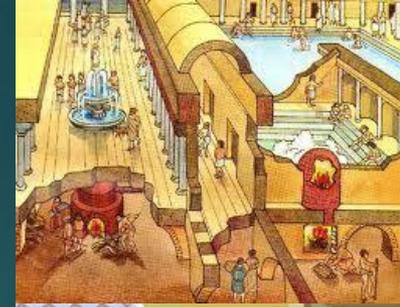


# Acque del benessere e risorsa idrica: due facce di una preziosa medaglia



# Il termalismo e l'uomo

Le manifestazioni termali hanno da sempre attratto l'interesse dell'uomo che fin dall'antichità ne ha compreso il valore per la propria **Salute** e **Benessere**.



# Antica Roma e l'acqua

MAPPE per la SCUOLA  
[www.mappe-scuola.com](http://www.mappe-scuola.com)

## ACQUEDOTTI e TERME ROMANE

### ACQUEDOTTI

### TERME

312 a.C.  
il primo  
acquedotto

PONTI  
com'erano

nell'età  
imperiale

9  
acquedotti

l'acqua  
delle sorgenti  
sui Colli romani

convogliate in  
**condutture  
di pietra**

strutture sostenute  
da ampie  
**arcate in muratura**

**l'acqua** nei canali  
scorrevano **all'interno**  
delle **arcate**

**cisterne**

scorrevano  
sottoterra  
o sopra

vicino  
alla città

**smistata**  
nei quartieri  
e nelle domus



cos'erano

**edifici** nella  
città di Roma

chi le  
frequentava

sia i Patrizi  
sia i Plebei,  
anche le donne

cosa  
c'era

botteghe  
negozi  
biblioteche

bagno vapori  
caldi

piscine acqua  
calda e fredda

funzione

grande  
**importanza  
sociale**

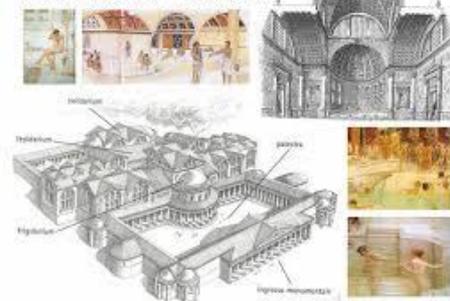
alla fine  
della giornata  
lavorativa

per la  
pulizia

per **incontrare**  
e **parlare**  
con altre **persone**

massaggi

TERME ERCULEE - Mediolanum



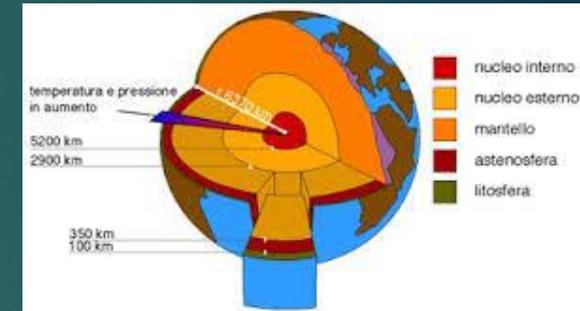
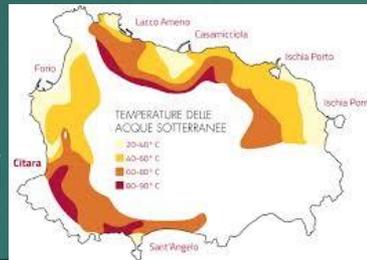
# A cosa si deve il termalismo?



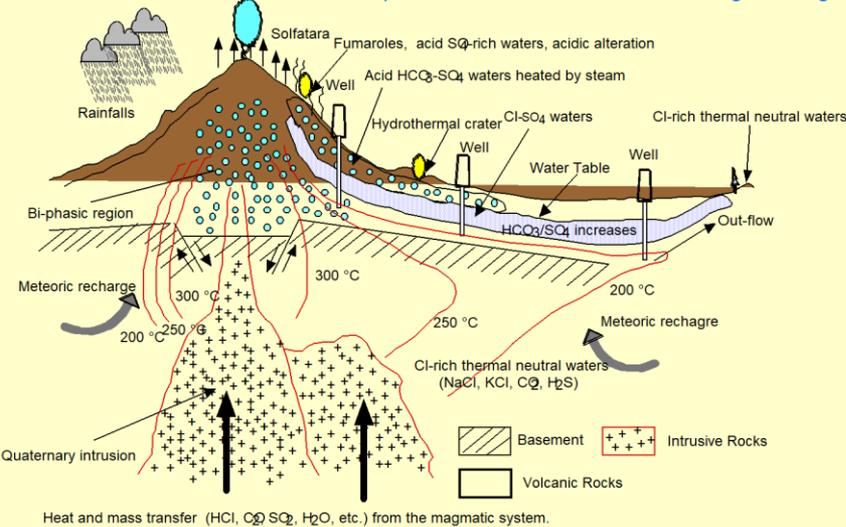
Acque calde ricche in sali minerali e gas, spesso sfruttate per le loro proprietà terapeutiche.



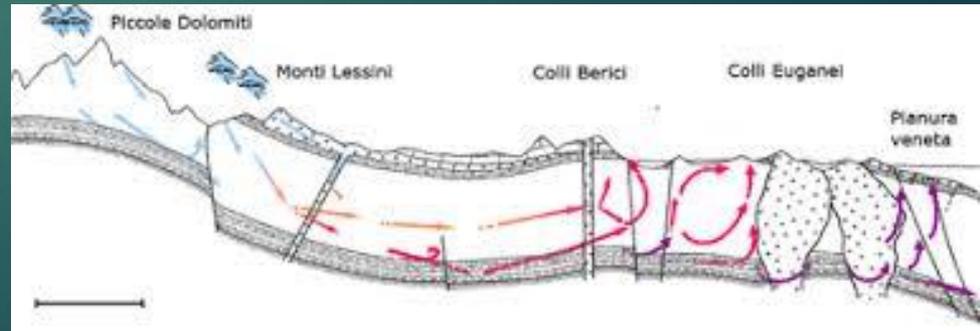
Possono originarsi da un'anomala sorgente di calore



Conceptual model of a volcano in a convergent margin.



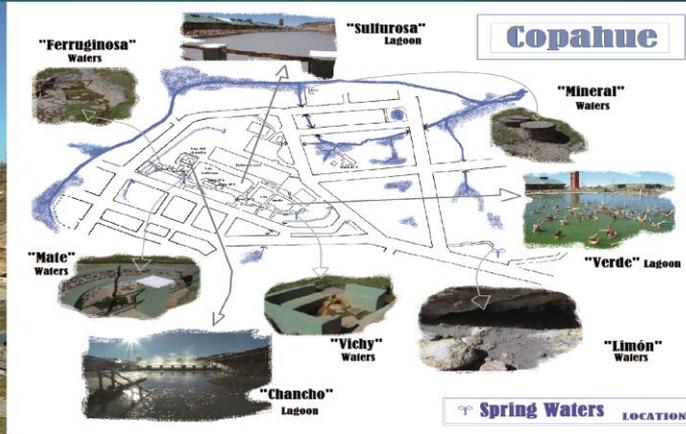
...o possono prodursi per circolazione sotterranea profonda in zone a normale gradiente geotermico





...e nel mondo?

Copahue (Argentina). Una risorsa apparentemente infinita



The main medical application of mineral waters, gases and peloids are, as follows: (1) immersion baths, (2) hydromassages, (3) subaquatic massages, (4) water streams at different pressures and temperatures, (5) inhalations, (6) steam baths, (7) local and general applications of peloids, (8) oral treatments and (9) hydrokinesitherapy

...e di Rischio...

...con alcuni problemi logistici



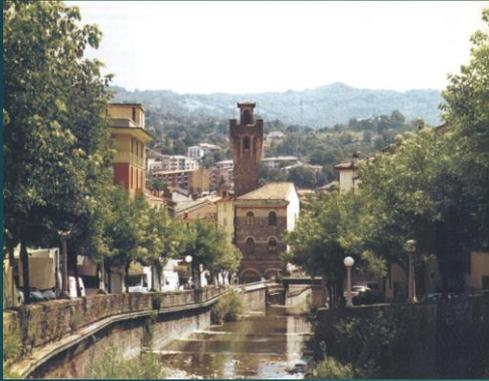
# Italia: Terra di Terme



# ...ma non tutte le terme sono uguali

Località	Regione	Tipologia	t °C	Conducibilità(μS)	Cure termali			
Castrocaro	Emilia	salzo-bromo-iodiche	15.6	55900	f,b,bi,id,iv,ig,bo	Legenda		
		sulfuree	15.6			ci,cd,cr	Fanghi	f
Salsomaggiore			salzo-bromo-iodiche	17		b,f,ci,a,in,bo,cr,iv,ig	bagni	b
Tabiano			solfureo-solfato-calcio-magnesiaca	16.5	6042	ci,cd,a,b,iv,ig,bo,f	bagni con idromassaggio	bi
Bagni di romagna			bicarbonato alcalino (senza gas)	39		ci, cd,a	cure inalatorie	ci
			bicarbonato alcalino (con gas)	43			idropercorso	id
Arta Terme		Friuli Venezia-Giulia	solfato-calcico-magnesiaca-solfurea	9	191	f,cd,ci,b,bi,cr,a	irrigazioni vaginali	iv
Abano		Veneto	salzo-bromo-iodiche-radioattive	87		f,b,bi,ms,ci,a,in	fanghi ginecologici	fg
Montegrotto			salzo-bromo-iodiche	82			docce rettali	dr
Comano		Trentino Alto Adige	oligominerale	27.7		b,bi,id,cd	microclismi goccia a goccia	m
Sirmione	Lombardia	solfurea salzo-bromo-iodca	65		f,b,bi,ci,cd,bo,cr,a,in,iv,fg,	irrigazioni gengivali	ig	
Bormio		solfato bicarbonato alcalino terrosa	42	1277	ci,f,b,bi,id,cd,cr,a,in	cure idropiniche	cd	
Acqui Terme	Piemonte	clorurato sodica	69.5		f,b,bi,ci,id,iv,fg,cr	balneoterapia orale	bo	
Prè-Saint-Didier	Valle d'Aosta	bicarbonato alcalino terrosa	36		f,b,bi	cure riabilitative	cr	
Saturnia	Toscana	solfato calcica	34.5	3110	f,b,ci,id,cr,a,in,us	areosol	a	
Montecatini			solfato clorurate sodiche	34.2		f,b,cd,bo,ci,a,cr	insufflazioni	in
				25.5			massoterapia	ms
				35			f,b,bi,id,cr,in,iv	ultrasuonoterapia
Casciana			solfato calcica	36	2330	b,bi,cd,ci,dr,cr	antroterapia	an
Chianciano			solfato bicarbonato calcica	36				
Rapolano				39.9	6500	f,b,ci,a,in		
Bagni di San Filippo			solfato bicarbonato alcalina terrosa	52	3640	f,b,ci,a,in		
Bagni di Petriolo			solfurea salzo-solfato-bicarbonato-alcalino-terrosa	45	2970	f,b,ci,a,in		
Stigliano		Lazio	bicarbonato sodica	51.9		f,b,bi,ci,id,a,in		
Ischia	Campania	clorurato sodica	66.2		f,b,bi,ci,fg,bo,cr,a,in,an			
			90.3					
			79.6			f,b,bi,ci,iv,a,in,an		
Stufe di Nerone			salsobromoiodica-solfato-alcalina-terrosa	79.6		f,b,bi,ci,iv,a,in,an		
Puteolane			clorurato solfto alcaline	50		non più attive		
Agnano				58.2		f,b,bi,ci,iv,,a,in,an		
Terme Sibarite	Calabria	bicarbonato solfato calciche	24.3	1515	f,b,bi,ci,iv,ms,us			
Fordongianus	Sardegna	clorurato solfato sodica	54.1	1547	f,b,bi,ci,cr,a,in			
Porretta	Emilia	salzo-bromo-iodiche	32.3	8720	f,b,bi,id,iv,dr,a,cr			
		sulfuree	19.2	3180	ci,a,in			

# Confronti e considerazioni



VS.



