

► Utilizzo degli isotopi stabili dell'acqua negli studi idrogeologici

Paola Iacumin

Professore di Geochimica

Università di Parma

Dipartimento di Scienze Chimiche della Vita e della Sostenibilità Ambientale



Inquinamento – cos'è



variazione rapida di uno o più parametri intensivi di un sistema (concentrazione di uno o più elementi, temperatura, ecc.)



Può essere provocato dall'uomo o dalla natura stessa



la variazione modifica velocemente l'assetto ecologico del sistema

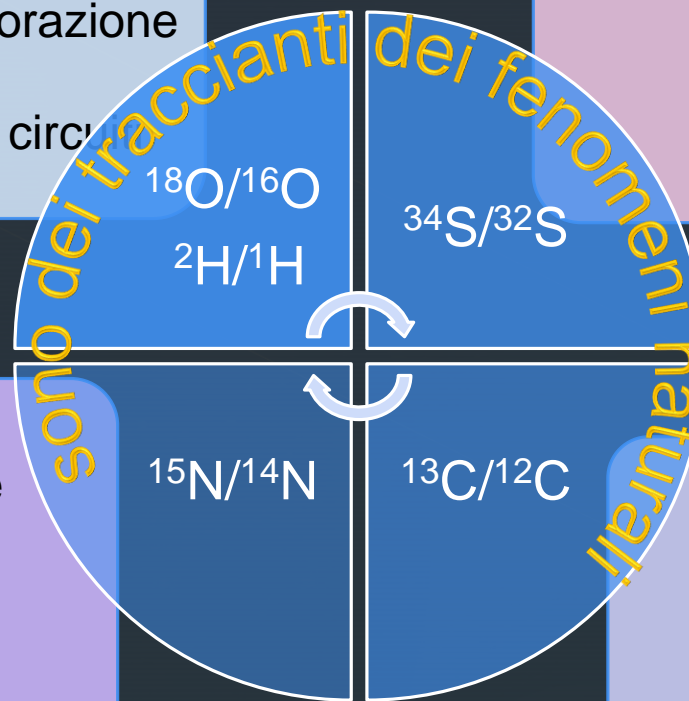


Quale è il contributo degli isotopi stabili in idrogeologia?

ciclo evaporazione -
condensazione dell'acqua
altitudine media della
zona di ricarica
dell'acquifero
fenomeni di evaporazione
secondaria
mescolamenti tra circuiti
idrologici diversi

studio dei livelli trofici e i
flussi di materia tra i
principali componenti di
un ecosistema

processi chimici
e biologici



origine della
contaminazione
dell'atmosfera,
del suolo,
delle acque
superficiali e
sotterranee

studio
dell'interazione
tra gas, roccia,
sostanza
organica

La scala delta “ δ ”

$$(1) \delta^{18}\text{O} = \frac{\left(\frac{{}^{18}\text{O}}{{}^{16}\text{O}}\right)_{\text{campione}} - \left(\frac{{}^{18}\text{O}}{{}^{16}\text{O}}\right)_{\text{standard}}}{\left(\frac{{}^{18}\text{O}}{{}^{16}\text{O}}\right)_{\text{standard}}}$$

Esempio riferito all'ossigeno

$$(2) 10^3 * \delta^{18}\text{O} = \left(\frac{\left(\frac{{}^{18}\text{O}}{{}^{16}\text{O}}\right)_{\text{campione}}}{\left(\frac{{}^{18}\text{O}}{{}^{16}\text{O}}\right)_{\text{standard}}} - 1 \right) * 1000$$

Per le definizioni precedenti, risulta $\delta^{18}\text{O}_{\text{standard}} = 0$

Frazionamento isotopico

I rapporti isotopici non sono uguali nelle diverse sostanze quand'anche queste fossero in equilibrio

Esempio:
Acqua-vapore

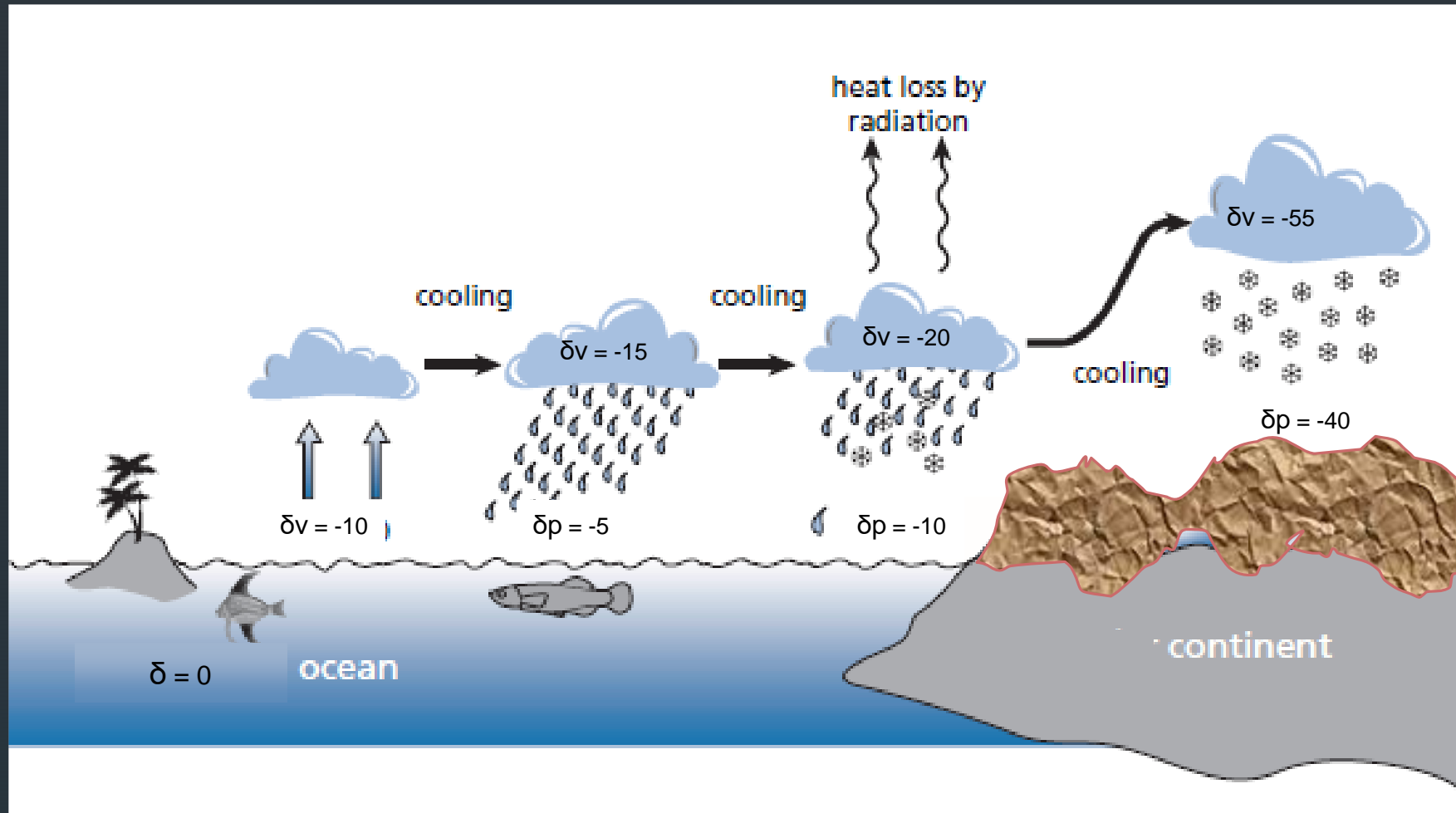
$${}^{18/16}\alpha_{l-v} = \frac{({}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O})_l}{{}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}}_v = \frac{{}^{18/16}\delta_l + 1}{{}^{18/16}\delta_v + 1}$$

