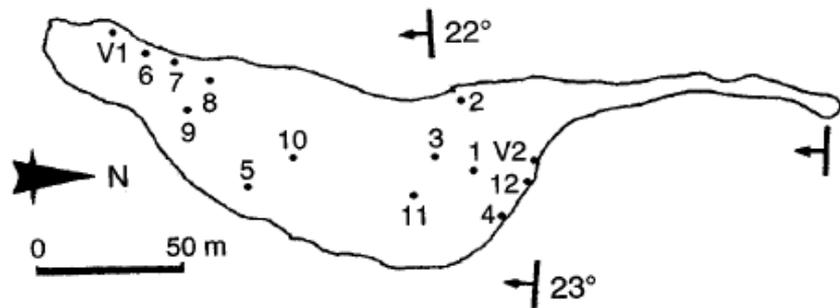


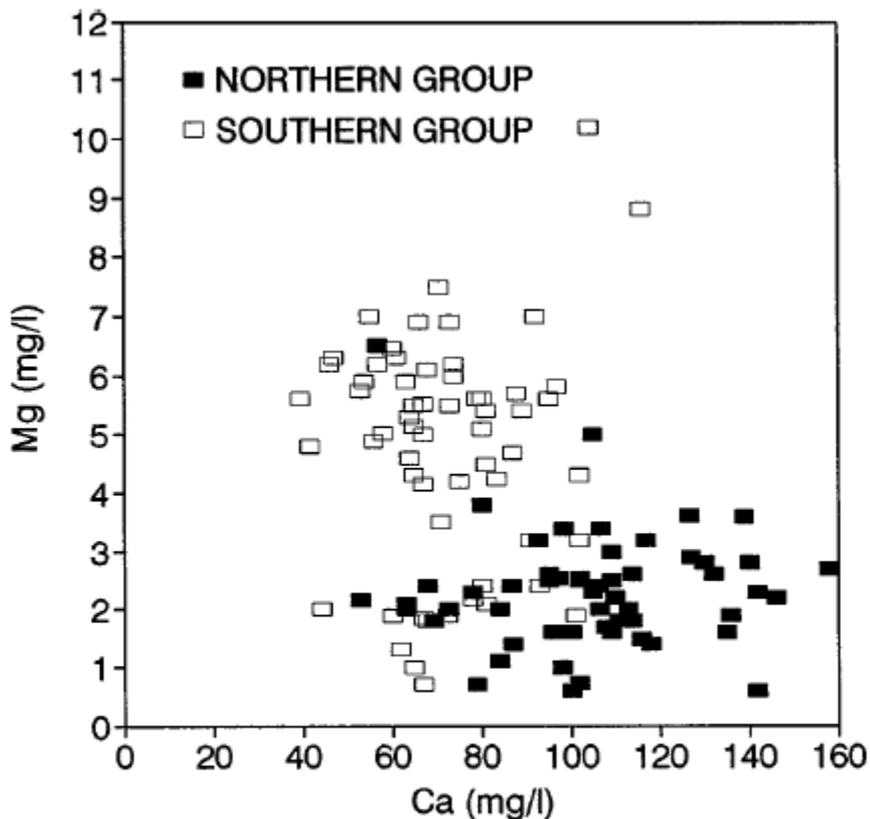
Fig. 5  
Schoeller's diagrams considering common and minor constituents of karst waters (1989)

Nel periodo successivo (1989) maggior differenziazione nelle stazioni meridionali con incremento nel contenuto salino in particolare di  $\text{NO}_3$  e  $\text{PO}_4$ .



Differenze composizionali nelle acque di percolazione possono essere dovute a diversi percorsi o a influenze antropiche.

Alcuni rapporti fra cationi possono evidenziare queste differenze!



Bassi valori di  $Mg^{2+}/Ca^{2+}$  sono tipici di serbatoi calcarei (0.005–0.030 settore nord, 0.030–0.100 nel settore sud).

