

PIETRO ZANGHERI

***L'acqua sotterranea:
una risorsa nascosta.***

*Pozzi, acquiferi e falde
nella provincia di Venezia*



Assessorato alle Politiche Ambientali della Provincia di Venezia

Civiltà dell'Acqua

PIETRO ZANGHERI, *L'acqua sotterranea: una risorsa nascosta.*
Pozzi, acquiferi e falde nella provincia di Venezia.

Pubblicazione della Provincia di Venezia,
Assessorato alle Politiche Ambientali
Collana editoriale *Civiltà dell'Acqua*

Copyright © 2000 Provincia di Venezia.
Prima edizione: dicembre 2000.

Cure editoriali: Centro Internazionale Civiltà dell'Acqua
coordinamento: Patrizia Boschiero e Renzo Franzin;
redazione scientifica: Maria Pedron;
copertina e impaginazione: räderwerk;
stampa: Grafiche Tintoretto.

Distribuzione

La pubblicazione è distribuita fuori commercio dalla Provincia di Venezia
e si autorizzano riproduzione dei testi e dei dati, indicando la fonte.

Via della Rinascita, 156
30175 Marghera (Venezia)
tel. 041 2907200 - fax 041 2907212
www.provincia.venezia.it/proveco
e-mail: proveco@provincia.venezia.it

Centro Internazionale Civiltà dell'Acqua
Via G. Berchet, 3
31021 Mogliano Veneto (Treviso)
tel. 041 5906897 - fax 041 4566658
www.provincia.venezia.it/cica
e-mail: cica@provincia.venezia.it

Indice

<i>Prefazione</i>	p. 7
I. Da dove arriva l'acqua che beviamo?	p. 9
II. L'acqua sotterranea nel "ciclo dell'acqua"	p. 13
III. L'acqua nel sottosuolo: acquiferi e falde	p. 15
Falde in materiali sciolti	p. 17
Falda freatica a pelo libero	p. 17
Falda in pressione	p. 18
IV. Le acque sotterranee nella pianura veneta	p. 19
V. Le acque sotterranee della provincia di Venezia in dieci domande	p. 23
VI. Quantità e uso delle acque sotterranee	p. 31
VII. Qualità e inquinamento delle acque sotterranee	
Il concetto di inquinamento e di potabilità	p. 33
Le acque potabili	p. 33
Inquinanti delle acque sotterranee	p. 34
Sorgenti di inquinamento	p. 36
Come si muove un inquinante nel sottosuolo	p. 37
Risanamento dall'inquinamento	p. 37
Carta europea dell'acqua	p. 39
Scheda 1. Monitorare il livello di una falda	p. 43
Scheda 2. Le risorgive	p. 49
Scheda 3. Uso, tutela e valorizzazione delle acque sotterranee nella normativa	p. 53
Scheda 4. Inquinamento delle acque sotterranee da "fonti puntuali" nella pianura veneta	p. 57
Scheda 5. Impatti conseguenti al sovrasfruttamento e all'inquinamento degli acquiferi	p. 61
<i>Glossario</i>	p. 65
<i>Bibliografia citata e di riferimento</i>	p. 69
<i>Fonti delle illustrazioni</i>	p. 72

Prefazione

Da dove viene l'acqua che beviamo e usiamo giornalmente nelle nostre attività in casa o al lavoro? È l'interrogativo che apre questo agile libro sul patrimonio di acque naturali esistente nella provincia di Venezia.

Domanda che pochi si pongono almeno per capire l'origine dell'acqua che si beve, le sue caratteristiche nutrizionali, quale grado di purezza e quindi di sicurezza qualitativa può raggiungere.

Come per molte altre cose semplici di cui abbiamo perso memoria e storia, dall'origine all'uso, l'acqua ci suscita solo una curiosità intermittente che risolviamo, un po' per pigrizia un po' per mancanza di informazione, con delle risposte scontate, o meglio, con la convinzione che, in tempi di viaggi nello spazio, qualcuno o qualcosa ci fornirà comunque e sempre l'acqua quotidiana senza tante storie, associando spesso a questa vaga sensazione di fiducia, l'idea che l'acqua della nostra tavola nasca già pronta in bottiglia con la sua bella etichetta e le sue bollicine di contorno.

Invece, l'acqua non nasce in bottiglia e non è per niente certo che ne avremo anche per il futuro di buona qualità e in abbondanza, soprattutto se continuiamo a inquinare e a sprecarla come facciamo oggi.

