

## TENDENZE EVOLUTIVE NELLA RICARICA DEGLI ACQUIFERI SOTTERRANEI NELL'AREA DI SCORZÈ



A cura di Enrico Conchetto - AATO "Laguna di Venezia"

(Tratto dal lavoro, inedito, realizzato nell'ambito del *Progetto per la definizione dei tempi di transito delle acque sotterranee e dei bacini di alimentazione delle falde nell'Ambito Territoriale Ottimale "Laguna di Venezia"* condotto dall'Autorità d'Ambito Territoriale Ottimale "Laguna di Venezia" in collaborazione con l'Università Paul Cézanne di Marsiglia. Hanno partecipato al progetto: Enrico Conchetto (AATO Laguna di Venezia), Adriano Mayer, Christelle Claude, Lucilla Benedetti, Hélène Miche, Jean Paul Ambrosi, Christine Vallet-Coulomb (CEREGE Aix-en-Provence), Jürgen Sültenfuss (Università di Brema), Roland Purtschert (Università di Berna), Yves Travi, Milanka Babic (Università di Avignone e Paesi Voclusiani), Corinne La Gal La Salle, Romain Rebeix, Véronique Lavastre (Università di Nîmes), Olivier Radkovitch (Università Paul Cézanne, Aix-Marseille III).

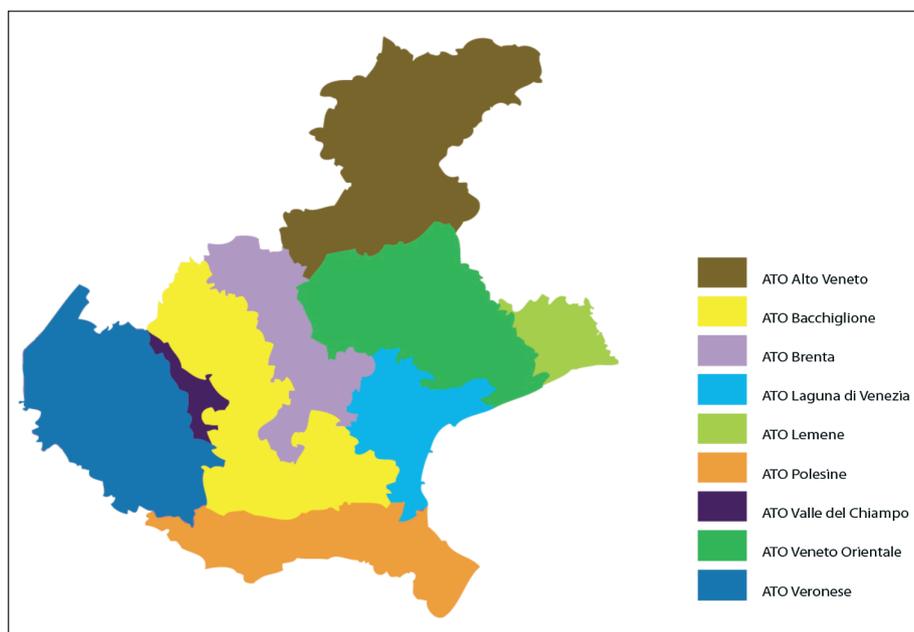
La legislazione che disciplina il settore idrico in Italia (D.Lgs. n° 152/2006 che sostituisce, pur mantenendone i principi, la L. 36/1994, detta "Legge Galli") dispone che la gestione del Servizio Idrico avvenga a livello integrato, abbracciando l'intero ciclo dell'acqua (captazione, adduzione e distribuzione idropotabile, raccolta e convogliamento dei reflui fognari e infine depurazione e scarico in corpo idrico). La legge Galli ha, infatti, avviato un processo di superamento di una situazione di estrema frammentarietà della gestione del servizio che impediva di servire ampi bacini di utenza, applicando una gestione di tipo industriale con la razionalizzazione del settore e recupero di efficienza e responsabilità. A seguito dell'entrata in vigore della Legge Galli (L. 36/94), la L.R. 5/98 del Veneto ha individuato e definito l'estensione degli Ambiti Territoriali Ottimali - ATO. L'Autorità d'Ambito Territoriale Ottimale "Laguna di Venezia" svolge nel territorio di competenza le funzioni di pianificazione, governo e controllo dei servizi di acquedotto, fognatura e depurazione ed è stata costituita il 29 luglio 1998 nella forma di Convenzione tra enti locali. Il territorio di competenza comprende 25 comuni, dei quali 20 ricadenti nella provincia di Venezia e 5 nella provincia di Treviso.

Le AATO, nello scenario delle frammentarie competenze che rivestono le pubbliche istituzioni relativamente alla matrice ambientale "acqua", assumono un ruolo fondamentale nella difesa della risorsa idrica che viene prelevata ai fini dell'immissione in rete acquedottistica, in quanto rappresenta la materia prima che alimenta l'intero ciclo integrato dell'acqua. Negli ultimi decenni, attraverso numerosi dati e studi scientifici, è stata registrata una significativa e generalizzata diminuzione della pressione nelle falde freatiche e artesiane del Veneto, che in generale è rivelatrice di una progressiva riduzione della risorsa idrica disponibile. L'abbassamento della pressione può essere generato da un aumento delle portate complessive di emungimento, ma anche da una diminuzione della capacità di ricarica degli acquiferi stessi, dovuta ad esempio alla recente riduzione delle precipitazioni meteoriche complessive nei bacini versanti oppure a interventi idraulici antropici.