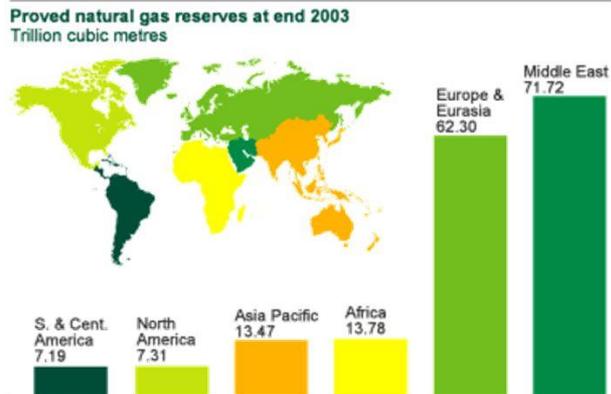
▶ Temperature “medie” ma mantenimento di elevata salinità.

▶ Presenti ambedue le principali tipologie di acque termali (salso-bromo-iodiche e sulfuree)

▶ Ampia gamma di utilizzo e applicazioni terapeutiche (almeno 11 vs. 6 in media)

# Gas naturale nel Mondo

## Le riserve di gas naturale



Il metano in natura è abbastanza distribuito: le regioni con minori riserve sono quelle americane, le maggiori ancora le regioni dell'area del Golfo Persico, dove sono concentrati più di un terzo dei giacimenti accertati.

Dati in migliaia di miliardi di N m<sup>3</sup>

L'Europa ha ingenti riserve di gas naturale

Fig. 12 Carta dei Pozzi per Idrocarburi Perforati in Italia



Fonte: Rapporto annuale 2006, MSE-UNMIIG

Anche l'Italia presenta interessanti risorse



...tuttavia importiamo metano

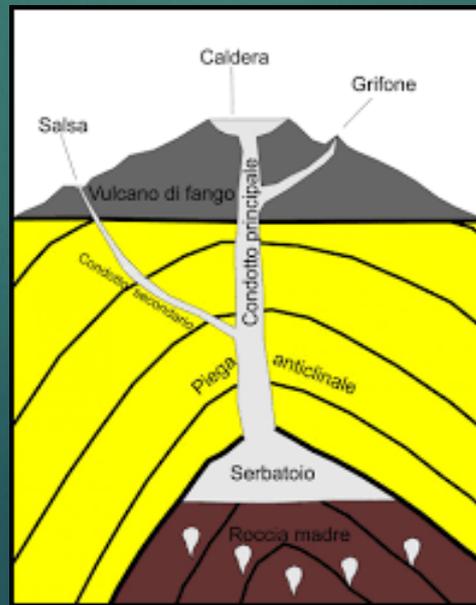


# Risorsa d'energia e... sede di fenomeni naturali

## I vulcani di fango!



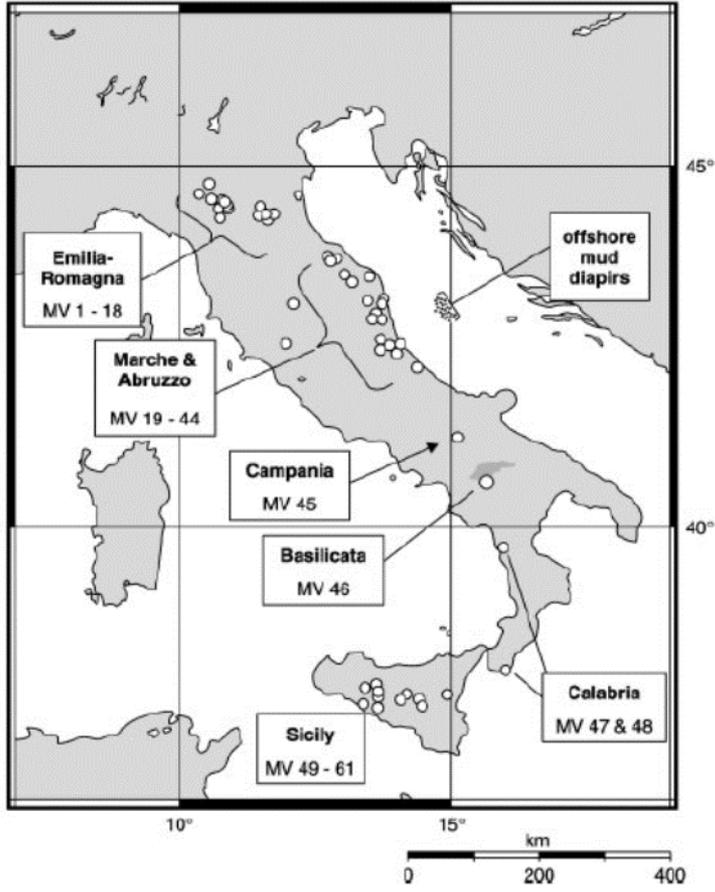
Una possibile definizione:  
Formazioni coniche di dimensioni variabili (da decine di cm a decine di metri) prodotte dall'espulsione di materiale gassoso (principalmente  $\text{CH}_4$ ) liquido (acque saline) e solido (materiale argilloso).  
Hanno origine geotettonica (compressione).



## Fuoco perenne



# Vulcani di fango in Italia



...anche  
in  
mugello!

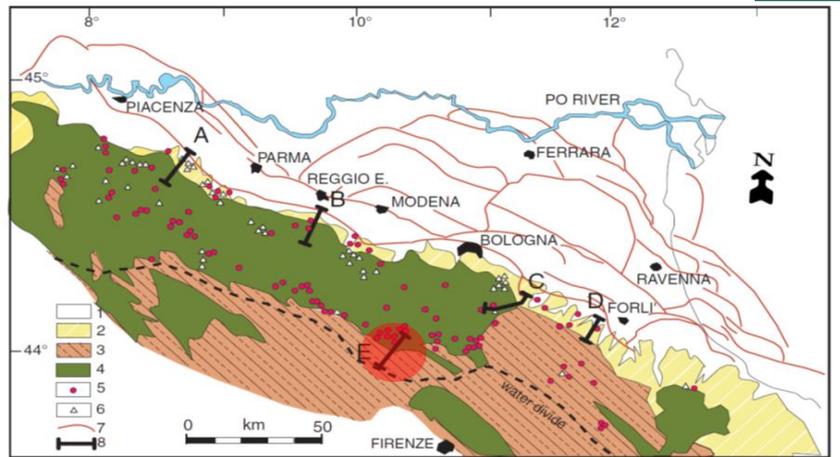


Fig. 1. Geological sketch map and locations of the fluid emissions of the Northern Apennines alongside the Po valley (modified after Borgia *et al.* 1986). Legend: 1, Continental Quaternary; 2, marine to continental Plio-Pleistocene foredeep units at the foothills; 3, Miocene foredeep units; 4, Ligurian-Epiligurian units; 5, spontaneous fluid emissions and 6, oil and gas from surficial drilled wells; 7, thrust front in the subsurface; 8, traces of the sections: A: Salsomaggiore; B: Regnano; C: Castel San Pietro; D: Castrocaro; E: Porretta.

# Lusi (Indonesia): il vulcano di fango più potente del mondo



# La tragedia delle Maccalube d'Aragona

## **Tragedia delle Maccalube di Aragona, condannati Fontana e Gucciardo**

Nell'esplosione di un vulcanello morirono due fratellini di 7 e 9 anni. All'ex presidente regionale di Legambiente, gestore della riserva, inflitti sei anni, all'operatore dell'area naturale cinque anni e tre mesi.