L'acqua dolce disponibile nel pianeta, oltre che nei fiumi e nei ghiacciai delle montagne e dei poli, sta raccolta in vasti acquiferi, sorta di serbatoi naturali, proprio sotto i nostri piedi, a profondità variabili, filtrata, resa potabile e gradevole da un'architettura naturale straordinaria che, in milioni di anni, ha sistemato ciottoli, ghiaia, sabbia, limi e argille nel modo giusto, con la funzione primaria di purificare i liquidi che scendono nel sottosuolo per infiltrazione, cadendo dal cielo o scorrendo in superficie.

In queste immense praterie liquide (falde) nascoste sottoterra è raccolta una quantità d'acqua dolce pari a circa sedici milioni di chilometri cubi, il quaranta per cento dell'intera riserva potabile del pianeta.

Il ciclo dell'acqua è, dunque, un laboratorio raffinatissimo che lavora da milioni d'anni, silenziosamente e instancabilmente, senza un attimo di sosta, con un'ef-

ficace lentezza che l'uomo ha dimenticato, per rendere disponibile un prodotto dal valore inestimabile.

Il Veneto, e nel Veneto la provincia di Venezia, è fra le aree più ricche di acqua sotterranea di buona qualità e questo tesoro nascosto deve essere, prima di ogni altra cosa, conosciuto per poterlo salvaguardare da sprechi e inquinamenti e, infine, per usarlo nel modo più equilibrato possibile, perché non è inesauribile come qualcuno pensa ancora oggi e perché, in parte, abbiamo sperperato il capitale riducendo sia la capacità di ricarica delle falde che la quantità globale di acqua dolce che vi si trova.

Infatti, vivendo, lavorando, consumando nelle nostre città, nelle nostre fabbriche e nelle nostre campagne, noi modifichiamo in misura considerevole il delicato meccanismo che consente parte della raccolta di queste acque, a volte riducendolo drasticamente con cementi e asfalti, a volte avvelenandolo con i nostri scarichi, altre volte ancora sottraendo in superficie quell'acqua destinata a rimpinguare le falde, per imprigionarla in una rete artificiale che ci consente di sfruttarla senza troppi controlli o, peggio, per disperderla direttamente in mare.

In realtà, questo incessante lavoro sulla crosta della terra che, come abbiamo visto, ha conseguenze dirette sul laboratorio nascosto in cui si distilla l'acqua della vita, non è l'unica causa del pericolo che questa straordinaria riserva naturale corre: una nostra disattenzione cronica nei confronti di ciò che non riusciamo più a vedere, a percepire, quindi a considerare nella sua sostanza, è l'altro scenario che consente un cattivo uso dell'acqua e un rapporto incerto e contraddittorio con la presenza di questo elemento nella nostra vita.

Così, l'acqua acquista visibilità solo quando, come in questi mesi, crea disagi o veri e propri disastri che sono in parte considerevole provocati da una eccessiva manipolazione del territorio in cui viviamo.

Questo libro e gli altri che su questo argomento seguiranno, sono un contributo per riuscire a vedere e conoscere l'acqua prima e al di là delle alluvioni, capire gli equilibri che sono necessari a una tutela attiva della sua quantità e qualità, imparare a usarla nel modo più equilibrato per distribuirne in modo solidale le funzioni vitali e ricomporla nel nostro paesaggio reale, conquistando in questo modo la parte migliore della cultura e della tradizione veneta che sull'acqua si è sempre riflessa.

EZIO DA VILLA
assessore alle Politiche Ambientali
della Provincia di Venezia

I. Da dove arriva l'acqua che beviamo?

Apriamo un rubinetto nelle nostre case abbiamo subito acqua potabile, apparentemente in quantità illimitata. Ma da dove arriva l'acqua che beviamo e come giunge alle nostre case?

Essa viene prelevata da diverse fonti: sotterranee (sorgenti e falde) e superficiali (fiumi e laghi). Queste fonti sono continuamente rialimentate dal ciclo dell'acqua (si veda il capitolo II).

Nella scelta del tipo di fonte da utilizzare per l'approvvigionamento degli acquedotti si tende a privilegiare l'acqua sotterranea rispetto a quella superficiale. Infatti, nel loro tragitto sotterraneo, le acque si *autoepurano* da inquinanti di tipo microbiologico; inoltre il terreno frapposto tra la superficie del suolo e la falda ("zona non satura") garantisce un certo grado di protezione da eventuali inquinamenti di tipo chimico provenienti dal suolo.

Non sempre però nel sottosuolo ci sono risorse idriche sufficienti ad alimentare gli acquedotti, oppure esse sono di qualità non idonea perché, ad esempio, salmastre (in particolare nei paesi aridi, ma anche nelle zone costiere della provincia di Venezia) oppure perché contenenti sostanze dannose per la salute.

