

Possibili ruoli della  
Geochimica nelle Scienze  
della Terra:  
Aspetti applicativi

# I «rami» principali

- Ambiente
- Energia
- Monitoraggio vulcanico
- Ricerca

# AMBIENTE

La geochimica ambientale si occupa dell'abbondanza, distribuzione e mobilità degli elementi nei materiali della superficie terrestre. Sono coinvolte: geologia, pedologia, sedimentologia, idrologia, etc. e si basa più in generale anche sulla chimica e la biologia.

- **Inquinante**: sostanza presente in quantità maggiore di quella attesa in natura a causa dell'attività umana e che ha un impatto negativo sull'ambiente e sulla salute dell'uomo.
- **Contaminante**: sostanza presente in un dato ambiente al di sopra della concentrazione normale attesa e non ha effetti negativi sull'ambiente e sulla salute dell'uomo.



# Water pollution





# Definition soil pollution

- Soil pollution is defined as the build-up in soils of determined toxic compounds, chemicals, salts, radioactive materials, or disease causing agents, which have adverse effects on plant growth and animal health.











Air pollution





Rain water pollution

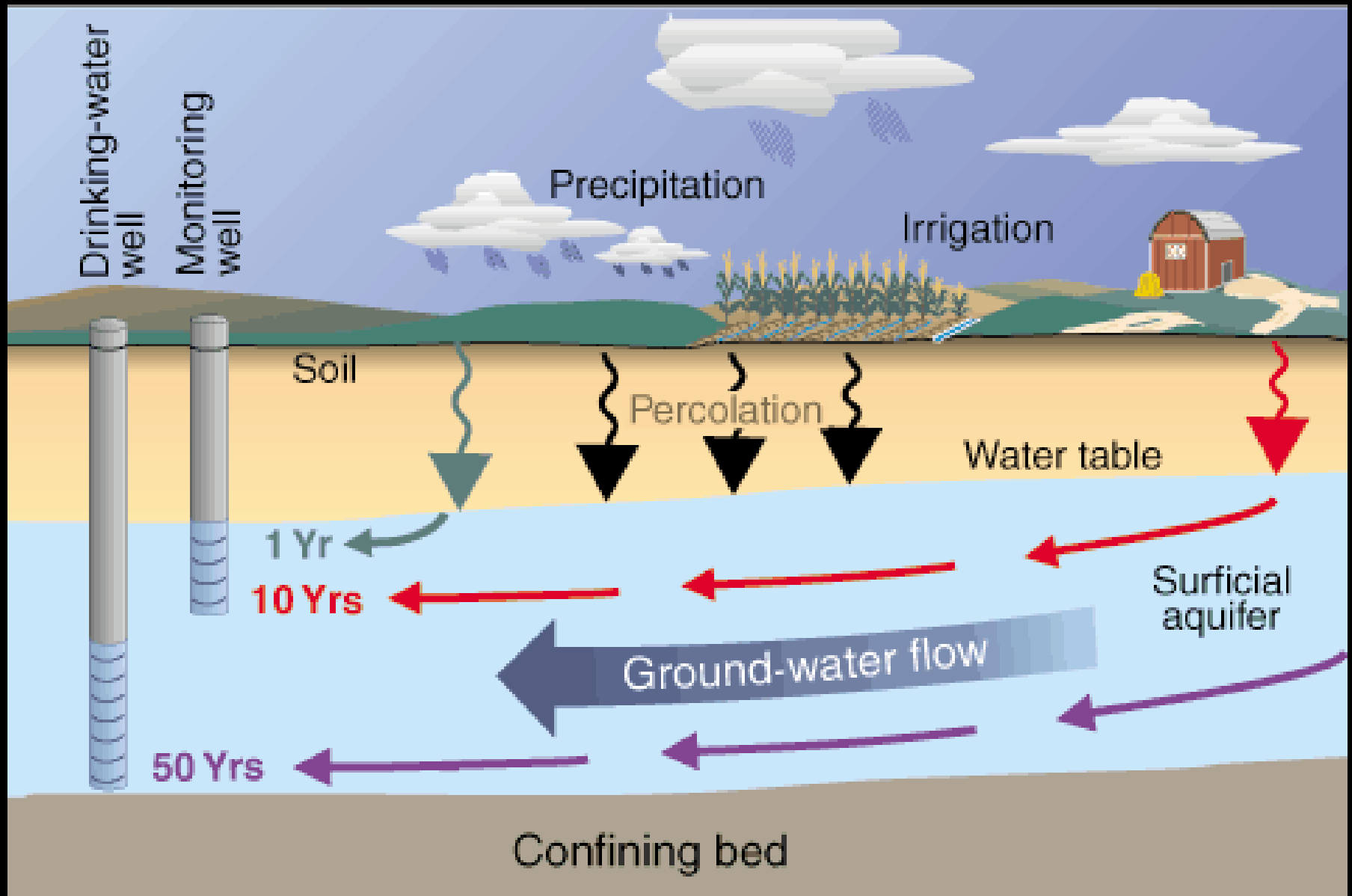






Stream, lake and marine sediment pollution





Underground water pollution

# Water Pollution



- **Water Pollution** è l'aggiunta di una sostanza che ha un effetto **negativo** o sull'acqua o sugli essere viventi (vegetali o animali) da cui questi dipendono.
- Le sostanze che causano **Water Pollution** sono chiamate **inquinanti**.