# I gas naturali legati alle acque termali di Porretta



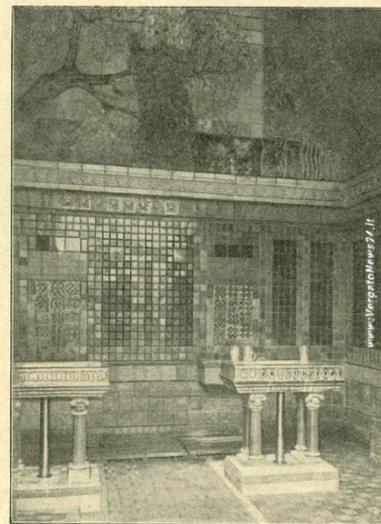
# Emergenze naturali e pozzi

A Porretta non si assiste al fenomeno dei vulcani di fango ma le emergenze, captate e non, sono cospicue



...spesso fonte di puro benessere

La circolazione in ambiente geologico si manifesta con emissioni di fluidi, in taluni casi «governate» dall'uomo

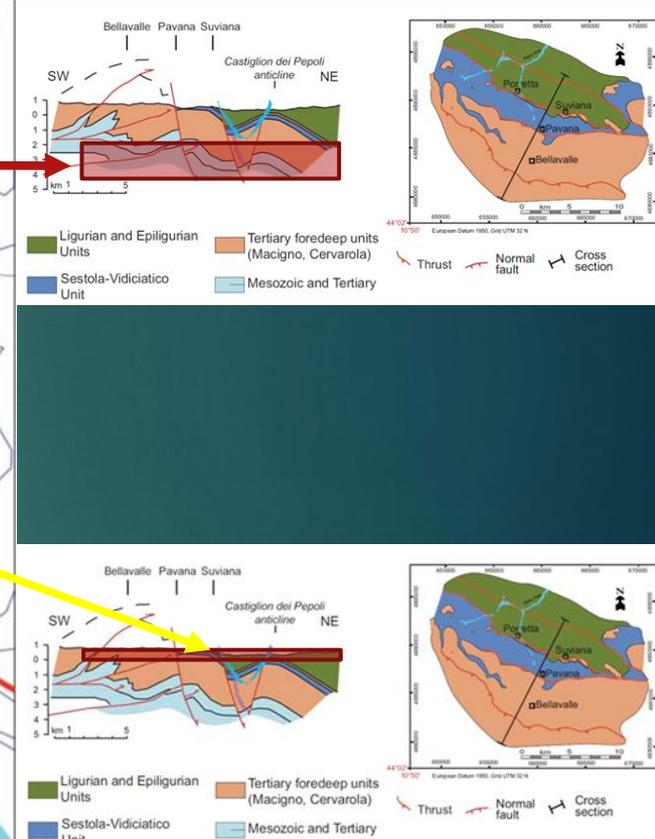
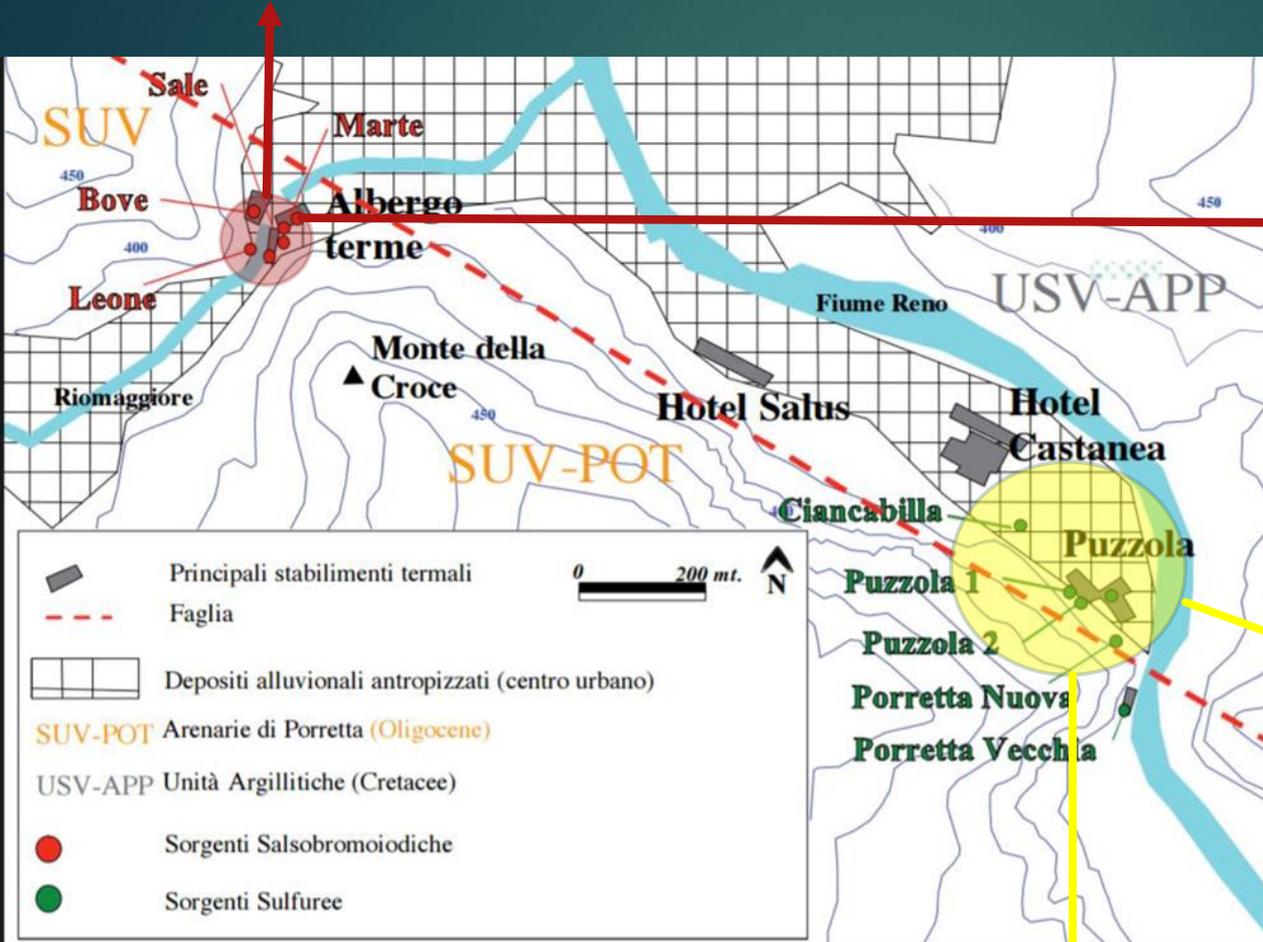


Porretta. — Elegante chiosk, nello Stabilimento Donzelle, dove si bevono le acque salso-iodiche.



# Le caratteristiche chimiche delle sorgenti di Porretta individuano 2 gruppi ben distinti

alto cloro



sulfuree



# Come si producono sorgenti salso-bromo-iodiche?

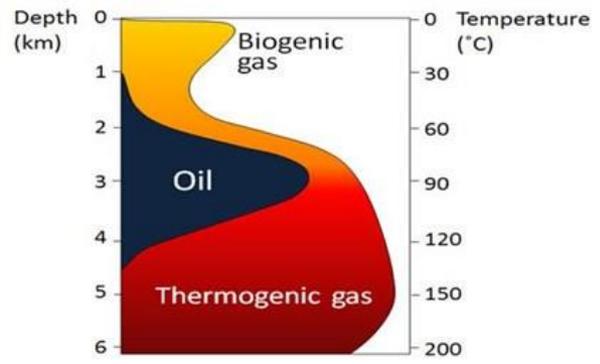
Acque con elevati contenuti di cloro  
(bromo, iodio) si originano dal mare:

1) Acque intrappolate in sedimenti

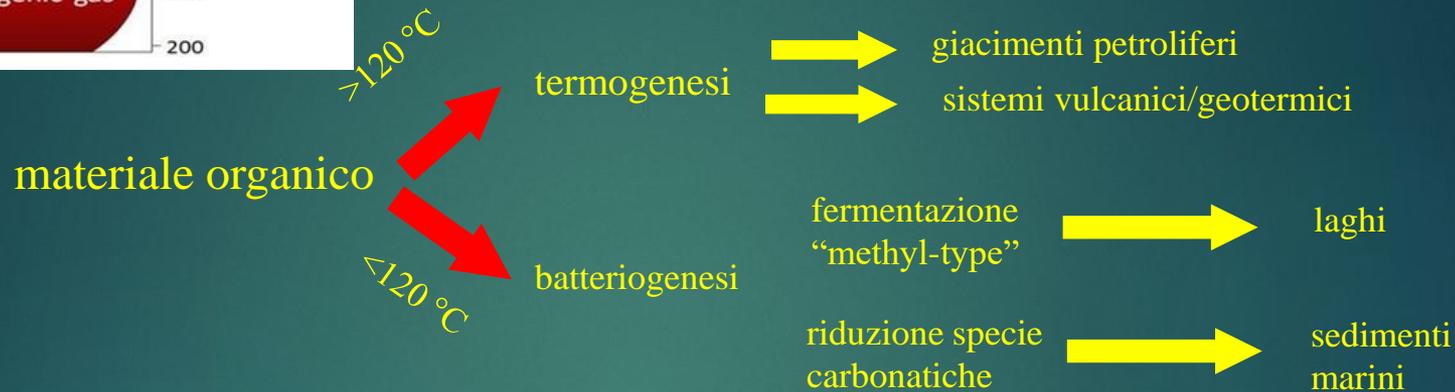


2) Sali presenti in formazioni evaporitiche





...e il metano?

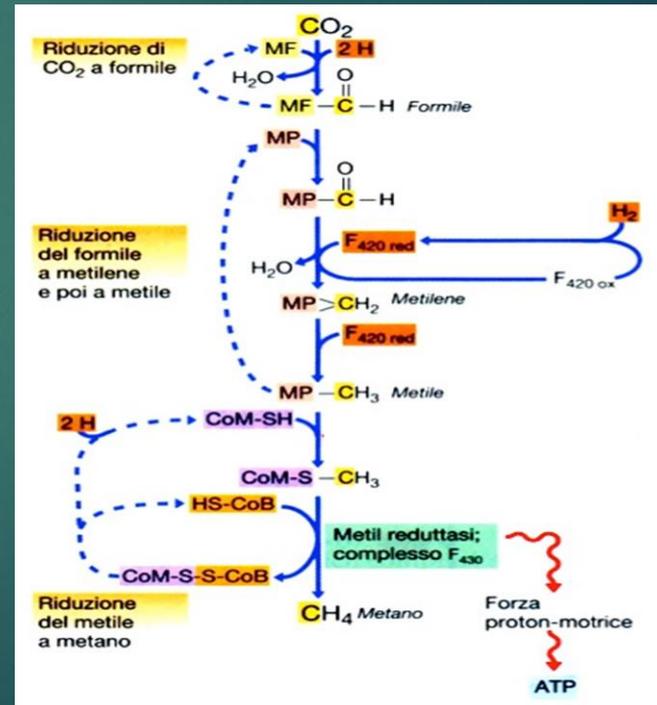
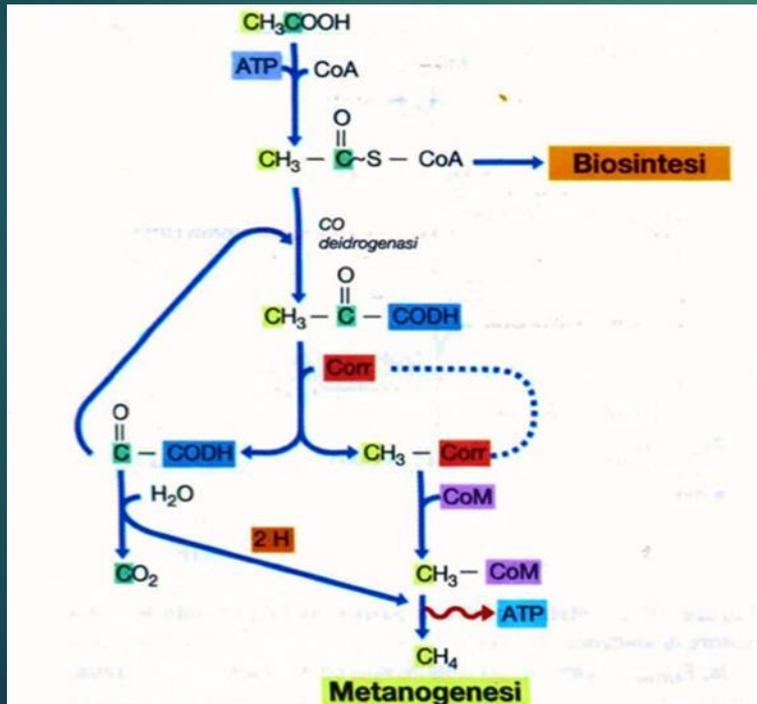
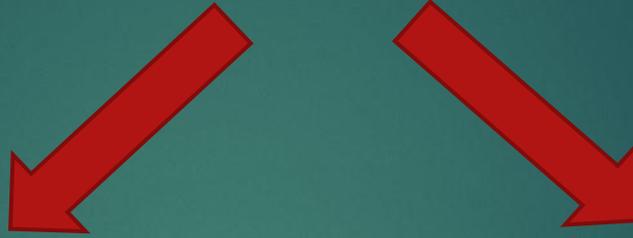


A prescindere dalla profondità di origine, metano ed idrocarburi associati si originano da degradazione di materiale organico.