In sintesi, le cause possono essere così riassunte:

- a) aumento delle portate complessive di emungimento, con situazioni di competizione tra più soggetti nell'utilizzo della risorsa;
- b) diminuzione della capacità di ricarica degli acquiferi stessi per:

1. estremizzazione degli eventi meteorici (incapacità di ricarica);
2. riduzione complessiva delle precipitazioni nei bacini versanti;
3. interventi idraulici sui fiumi e corsi d'acqua in generale;
4. urbanizzazione;
5. modalità di utilizzo delle acque in agricoltura.



Indipendentemente dalle cause che stanno all'origine del problema, l'Autorità d'Ambito Territoriale Ottimale "Laguna di Venezia" ha dovuto constatare che **il sistema idrogeologico utilizzato anche per il prelievo della risorsa idropotabile si sta impoverendo.**

L'AATO Laguna di Venezia ripone particolare attenzione alle problematiche legate allo stato di salute della risorsa idrica sotterranea in quanto, nell'ambito delle proprie funzioni, deve verificare, su periodo trentennale, che la richiesta idrica da parte dell'utenza, comprensiva delle previsioni del suo sviluppo demografico, possa essere soddisfatta dall'approvvigionamento acquedottistico. Attualmente il prelievo si basa per la maggior parte sull'estrazione di acqua di falda artesiane proveniente dagli acquiferi confinati di media pianura, situati a profondità comprese tra -30 e -340 metri dal piano campagna.

La verifica della rispondenza tra la domanda idrica e l'offerta (disponibilità naturale della risorsa), che garantisce la sostenibilità del Servizio Idrico Integrato, è possibile soltanto se si è in grado di rispondere a una serie di quesiti:

- Quanta acqua è presente nel sottosuolo?
- Quanta acqua entra nel sistema acquifero?
- Quali sono gli acquiferi più produttivi?
- Quanta acqua prelevano i privati?
- Quanta acqua è disponibile per il prelievo acquedottistico?
- Da dove arriva l'acqua che beviamo?
- Quanta risorsa è rinnovabile?
- Riesce il sistema acquifero a rispondere alla crescente richiesta d'acqua?

L'effetto del progressivo impoverimento del patrimonio idrico sotterraneo nel Veneto e del suo progressivo degrado qualitativo (serbatoio che per lo più alimenta gli acquedotti di pianura) negli ultimi decenni è stato fronteggiato, dai gestori degli acquedotti, con una progressiva ricerca di risorse idropotabili sempre più profonde. Questa è una soluzione che però non porta molto lontano perché il serbatoio da cui traggono alimentazione tutte le falde utilizzate per scopo idropotabile è unico e alimentato soltanto in una porzione della pianura.

L'AATO "Laguna di Venezia", da parte sua, per trovare una soluzione alla situazione di criticità che si protrae da lunghi anni e per trovare le risposte ai quesiti sopra citati, ha avviato nel 2005 un programma di approfondimento delle conoscenze sulle caratteristiche del sottosuolo che, unitamente alla caratterizzazione idrogeologica degli acquiferi individuati, ha fornito un modello geologico e idrogeologico dettagliato di riferimento. Tale percorso ha portato anche alla definizione del **bilancio idrogeologico** e all'acquisizione di tutte le conoscenze necessarie all'attuazione di una corretta politica di gestione ecosostenibile del patrimonio idrico sotterraneo nel proprio territorio di competenza. Tuttavia, non seguendo l'acqua i confini amministrativi si rende necessario, in un quadro di generale sofferenza dello stato di salute del sistema idrogeologico utilizzato anche dall'AATO per scopi idropotabili, individuare e chiarire a scala regionale i processi in atto nel sistema, in modo da ottenere una chiave di lettura chiara e completa della sua tendenza evolutiva.

Perciò, oltre all'analisi strutturale e quantitativa del sistema idrogeologico sotterraneo che hanno fornito buona parte delle risposte ai quesiti su elencati, l'AATO Laguna di Venezia ha avviato uno studio volto a individuare, in tutta l'alta e media pianura veneta tra i fiumi Brenta e Piave, i processi che intervengono nel rinnovamento della risorsa. Per una corretta comprensione di tali processi è importante tenere in considerazione oltre ai parametri quantitativi volumetrici anche il tempo di rinnovo, questione che si è tradotta nella valutazione della durata del processo di filtrazione dell'acqua nel sottosuolo dopo l'abbandono del contatto con l'atmosfera; tale intervallo di tempo corrisponde convenzionalmente con l'**età dell'acqua** prelevata dal sottosuolo.