La possibilità di differenziare due campioni in base all'analisi isotopica è legata al fenomeno del frazionamento isotopico influenzato da processi chimici, fisici e biologici

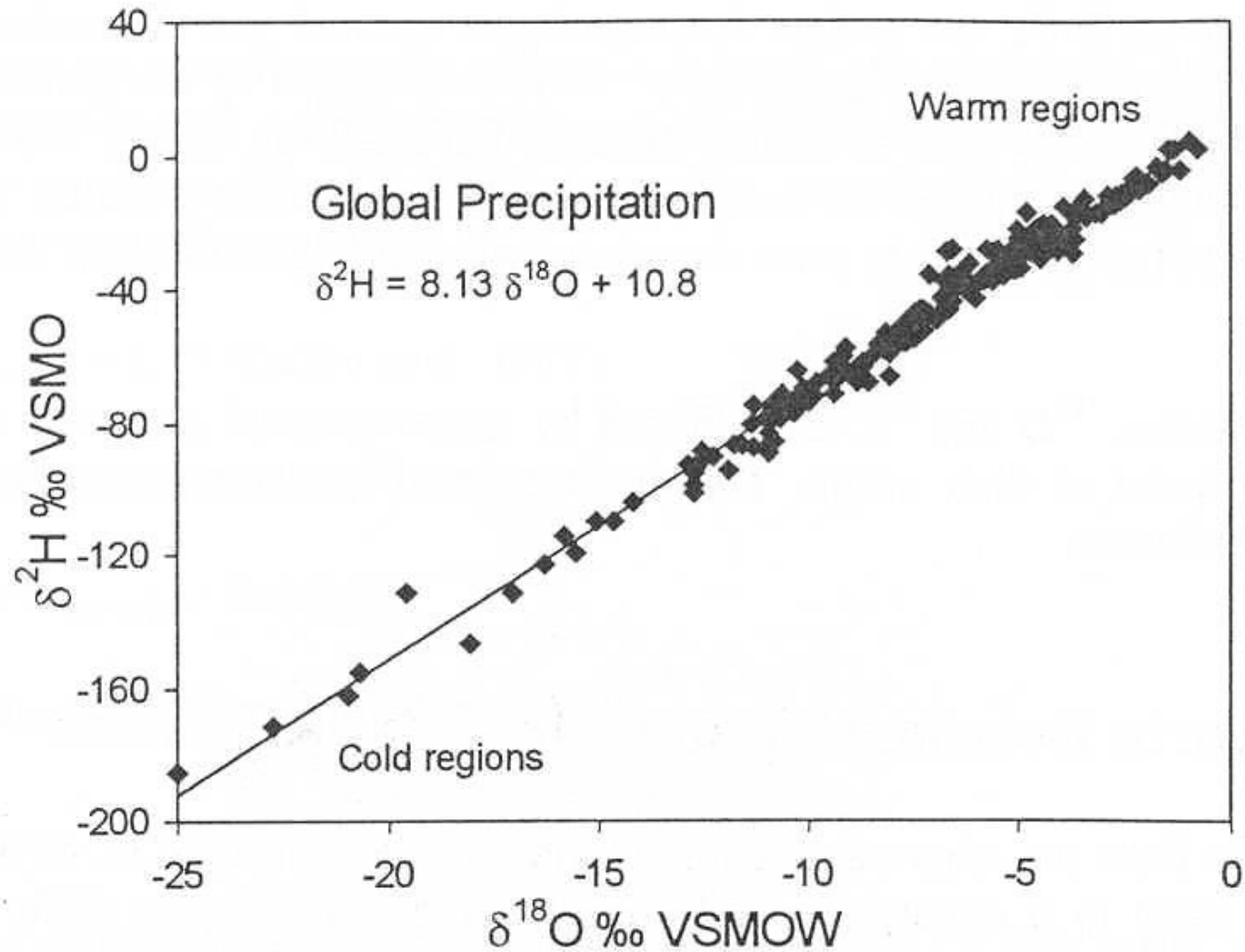
Il frazionamento è quantizzato dal parametro α

Es:

Ciclo isotopico dell'acqua (isotopi O e H)

