Politecnico di Bari

Repository Istituzionale dei Prodotti della Ricerca del Politecnico di Bari

Geochimica dell'idrosfera: come, quando e perché

This is a post print of the following article

Original Citation:
Geochimica dell'idrosfera: come, quando e perché / Fidelibus, M.D.. - In: ACQUE SOTTERRANEE. - ISSN 1828-454X. - 1:2(2012), pp. 61-62. [10.7343/AS-008-12-0018]

Availability:
This version is available at http://hdl.handle.net/11589/3420 since:

Published version
DOI:10.7343/AS-008-12-0018

Publisher:

Terms of use:

(Article begins on next page)

06 October 2026

DOI 10.7343/AS-008-12-0018

Geochimica dell'idrosfera: come, quando e perché

M. Dolores Fidelibus
DICATECh – Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio, Edile e di Chimica - Politecnico di Bari
dolores.fidelibus@gmail.com

La geochimica è una branca della scienza che copre un campo di conoscenze molto vasto: la geochimica "dell'idrosfera" limita la sua applicazione alle acque naturali.

I confini della disciplina non sono tuttavia chiaramente definibili, perché ormai, con l'irruzione della dimensione ambientale nel campo dell'analisi e della gestione delle trasformazioni territoriali, gran parte delle discipline "ambientali" é necessariamente coinvolta in approcci cognitivi complessi, definibili quali integrati/interdisciplinari. Un'immediata giustificazione della necessità di tali approcci sta nell'innegabile interconnessione fenomenologica tra sistemi naturali superficiali e sotterranei (atmosfera, suolo, sottosuolo, acque superficiali, sotterranee e marine) e sistemi antropizzati, alle varie scale spaziali e temporali.

La geochimica dell'idrosfera va quindi rapportata ad ambiti più ampi e vista come un pezzo importante di una visione olistica di sistemi complessi. Con questa premessa e considerati i limiti della rubrica, la delineazione del ruolo della geochimica (*perché*) nello sviluppo di studi idrogeologici può avvenire solo attraverso un percorso metodologico, i cui dettagli sono comunque reperibili in numerosi testi e lavori scientifici: il *come* e il *quando* derivano necessariamente dal *perché*.

Ogni studio idrogeologico, qualunque sia la sua finalità, deve portare alla conoscenza delle caratteristiche dell'acquifero e del sistema di flusso: ciò richiede la descrizione degli elementi costituenti e delle loro relazioni funzionali, delle condizioni iniziali e al contorno, e delle forzanti esterne. Ai fini della conoscenza di acquiferi (o sistemi acquiferi) sempre molto differenti, occorre quindi ricostruire il modello idrogeologico e l'ambiente idrogeologico, e definire il modello concettuale di funzionamento.

Per i primi occorrono informazioni riguardanti caratteristiche fisiche (clima, geologia e litologia, idrologia), e caratteristiche antropiche (uso del suolo, presenza di fonti d'inquinamento, tassi di sfruttamento), che devono integrarsi; per comporre il modello concettuale occorre definire i fenomeni di flusso, trasporto e reazione nell'ambito dell'acquifero (geometria del dominio, sue fasi e componenti, processi e variabili correlate, principali proprietà del mezzo acquifero, condizioni isoterme o non-isoterme, condizioni iniziali e al contorno).

I metodi della geochimica sono, nell'ambito illustrato, in grado di fornire elementi di conoscenza per la selezione, tra i molti plausibili, del modello concettuale più affidabile: tali elementi devono essere ineludibilmente congruenti con quelli idraulici e con quelli derivati dall'applicazione di altre metodologie di studio.

Passando al "*come*", considerata la complessità e la diversità degli ambienti idrogeologici , va detto che non esistono protocolli di campionamento, analisi ed elaborazione dati validi per la generalità dei casi. E' tuttavia possibile tracciare i principi di un approccio definibile "*di tracciamento naturale*", che di volta in volta va sviluppato in rapporto alle finalità e alle scale spaziali e temporali dello studio.

