

4 - Curiosità bizzarre sull'acqua nel sottosuolo

Ve ne racconto alcune. State svegli.

Antonio Dal Prà - geologo - gennaio 2021 - in tempi di pandemia

Vi ricordate gli iceberg che galleggiano sull'acqua del mare, una parte all'aria e 7-10 parti sotto il livello marino? E L'olio del contadino entro la damigiana, che galleggia sul vino, immesso per impedire che penetri l'aria e trasformi il vino in aceto? Tutto dipende dalla differenza di densità tra il ghiaccio di acqua dolce e l'acqua marina salata, e tra l'olio e il vino.

Qualcosa di simile si verifica anche nel sottosuolo, lungo le coste marine nell'immediato entroterra, determinando una curiosa e apparentemente strana situazione idrogeologica. Ora vi spiego cosa succede.

Lungo le coste, quando il sottosuolo dell'entroterra è permeabile, costituito da terreni sabbiosi o da rocce molto fratturate, l'acqua del mare si infila e risale verso l'interno anche per km.

Nell'entroterra permeabile, dove è penetrata l'acqua del mare o anche in zone più a monte, gli afflussi meteorici determinano l'infiltrazione verticale di acque dolci di pioggia, che raggiunta in profondità l'acqua salata di provenienza marina si dispongono sopra senza mescolarsi. In tal modo viene a formarsi una falda di acqua dolce galleggiante sopra l'acqua salata sottostante, come un iceberg. La falda di acqua dolce, col suo peso, spinge in profondità anche per decine di metri l'acqua di mare. E si realizza una interfaccia di separazione tra acqua dolce sopra e acqua salata sotto, che separa i due differenti liquidi con una fascia di transizione di acqua salmastra.

La falda di acqua dolce galleggiante, sollecitata dal gradiente idraulico, defluisce verso il mare, dove determina emergenze sorgentifere sulla battigia.

E' curioso osservare che le oscillazioni di marea sul livello del mare causano nell'entroterra oscillazioni verticali dell'interfaccia descritta e di conseguenza oscillazioni verticali dell'intera falda freatica galleggiante, con la stessa frequenza delle maree, ma con uno sfasamento temporale. Il fenomeno è misurabile con osservazioni entro i pozzi che raggiungono la falda. Le oscillazioni di marea e quelle della falda sono sfasate con tempi di corruzione che dipendono dalla distanza dal mare del punto di misura e dalla permeabilità dei materiali.

Il fenomeno del galleggiamento della falda di acqua dolce sulla sottostante acqua salata di intrusione marina, che si manifesta ed è noto in moltissime parti, in ogni paese del mondo (Paesi Bassi, Germania, Libia, Egitto, Costa Atlantica degli USA, varie coste italiane, ecc.), è stato ampiamente studiato ed è ben conosciuto. L'interesse del fenomeno è dovuto soprattutto al fatto che questa situazione determina la presenza di importanti risorse di acque dolci sotterranee anche a ridosso delle coste delle mare, risorse che si spingono in profondità ben al di sotto della quota del livello del mare stesso.

Il fenomeno descritto è determinato, come già scritto sopra, dalla differenza di densità, e quindi di peso, delle due acque.

L'acqua dolce di falda deprime col suo peso l'acqua salata sottostante tanto più quanto più è elevata la quota della superficie freatica rispetto al livello marino, come appunto un iceberg.

La salinità dell'acqua di mare è di circa 30-35 g/l (densità di circa 1.25 g/cm^3), mentre quella dell'acqua dolce di falda è attorno 1.0-1.5 g/l (densità di circa 1.0005 g/cm^3).

Vari studi hanno determinato che mediamente ad +1 m di quota sul livello marino della superficie freatica della falda dolce corrisponde una interfaccia con l'acqua salata posta a -30 m circa sotto il livello del mare (circa +1 / - 30). Ben di più di quello che si verifica con gli iceberg (circa +1 / -7).

Le posizioni tra le due acque seguono la legge fisica che regola i rapporti tra due fluidi a densità diversa : $h = t/d$, dove h = la profondità dell'interfaccia acqua dolce/acqua salata rispetto al livello del mare, t = l'altezza della superficie freatica sul mare, e $d = D_s - D_d$ (D_s = densità acqua salata e D_d = densità acqua dolce) . Uno studio svolto su un'isola sabbiosa nel nord della Germania, con un $t = 1.80 \text{ m s.l.m.}$ e una $d = 0.027$ (con un h teorico pari a -66 s.l.m) l'acqua salmastra è stata incontrata a -60 e l'acqua salata a -65 m s.l.m.