Nella Pianura Padana abbiamo il "privilegio" di avere alcuni dei più ricchi, ma anche meno conosciuti e studiati, acquiferi dell'Europa. In particolare, una ristretta fascia della pianura, larga 10-40 chilometri alla base dei rilievi alpini contiene abbondanti acque sotterranee, generalmente di elevata qualità. L'importanza di queste risorse idriche risulta evidentissima se si pensa che danno da bere a oltre

Avvertenza

I termini evidenziati dall'uso del carattere corsivo nel corpo del testo sono compresi nel glossario finale (pp. 65-68).

dieci milioni di persone e vengono ampiamente utilizzate a scopo industriale e agricolo. Non sempre però l'uomo usa con saggezza questa risorsa, infatti in molte zone della pianura le falde sono state inquinate o sovrasfruttate.

*Tabella 1.
Gli acquedotti della
provincia di Venezia
(dati aggiornati al 31
dicembre 1999).*

In provincia di Venezia gli acquedotti che portano l'acqua alle nostre case in parte utilizzano le acque sotterranee e in parte quelle superficiali.

Nella tabella che segue si riportano alcuni semplici dati relativi agli acquedotti della provincia di Venezia.

ACQUEDOTTI	NUMERO UTENTI RETE PRINCIPALE	LUNGHEZZA RETE PRINCIPALE (km)	PRELIEVO DA ACQUE SUPERFICIALI (l/s)	PRELIEVO DA ACQUE SOTTERRANEE (l/s)	ACQUA DISTRIBUITA (l/s)
ACM	76.837	1.806	0	888	622
APGA	1.138	105	13	0	10
ASP	15.600	310	238	0	227
ASPIV (industriale)	39	24	460	0	1.434
ASPIV (potabile)	122.000	1.238	143	1.706	0
Basso Livenza*	22.000	1.100	0	200	146
Basso Piave	46.103	1.500	363	442	632
Basso Tagliamento	14.354	490	0	173	121
Delta del Po	6.349	210	63	0	33
Sile-Piave	9.986	220	0	85	66
<i>totale</i>	314.406	7.003	1.279	3.494	3.290

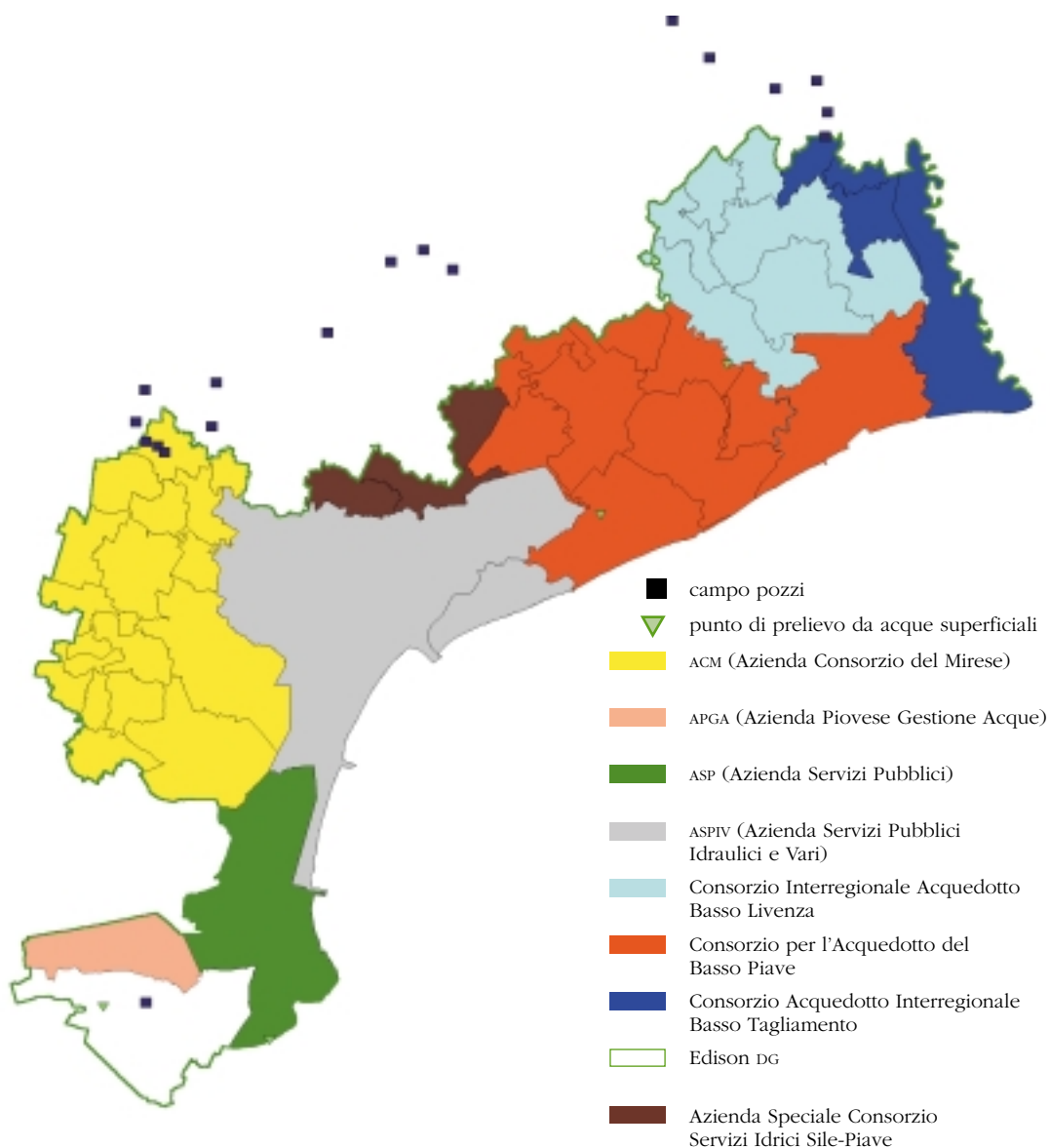
* I dati relativi all'acquedotto Basso Livenza comprendono anche sei comuni fuori provincia.