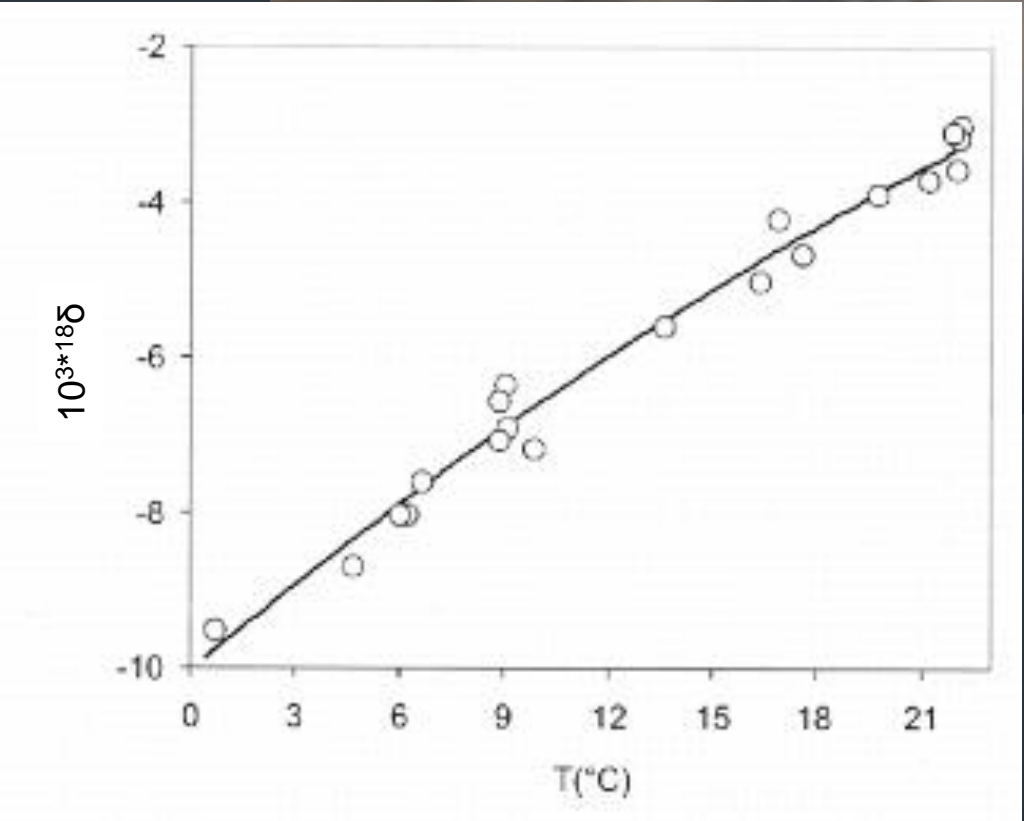


Retta globale delle precipitazioni

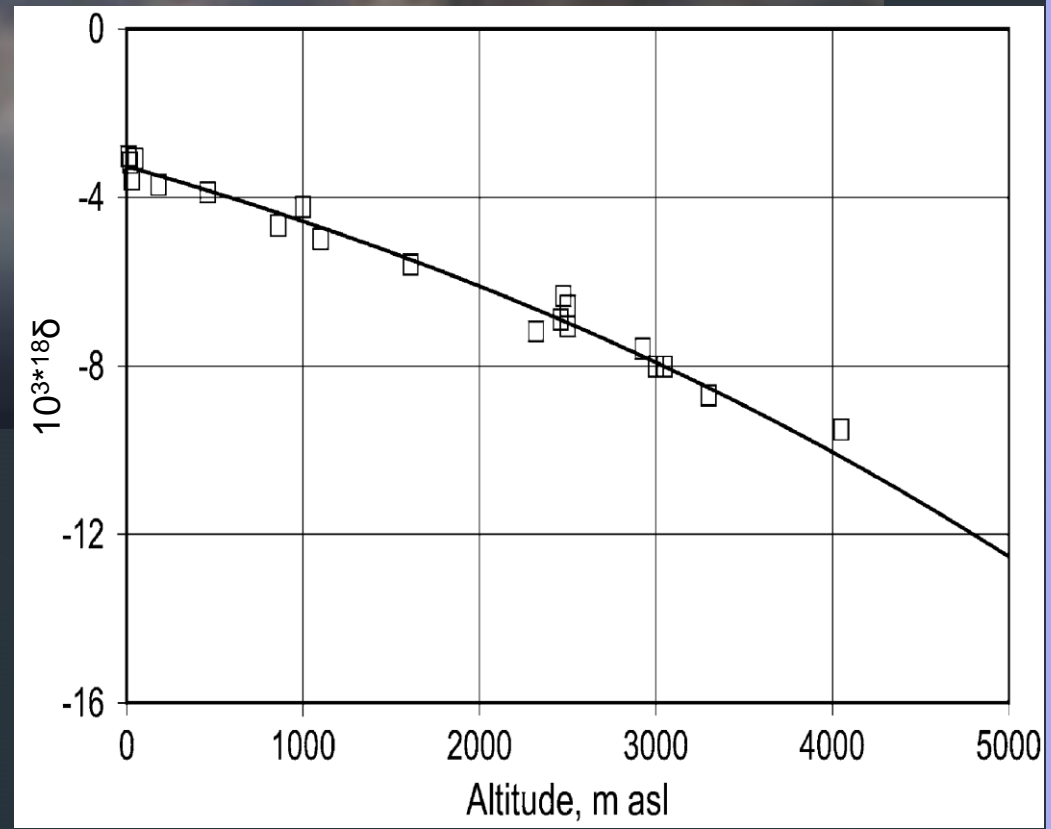


Variazione isotopica con la temperatura di condensazione e quindi con la quota

Mt. Cameroon (4040 m) a ridosso dell'Oceano Atlantico



Venturelli & Iacumin, GeoActa 2006



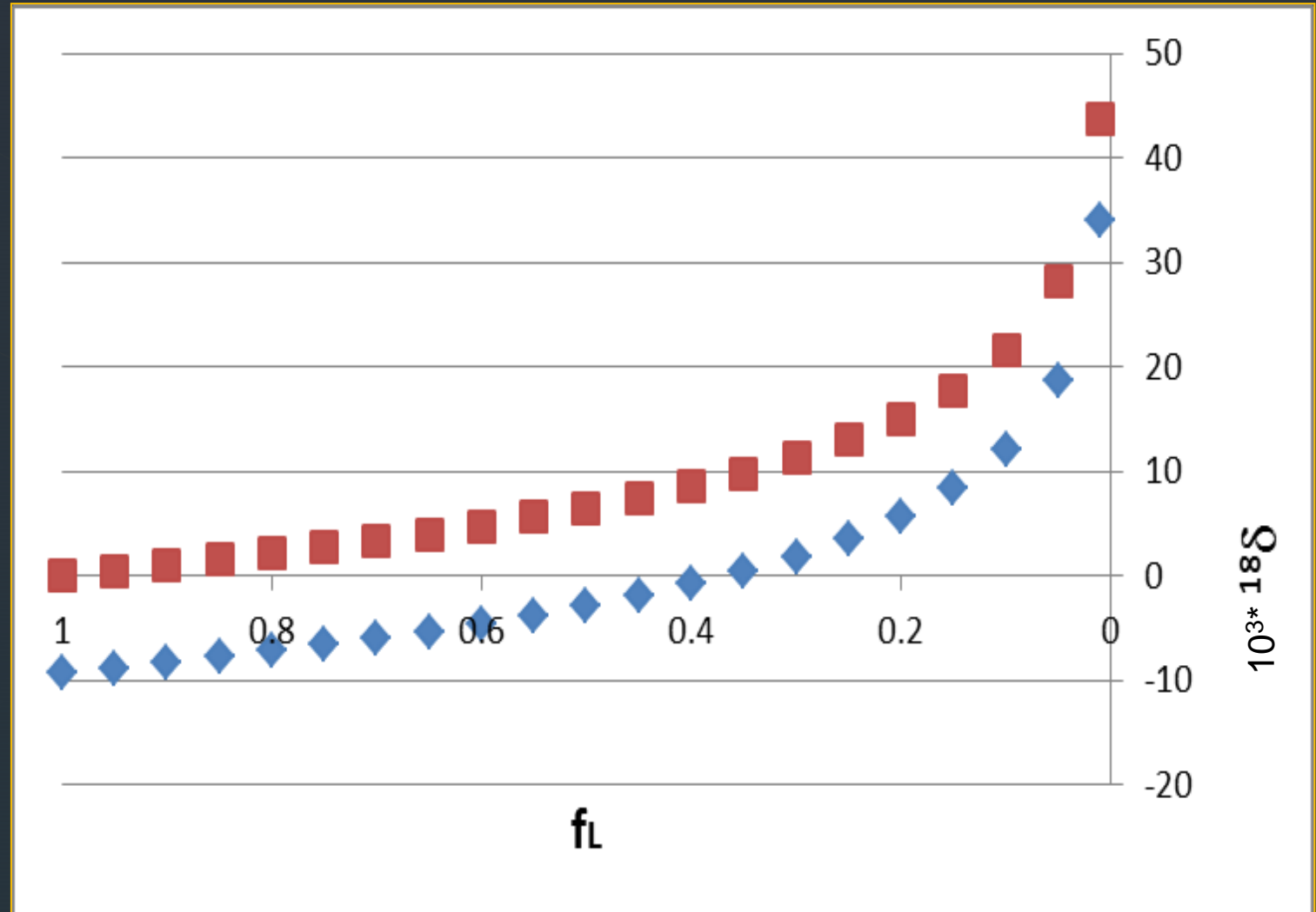
Gonfiantini et al. Chemical Geology, 2001