Idrocarburi leggeri possono essere prodotti nel corso di processi industriali da molecole inorganiche (CO, CO<sub>2</sub>).

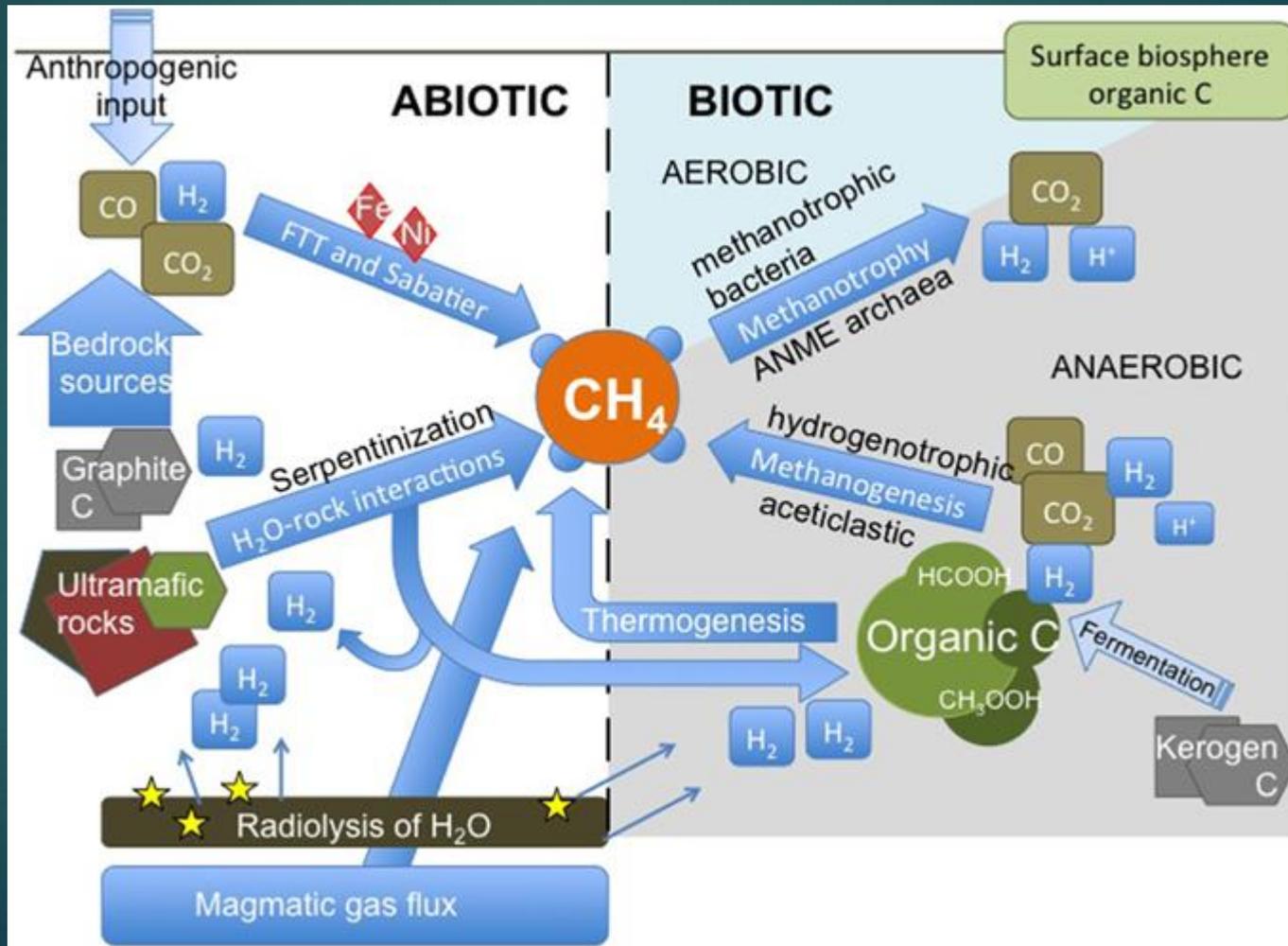
In Natura, processi biogenici e termogenici tendono a mascherare la possibile presenza di HC di origine inorganica.

# Origine del metano biosintesi

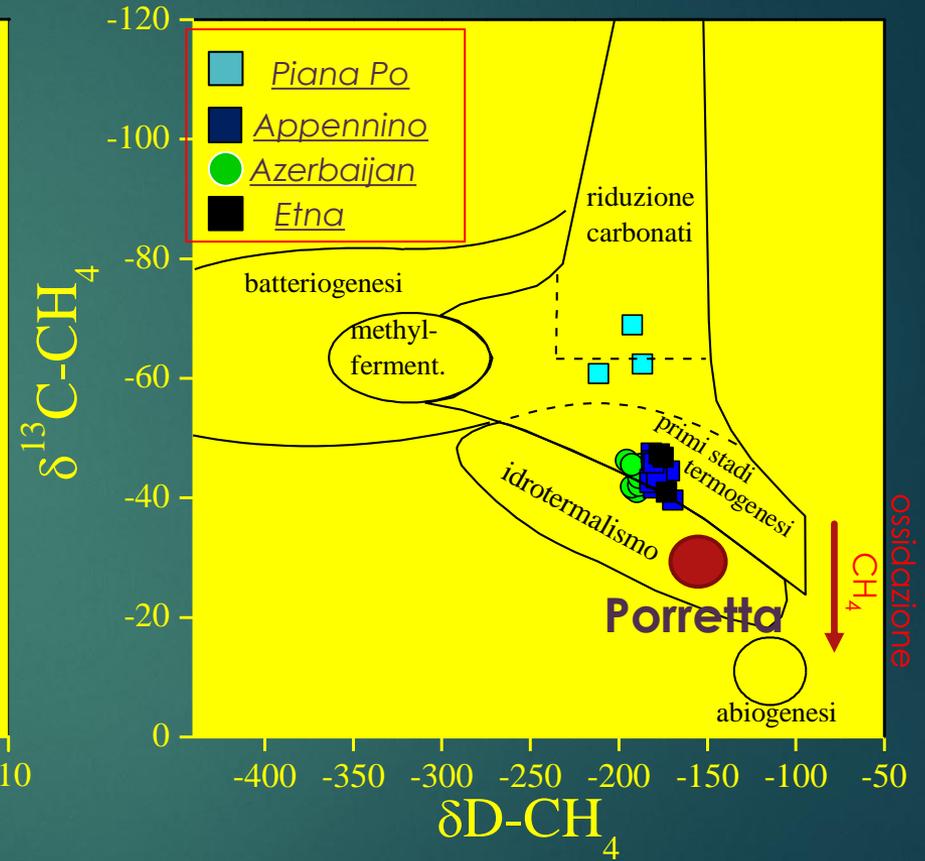
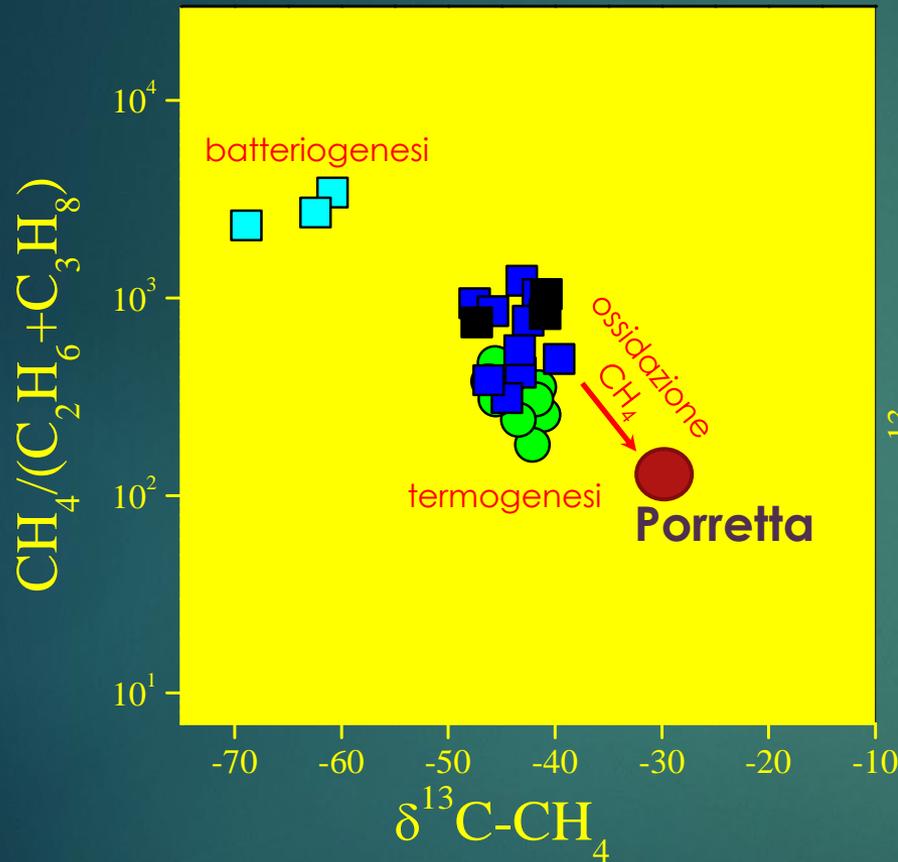