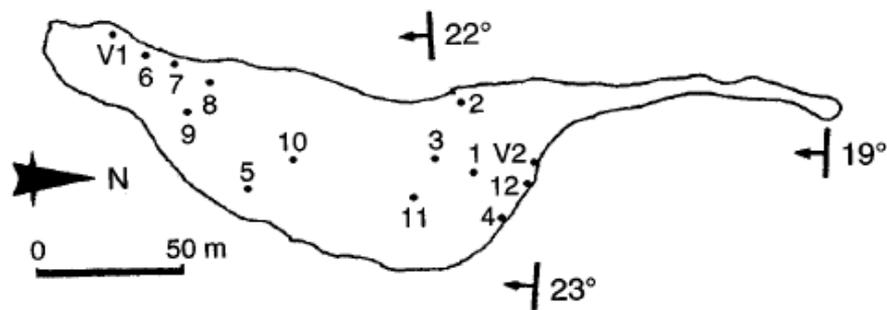
Possibili cause: relativo impoverimento di  $Ca^{2+}$  in favore di altri cationi o suoli a “terra rossa” in superficie con più elevato  $Mg^{2+}/Ca^{2+}$  nel settore meridionale.

Più elevato  $SO_4^{2-}/Cl^-$ , da 1 a più di 2, in media, in S4 e S11. Valori bassi, < 1, in S3, S8, e S9 dove assumono importanza i cloruri.

Possibile degradazione della sostanza organica con produzione di acidi (acido solforico?) che si combina con la roccia a dare solfati di Ca e Mg.

Fig. 6

Scatterplot of alkaline earths contents in percolation waters. All samples are considered



$K^+/Na^+$  in acque naturali = 0.004-0.300

S4 (0.154-0.254)

S11 (0.307-0.481)

incremento di K come per  $SO_4$ !

S2 (0.003-0.006)

S3 (0.004-0.025)

Na elevato!

Diverso percorso di percolazione oppure input superficiale "non naturale" in quanto I punti di stillicidio corrispondono ad insediamenti antropici.