Si osservi come le condotte principali delle reti acquedottistiche si sviluppino per migliaia di chilometri (e a questi bisognerebbe aggiungere i chilometri di tubazioni relativi alle condotte secondarie, quelle che portano l'acqua a ciascuna delle nostre case).

Il quantitativo dell'acqua prelevata ammonta a oltre 4.000 litri al secondo, ovvero una cisterna di TIR ogni mezzo secondo! È un fiume d'acqua che viene prelevato dal sottosuolo o dai corsi d'acqua e che, suddiviso in migliaia di rivoli, arriva fino alle zone più isolate.

La figura 1 (p. 11) mostra quali acquedotti servano i diversi comuni e dove ciascun acquedotto abbia la sua fonte di approvvigionamento.

Si osservi come, spesso, i punti di prelievo siano molto distanti dai punti in cui l'acqua viene distribuita. Questo avviene perché gli acquedotti vanno a prelevare l'acqua dove la natura la rende disponibile con qualità migliore e



in quantità maggiore. In particolare gli acquedotti si concentrano nella fascia della media pianura (si veda il capitolo iv) la cui struttura idrogeologica permette la presenza di grandi accumuli di acqua di buona qualità.

Affinché un così grande quantitativo di acqua sia disponibile anche per le generazioni future è necessario che questa risorsa non venga sprecata. Purtroppo oggi non è sempre così. Infatti, come vedremo, i nostri comportamenti quotidiani ci fanno usare molta più acqua potabile di quella necessaria.

Un altro grande spreco di acqua dipende dai prelievi tramite pozzi privati (che sono migliaia); da questi pozzi,

1. Carta schematica dei punti di prelievo e degli acquedotti nella provincia di Venezia.

non essendo previsto nessun contatore e nessun pagamento, si prelevano grandi quantitativi di acqua pensando che la risorsa oltre che gratuita sia anche infinita!

Si confrontino a questo proposito due dati esemplari¹:

- portata media prelevata da ACM (Azienda Consorzio del Mirese) per servire diciassette comuni dell'area centrale della provincia di Venezia: 900 l/s;
- portata dispersa senza alcun utilizzo da pozzi privati nell'intera provincia di Venezia: circa 1.000 l/s.

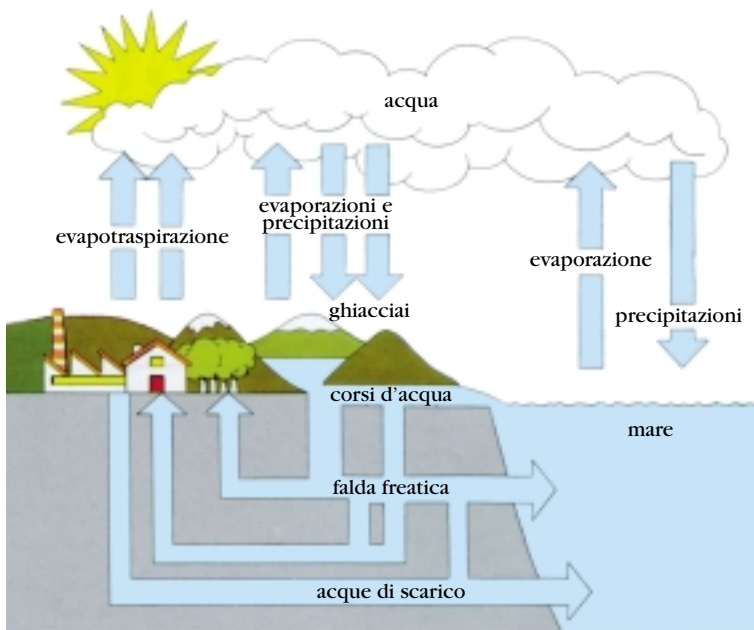
Questi numeri non hanno bisogno di commenti.