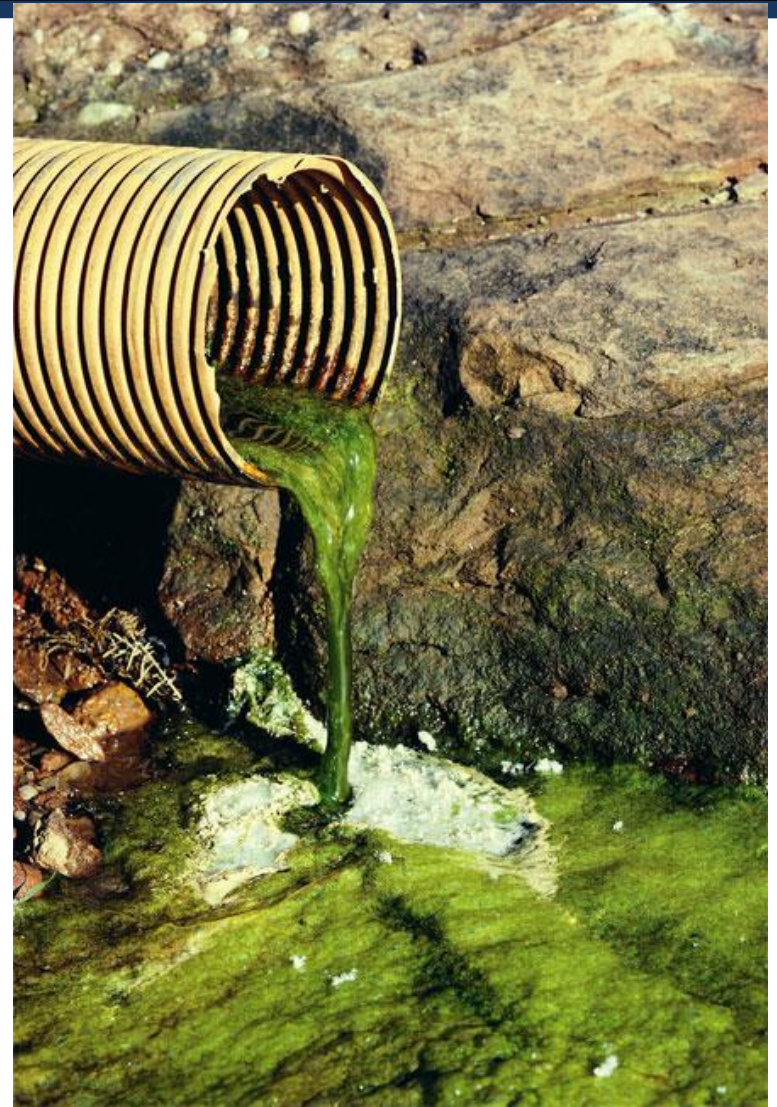
Point Source Pollution  
vs.  
Nonpoint Source Pollution

*Qual è la differenza?*

# Point source pollution

Le sorgenti di inquinamento sono classificate sulla base di come queste vengano introdotte in un corpo idrico.

**Point source pollution** è una sorgente specifica che può essere identificata.





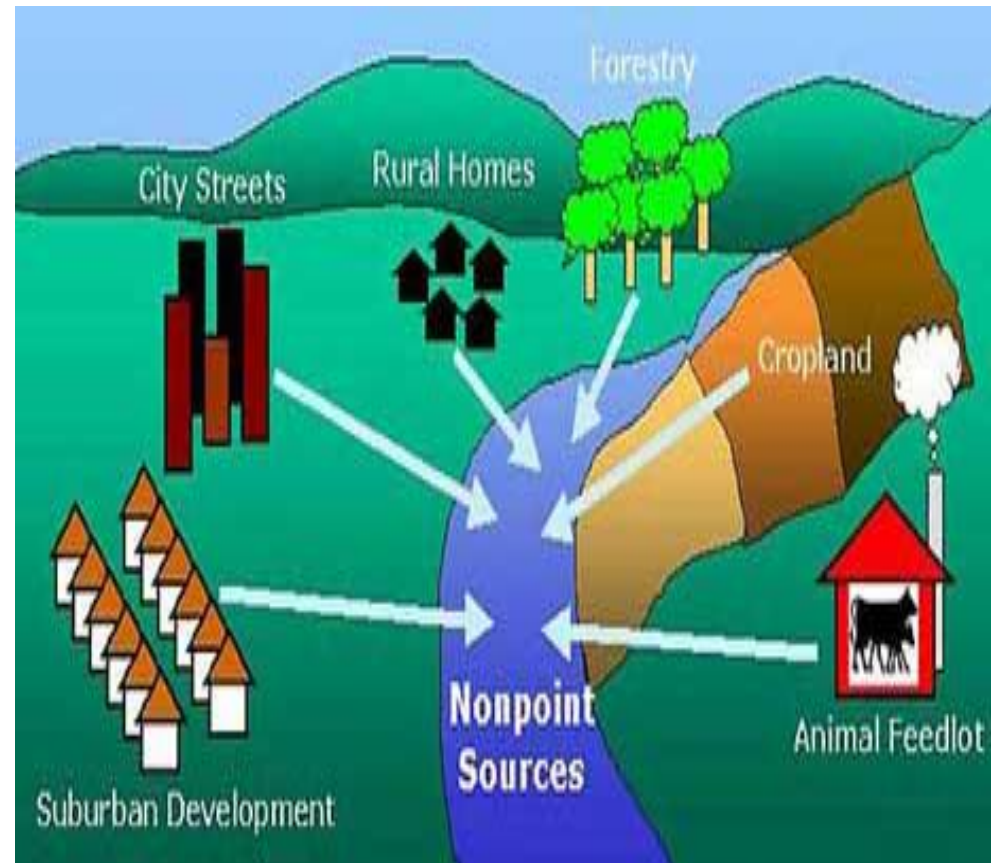
# Point Source Pollution

- ❑ Deriva da una sorgente specifica come una tubazione
- ❑ ditte, industrie, impianti di trattamenti municipali
- ❑ Possono essere monitorati con un atto di permesso da organi predisposti.



# Nonpoint source pollution

- Una sorgente di inquinamento multipla o a grande scala che non può essere comunque associata ad un punto specifico di origine è chiamata **nonpoint source pollution**.





# Esempi di NPS

- ❑ Benzina & olio da auto
- ❑ Fertilizzanti
- ❑ Allevamenti
- ❑ Sistemi di fognature
- ❑ Acque reflue (sewage) & di pulitura
- ❑ Prodotti per la pulizia delle case
- ❑ spazzatura





# Effetti degli inquinanti

- Alcuni inquinanti possono arricchirsi nei corpi degli esseri viventi.
- **Pesticidi**: prodotti chimici utilizzati per uccidere insetti ed altri organismi che danneggiano i raccolti.
- Un **pesticida** è il **DDT** (*para-diclorodifenil-tricloroetano*)





# Inquinamento delle acque superficiali in paesi in via di sviluppo

- Metà dei 500 fiumi più importanti sono inquinati da:
- Acque reflue non trattate
- Rifiuti industriali
- Industria mineraria
- Effetto termico



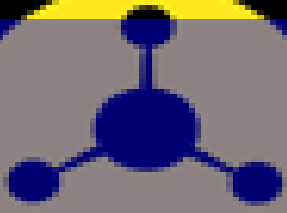
# Metalli pesanti



## Heavy Metals

Il termine di *heavy metal* si riferisce a qualunque elemento chimico metallico che ha una densità relativamente elevata ed è tossico o velenoso anche a basse concentrazioni.