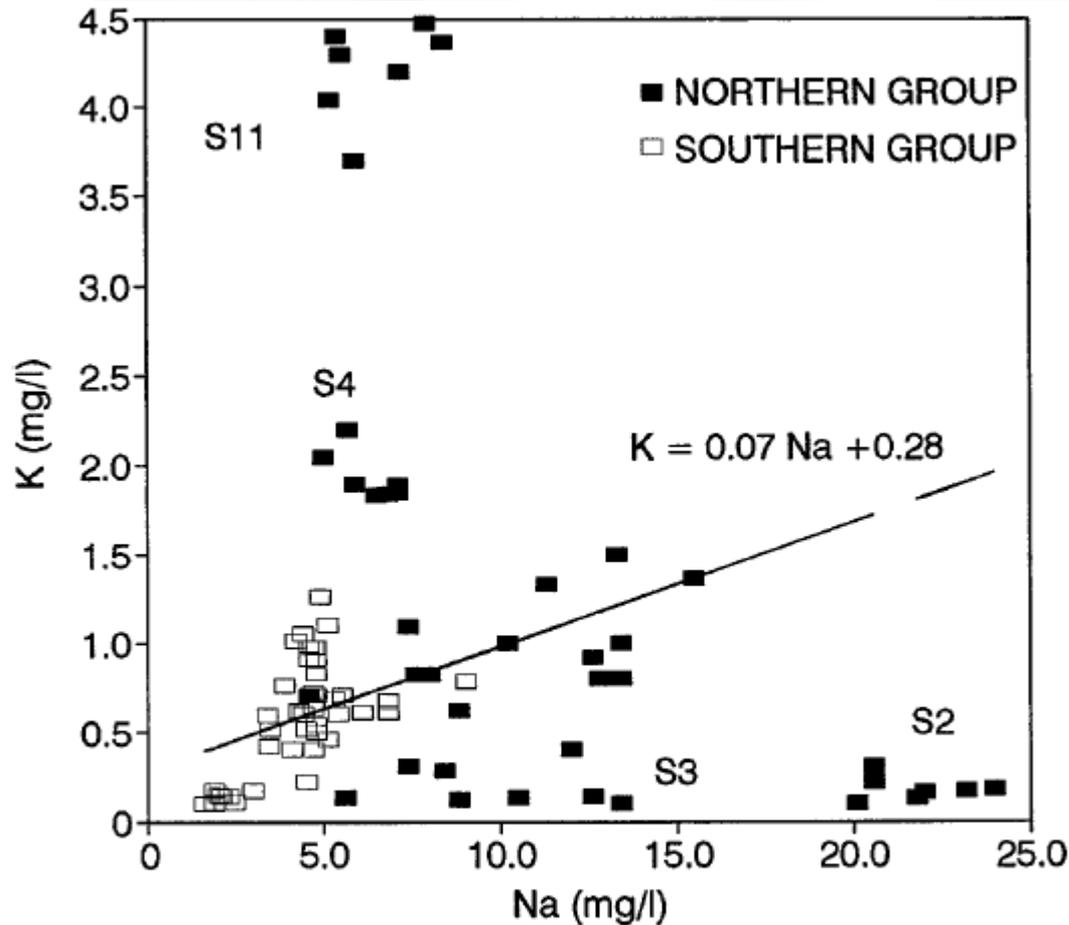


Fig. 7

Correlation of sodium and potassium in percolation waters without sampling distinction

## Risultati - 7

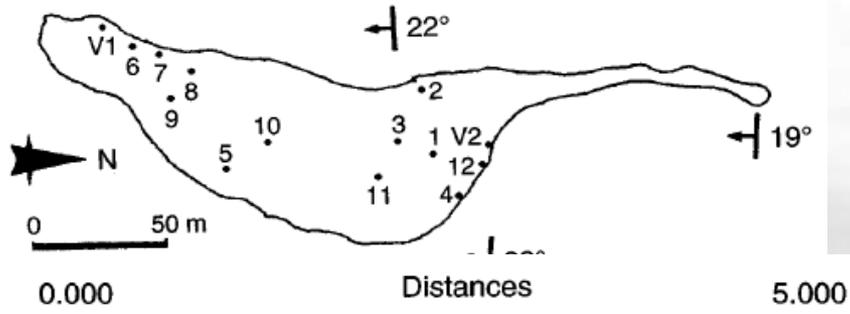
Uno sguardo alle relazioni fra maggiori cationi ed anioni e silice....

Ca vs NO<sub>3</sub> ( $r=0.720$ ,  $n=72$ ), HCO<sub>3</sub> ( $r=0.730$ ,  $n=63$ ) e SO<sub>4</sub> ( $r=0.663$ ,  $n=72$ )

Na vs Cl ( $r=0.948$ ,  $n=47$ ), SO<sub>4</sub> ( $r=0.896$ ,  $n=47$ )

K vs PO<sub>4</sub> ( $r=0.688$ ,  $n=47$ ) e SiO<sub>2</sub> ( $r=0.608$ ,  $n=42$ ).

**L'influenza antropica è verificata dall'apporto di sali di K e Na come fosfati, cloruri e solfati da mettere in relazione alle acque reflue delle abitazioni ed ai fertilizzanti utilizzati negli orti e nei giardini.**



I dendrogrammi evidenziano un cambiamento fra i 2 campionamenti (1980-82 e 1989).

Le stazioni S5 e S10, nel 1989, appaiono inserite nel cluster Nord, suggerendo un'influenza più recente del terreno superficiale antropizzato che interessa l'area settentrionale.