L'approccio a tale materia ha imposto da subito la necessità di affrontare due tipologie di problematiche: una relativa al mescolamento delle acque provenienti da aree di alimentazione diverse; l'altra legata invece al mescolamento di acque provenienti dalla medesima area di alimentazione, ma di età diversa.

Ecco spiegato il motivo per cui nell'ambito del *Progetto per la definizione dei tempi di transito delle acque sotterranee e dei bacini di alimentazione delle falde nell'Ambito Territoriale Ottimale "Laguna di Venezia"* sono state adottate numerose tipologie di determinazioni geochimiche e isotopiche. In particolare:

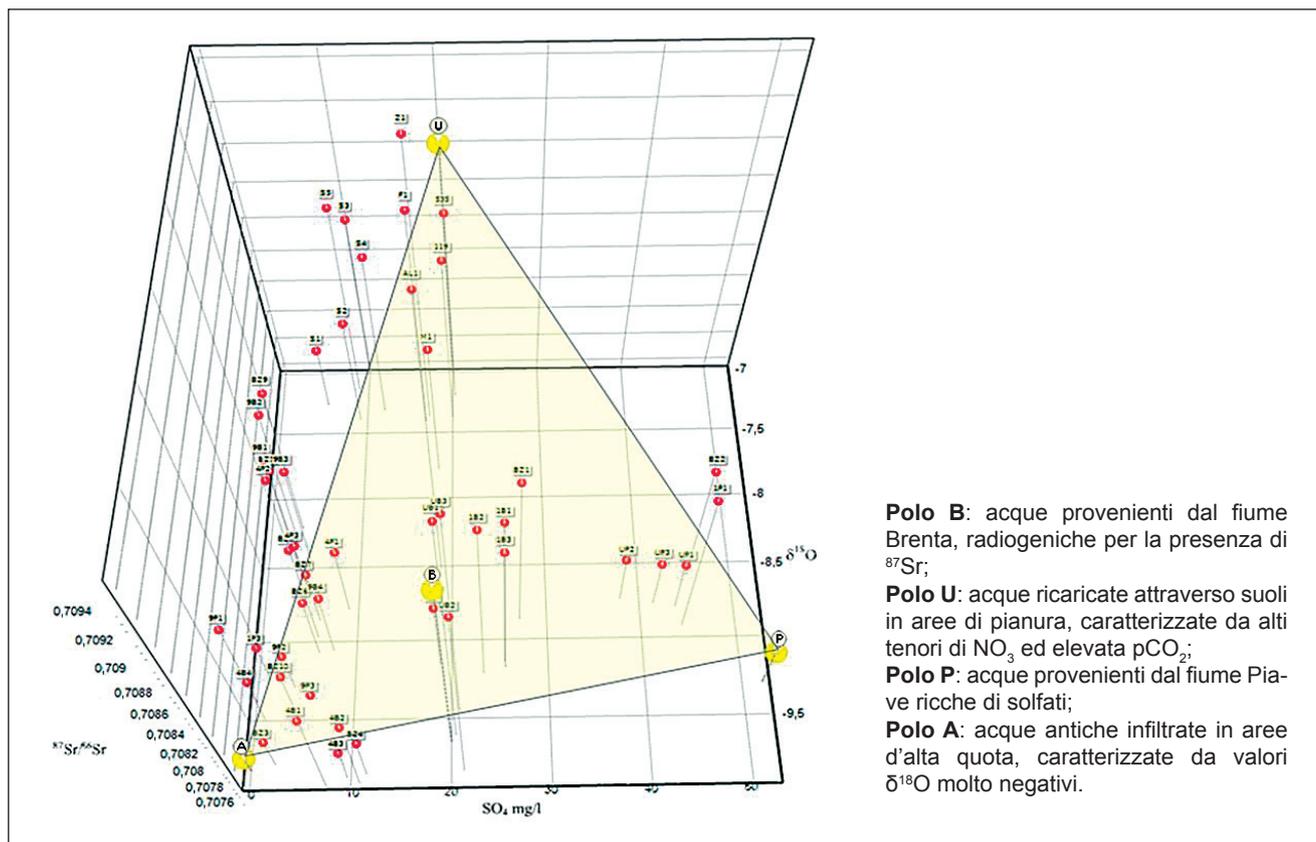
- 1) *parametri analizzati in campo*: EC, T, O<sub>2</sub>, alcalinità, OX sat %, pH, eH;
- 2) *isotopi analizzati in laboratorio*: <sup>3</sup>H, <sup>3</sup>He, <sup>4</sup>He, <sup>22</sup>Ne, <sup>39</sup>Ar, <sup>37</sup>Ar, <sup>36</sup>Cl, <sup>85</sup>Kr, <sup>222</sup>Rn, <sup>226</sup>Ra, <sup>224</sup>Ra, <sup>223</sup>Ra,  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^2\text{H}$ , <sup>34</sup>S, <sup>14</sup>C,  $\delta^{13}\text{C}$ , <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr;
- 3) *anioni e cationi analizzati in laboratorio*: Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, Si<sup>4+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Ba<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Fe<sub>tot</sub>, Mn<sup>2+</sup>, Sr<sup>2+</sup>, As, Sb, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Fe<sup>2+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, F<sup>-</sup>, Br, tracce e ultra-tracce;
- 4) *sistemi cronometrici adottati*: <sup>3</sup>H - <sup>3</sup>He, <sup>4</sup>He, <sup>14</sup>C, <sup>85</sup>Kr, <sup>39</sup>Ar, SF<sub>6</sub>, CFC12, CFC13, <sup>36</sup>Cl.