Evaporazione: isotopi ossigeno

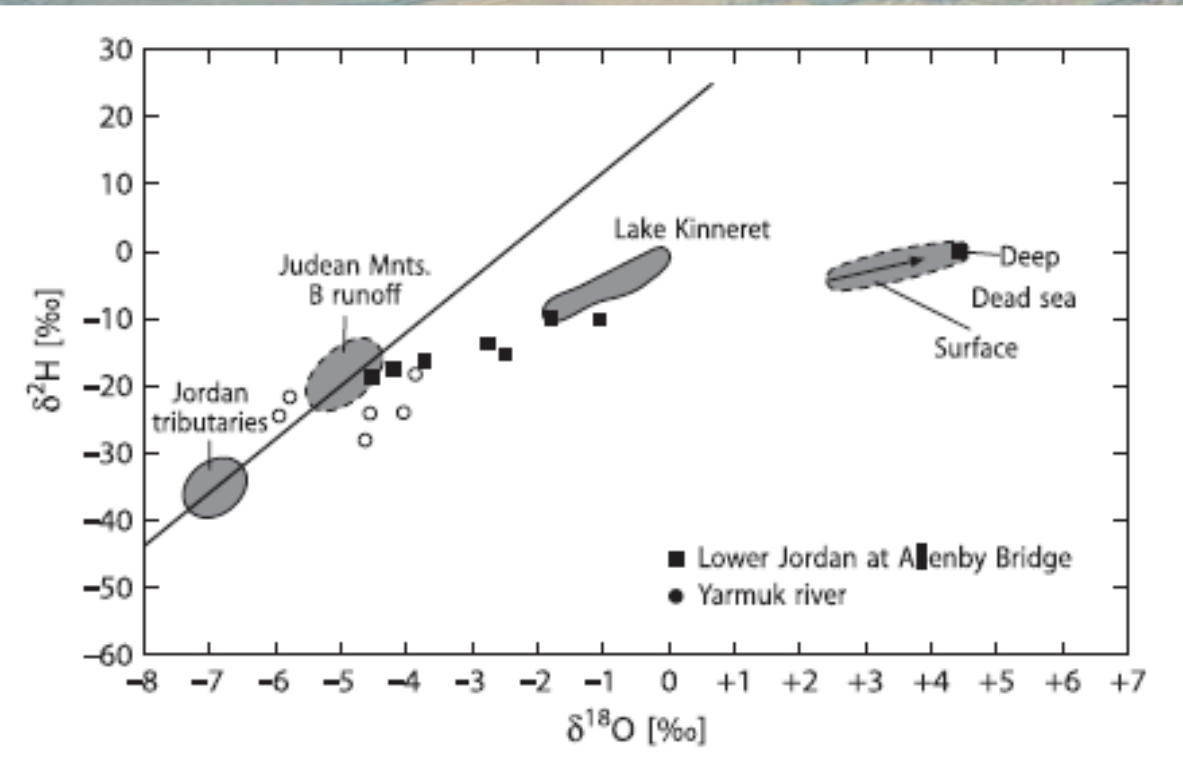
$$^{18}\delta_{L,o} = 0, \alpha_{(V/L)} = 0.9907$$

Rosso: liquido residuo

Blu: vapore istantaneo



Effetto su O e H dell'evaporazione dell'acqua



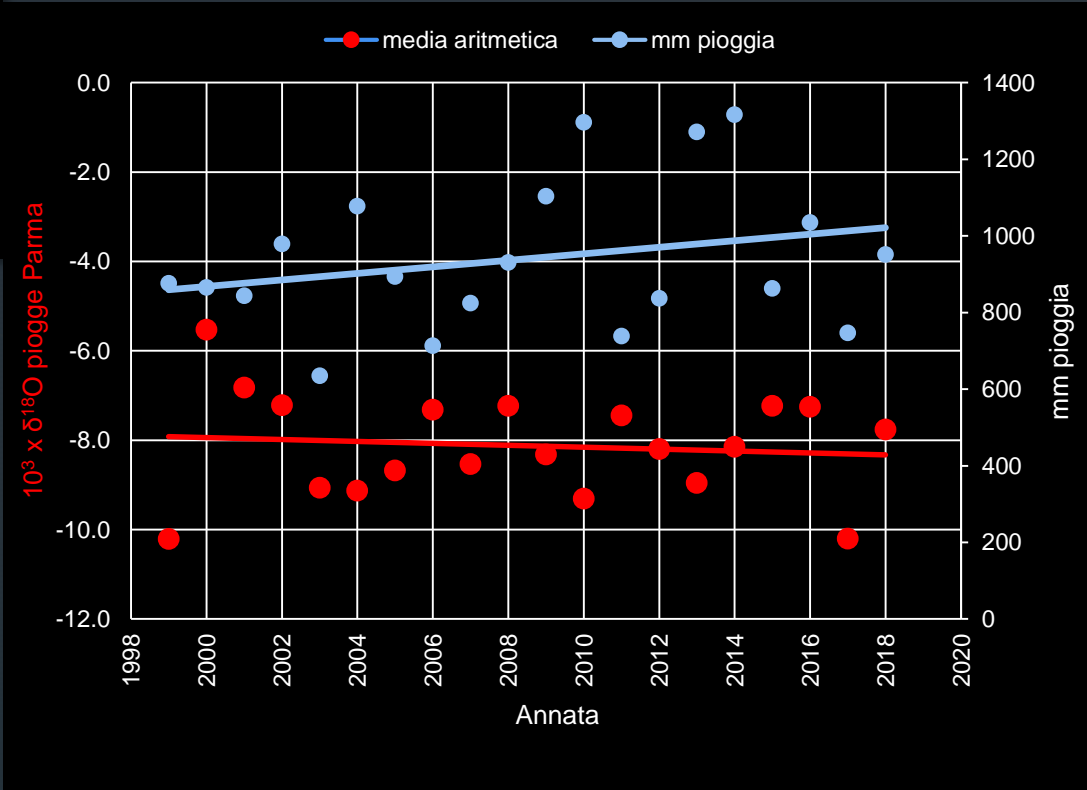
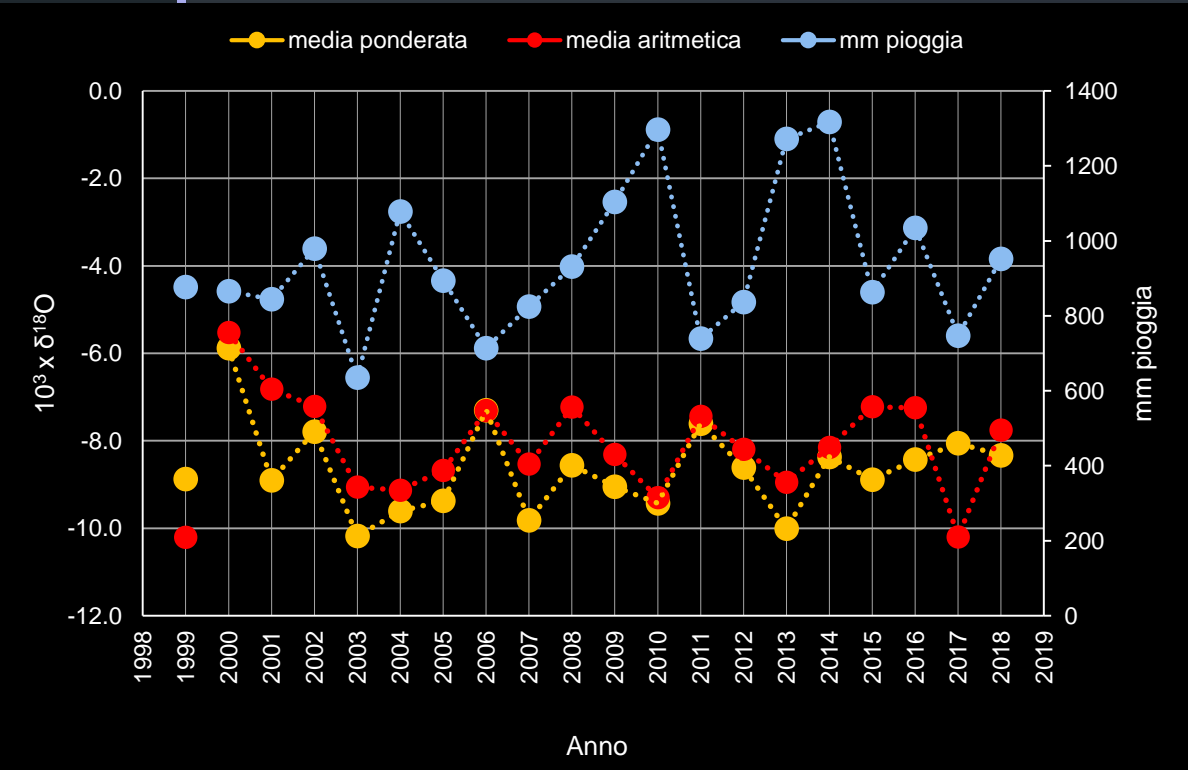
Gat, 1984