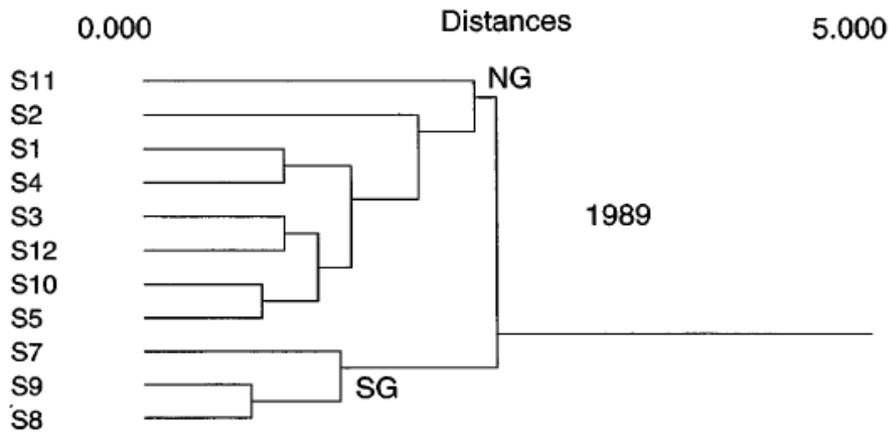
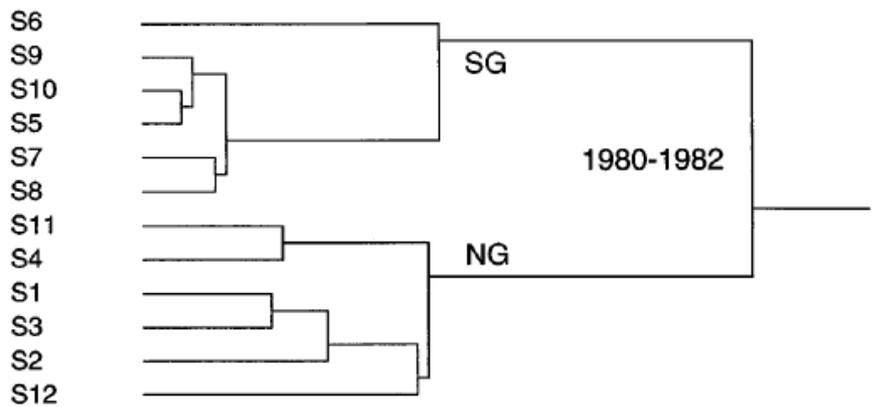
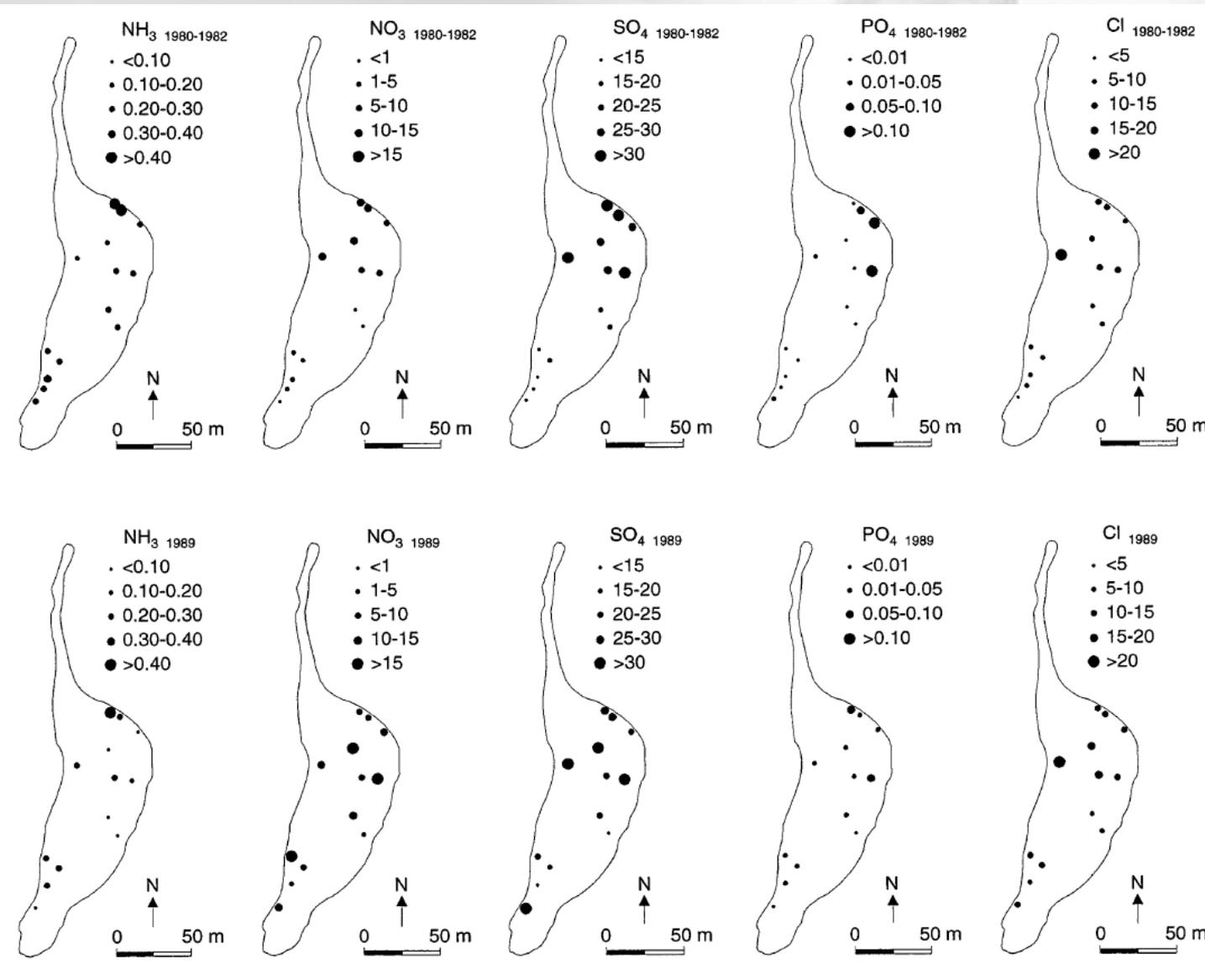