#### **Distinzione delle acque sotterranee basata su SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e isotopi stabili (O e Sr).**

L'indagine, estesa al territorio compreso tra la fascia di media pianura a sud, la zona pedemontana a nord e i fiumi Brenta e Piave rispettivamente a ovest e ad est, ha permesso di individuare dal punto di vista geochimico e isotopico quattro poli estremi di mescolamento delle acque (Fig. 12.35).

Le concentrazioni di bicarbonati (pCO<sub>2</sub>), solfati e nitrati e i rapporti isotopici  $\delta^{18}\text{O}$  e <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr permettono una buona distinzione delle acque analizzate e delle relative zone di ricarica (Tab. 12.8). Una prima importante distinzione può essere fatta tra acque radiogeniche (elevato rapporto isotopico <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr) e acque non radiogeniche (basso rapporto isotopico <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr).

Le acque **radiogeniche** possono provenire dal fiume Brenta (tipo B) oppure da piogge e irrigazioni attraverso i suoli dell'alta pianura (tipo U). Tale caratteristica è dovuta alla presenza di <sup>87</sup>Sr radiogenico, ri-



**Polo B:** acque provenienti dal fiume Brenta, radiogeniche per la presenza di  $^{87}\text{Sr}$ ;  
**Polo U:** acque ricaricate attraverso suoli in aree di pianura, caratterizzate da alti tenori di  $\text{NO}_3$  ed elevata  $\text{pCO}_2$ ;  
**Polo P:** acque provenienti dal fiume Piave ricche di solfati;  
**Polo A:** acque antiche infiltrate in aree d'alta quota, caratterizzate da valori  $\delta^{18}\text{O}$  molto negativi.

Fig. 12.35 - Rappresentazione dei poli estremi di mescolamento (*end member*) e dei vari termini intermedi riscontrati nelle acque sotterranee.

	RADIOGENICHE				NON RADIOGENICHE		
	B (Fiume Brenta)	U (acquifero indifferenziato)		UP Influenzato da P	P (Fiume Piave)	A	
		UB vicino a B	UM più lontano da B				
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO-ALTO	BASSO	BASSO	BASSO
$\delta \text{Ne}$	MOLTO BASSO	MOLTO ALTO	BASSO	MOLTO BASSO	BASSO	MOLTO BASSO	ALTO
$\delta^{18}\text{O}, \delta\text{D}$	BASSO	BASSO	BASSO	ALTO	ALTO	BASSO	MOLTO BASSO
$\text{pCO}_2 \text{ eq}$	BASSO	BASSO	MEDIO	MOLTO ALTO	ALTO	MEDIO	MOLTO BASSO
$\text{NO}_3^-$	BASSO	BASSO	MEDIO	MOLTO ALTO	ALTO	BASSO	MOLTO BASSO
$\text{SO}_4^{2-}$	MEDIO-BASSO	MEDIO-BASSO	MEDIO-BASSO	MEDIO-BASSO	MEDIO	ALTO	MOLTO BASSO

Tab. 12.8 - Schema di suddivisione delle acque basate su alcune tra le principali caratteristiche geochimiche e isotopiche.

spettivamente, nei graniti di Cima d'Asta e nei calcari marini del Miocene affioranti nelle colline asolane. Le rocce metamorfiche (aureole di contatto) e plutoniche del complesso di Cima d'Asta contengono l'isotopo radioattivo naturale  $^{87}\text{Rb}$  che decade con tempo di dimezzamento di circa cinquanta miliardi d'anni in  $^{87}\text{Sr}$ , stabile. Lo  $\text{Sr}^{2+}$  lisciviato dalle rocce di Cima d'Asta ha dunque, molto probabilmente, una concentrazione di  $^{87}\text{Sr}$  più elevata rispetto quella degli altri isotopi stabili di  $\text{Sr}^{2+}$  ( $^{84}\text{Sr}$ ,  $^{86}\text{Sr}$  e  $^{88}\text{Sr}$ ), che si traduce in un rapporto  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  maggiore (*radiogenico*). Rocce che al contrario hanno basse concentrazioni di  $^{87}\text{Rb}$  e alte concentrazioni di Sr, come i carbonati marini mesozoici,

hanno rapporti  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  più bassi (*non radiogenici*) e costanti nel tempo.

Le acque U si distinguono da quelle B per valori elevati di  $\text{NO}_3$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta\text{D}$ ,  $\text{pCO}_2$  e valori molto bassi d'eccesso di gas nobili ( $\delta\text{Ne} = 0$ ). Tutte queste caratteristiche sono tipiche delle ricariche di bassa quota. Si deve considerare che le acque B hanno in superficie tenori di gas nobili in equilibrio atmosferico ( $\delta\text{Ne}=0$ ), ma non appena penetrano nell'acquifero assumono un grande eccesso di gas nobili, distintivo delle ricariche da fiume. Le acque tipo U possono mescolarsi con componenti B, per dare acque miste tipo UB, oppure con componenti P per dare acque miste tipo UP.