# HEAVY METALS

TOXIC

- Sono componenti naturali presenti nelle rocce
- Non possono essere degradati o distrutti
- In piccole quantità entrano nei nostri corpi via cibo, acqua e aria
- Sono generalmente elementi in traccia, ed alcuni heavy metals (e.g. Rame, Selenio, Zinco) sono essenziali per il mantenimento del metabolismo del corpo umano
- Tuttavia, a più elevate concentrazioni questi possono condurre a processi di avvelenamento
- L'avvelenamento può avvenire ad esempi mediante l'acqua che beviamo (e.g. tubazioni in piombo), elevate concentrazioni in aria in zone prossime a sorgenti emittive o intake via food chain.





# Primary Drinking Water Standards

Contaminant	MCL (mg/L)	Problems
Arsenic	0.05	Highly toxic
Lead	0.015	Highly toxic
Mercury	0.002	Kidney, Nervous System
Fluoride	4	Skeletal Damage
Asbestos	7 million fibers/L >10 $\mu$ m	Benign Tumors
Lindane (insetticida)	0.004	Kidney, Nervous System, Liver
2,4D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid) (diserbante)	0.07	Kidney, Nervous System, Liver
Benzene	0.005	Cancer
Trichloroethylene	0.005	Probable Cancer
Vinyl Chloride	0.002	Cancer risk
Fecal Coliform	1 cell/100ml	Pathogen

# Metalli tossici

I metalli pesanti resistono alla biodegradazione  
**Emissioni naturale**, e.g. vulcani

- **Mercurio** (Hg)
- **Rame** (Cu)
- **Piombo** (Pb)
- **Cadmio** (Cd)



Heavy metal

# Inquinanti inorganici

- Alcune malattie
- La Minamata di
- Idrargirismo: m
- Hatter's Shake (
- Avvelenamento
- Avvelenamento
- Avvelenamento
- Avvelenamento  
(insolubile)
- Avvelenamento da Tallio
- Allergie, e.g. nichel







Il 30 Gennaio 2000 una diga contenente residui della lavorazione di una miniera d'oro e contenente cianuro rilascia 100.000 m<sup>3</sup> di acqua contaminata nel Fiume Tisza che si riversa poi nel Danubio.





The Low Class

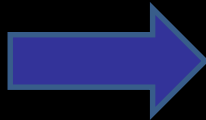
Middle Class

The Elite

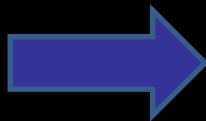
- I pesci sono organismi che assorbono grandi quantità di metil-Hg dalle acque (il mercurio può accumularsi nei pesci e nella catena alimentare)



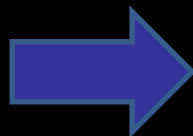
Direttiva  
2000/60/CE  
Istituisce un  
quadro per la  
protezione delle  
acque  
superficiali e  
sotterranee



Direttiva 91/271/CEE (acque reflue urbane)  
Direttiva 91/676/CEE (nitrati)  
Direttiva 98/83/CE (acqua potabile)  
Direttiva 2006/7/CE (balneazione)  
Direttiva 2006/118/CE (Acque sotterranee)



Direttiva 2007/60/CE (alluvioni)  
Direttiva 2008/56/CE (strategia ambiente marino)



Direttiva 2008/105/CE (standard qualità ambientale)  
Decisione 17 agosto 2005 } (stato ecologico)  
Decisione 30 ottobre 2008 }

Testo Unico Ambientale: D.Lgs. 152/2006

## Attuazione Direttiva 98/83/CE concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano

Parametro	Valore di parametro	Unità di misura
Conduttività	2 500	$\mu\text{S cm}^{-1}$ a 20 °C
Concentrazione ioni idrogeno	$\geq 6,5$ e $\leq 9,5$	Unità pH
Cloruro	250	mg/l
Solfato	250	mg/l
Sodio	200	mg/l
Ferro	200	$\mu\text{g/l}$
Manganese	50	$\mu\text{g/l}$
Ammonio	0,50	mg/l
Nitrati	50	mg/l
Nitriti	0,50	mg/l

Parametro	Valore di parametro	Unità di misura
Antimonio	5,0	$\mu\text{g/l}$
Arsenico	10	$\mu\text{g/l}$
Alluminio	200	$\mu\text{g/l}$
Boro	1,0	mg/l
Bromato	10	$\mu\text{g/l}$
Cadmio	5,0	$\mu\text{g/l}$
Cromo	50	$\mu\text{g/l}$
Rame	2,0	mg/l
Fluoruro	1,50	mg/l
Piombo	10	$\mu\text{g/l}$
Mercurio	1,0	$\mu\text{g/l}$
Nichel	20	$\mu\text{g/l}$
Selenio	10	$\mu\text{g/l}$



# ENERGIA

## LA GEOTERMIA UNA RISORSA ALTERNATIVA



Larderello - Italia



# LA GEOTERMIA

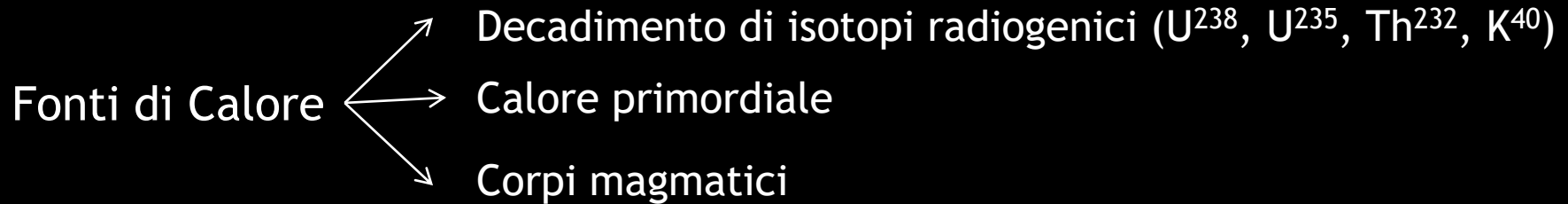
Disciplina che si occupa dello studio, della ricerca e dell'utilizzo del CALORE TERRESTRE