# Origine del metano

## multisorgente



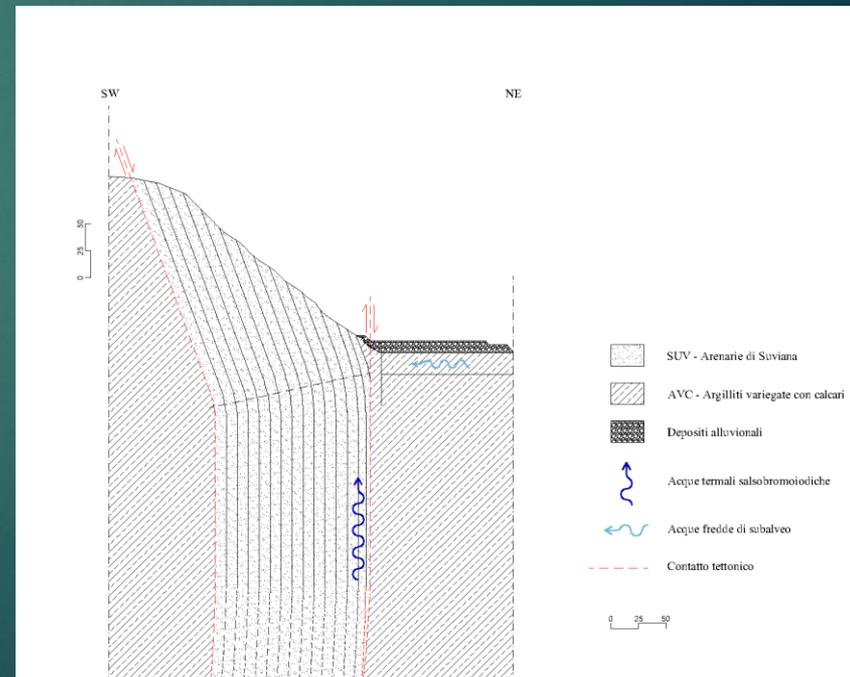
# Per Porretta: convergenza di indicazioni chimiche ed isotopiche



# Acque sulfuree

- ▶ Minore salinità ma concentrazioni elevate di specie ridotte dello zolfo
- ▶ Apporti profondi diluiti da acque superficiali
- ▶ Innesco di attività microbica in zone prossime alla superficie
- ▶ Connubio tra comunità batteriche con diversa funzione
- ▶ Controllo strutturale ancora fondamentale

Ossidazione secondaria del metano in ambiente anaerobico



# Come si producono sorgenti sulfuree



Acque con elevati contenuti di zolfuri si originano da:

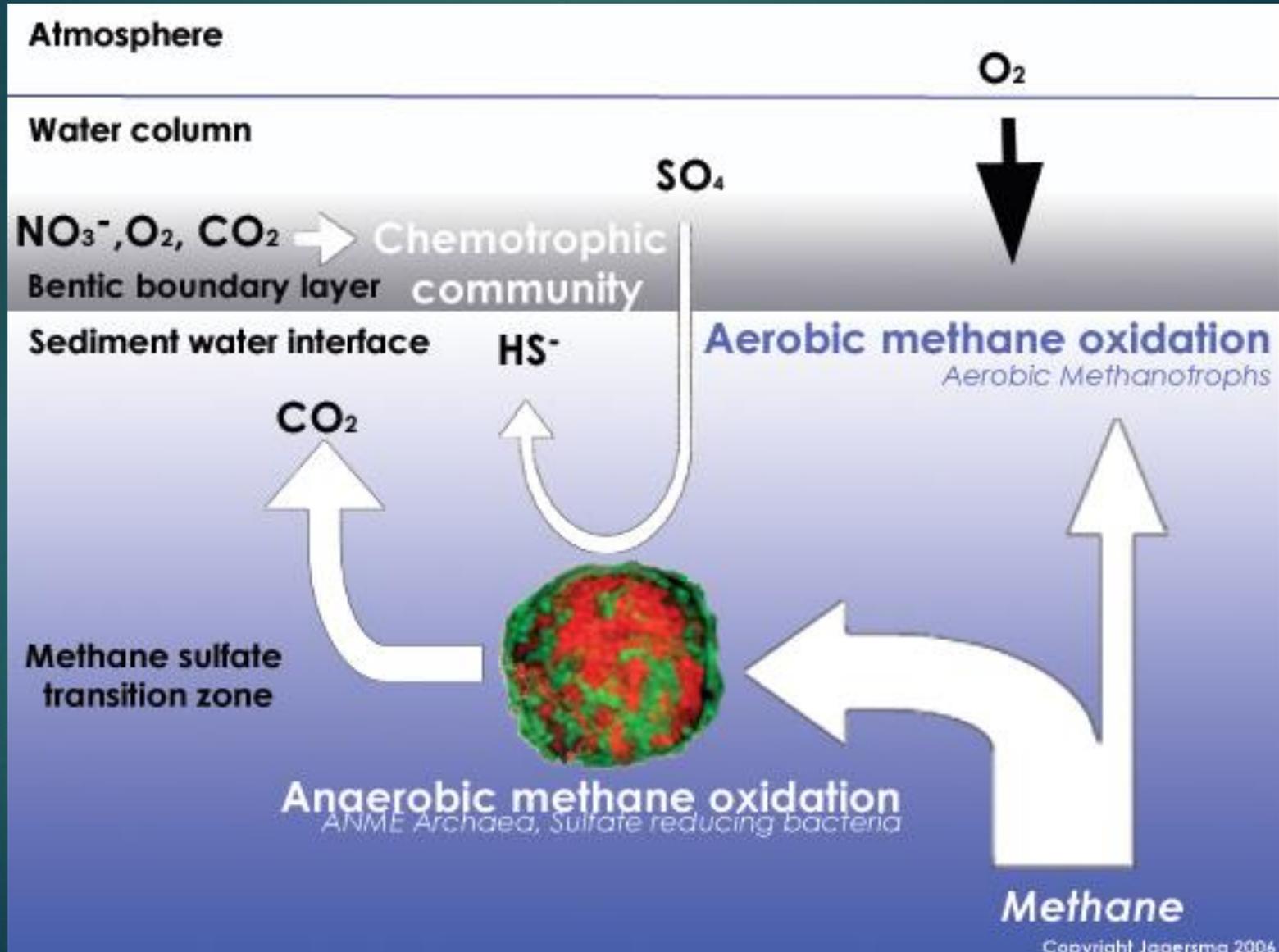
1) Vulcani (aree geotermiche)



2) Attività microbica (riduzione solfati)