L'approccio implica che parametri fisici (quali la temperatura), chimici (quali le specie ioniche), e isotopici (trattati nell'ambito dell'idrologia isotopica) misurabili nelle acque sotterranee possano fungere da "traccianti naturali" dei processi che agiscono (o che erano attivi in passato) all'interno (e all'esterno) degli acquiferi. Essi, diversamente dai traccianti artificiali, hanno il vantaggio di essere parte integrante del sistema di flusso, non avendo limiti spaziali e temporali di applicazione.

La potenzialità dell'approccio sta nel fatto che il verificarsi di modificazioni delle concentrazioni dei costituenti chimici e delle condizioni chimico-fisiche durante il percorso in sotterraneo é strettamente correlato alle caratteristiche geologiche e litologiche dell'acquifero e a quelle del sistema di flusso: la composizione chimica delle acque sotterranee, distinguendosi nei diversi acquiferi e nell'ambito di uno stesso acquifero, parla della loro storia. Nella pratica i traccianti naturali consentono di identificare caratteristiche litologiche degli acquiferi, aree di prevalente alimentazione, periodi di ricarica, connessioni tra acquiferi e miscelamenti tra acque sotterranee di diversa origine, caratteristiche di permeabilità relativa, stati di evoluzione geochimica delle acque dovuti alle interazioni acqua-roccia, età e mobilità delle acque, origine della salinizzazione in acquiferi costieri, etc.

Un importante aspetto metodologico riguarda la definizione della natura conservativa (inerte) o non-conservativa (reattiva) dei traccianti naturali. Acque che circolano in uno specifico ambiente litologico e sotto le stesse condizioni chimico-fisiche mostrano una forte correlazione tra i costituenti estratti dalle rocce: la correlazione tra costituenti è tuttavia normalmente ridotta o annullata dall'intervento di processi che agiscono selettivamente su uno o più costituenti, originando così anomalie nella correlazione. Quei traccianti che nell'ambito di ogni gruppo di acque rimangono correlati sono identificati come *traccianti conservativi (inerti)*, mentre i traccianti che mostrano variabilità rispetto ai conservativi sono *non-conservativi (reattivi). La variabilità è altrettanto importante quanto la correlazione, perché la variabilità riflette l'eterogeneità del sistema e dei processi.*

I costituenti chimici sono sempre coinvolti in più reazioni,

per cui il loro ruolo quali traccianti conservativi o non-conservativi dipende dal contesto. Dato che tale ruolo non è definibile a priori, è consigliabile che una prima analisi chimica delle acque sotterranee consideri, oltre che gli essenziali costituenti maggiori, anche quelli minori o in traccia. Solo una volta identificate le funzioni di ciascun parametro, si potrà, nelle indagini successive, ridurre il loro numero a quello utile alle finalità dello studio.

Occorre precisare che un singolo tracciante (anche se riferito a molte analisi), o una singola analisi (anche se completa) non possono descrivere nella sua complessità il comportamento di un acquifero A tale scopo è richiesto un approccio *"multi-tracciante"*: solo l'insieme delle informazioni, dedotte ciascuna dall'interpretazione del comportamento di un tracciante in rapporto agli altri, dopo la verifica della congruenza delle stesse, permette di ridurre il numero di possibili modelli (derivati dallo studio dei singoli aspetti del sistema) e di selezionare il più affidabile. Non ultimo elemento, l'applicazione efficace delle tecniche geochimiche alla ricostruzione del modello concettuale dipende anche dall'affidabilità della conoscenza degli aspetti idrogeologici generali dell'acquifero e dei fattori geologici, idraulici, fisici e chimici alla base dell'esistenza di un determinato sistema di flusso.

Quanto detto finora non è ancora sufficiente a definire il "*come*": esso contiene anche il "*dove*" realizzare i campionamenti.

Il "*dove*" dipende dall'obiettivo dello studio e ancora una volta non è credibile definire protocolli. Per rappresentare il sistema di acque sotterranee nella dimensione spaziale basterà seguire la regola di analizzare campioni *idrogeologicamente correlati* nello spazio (cioè attribuibili a un unico acquifero) e riferiti a uno specifico orizzonte temporale. La correlazione spaziale richiede un'attenta scelta dei punti di campionamento rispetto al sistema di flusso ipotizzato, alla loro tipologia (pozzi e sorgenti, acque superficiali e di transizione), alla loro rappresentatività rispetto al problema in studio, e a una loro efficace e quanto più possibile omogenea distribuzione.