Centrale Termoelettrica Nesjavellir- Islanda  
Foto: Marco Pistolesi (UNIPISA)

Viene spesso definita una risorsa energetica ALTERNATIVA ma è più corretto parlare di risorsa RINNOVABILE INTEGRATIVA

## ...origine del CALORE



L'aumento di Temperatura con la profondità viene definito tramite il  
Gradiente geotermico

GRADIENTE GEOTERMICO NORMALE  $30^{\circ}C/km$

GRADIENTE GEOTERMICO **ANOMALO**  $>30^{\circ}C/km$

Calore terrestre che si propaga attraverso le rocce per poi arrivare in superficie  
prende il nome di:

**FLUSSO di CALORE** ( $\Phi$ )

Unità di misura del  $\Phi$  è hfu (Heat Flow Unit)

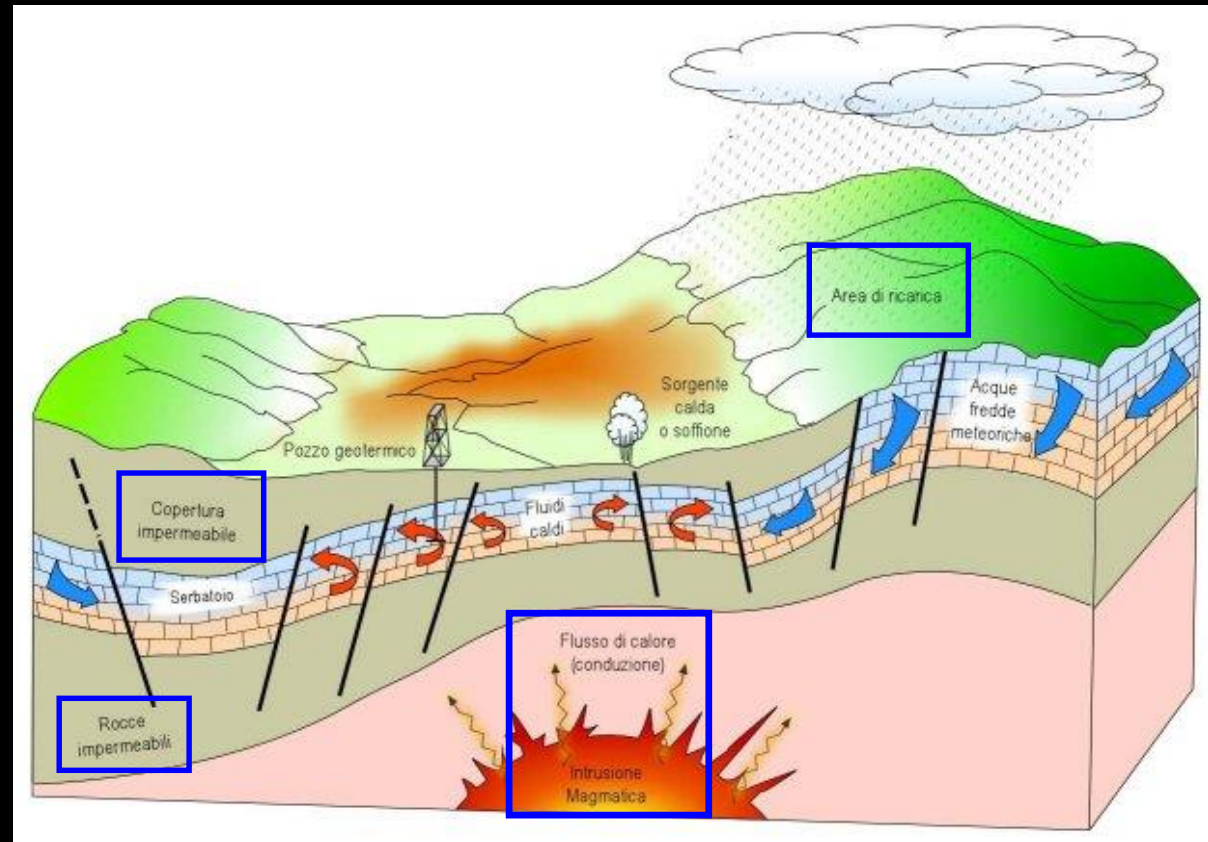
$1\text{ hfu} = 42\text{ mW/m}^2$



# IL SISTEMA GEOTERMICO

Un SISTEMA GEOTERMICO viene definito come un sistema acqueo convettivo, che, in uno spazio confinato della parte superiore della crosta terrestre, trasporta il calore da una sorgente alla superficie, dove viene assorbito, disperso o utilizzato (Hochstein, 1990).

- Sorgente di Calore
- Serbatoio
- Copertura Impermeabile
- Area di Ricarica



# TIPOLOGIE DI SISTEMI GEOTERMICI

I sistemi geotermici si dividono in:

1. ACQUA DOMINANTE
2. VAPORE DOMINATE
3. ROCCE CALDE SECCHHE (HDR)
4. GEOPRESSURIZZATI

# LA RISORSA GEOTERMICA

Un sistema geotermico rappresenta quindi una RISORSA

Le risorse geotermiche vengono classificate in funzione dell' ENTALPIA (H):

RISORSE a

BASSA H

MEDIA H

ALTA H

---

H = Quantità di energia termica di un sistema

$$\underline{H} = U + pv$$

$$\Delta H = \Delta Q$$

H = Entalpia

U = Energia interna del sistema

p = pressione

v = volume

Q = Calore

La **variazione di Entalpia ( $\Delta H$ )** corrisponde esattamente alla quantità di calore scambiato dal sistema con l'ambiente esterno, durante una trasformazione a p costante in cui si ha solo lavoro di tipo meccanico.