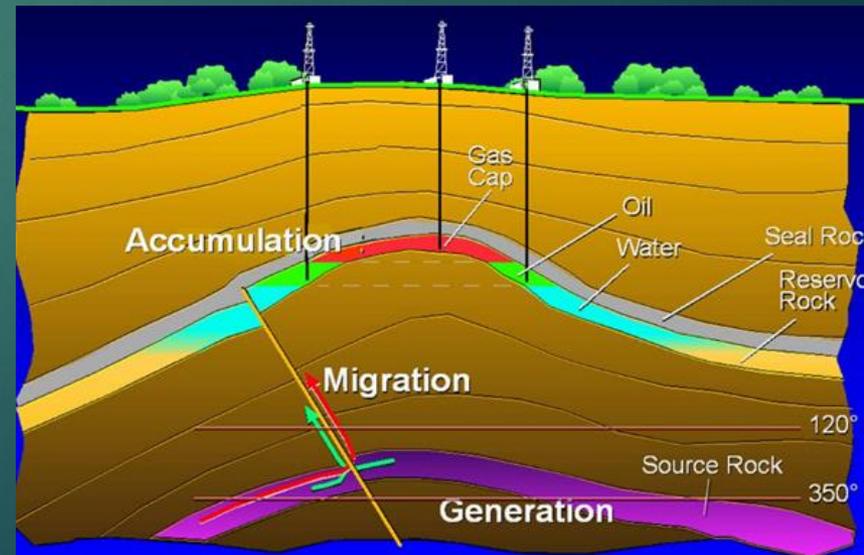


# Cicli di zolfo e carbonio

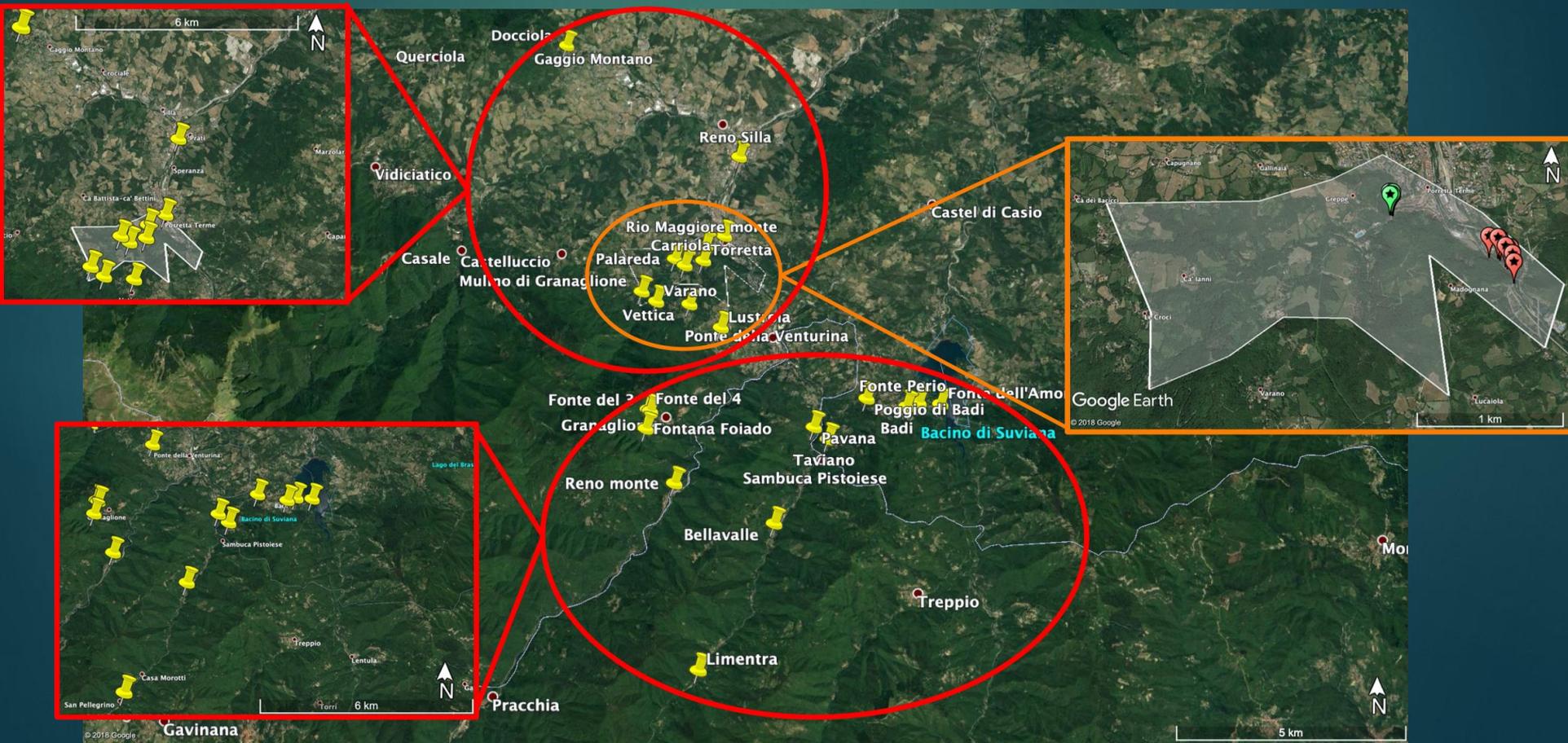


## Le indicazioni «scientifiche»

- ▶ I fluidi (acque + gas) di Porretta presentano caratteristiche isotopiche e chimiche proprie di processi termogenici che ne indicano una provenienza profonda.
- ▶ Processi secondari in ambiente superficiale agiscono sul metano e sulle specie dello zolfo prevalentemente sui fluidi delle emergenze morfologicamente più basse (Fiume Reno).
- ▶ I gas risalenti possono stazionare in sacche superficiali dove, col tempo, i processi genetici microbici tendono a prevalere.



# Acque termali vs. acque superficiali

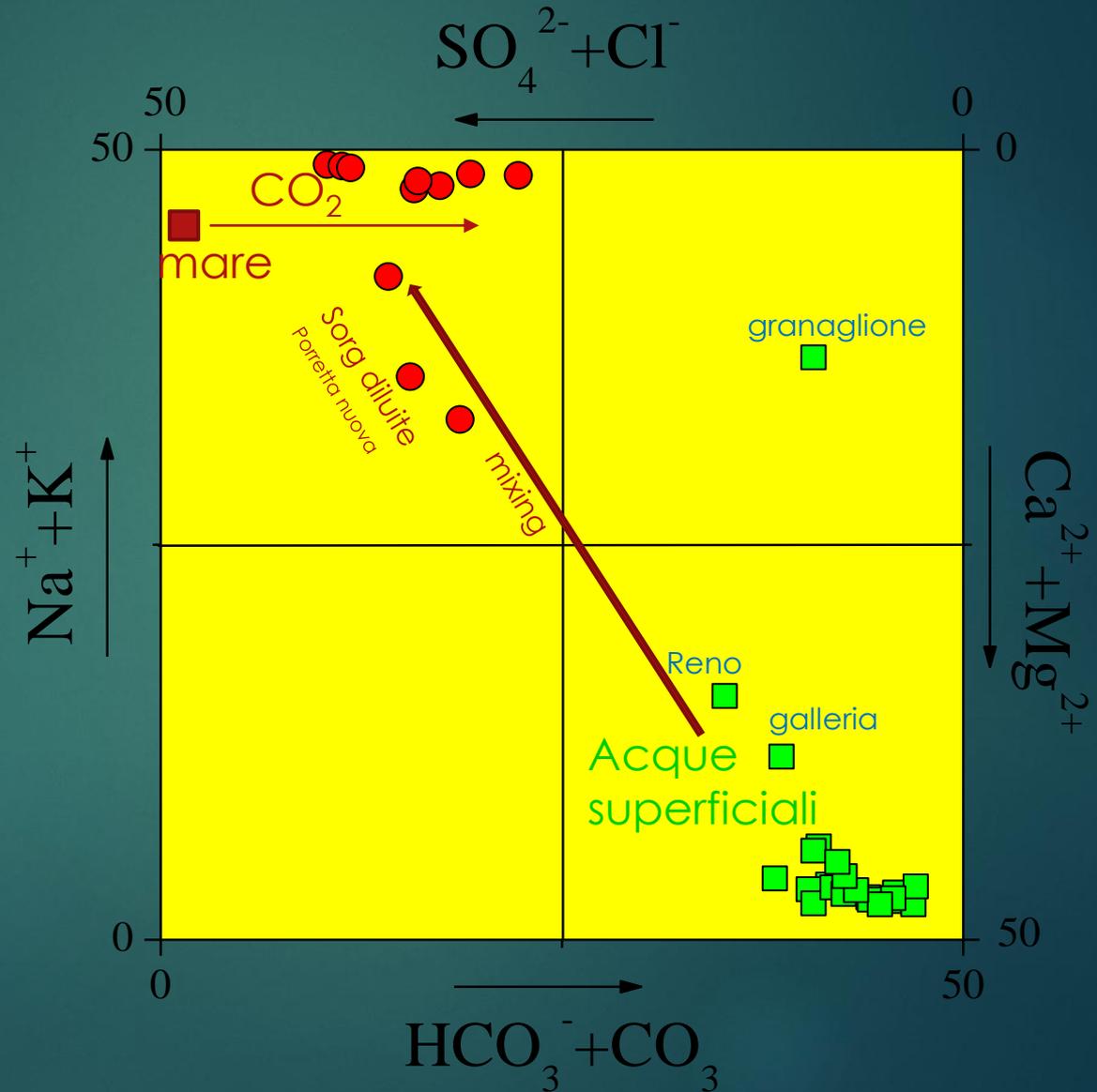


# Chimica delle acque superficiali



Un solo esempio di contaminazione superficiale

Alcune evidenze di miscelamento tra falda profonda e superficiale



# Chimica delle acque superficiali

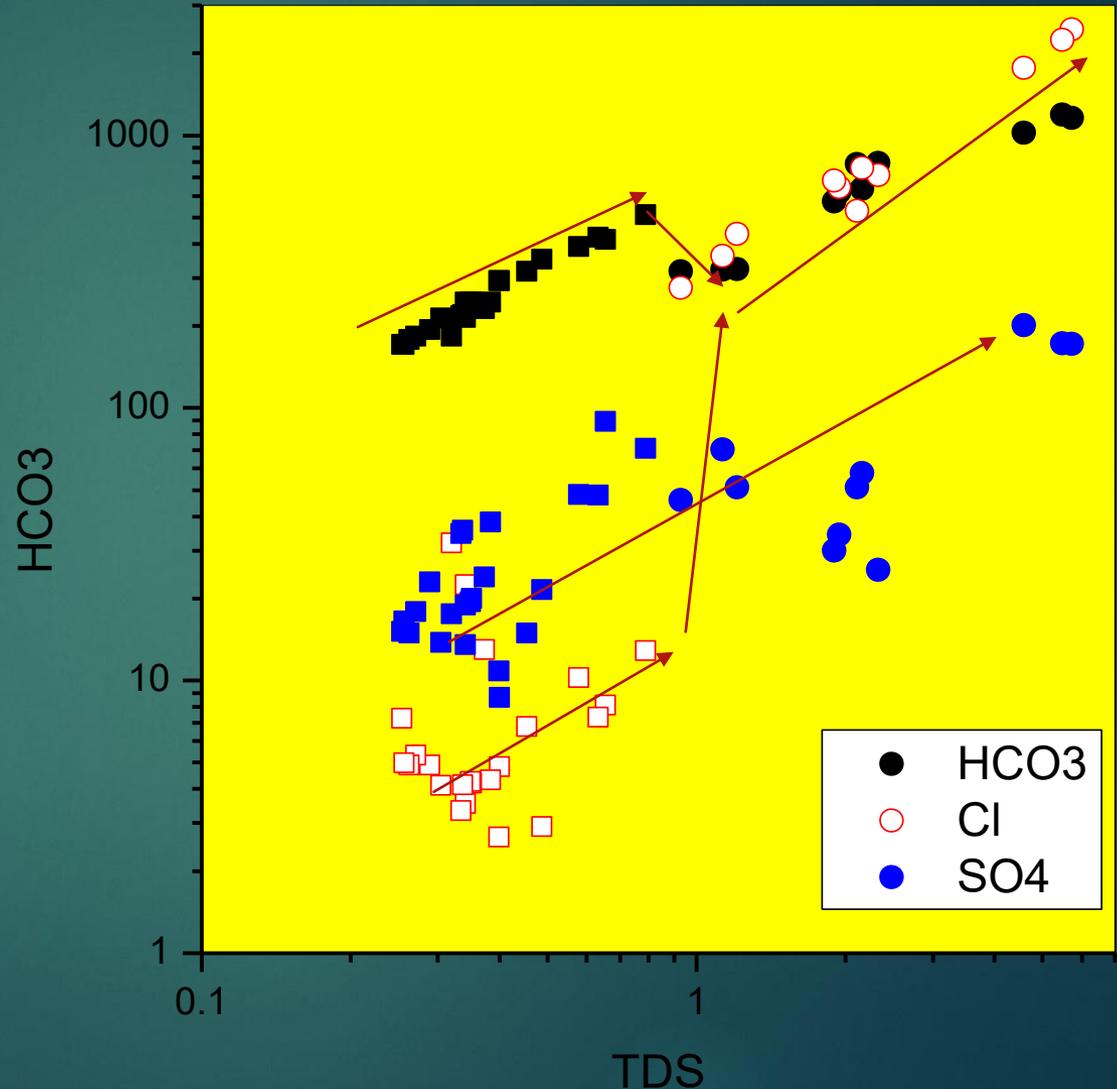
La contaminazione (reciproca) riguarda solo la composizione chimica delle acque?

Sono possibili miscelamenti su area estesa?

Ciò implicherebbe un problema per la qualità della risorsa idrica?