Le acque **non radiogeniche** possono provenire dal fiume Piave (P) e dall'acquifero U nel settore influenzato dallo stesso fiume (UP), oppure da una zona di ricarica per il momento denominata convenzionalmente "A". La caratteristica "non radiogenica" di queste acque è dovuta alla presenza di Sr proveniente dalla dissoluzione di calcari marini mesozoici.

Le acque **P** si distinguono da quelle UP per i tenori più elevati di  $\text{SO}_4$ , bassi valori di  $\text{NO}_3$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta\text{D}$ . Le acque di UP si distinguono da quelle UM per il rapporto  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  molto più basso e per i tenori di  $\text{SO}_4$  alti o medio-alti, entrambe caratteristiche ereditate da P. In comune con UM hanno la caratteristica impronta della ricarica da suoli, cioè alti  $\text{NO}_3$ ,  $\delta\text{D}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  e  $\text{pCO}_2$ .

Le acque **A** (acque antiche infiltrate in aree d'alta quota) sono anch'esse non radiogeniche, come o meno di quelle del Piave, ma differiscono da queste ultime per altre caratteristiche importanti. Sono innanzitutto molto meno mineralizzate, hanno tenori di  $\text{SO}_4$  e  $\text{pCO}_2$  molto bassi, come del resto CE, cloruri, elementi in traccia ecc. Queste acque hanno inoltre un notevole eccesso di gas nobili e  $\delta\text{D}$  e  $\delta^{18}\text{O}$  più negativi rispetto alle altre acque. L'origine di queste acque potrebbe essere legata a fasi di ablazione glaciale tardo pleistocenica o ad antiche riserve d'acqua del Brenta, se si ammettesse l'esistenza di un processo in grado di eliminare completamente il carattere radiogenico dello  $^{87}\text{Sr}$  dalle acque di questo fiume, per esempio per scambi di  $^{87}\text{Sr}$  con la matrice solida. Queste acque dovrebbero, inoltre, provenire da una zona di ricarica di quota superiore rispetto a quella attuale delle acque del Brenta, o ricaricata in un periodo più freddo dell'attuale. L'ipotesi più plausibile è che la componente **A** sia geneticamente legata alla fase di massima velocità di fusione dei ghiacciai avvenuta a scala planetaria grossomodo 12.000 BP, e che tale fase possa aver avuto un ruolo determinante nel riempimento dell'acquifero indifferenziato di alta pianura, condizionandone, in termini di età media, l'intero volume d'acqua.

#### Mescolamenti delle acque sotterranee dedotti da $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{NO}_3^-$ e isotopi stabili (O e Sr) a Scorzè

I diversi campioni prelevati dai primi dieci acquiferi confinati nell'area di Scorzè (fino a 340 m di profondità) rappresentano, in definitiva, il risultato del mescolamento di quattro contributi idrici estremi (Tab. 12.8): B (fiume Brenta), U (acquifero indifferenziato), P (fiume Piave) e A.

- Le acque del primo acquifero derivano da un mescolamento tra B, P e U in parti approssimativamente uguali. Queste acque presentano tenori abbastanza elevati di  $\text{SO}_4$  (leggermente inferiori a quelli del Piave),  $\delta^{18}\text{O}$  meno negativo di P (spiegabile con un mescolamento binario tra P e U), tenori abbastanza elevati di nitrati e  $\text{pCO}_2$  e, infine, un elevato rapporto  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ .
- Le acque del secondo acquifero derivano da un mescolamento tra P e UM dominanti con qualche

contributo di B. Queste acque presentano: tenori abbastanza elevati di  $\text{SO}_4$  (poco inferiori a quelli del Piave),  $\delta^{18}\text{O}$  meno negativo di P (spiegabile con un mescolamento binario tra P e U), tenori abbastanza elevati di nitrati e  $\text{pCO}_2$  e, infine, un elevato rapporto  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ , indicativo che la componente d'acqua dall'acquifero indifferenziato è UM.

- Nel terzo, quarto e decimo acquifero domina la componente d'acqua A, presente in misura minore anche nel settimo acquifero. In quest'ultimo acquifero è presente pure una piccola quantità di acqua UM. Si tratta comunque di acque molto pure, non radiogeniche, con bassi  $\delta^{18}\text{O}$ , con nitrati assenti, bassa concentrazione di  $\text{pCO}_2$ , tenori praticamente nulli di  $\text{SO}_4$ . Queste sono le acque che definiscono il polo "A".
- Le acque del quinto, sesto, ottavo e nono acquifero sono originate invece dal mescolamento di acque dominanti di tipo UM con frazioni d'acqua di tipo A. Si tratta infatti di acque meno radiogeniche e con tenori di  $\text{SO}_4$  inferiori rispetto quelli del Brenta.