**H può essere considerata proporzionale alla T**



	T°C <sup>a</sup>	T°C <sup>b</sup>	T°C <sup>c</sup>	T°C <sup>d</sup>	T°C <sup>e</sup>
RISORSE BASSA ENTALPIA	< 90	<125	<100	<150	<190
RISORSE MEDIA ENTALPIA	90-150	125-225	100-200		
RISORSE ALTA ENTALPIA	>150	>225	>200	>150	>190

(a) Muffler and Cataldi (1978). (b) Hochstein (1990). (c) Benderitter and Cormy (1990).  
(d) Nicholson (1993). (e) Axelsson and Gunnlaugsson (2000)

Possiamo assumere:

ALTA

MEDIA

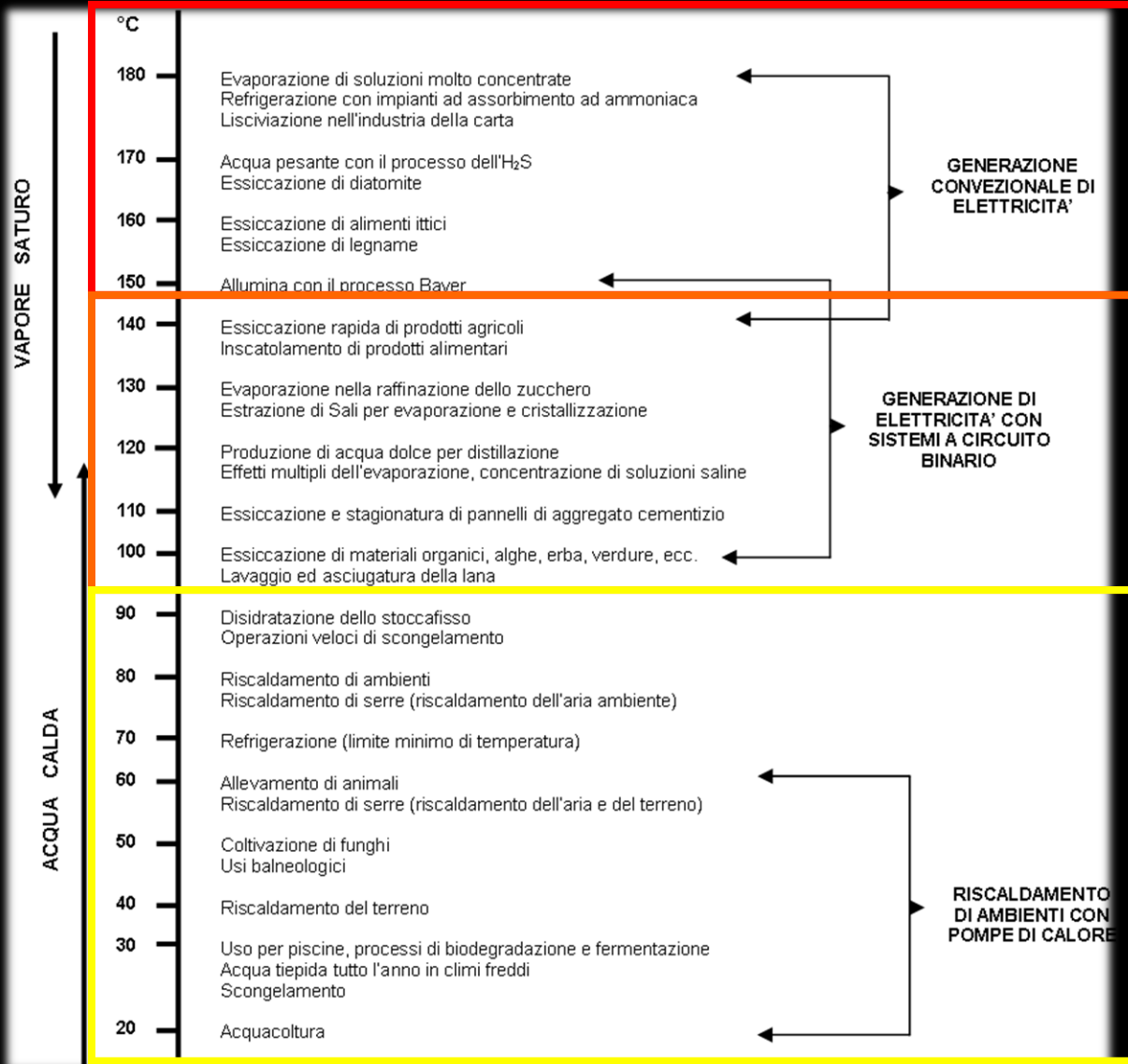
BASSA

$T > 150^{\circ}\text{C}$

$100^{\circ}\text{C} < T < 150^{\circ}\text{C}$

$T < 100^{\circ}\text{C}$

# POTENZIALI UTILIZZI DELLA RISORSA GEOTERMICA



Usi INDIRETTI

Usi INDIRETTI DIRETTI

Usi DIRETTI

- ALTA ENTALPIA
- MEDIA ENTALPIA
- BASSA ENTALPIA

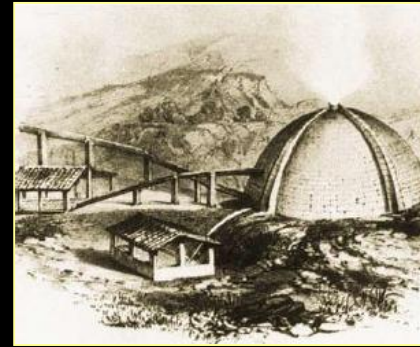
# GEOTERMIA IN ITALIA

## INIZIO 1900

L'ESPLORAZIONE GEOTERMICA inizia a Larderello e Travale (Toscana) con l'indagine delle risorse ad alta entalpia e con l'obiettivo di produrre energia elettrica.



*Principe Piero Ginori Conti con la prima macchina che produsse Energia Elettrica da vapore geotermico*



*All'interno di queste strutture in mattoni erano raccolte e fatte evaporare le acque boriche.*

## 1942

La potenza geotermoelettrica installata aveva raggiunto 127.650 kW

## ANNI '60

L'esplorazione interessa diversi settori localizzati lungo la zona peritirrenica dell'Italia centro-meridionale e nelle isole eolie.