Pioggie

Pluviometro Parma

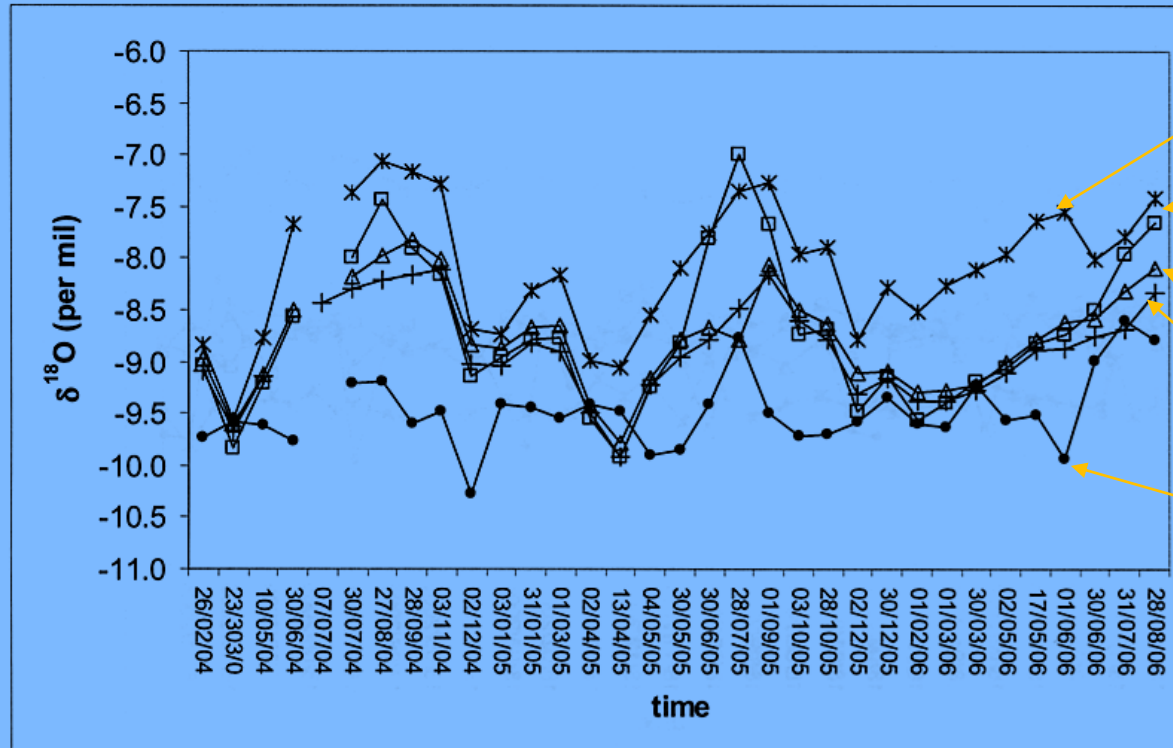
1999-2018

20 anni di misure continue



$p(\text{pendenza}=0) = 0,21$
 $p(\text{pendenza}=0) = 0,50$

I fiumi



Taro $m = -8,09\text{‰}$

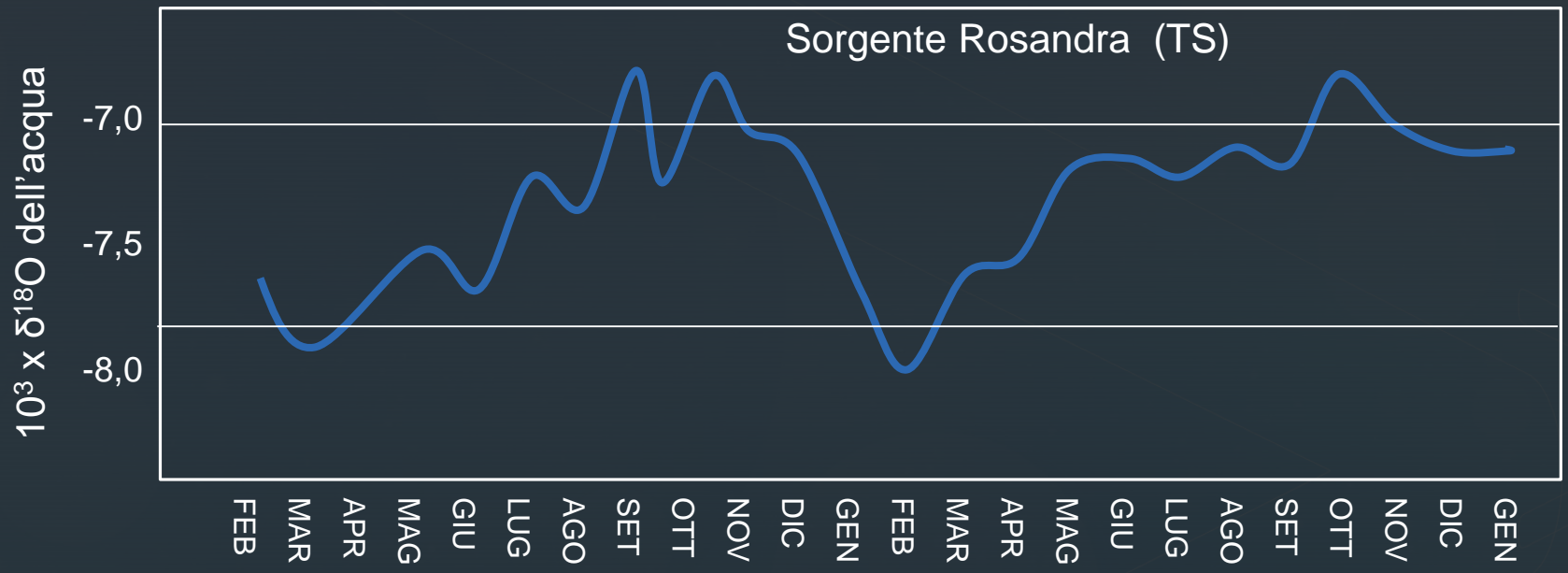
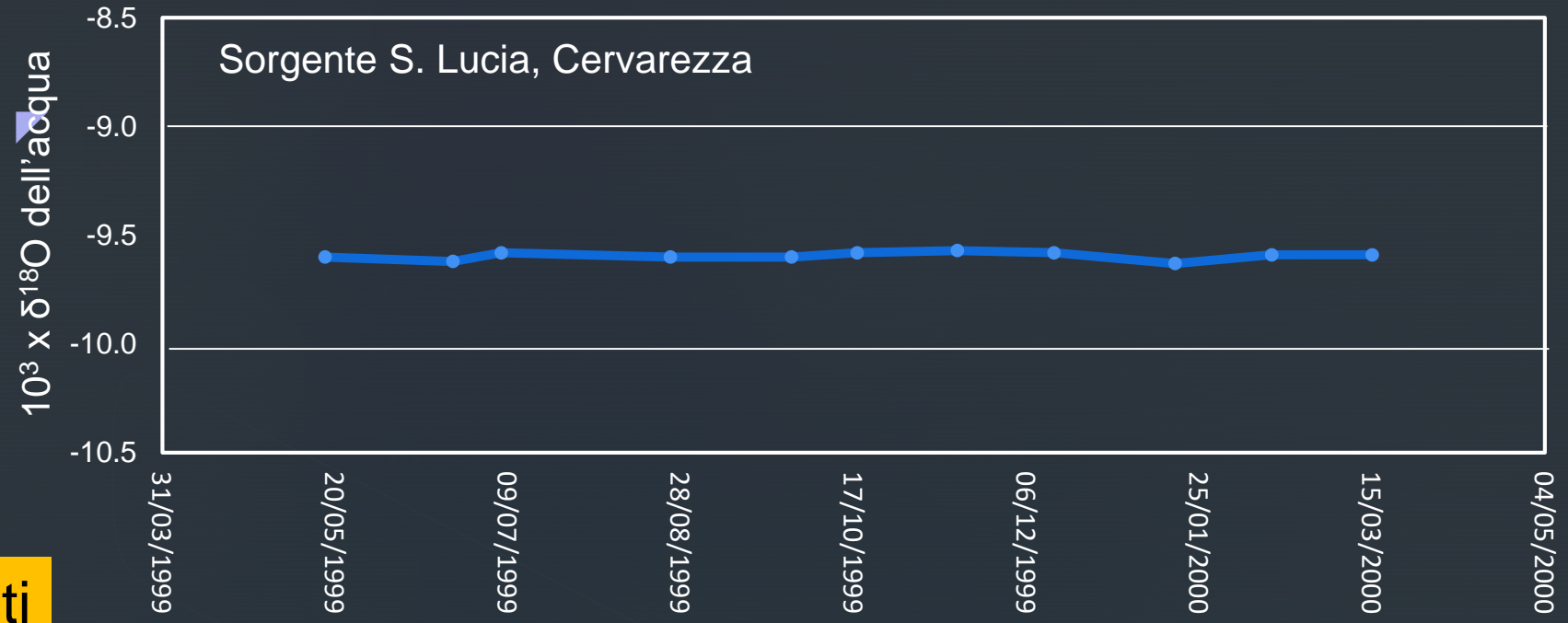
Enza $m = -8,71\text{‰}$