#### Datazione delle acque del IX acquifero a Scorzè

L'intero lavoro di datazione, condotto per i vari acquiferi dell'AATO, si basa su una prima importante distinzione fatta tra acque "recenti" e acque "vecchie"; intendendo "recenti" quelle di età inferiore a 50 anni, la cui determinazione è basata sul decadimento radioattivo di trizio, kripton, SF6 antropogenici. Le acque "vecchie" invece sono quelle di età superiore a 50 anni, la cui datazione è basata su decadimento radioattivo di  $^{14}\text{C}$  e  $^{39}\text{Ar}$  cosmogenici.

La Fig. 12.36 riporta l'esempio di alcuni risultati ottenuti su campioni prelevati dal IX acquifero (da 270 m a 300 m sotto il p.c.) nell'area di Scorzè. È indicata per ciascun campione l'età in anni della componente "vecchia" e il valore percentuale della componente "recente" presente nel campione. Si nota chiaramente come procedendo da NO verso SE l'età della componente vecchia aumenti rapidamente, a dimostrazione del basso tasso di rinnovamento che avviene verso SE negli acquiferi sotterranei nel dominio della bassa pianura. Si nota anche che la percentuale di acqua recente, procedendo da NO verso SE, si attesta su percentuali del 3% del campione, variando bruscamente verso 0% non appena viene superato il territorio oggetto dei massicci prelievi idrici dal sottosuolo. Non compare in Fig. 12.36, ma è importante sottolineare che l'età delle componenti recenti presenti nei campioni analizzati testimoniano velocità di flusso dell'acqua nella nona falda, tra il punto a e il punto c, inaspettatamente elevate (il tempo di percorrenza è leggermente inferiore a 5 mesi) e di gran lunga superiori a quelle che caratterizzano la componente "vecchia".

Tutto ciò apre nuove prospettive nei modelli di flusso delle acque nei mezzi porosi, in quanto le evidenze analitiche, attraverso le diverse capacità risolutive dei

metodi isotopici adottati, mostrano come all'interno dello stesso campione coesistano acque di età estremamente differente, a suggerire che il moto dell'acqua nel sottosuolo non avvenga, come convenzionalmente assunto, secondo un modello a "pistone", bensì attraverso percorsi preferenziali, lungo i quali l'acqua si mescola poco con l'acqua in prossimità preesistente. L'acqua "recente", cioè, dopo essersi infiltrata nel sottosuolo scorre velocemente verso i punti di depressurizzazione (opere di captazione), mescolandosi però lentamente con la risorsa "vecchia".

A distanza di 19 mesi dal prelievo che ha fornito gli esiti di cui alla Fig. 12.36, il punto b è stato campionato nuovamente. I risultati dell'applicazione della sistematica  $^3\text{H} - ^3\text{He}$  hanno dimostrato che la percentuale

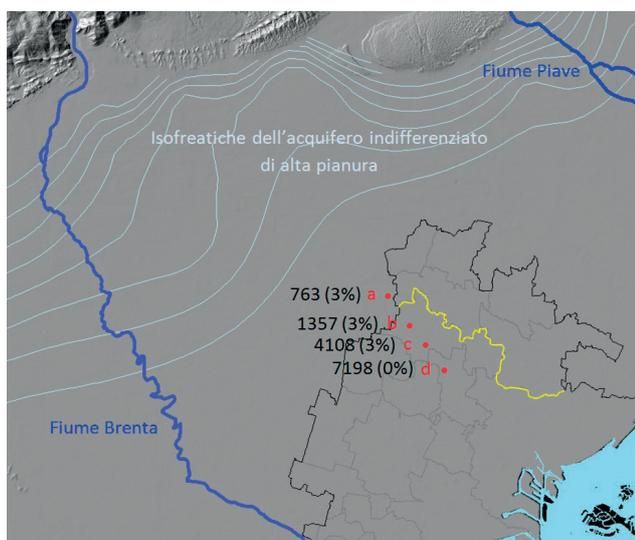


Fig. 12.36 - Età, in anni, dell'acqua campionata nel IX acquifero nell'area di Scorzé. I valori tra parentesi si riferiscono alla percentuale in volume di acqua recente (età minore di 50 anni) presente nel campione. La linea gialla separa i territori dell'ATO ricadenti in provincia di Treviso, a nord, da quelli ricadenti in provincia di Venezia, a sud.

di acqua "recente" presente nel campione era salita dal 3% al 8,5%. Tale tendenza è stata confermata anche dalla verifica effettuata su altri acquiferi.

**Processi in atto nella ricarica degli acquiferi**

L'analisi del bilancio idrogeologico effettuata dall'AATO in tutti gli acquiferi noti dell'area di risorsa idropotabile di propria competenza (pubblicato in CAMBRUZZI T. *et al.*, 2010), pur mettendo in evidenza alcune criticità, non aveva permesso di comprendere appieno quali processi, in atto nel sistema idrogeologico, stavano trasformando i meccanismi di ricarica degli acquiferi sotterranei. Il fatto di ricorrere ai metodi geochimici e della sistematica isotopica nell'affrontare la problematica in esame ha permesso di integrare sinergicamente le informazioni derivanti da due differenti approcci metodologici. Infatti la quantificazione dei flussi in entrata e in uscita dal sistema idrico sotterraneo e la conoscenza delle età delle varie componenti che costituiscono il volume d'acqua nell'acquifero contribuiscono a comprendere in quale modo l'estrazione esasperata della risorsa idrica sotterranea induca una irreversibile sostituzione della risorsa idrica sotterranea di elevato pregio con acqua infiltrata solo recentemente nel sottosuolo, che non possiede certo gli stessi connotati qualitativi.