Il *"quando"* include implicitamente una visione dinamica. Essa comporta che tutti i sistemi naturali e antropizzati non siano definibili nella loro compiutezza se non considerandone l'evoluzione nel tempo: in tale ottica la definizione delle scale temporali d'osservazione dei fenomeni naturali e antropici (atte a cogliere i modi d'evoluzione dei sistemi) diventa centrale nella formulazione di modelli concettuali, fondamentali nella pratica gestionale e modellistica.

Ne discende che misure o analisi chimiche su acque sotterranee realizzate utilizzando protocolli di campionamento aspecifici o casuali, scollegati dalle dinamiche delle forzanti naturali e antropiche che agiscono sugli acquiferi, pur se spazialmente correlate, sono difficilmente utilizzabili per studiarne la complessa realtà. Per definire corrette scale temporali di osservazione occorre una fase preliminare di studio delle variazioni piezometriche che consenta di individuare le frequenze più adeguate a cogliere le variazioni del trasporto di massa. Dal monitoraggio di alcuni parametri chimici presso una sorgente (chemogramma) è spesso facile riconoscere che le loro variazioni sono in qualche modo correlate all'idrogramma della sorgente stessa. E' altrettanto evidente che la falda che alimenta la sorgente manifesta analoghe pulsazioni dei parametri in ogni suo punto, laddove il tipo e il numero di forzanti possono non essere immediatamente chiari.

Il riconoscimento di tali forzanti può essere condotto attraverso un'analisi *"timeline":* tale tipo di analisi dovrebbe considerare, su un definito periodo di tempo, assieme alle variazioni dei parametri chimici e chimico-fisici, quelle climatiche (che includano gli eventi meteorologici estremi), quelle dell'uso del suolo (a loro volta motore del mutamento di dinamiche ambientali), come pure quelle di sfruttamento e d'inquinamento. Vanno quindi individuate variazioni rilevanti nell'andamento di ciascun fattore (perturbazioni episodiche o lente variazioni lineari) e identificati sfalsamenti e connessioni tra eventi: l'analisi può rivelare il ruolo del clima, del comparto antropico e delle azioni di gestione nel determinare variazioni lente o ex abrupto delle caratteristiche delle acque sotterranee.

Il pur sintetico messaggio della rubrica è che vi sono molti buoni motivi per far ricorso a metodologie geochimiche negli studi idrogeologici, ma che esse non sono di semplice uso: l'approccio metodologico è invariabilmente complesso e si riporta sempre a un'integrazione d'informazioni provenienti da più fonti. Se per un verso la geochimica dell'idrosfera ha già conquistato un ruolo rilevante ed è provato che i metodi di tracciamento naturale possono giocare un importante ruolo nel decifrare molti cruciali dilemmi, per altri versi essa non ha ancora espresso tutta la sua potenzialità: si pensi ad es. all'emergente uso delle terre rare (REE) nella distinzione genetica delle acque o all'uso dei *"man-made tracers"*, come i clorofluorocarburi (CFC), nella datazione delle acque stesse.

Per buona sorte della "geochimica dell'idrosfera" e dell'idrogeologia, come spesso accade nello sviluppo scientifico, le necessità forzano e accelerano la ricerca di soluzioni e così, sotto la pressione della domanda economica e sociale, il problema dell'uso e della tutela delle risorse idriche riceverà sempre più attenzione rispetto al passato. Fattori quali inquinamento, sovra-sfruttamento e cambio climatico comporteranno una crescente difficoltà nella soluzione di problemi idrogeologici, per cui sempre nuovi metodi, mutuati dai campi fondamentali della chimica, della fisica e della geologia o da altri campi disciplinari quali la statistica, la geomatica, l'idrologia o l'ecologia, dovranno entrare in campo per risolvere le complessità.

Quanto detto ha un non trascurabile risvolto riguardo la preparazione accademica e professionale necessaria a contenere l'insieme delle conoscenze necessarie a sviluppare un processo complesso su sistemi che sono invariabilmente complessi anch'essi. Laddove, come nella pratica professionale, l'approccio debba conformarsi a dettami di legge, occorre che questi vadano sempre superati in meglio se si vuole veramente cogliere l'obiettivo di una corretta conoscenza.