## ANNI '90

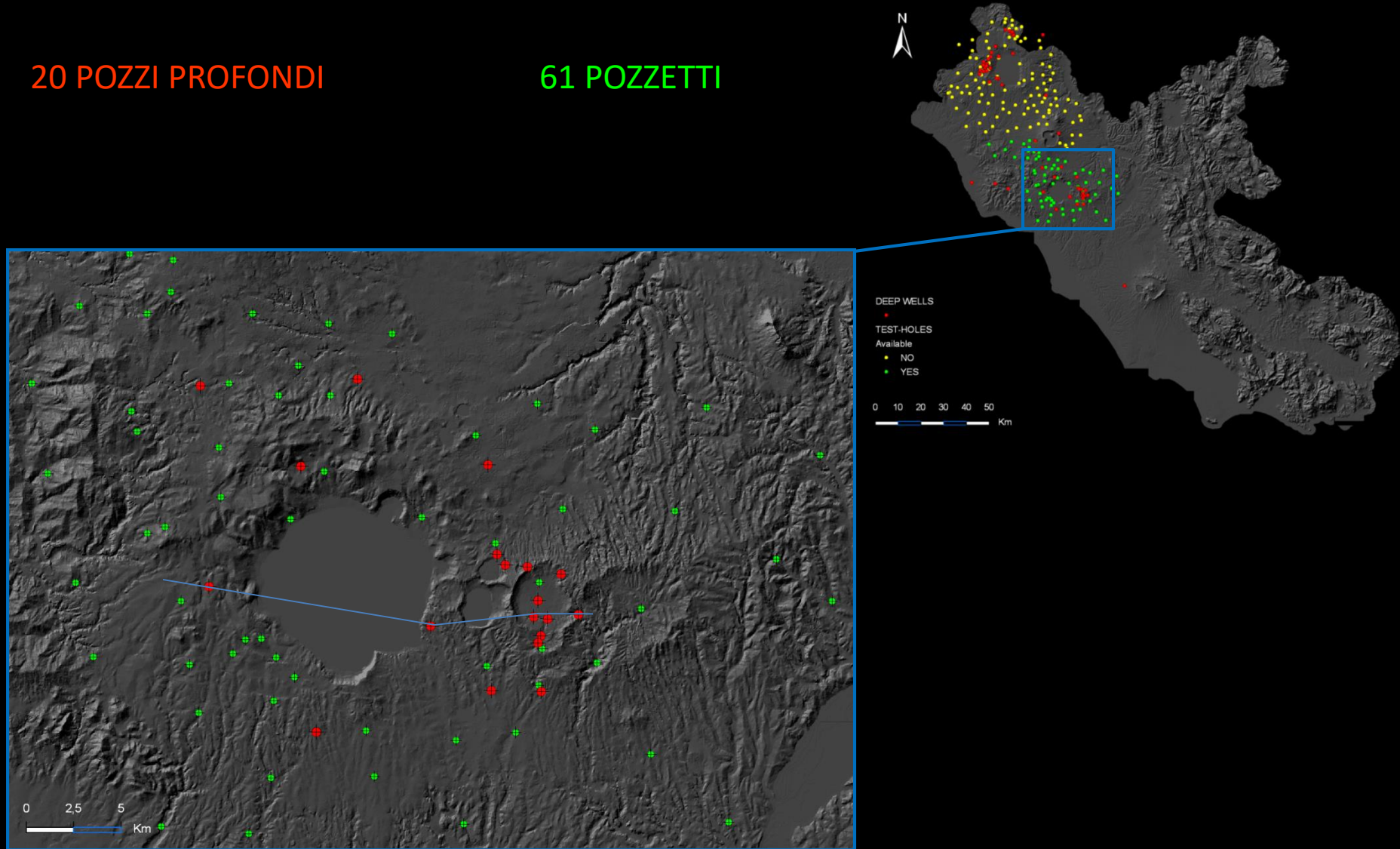
Furono effettuate circa 2000 perforazioni per esplorazione geotermica



# SABATINI – Lazio

20 POZZI PROFONDI

61 POZZETTI

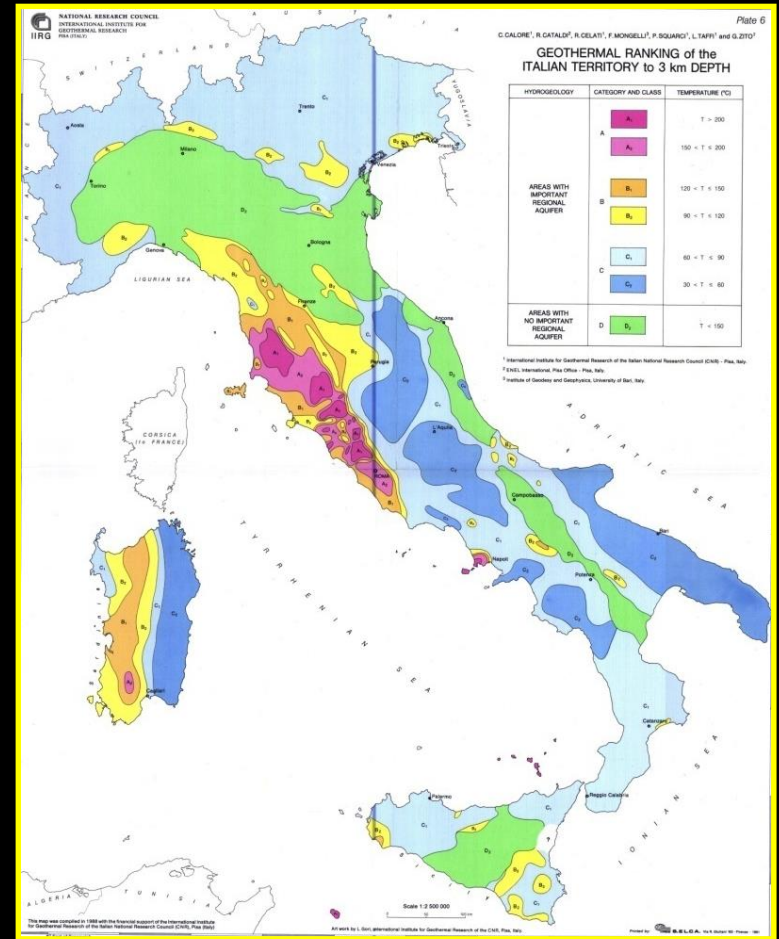


→ Nonostante la rilevante presenza di risorse geotermiche sul territorio italiano, l'impiego di queste risulta scarsamente sviluppato, in particolare nel campo degli "USI DIRETTI" (es. Pompe di Calore), dove l'Italia Centro-Meridionale è particolarmente indietro.

Esempi di impiego diretto si registrano soprattutto al Nord:



Parma IKEA



Mappa di Calore et al., 1995 in Cataldi et al., (1995) Geothermics 24, 115-129

Cosa condiziona gli investimenti nelle risorse energetiche alternative?...

Elevato investimento iniziale....ritorno economico nel medio-lungo termine

Soluzione: abbattimento costi iniziali:  
Sostituire la prospezione con modelli previsionali...

**GEOTERMOMETRIA IN FASE LIQUIDA**



...E ALLORA

**MONITORAGGIO VULCANICO**



See you on Turri summit !