La tendenza alla sostituzione, anche negli acquiferi profondi, della risorsa idrica millenaria con acque recenti, potenzialmente contaminate, e provenienti da aree di alimentazione differenti, è suffragata anche dalla variazione nel tempo dell'attività di  $^{14}\text{C}$  misurate a Scorzé. Osservando la Fig. 12.37, infatti, si nota che i campioni prelevati a Scorzé nei vari acquiferi sono oggi generalmente più "attivi", e quindi più giovani, di quanto lo fossero nel 1973 (BORTOLAMI G. *et al.*, 1973). Queste variazioni appaiono strettamente correlate al tasso di estrazione d'acqua dagli acquiferi.

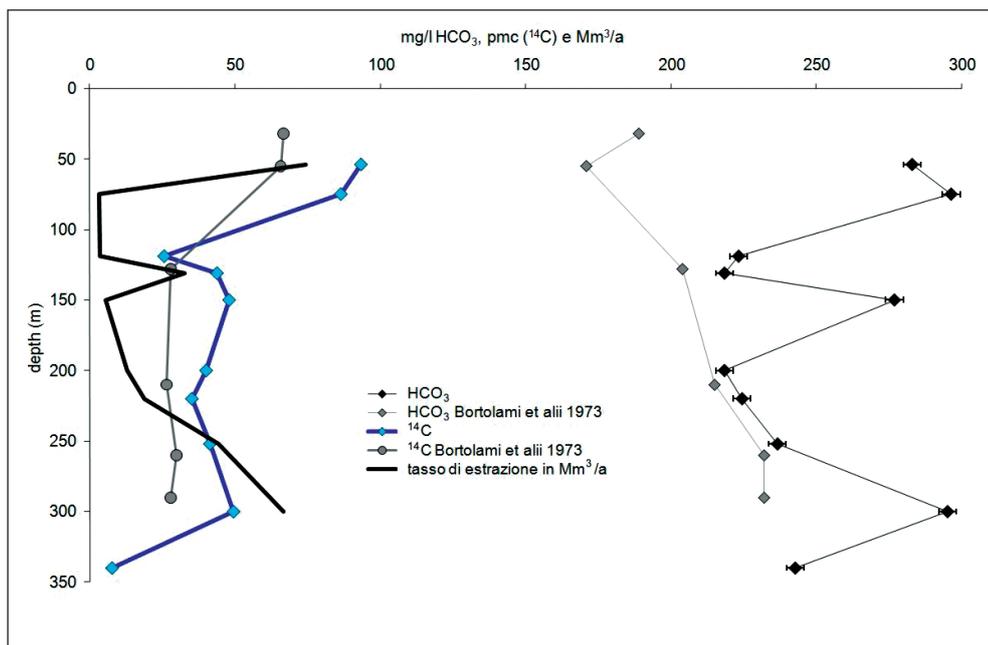


Fig. 12.37 - Profilo verticale di  $^{14}\text{C}$  e  $\text{HCO}_3^-$  per i vari acquiferi a Scorzé. Sono riportati anche i valori misurati da BORTOLAMI G. *et al.*, 1973 e i volumi d'acqua estratti nel 2010 dai vari acquiferi di interesse dell'AATO, espressi in  $\text{Mm}^3/\text{a}$ .

Le variazioni nel tempo delle concentrazioni di  $\text{HCO}_3^-$  mostrano invece che le acque "recenti", richiamate dalle estrazioni forzate negli acquiferi più produttivi, hanno attraversato, prima dell'abbandono del contatto con l'atmosfera, i suoli delle aree di ricarica di bassa quota nella pianura dell'acquifero indifferenziato. La Fig. 12.38, analogamente a quanto detto in precedenza, scandisce l'evoluzione che il IX acquifero a Scorzè ha subito dal 2008 al 2009; in questo intervallo

temporale l'acqua è stata interessata da un processo di ringiovanimento medio dimostrato dal *trend* negativo delle concentrazioni di  $^4\text{He}$  e dai *trends* positivi del  $^{14}\text{C}$  e del  $^3\text{H}$ . Contemporaneamente, la riduzione della negatività del  $\delta^{18}\text{O}$  e l'aumento dell'alcalinità rivelano un cambiamento nell'area di ricarica dell'acqua che sembra provenire da siti a quota più bassa e caratterizzati dalla presenza di suoli con elevata  $\text{pCO}_2$ .