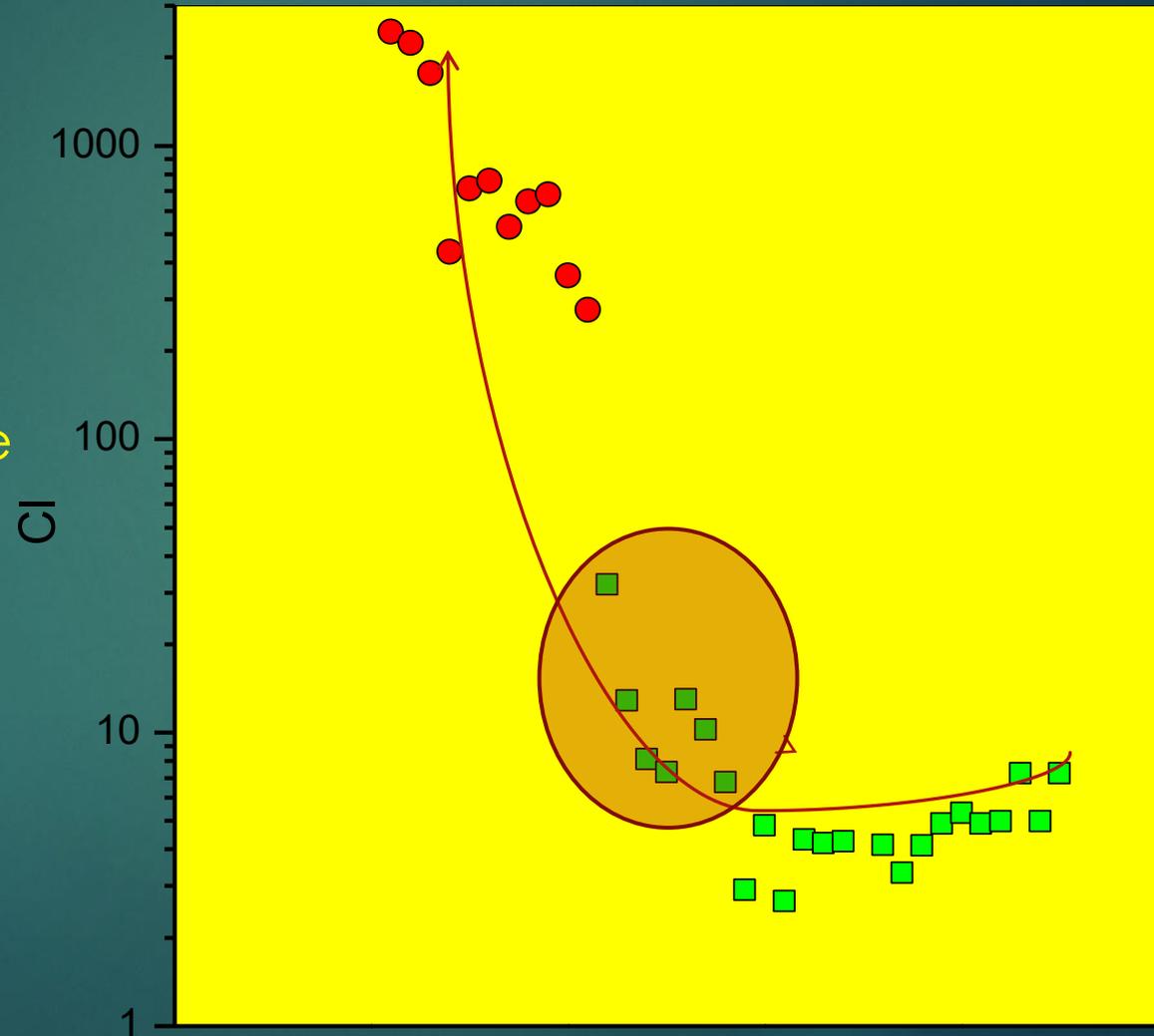
# Chimica delle acque superficiali

Si nota uno stacco netto nella chimica delle acque termali rispetto alle acque superficiali. Esiste continuità solo per il solfato, indice di una comune sorgente litologica (calcari marnosi). Il cloro profondo è legato ad acquiferi confinati. Il bicarbonato profondo alla fase gassosa.



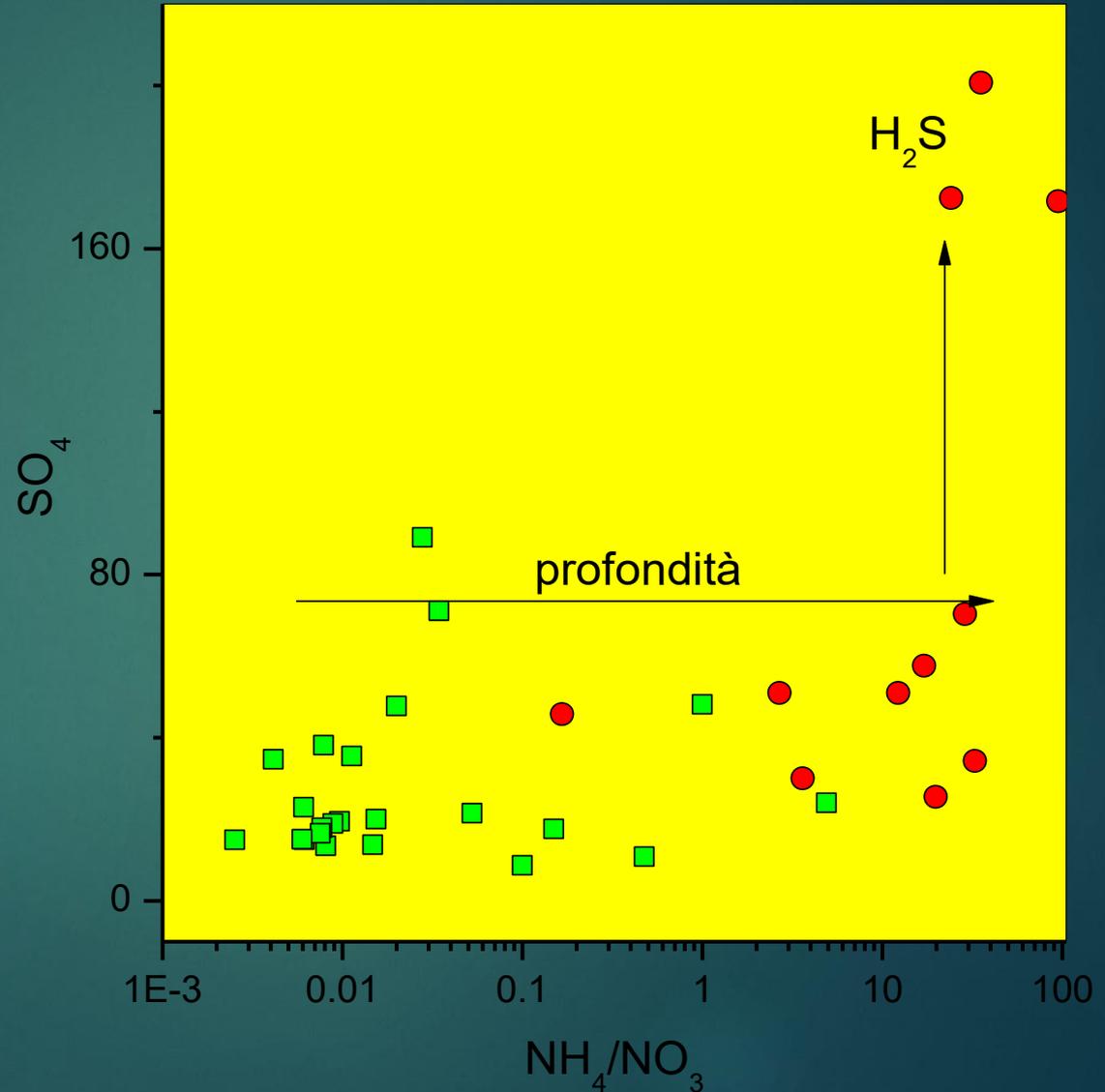
# Chimica delle acque superficiali

In base al cloro, il miglior tracciante geochimico, si denotano due andamenti distinti, collegati da un gruppo di acque che corrispondono alle emergenze superficiali all'interno della concessione delle terme



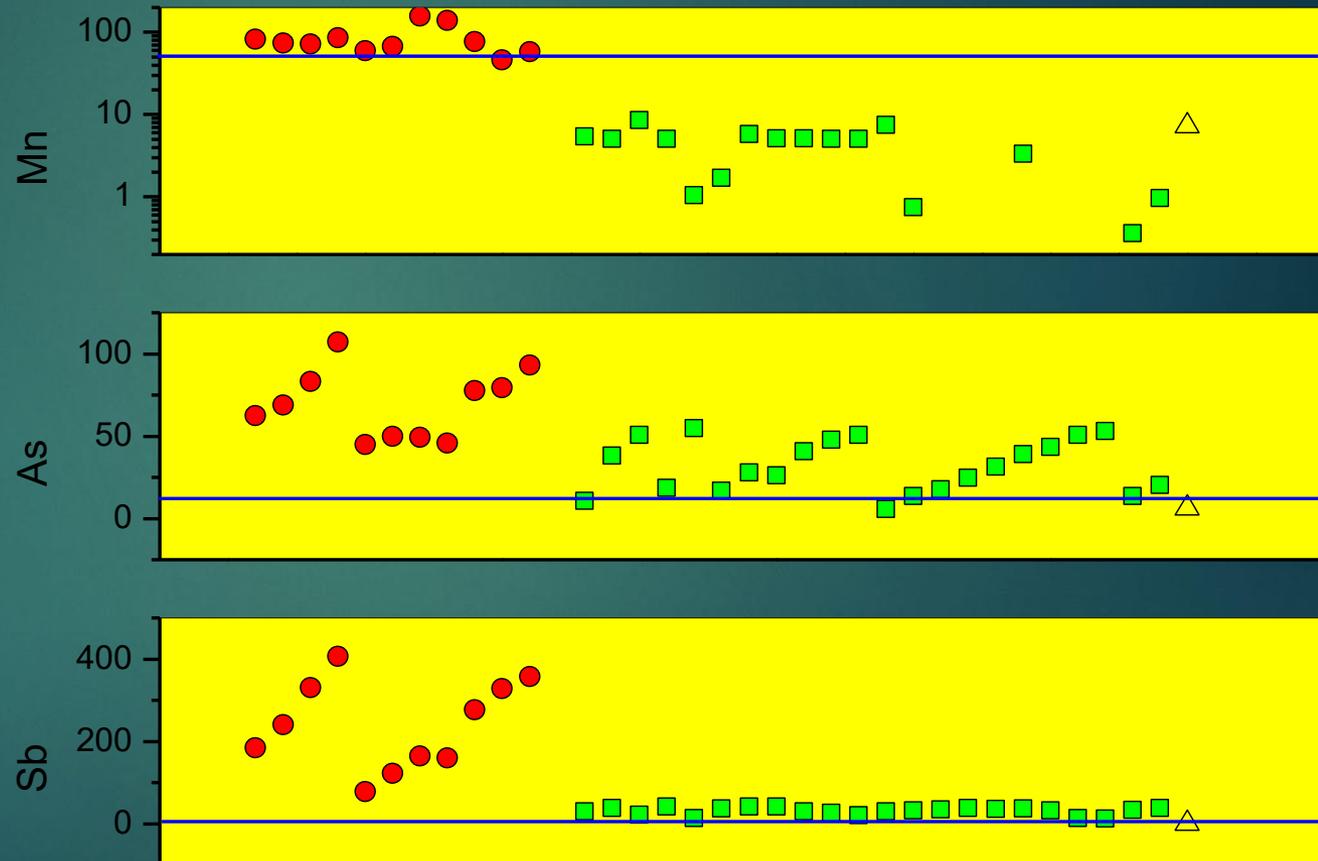
# Chimica delle acque superficiali

Le acque termali, in profondità, acquisiscono ammonio ( $\text{NH}_4$ ) che in superficie è instabile. Le acque fredde presentano nitrato ( $\text{NO}_3$ ), tipico in ambiente a contatto con la superficie. Il solfato ( $\text{SO}_4$ ) fa parte del fondo litologico, ad eccezione delle terme vecchie, le più salate e che ricevono gas (con  $\text{H}_2\text{S}$ ) termogenici