Parma $m = -8,76\text{‰}$

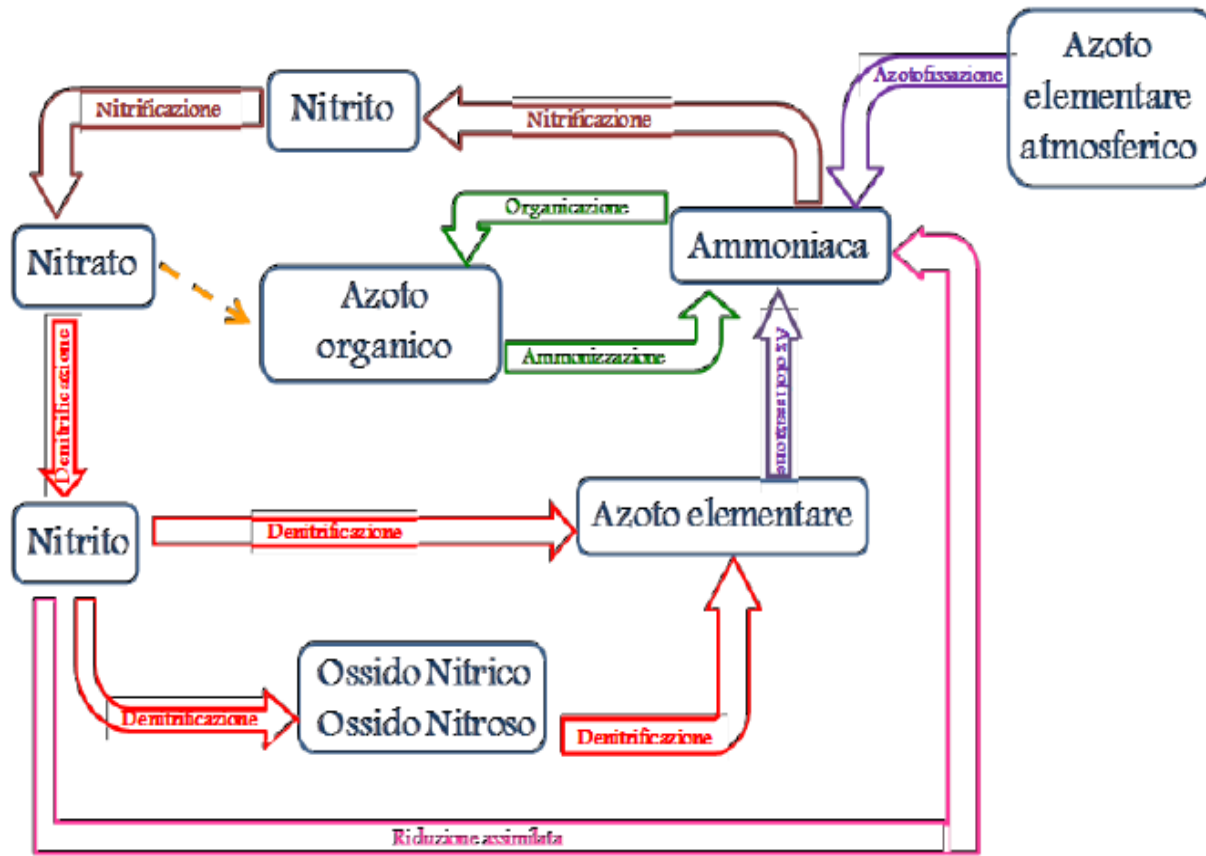
Baganza $m = -8,89\text{‰}$

Po $m = -9,48\text{‰}$

Sorgenti



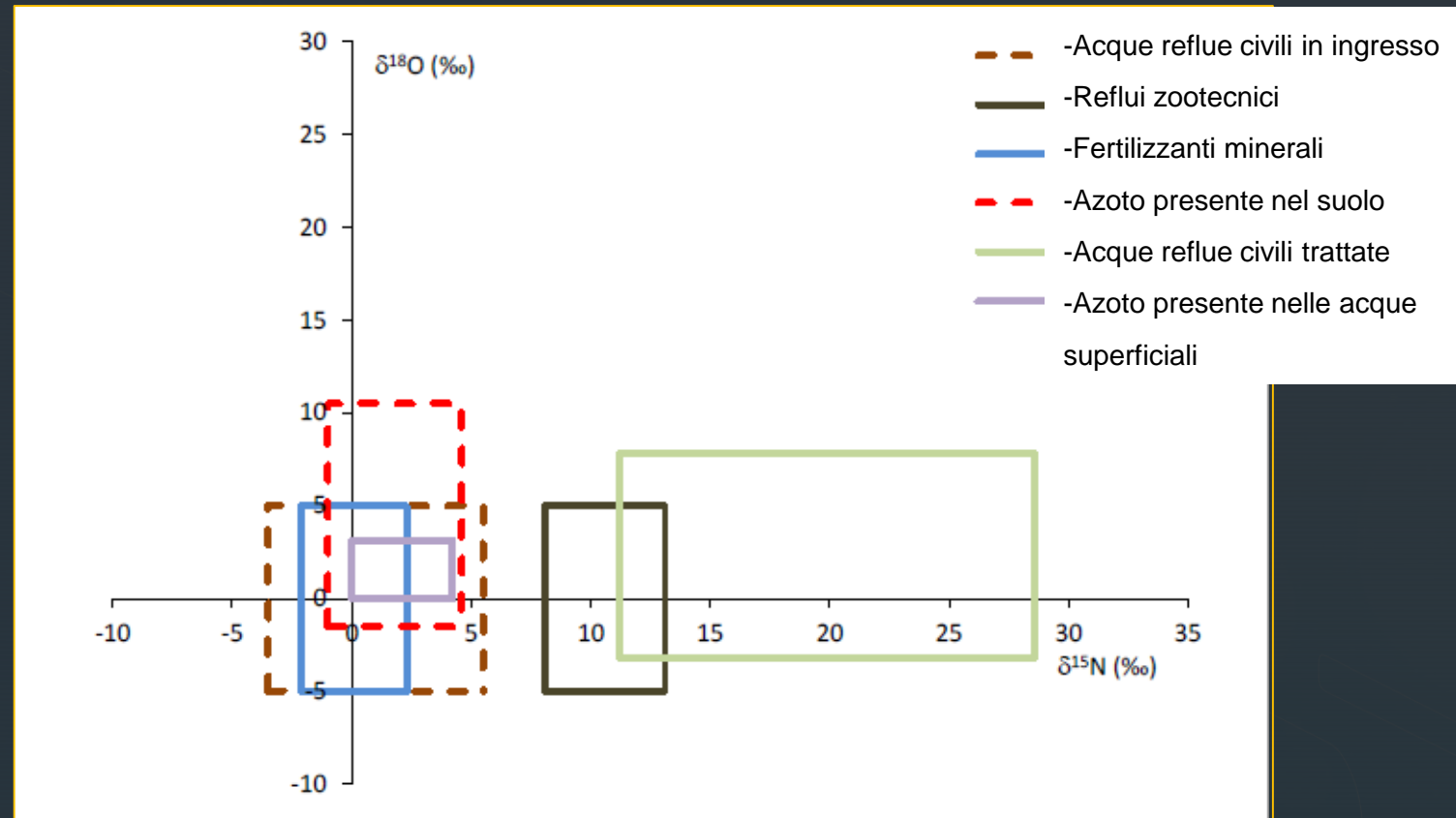
Schema del ciclo dell'azoto



Principali processi che controllano la distribuzione degli isotopi dell'azoto nei vari comparti ambientali (suolo, acqua e aria)

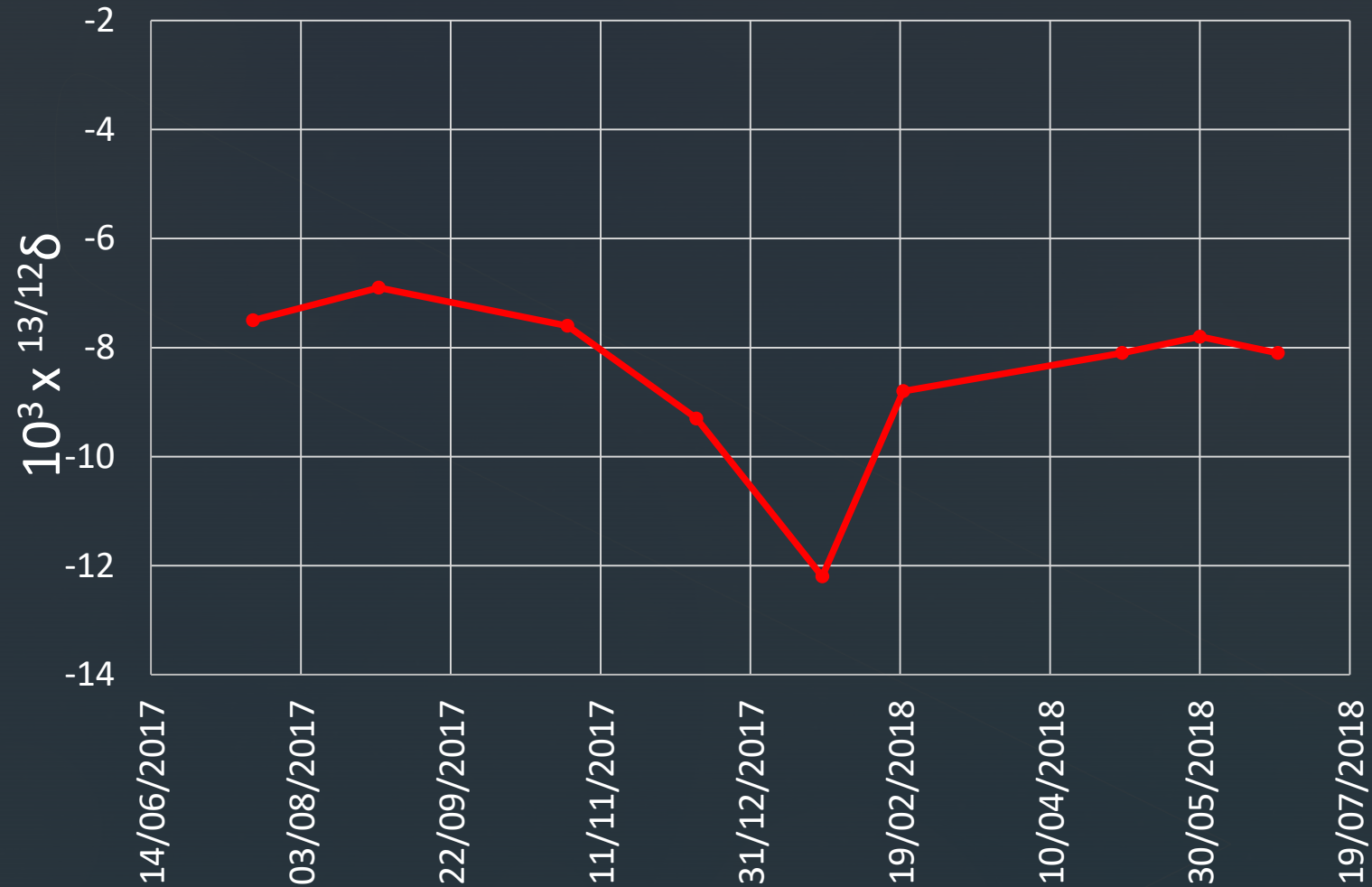
- **azotofissazione** l'azoto elementare viene convertito in ammoniaca con catalisi dovuta a microrganismi sia liberi che in simbiosi con le piante;
- **organizzazione** l'azoto ridotto viene incorporato nella struttura della sostanza organica;
- **ammonificazione (o mineralizzazione)** l'azoto organico viene convertito in azoto ammoniacale (NH_3 , NH_4^+);
- **nitrificazione** l'ossidazione dell'azoto
- **denitrificazione** riduzione dell'azoto con formazione di N_2 e N_2O ;

Contaminazione delle acque da nitrati: approccio isotopico



C nelle acque superficiali

Composizione isotopica di DIC nell'Adige



Interazione acqua-roccia-gas (C)

Esempi: Acque sulfuree di Tabiano (Parma)