1. Fonte: Provincia di Venezia, 2000.

II. L'acqua sotterranea nel “ciclo dell'acqua”

Da secoli l'uomo ha imparato a prelevare l'acqua del sottosuolo, oppure a convogliarla, dai punti da cui sgorga naturalmente, in sorgenti e risorgive.

Questo perché l'acqua nel suo viaggio sotterraneo si *auto-depura* e quindi, di solito, è più adatta come acqua potabile rispetto alle acque di superficie. L'acqua sotterranea, tuttavia, anche limitandoci a considerare le acque dolci, è solo una piccola parte dell'acqua presente nel nostro pianeta. Ciò la rende una risorsa ancora più preziosa.



2. Il ciclo dell'acqua.

Contrariamente ad altre risorse naturali che sono presenti nel sottosuolo, l'acqua sotterranea si rinnova, anche se in tempi piuttosto lunghi. Come vedremo, però, non è una *risorsa* inesauribile.

Infatti anche le acque sotterranee fanno parte del "ciclo dell'acqua", il viaggio che essa compie e che continuerà a compiere fino a quando il sole fornirà l'energia necessaria a farla evaporare. L'acqua evaporata ricade poi sulla terra sotto forma di precipitazione e si infila nel sottosuolo proseguendo il suo cammino sottoterra fino a che non riemerge in sorgenti o non viene estratta dall'uomo tramite pozzi. Questo viaggio, per la sua ciclicità, viene appunto chiamato "ciclo dell'acqua" (figura 2, p. 13).

Nella tabella che segue si riporta una stima di quanta acqua c'è nel sottosuolo del nostro pianeta: la maggior parte è contenuta negli oceani e quindi è salata (non potabile). Si osservi inoltre come la maggior parte dell'acqua potenzialmente potabile sia contenuta nei ghiacciai, quindi non utilizzabile.

Solo una piccolissima parte dell'acqua planetaria si trova nei fiumi, nei laghi e nelle prime centinaia di metri di sottosuolo, cosicché per molti popoli l'acqua potabile non è affatto un bene abbondante e facilmente reperibile e per tutti è comunque un bene che va gestito «salvaguardando le aspettative ed i diritti delle generazioni future a fruire di un integro patrimonio ambientale» (legge 36/94).

*Tabella 2.
Capacità dei grandi serbatoi idrici della terra (fonte World Water Balance 1978).*

	VOLUMI IDRICI IMMAGAZZINATI			
	totali		acqua dolce	
<i>grandi serbatoi</i>	km ³	%	km ³	%
oceani	1.340.000.000	96,4		
ghiacciai	24.000.000	1,72	24.000.000	60
<i>acque sotterranee acquiferi</i>				
porzione 0-200 m	10.000.000			
porzione 0-2.000 m	24.000.000	1,72	16.000.000	40
porzione 0-5.000 m	60.000.000			
umidità del suolo	16.500	0,001	16.500	0,04
<i>acque di superficie dei continenti</i>				
laghi	176.400	0,013	90.000	0,22
letti dei corsi d'acqua	2.120	0,00015	2.120	0,005
atmosfera	13.000	0,001	13.000	0,03
acqua biologica	1.120	0,0001	1.120	0,003

III. L'acqua nel sottosuolo: acquiferi e falde

Parte dell'acqua piovana e parte dell'acqua trasportata dai fiumi si infiltra nel sottosuolo; essa penetra in profondità, fino a che raggiunge un livello di suolo impermeabile, andando a costituire degli accumuli di acqua sotterranea (falda) contenuta negli spazi vuoti (pori e fratture) del sottosuolo.

Acquifero: termine composto da *aqua* e *-fero* (porto, conduco); è una parte del sottosuolo in cui può accumularsi acqua sotterranea ed è paragonabile a un giacimento minerario, il cui minerale, l'acqua, è più o meno rinnovabile.

Cosa può costituire un acquifero?

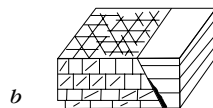
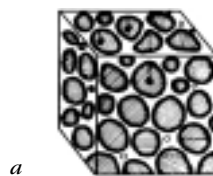
- la porosità, ovvero i vuoti di materiali sciolti (sabbie, ghiaie...);
- le fratture di un ammasso roccioso;
- le cavità e le condotte carsiche (figura 3).