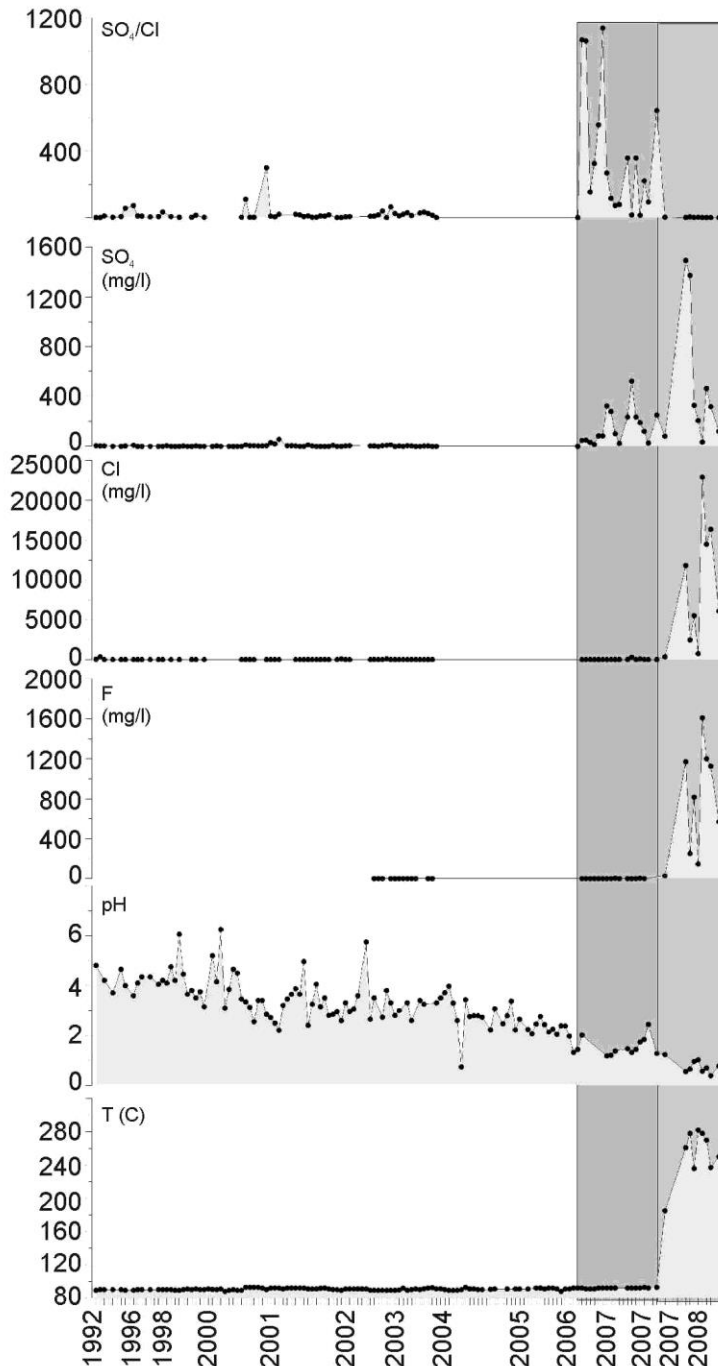


# Fumarolic condensates, pH and outlet temperature

Fumarolic condensates for pH measurement and analysis of the main ions have been collected since 1992 up to date.

pH values have progressively decreased from ~5 (in 1992) to ~1 (in 2009).

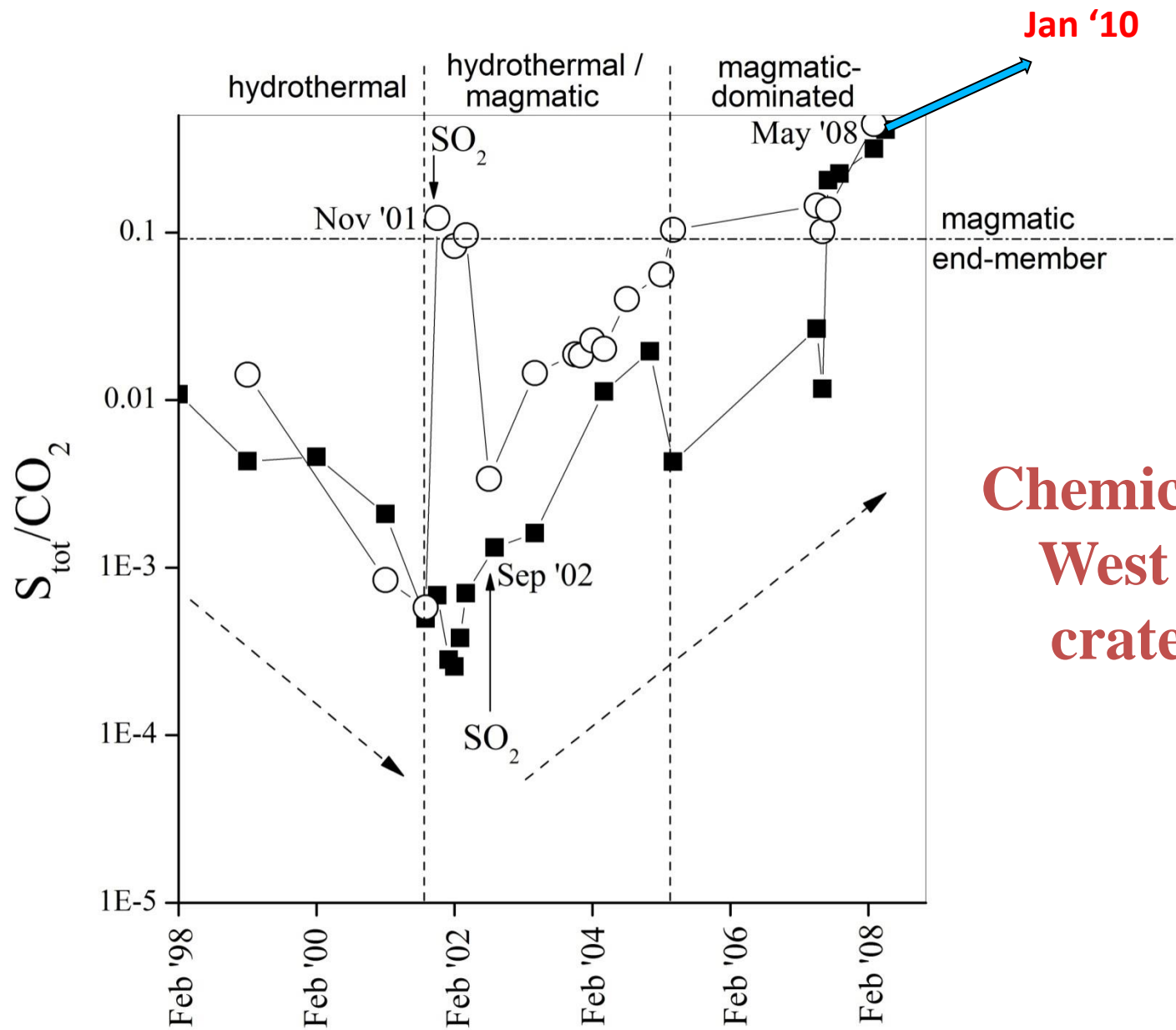
The main anions ( $\text{SO}_4$ , Cl and F), deriving from highly acidic gas species ( $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S}$ , HCl and HF, respectively) were basically constant up to 2006. In 2006-2007, dramatic increases of  $\text{SO}_4$  concentrations have occurred. After 2007, Cl and F have strongly increased. Fumarolic temperatures remained at ~90 °C up to 2007. Within the West crater, a new, high temperature fumarole was then observed.