Lo sfruttamento di queste falde di acqua dolce lungo le fasce costiere riveste grande interesse, soprattutto nei paesi a clima arido, dove la scarsità d'acqua potabile è ben nota. Tuttavia la loro utilizzazione, che avviene con pozzi, deve essere molto oculata, tenendo conto del precario equilibrio che regola i rapporti tra le acque dolci di falda e le sottostanti acque salate.

Infatti il pompaggio nei pozzi determina una locale depressione della superficie freatica secondo un cono di influenza, e quindi una diminuzione del carico idraulico della falda dolce sulla sottostante acqua salata. Ne consegue un innalzamento dell'acqua salata verso il pozzo. Un emungimento spinto può determinare una risalita di acqua salata fino al pozzo stesso, rendendolo inutilizzabile. Teoricamente una depressione della superficie freatica fino alla quota del livello marino fa risalire l'interfaccia allo stesso livello. Tuttavia i movimenti delle acque nel sottosuolo sono molto lenti, permettendo anche un pompaggio prolungato con depressioni freatiche al di sotto della quota del livello del mare ; ma saranno altrettanto lenti anche i movimenti in senso contrario, e i tempi di riutilizzazione del pozzo saranno prolungati.

I rapporti acque dolci e acque salate intervengono anche in un altro curioso ed interessante fenomeno idrogeologico : le sorgenti di acqua dolce sotto il livello del mare. Sono emergenze sul fondo marino di acque sotterranee dolci, che sotto la pressione idraulica nel circuito roccioso fuoriescono da fessure carsiche sommerse e risalgono in superficie senza mescolarsi con l'acqua salata a causa della differenza di densità. Si possono notare sulla superficie del mare per leggeri ribollimenti, o colorazione diversa, oppure con cerchi concentrici disegnati attorno all'area di risalita. Sono spesso note ai pescatori locali per la possibilità di dissetarsi. In qualche caso , con portate importanti , queste sorgenti sono state captate sul fondo in uscita dalla fessura, per una loro utilizzazione, come alla Mortola sulla costiera ligure. Questo interessante fenomeno avviene in massicci carsici parzialmente sommersi , dove le antiche ingressioni marine e l'innalzamento del livello del mare hanno sommerso le fessure sorgentifere un tempo subaeree. La ricarica del sistema carsico nell'entroterra, con l'infiltrazione degli afflussi meteorici, alimenta il circuito e permette con il carico idraulico l'attività sorgentifera sottomarina.

I miei amici idraulici mi dicono che qualcosa di simile succede anche nelle acque superficiali alle foci dei fiumi. Ora vi racconto come.

Alle foci dei fiumi l'acqua salata del mare s'insinua dentro l'alveo del corso d'acqua e risale il letto anche per molti km, scorrendo nella parte inferiore della sezione d'alveo, al di sotto del deflusso fluviale di acqua dolce che scende a mare. Le due acque, che si muovono in senso contrario, non si mescolano a causa della differenza di densità, una con un contenuto salino di 30-35 g/l, l'altra con un contenuto di 0.5 - 1.5 g/l. Il fenomeno crea molti disagi: impedisce la derivazione d'acqua dal fiume per irrigare, col rischio di bruciare le coltivazioni; inoltre "salifica" le acque dolci delle falde idriche sotterranee collocate sotto e sui fianchi dell'alveo.

Gli idraulici hanno studiato da tempo il fenomeno ed hanno individuato i sistemi per contrastarlo: normalmente si interviene con la costruzione di traverse sommerse, normali al deflusso, che sbarrano la parte inferiore dell'alveo fermando il cuneo salino di risalita dal mare e lasciando transitare al di sopra la corrente fluviale di acqua dolce.

Lo studio delle acque sotterranee è affascinante, pieno di misteri e di curiosità. Le acque nel sottosuolo sono state ignorate a lungo. Infatti gli interessi erano un tempo rivolti solo alle acque superficiali: l'acqua dei fiumi era limpida, si poteva bere, e consentiva di fare il bagno, anche dentro città. Veniva adoperata per molti usi. Ora.....invece.... Per nostra fortuna ci rimangono ancora rilevanti risorse idriche nascoste in profondità, finché dureranno in quantità e qualità: ma temo non per molto tempo, se continuiamo con rilevanti e insensati sprechi e con pericolose e persistenti contaminazioni chimiche nel suolo nelle aree di ricarica.