Falda: acqua sotterranea contenuta in un acquifero.

In provincia di Venezia, come pure nell'intera Pianura Padana, le falde sono contenute nei materiali sciolti che costituiscono il sottosuolo, per centinaia di metri di spessore (caso a).

La pianura veneta è principalmente il risultato dell'erosione di materiali provenienti dalla montagna, del loro trasporto e della loro deposizione, a opera dei corsi d'acqua. Altre sedimentazioni sono avvenute in ambiente palustre, lagunare e marino in tempi geologicamente recenti (quaternario).

3. Rappresentazioni schematiche delle diverse tipologie di acquifero.



I materiali che costituiscono la pianura possono essere molto diversificati. Essi sono diversi ad esempio per:

- peso;
- mineralogia (composizione in minerali);
- colore.

Per ciascuno di questi elementi si potrebbe inventare un criterio di classificazione. Solitamente la classificazione più comune è quella basata sulla granulometria, ovvero sulle dimensioni delle particelle che costituiscono il sottosuolo.

La granulometria influenza le proprietà meccaniche, idrauliche, agronomiche dei terreni. Sulla base della diversa dimensione dei granuli i terreni si dividono in:

CLASSIFICAZIONE	GRANULOMETRIA (mm)	PERMEABILITÀ	CARATTERISTICHE MECCANICHE	POROSITÀ EFFICACE
ciottoli	> 20	↑	↑	↑
ghiaia	2-20			
sabbia	0,02-2			
limo	0,002-0,02			
argilla	< 0,002			

Guardando la tabella si può osservare che:

- crescendo le dimensioni dei granuli aumenta la loro permeabilità (ovvero l'acqua si infiltra nel sottosuolo più velocemente);
- diminuendo le dimensioni dei granuli peggiorano le caratteristiche meccaniche (ovvero il sottosuolo ha minore capacità di resistere alle deformazioni causate, ad esempio, dalla costruzione di un edificio);
- diminuendo le dimensioni dei granuli diminuisce la quantità d'acqua che si può estrarre dal sottosuolo, "acqua gravifica".

Nello studio delle acque sotterranee un parametro fondamentale è la permeabilità (k) che si misura in metri al secondo (m/s); è il parametro che ci indica la facilità con cui i terreni si lasciano attraversare dall'acqua. La permeabilità di solito è tanto maggiore quanto maggiori sono le dimensioni dei granuli e quanto più essi si presentano uniformi.

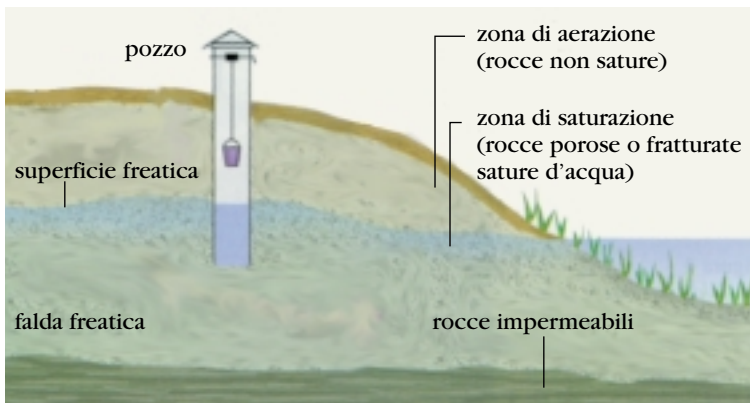
I terreni argillosi sono praticamente impermeabili mentre quelli sabbiosi e ghiaiosi sono permeabili. Troveremo quindi falde nel sottosuolo dove vi sono ciottoli, ghiaie e sabbie.