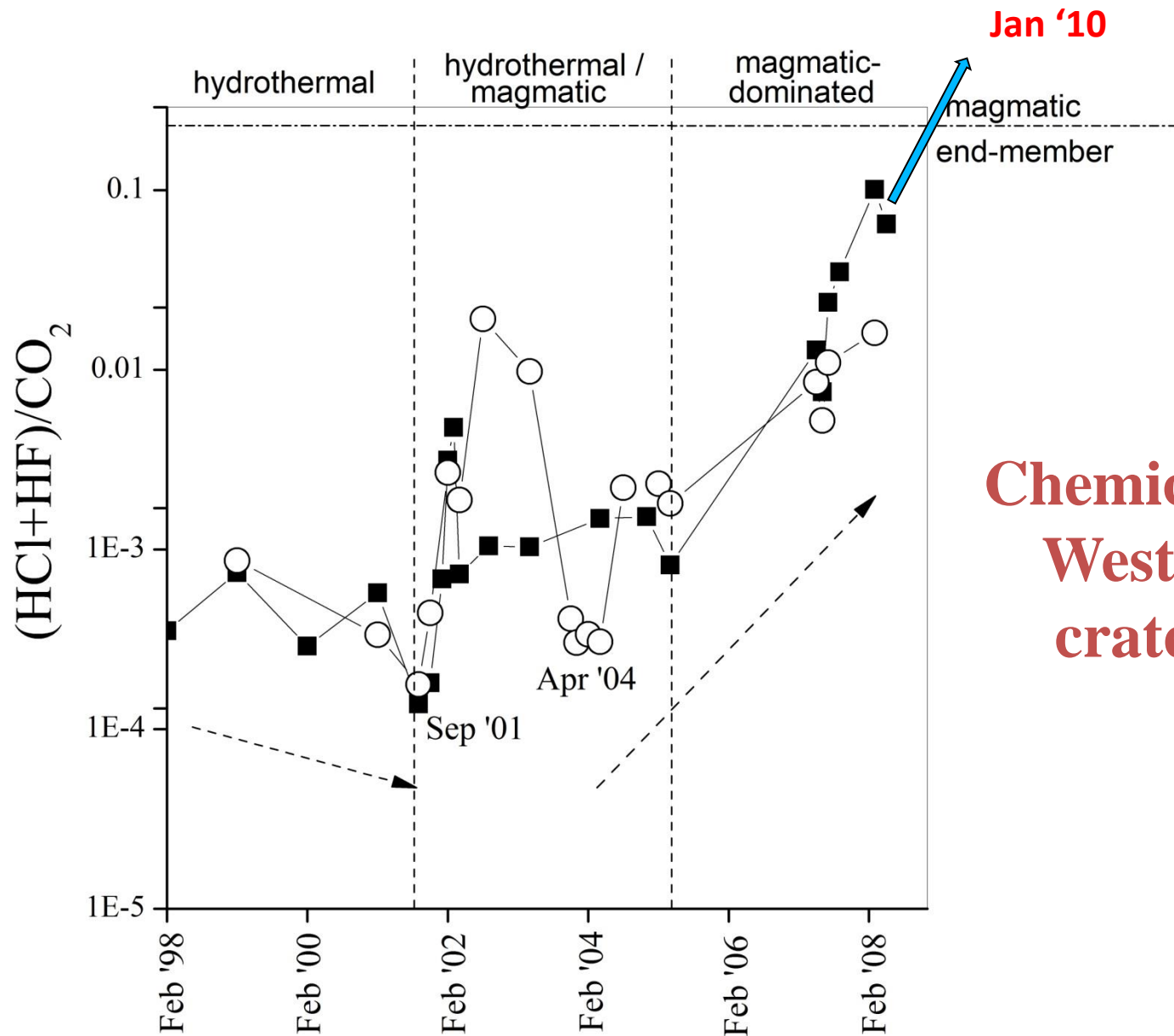




**Jet fumaroles within the West crater: outlet temperature from 130 °C (February 2007) to 282 °C (February, 2008).**



# Chemical evolution of West and Central crater fumaroles



**Chemical evolution of  
West and Central  
crater fumaroles**



# Last news

On the January 6<sup>th</sup> 2010 a phreatic eruption occurred at the Turrialba West crater. Gas discharged from the eruption site form a 1-2 km high plume. Gas output from fumaroles in the outer flanks and at the Ariete fault decreased.

Geophysical signals are changing, possibly reflecting magma movements...





20<sup>th</sup> January



4<sup>th</sup> March



Temporal evolution of the plume

9<sup>th</sup> March



9<sup>th</sup> March







Inizio 2012...





*Foto: G.Avard, 9 febrero 2012*





*Llamas con una temperatura de  $\approx 700^{\circ}\text{C}$  en el boquete este del Crater Oeste del volcán Turrialba observadas el 18 de enero del 2012 en el atardecer. Foto: Javier Pacheco Alvarado OVSICORI-UNA*

**RICERCA**

**A VOI LA SCELTA!**