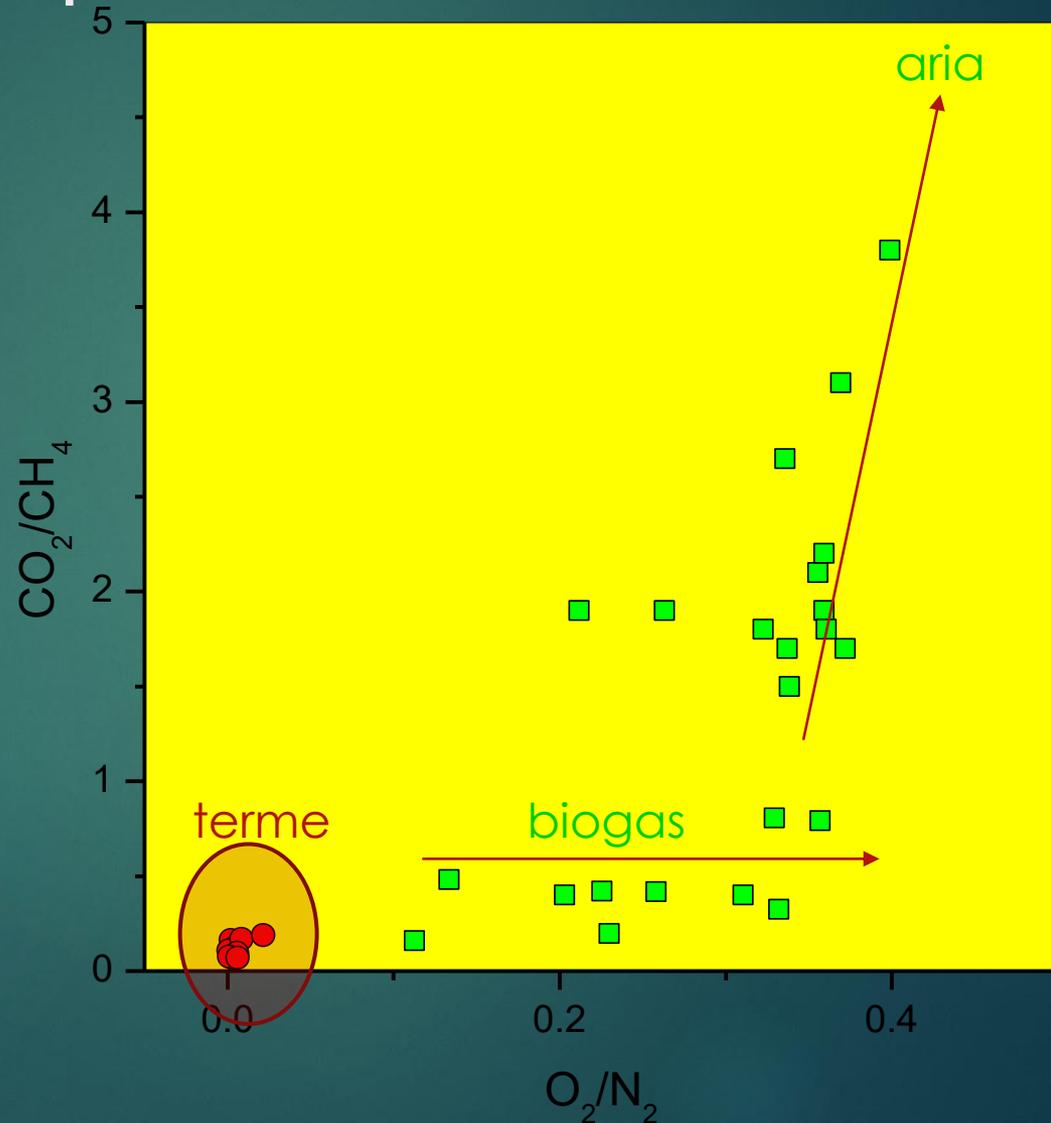
# Chimica delle acque superficiali

L'influenza delle acque profonde non si nota in base ai parametri in traccia, che tuttavia sono in molti casi (per As e Sb) superiori ai limiti di legge per le acque potabili



# Chimica dei gas nelle acque superficiali

I gas disciolti in acque superficiali sono propriamente atmosferici. Nei gas profondi abbondano le specie prive di ossigeno ( $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2$ ). Apporti di metano nelle acque superficiali si accompagnano ad ossigeno, quindi hanno origine microbica (di bassa profondità).



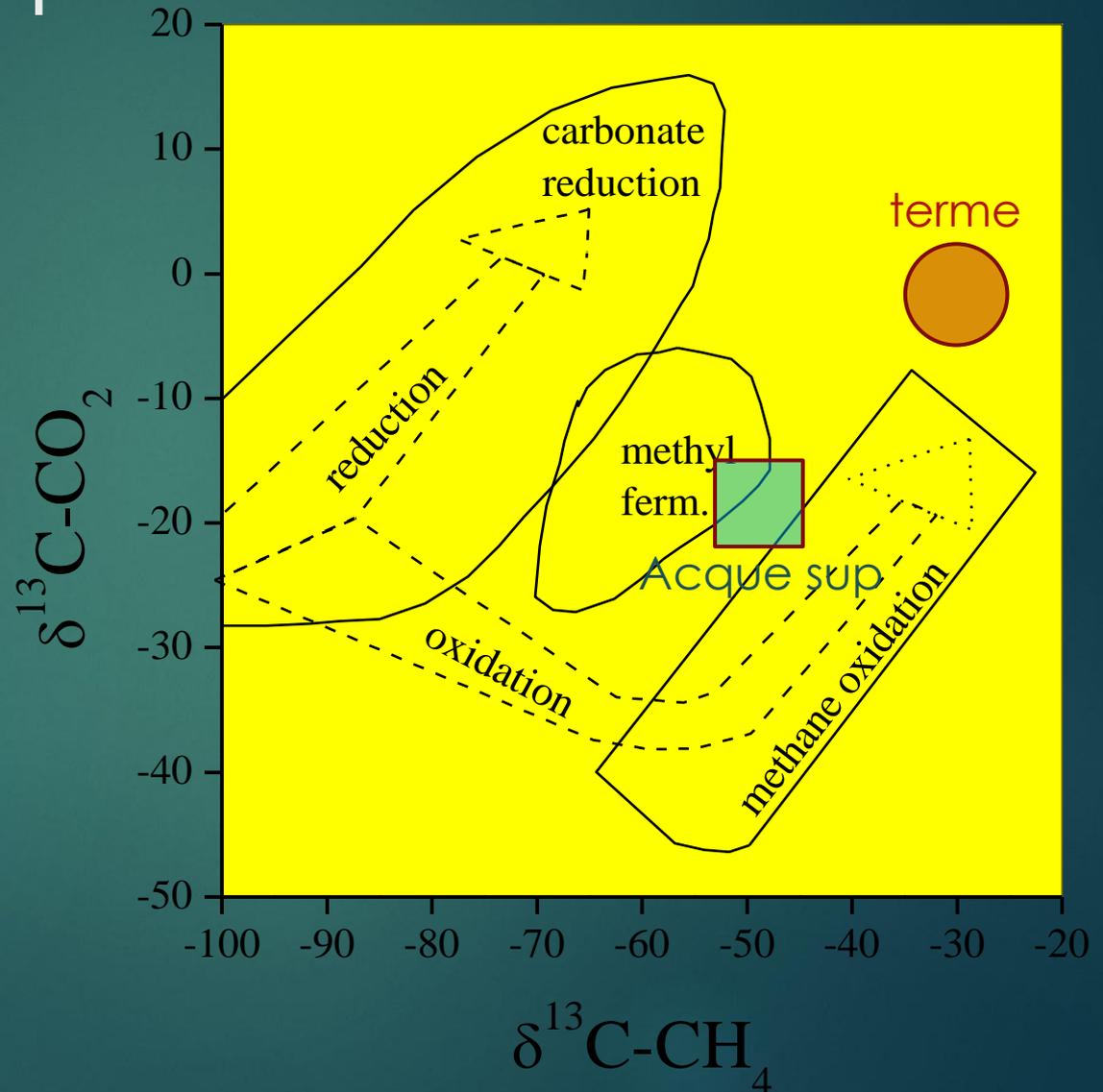
# Chimica dei gas nelle acque superficiali

Gli isotopi dei gas disciolti sono chiaramente distinti:

Nelle acque termali sono tipicamente profondi

Nelle acque superficiali sono prettamente di origine microbica, quindi di bassa profondità.

Inoltre...quando presenti le loro concentrazioni sono molto inferiori



# Indicazioni generali

- ▶ Esistono due sistemi di circolazione di acque sotterranee: il sistema profondo, mostra termalismo e raccoglie fluidi connati (intrappolati) tra cui anche gas termogenici. Il suo miscelamento (terme nuove) con la superficie (Reno) promuove azioni batteriche in grado di modificare le proprietà delle acque emergenti
- ▶ Il sistema superficiale è in buona parte isolato dagli apporti profondi, grazie all'assetto strutturale (faglie). Le caratteristiche chimiche sono tipiche di tali ambienti e l'influenza dell'uomo è limitata ma non assente.

# Indicazioni generali

- ▶ La qualità della risorsa idrica deve essere valutata sulla base dei contenuti in contaminanti batterici. Le caratteristiche chimiche evidenziano rari casi di apporto estraneo al circuito idrologico. Tuttavia, il substrato litologico conferisce significative quantità di elementi che mettono a rischio la potabilità delle acque.
- ▶ Tale situazione suggerisce controlli periodici sia di carattere geochimico che microbiologico