Falde in materiali sciolti

Falda freatica a pelo libero

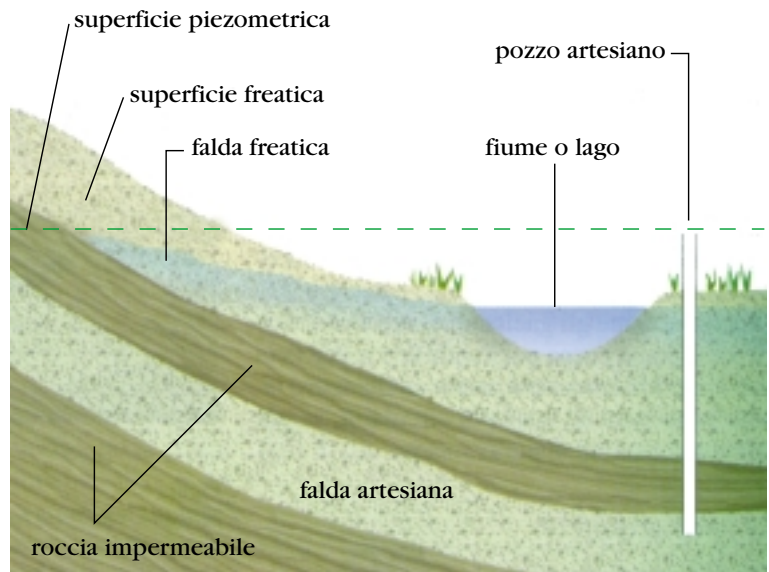
In questo caso la falda è alloggiata in terreni permeabili (per lo più sabbiosi-ghiaiosi-ciottolosi), senza avere un tetto di terreni impermeabili (per lo più argillosi), che impediscano le oscillazioni del livello dell'acqua nel tempo.

La sua superficie è quindi libera di muoversi e tenderà a salire ogni volta che viene alimentata da nuove quantità d'acqua. Questo caso viene schematizzato nella figura 4. Se si misura la profondità dell'acqua in un pozzo, si ottiene la profondità a cui si trova effettivamente l'acqua nel sottosuolo.



4. Schema di falda freatica a pelo libero.

5. Schema di falda freatica in pressione, in presenza di un pozzo.



Falda in pressione

Diverso è il caso che si presenta quando la falda è in pressione. Ciò si verifica quando essa, pur sempre alloggiata in terreni permeabili, è sormontata da uno strato impermeabile. Qualora questo impedisca il libero innalzarsi della superficie della falda, essa resta strettamente confinata nello strato acquifero ed esercita delle pressioni (sottopressioni), dal basso verso l'alto, sullo strato impermeabile.

Se nel corso della realizzazione di un pozzo idrico, si perfora questo strato impermeabile raggiungendo l'acquifero, la falda in tale punto tenderà a salire lungo il pozzo fino a raggiungere un livello di equilibrio detto equilibrio piezometrico.

Nel caso il livello piezometrico si trovi al di sopra del piano campagna (caso molto comune in provincia di Venezia), il pozzo, una volta creato, erogherà acqua senza bisogno di installare una pompa (figura 5).

IV. Le acque sotterranee nella pianura veneta

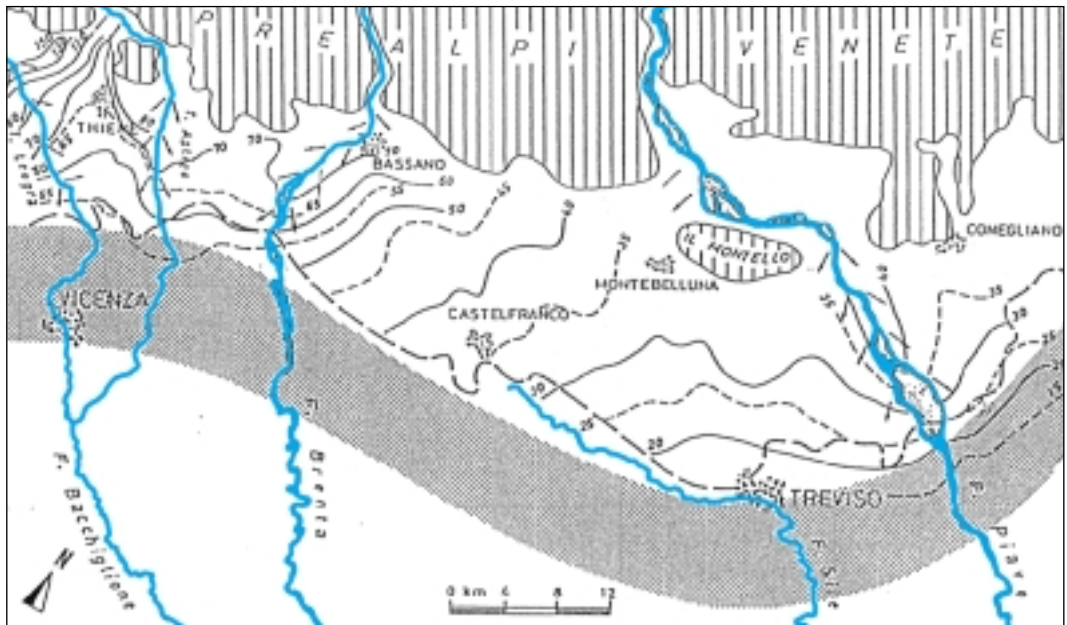
La pianura veneto-friulana è costituita da sedimenti (ciottoli, ghiaie, sabbie, limi, argille e *torbe*) di diversa origine (fluviale, eolica, marina, lacustre), che hanno colmato il golfo che esisteva un tempo al suo posto.