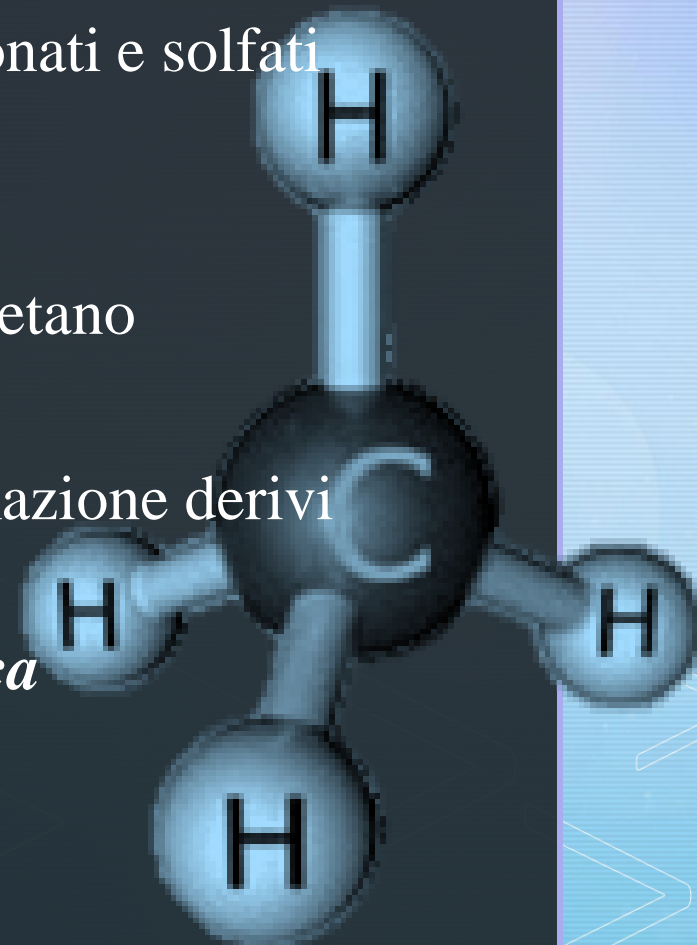
Circolazione di acque ricche in metano disciolto in carbonati e solfati di età Messiniana

$^{13}\delta_{\text{calcite}} = -43\text{‰}$ a -45‰ carbonio proveniente da metano

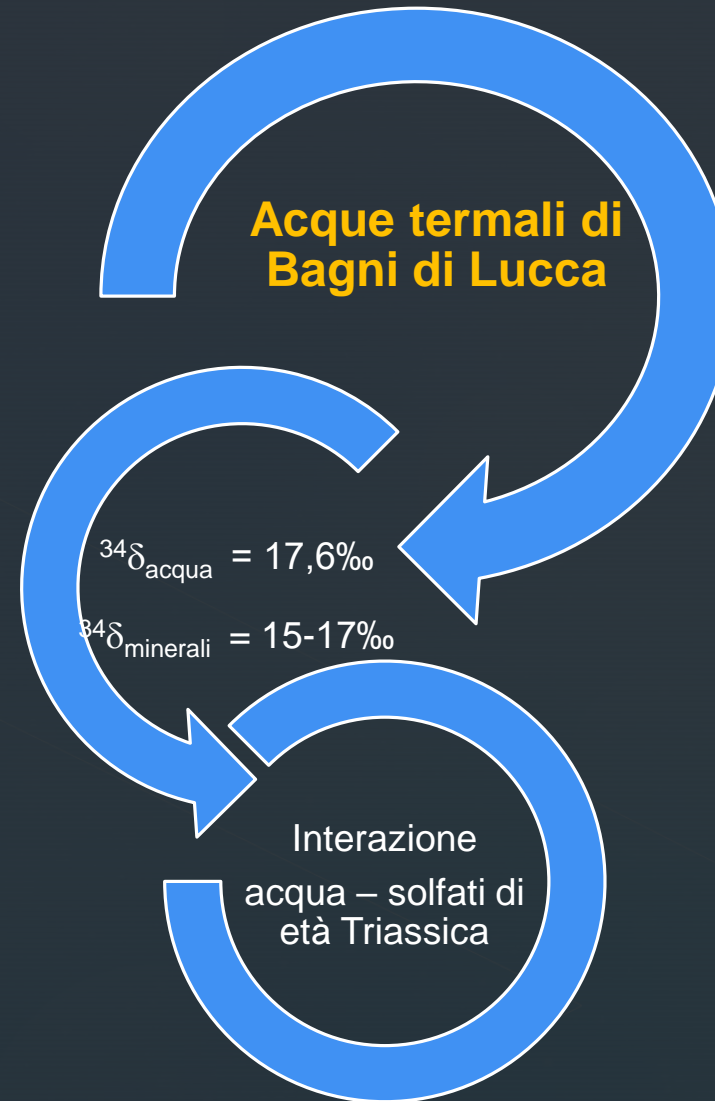
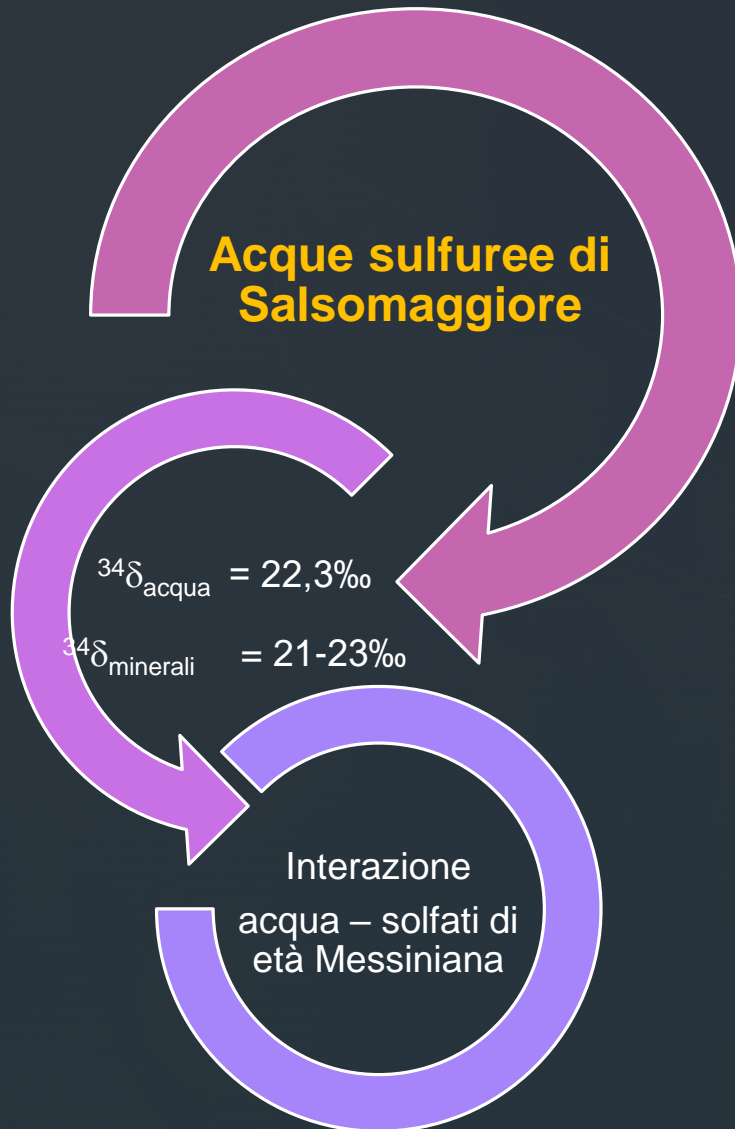
Assumiamo che tutto il carbonio della calcite di neoformazione derivi da metano:

$^{13}\delta_{\text{CH}_4 \text{ gas}} < -115\text{‰} = \textit{metano di origine biogenica}$

Da: Toscani, Venturelli, Savinio, 2000



Interazione acqua-roccia-gas (S)



Grazie