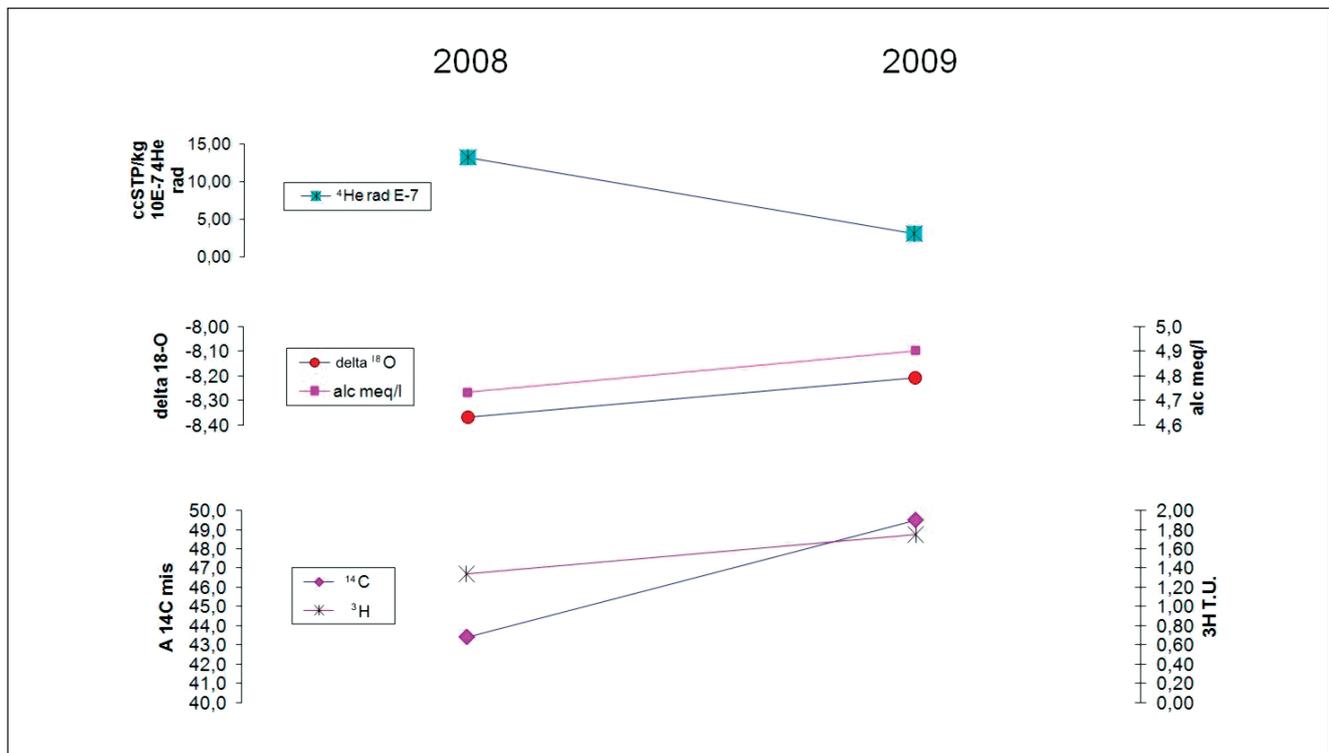


Fig. 12.38 - Trasformazione in atto nel IX acquifero a Scorzè.

### Conclusioni

Il fatto positivo emerso dallo studio è che negli acquiferi profondi sia stata riscontrata ancora la presenza di acqua di migliaia d'anni, che implica che la riserva contiene ancora acqua molto antica e di ottima qualità. E' positivo anche il fatto che in questi acquiferi sia presente dell'acqua recente, che implica che queste riserve possono essere rinnovate. Tuttavia, dobbiamo essere consapevoli del fatto che il processo di esaurimento della riserva d'acqua antica è già iniziato e che l'entrata di acque recenti nella riserva antica può comportare un depauperamento in termini qualitativi, ciò che aumenta la vulnerabilità della riserva nei confronti di acque recenti contaminate.

Dall'analisi emerge anche che attualmente i fiumi non sono più i principali attori della ricarica degli acquiferi e l'alimentazione avviene prevalentemente dalla pianura dell'area indifferenziata con conseguente degrado progressivo degli aspetti qualitativi delle acque che si infiltrano attraverso suoli di aree agricole; tale processo in atto riguarda anche le falde più profonde. Dal quadro idrogeologico delineato, scaturisce la considerazione che l'elevata qualità delle acque sot-

terranee presenti negli acquiferi da cui trae alimentazione il Servizio Idrico Integrato nell'ATO "Laguna di Venezia" dovrebbe indurre a considerare tali acquiferi come riserve strategiche destinate alla specifica destinazione d'uso potabile, che consentano di far fronte anche all'eventualità di un futuro climaticamente sfavorevole. L'attuale grado di sfruttamento della risorsa idrica sotterranea non è sostenibile a lungo, se non al prezzo di un radicale mutamento di un sistema idrogeologico che ha già visto l'inizio della metamorfosi. È pertanto necessario intraprendere un percorso di razionalizzazione degli usi delle acque sotterranee e di pianificazione di una specifica destinazione d'uso degli acquiferi.