Fig. 8

Dendrogram obtained by cluster analysis. Euclidean distance and Ward linkage criterium between sampling points

Le distribuzioni medie di  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{PO}_4$  e  $\text{SO}_4$  più elevate al di sotto dell'area settentrionale antropizzata.



Lieve incremento in  $\text{NO}_3$ ,  $\text{SO}_4$  and  $\text{PO}_4$  nell'area Sud nel 1989.

## Riassumendo

1. In appena 2 ettari di superficie le acque di infiltrazione risultano avere chimismo diverso e non costante nel tempo. L'entità delle mineralizzazioni competenti alle singole stazioni di misura consente infatti una **zonazione delle acque di gocciolio della Grotta Gigante in due gruppi**: quelli settentrionali caratterizzati da acque più ricche di sali (ne è esempio S2 con circa 230 mg/l) e quelli meridionali i cui valori di salinità sono decisamente inferiori (ad esempio S8 con circa 150 mg/l) ai primi.
2. I **rapporti fra gli elementi** (quali ad esempio Na e K) consentono subzonazioni fra le stazioni dei due gruppi. Si tratta di variazioni di chimismo legate probabilmente a percorsi leggermente diversi che le acque ipogee seguono nei pochi metri di substrato, assumendo comunque gran parte del soluto nei primi decimetri di suolo.
3. La zonazione delle acque di stillicidio trova giustificazione nell'intensa **carsificazione superficiale** e nell'**antropizzazione**: sono poco mineralizzate quelle provenienti da terreni non utilizzati dall'uomo (campi solcati, terreni di copertura terroso-detritici, terre rosse), sono più mineralizzate quelle i cui areali di raccolta sono stati nel tempo modificati ad uso abitativo o agricolo (edifici, strade asfaltate o sterrate, giardini, campi coltivati).
4. Date le variazioni nell'uso del territorio nel tempo, inoltre, alcuni parametri quali Sodio, Cloro, Solfati e Nitrati, hanno concentrazioni variabili nel tempo, e le loro variazioni caratterizzano punti di gocciolio cui corrispondono all'esterno situazioni particolari quali piscine nei giardini di villette, subirrigazione da vasche IMHOFF, vigne, ecc.