L'origine di questi sedimenti è soprattutto fluviale e fluvio-glaciale. La pianura è quindi il risultato del processo di erosione, trasporto e sedimentazione dei materiali erosi dalla catena alpina.

L'assetto idrogeologico dell'intera pianura veneto-friulana può essere schematizzato dividendo la pianura in queste tre fasce: 1. alta pianura; 2. media pianura; 3. bassa pianura. Infatti nella prima fascia alla base delle Prealpi (alta pianura) si sono depositati i materiali più pesanti e grossolani (caratterizzati da elevata permeabilità); nelle aree più distanti (bassa pianura), prevalgono i materiali fini (argilla, limi), caratterizzati da bassa permeabilità. Nell'area intermedia (media pianura) si alternano sedimenti ghiaiosi e sabbiosi (permeabili) a materiali fini (impermeabili). La struttura del sottosuolo nell'alta e nella media pianura è rappresentata in modo schematico nelle figure 6 e 7.

L'alta pianura

L'alta pianura contiene una falda freatica con superficie del pelo d'acqua libera, posta a una profondità che decresce andando dal piede dei rilievi verso valle. L'alimentazione di questa falda deriva soprattutto dalle dispersioni dei fiumi (Adige, Astico, Leogra, Brenta, Piave): una porzione della loro acqua si infiltra negli spazi tra le ghiaie e le sabbie e penetra in profondità, fino ad arrivare alle falde.



6. Schema idrogeologico della pianura veneta:

- fascia della media pianura caratterizzata dalle falde in pressione;
- linee isofreatiche;
- limite superiore della fascia dei fontanili;
- tronco d'alveo disperdente;

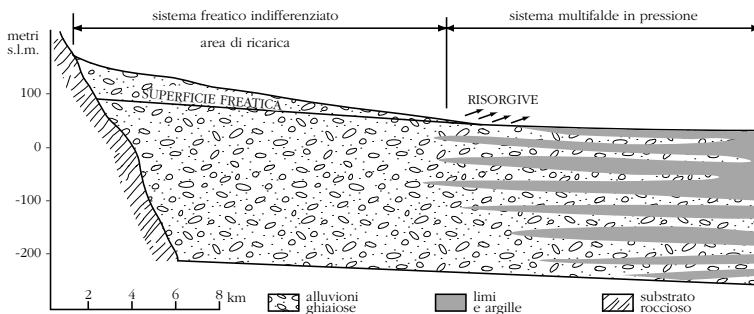
Nella tabella che segue si riportano le quantità d'acqua disperse dai fiumi, che rappresentano circa il 70 per cento dell'alimentazione del sistema idrogeologico veneto.

FIUMI	PORTATA MEDIA ANNUA DISPERSA (m ³ /s)
Leogra	4
Astico	6
Brenta	11
Piave	29
<i>totale</i>	50

Osserviamo, a titolo esemplificativo, che la quantità d'acqua dispersa dal Piave nel sottosuolo, in un tratto di 12-13 chilometri, cioè 29 m³/s, corrisponde a quaranta volte la portata media che alimenta l'acquedotto del Mirese, il quale serve 200.000 abitanti in diciassette comuni della provincia di Venezia.

La media pianura

La media pianura è caratterizzata da una progressiva diminuzione delle ghiaie, che vengono suddivise in diversi strati separati da livelli di materiali fini limoso-argillosi (quindi a permeabilità bassissima). Di conseguenza la falda presente nell'alta pianura si suddivide in più falde sovrapposte e in



7. Modello idrogeologico della pianura veneta. La figura rappresenta una sezione con direzione nord-sud.

pressione. La media pianura è caratterizzata dall'esistenza di *pozzi artesiani*, attraverso i quali l'acqua fuoriesce per pressione naturale, senza l'ausilio di pompe. In questa zona la superficie freatica, nel suo progressivo innalzamento verso il piano campagna, emerge in superficie, creando una fascia di caratteristiche sorgenti di pianura, dette risorgive (si veda la scheda 2, p. 49).

La bassa pianura

Nella bassa pianura il sottosuolo è costituito in prevalenza da limi e argille, entro cui si intercalano livelli sabbiosi (legati ad esempio a paleoalvei e a dune sepolte). I corpi acquiferi presenti sono in genere costituiti da falde in sabbia e non molto estese nel sottosuolo.

L'alimentazione delle falde è attribuibile principalmente a tre fattori:

- la dispersione dei corsi d'acqua;
- l'infiltrazione delle piogge;
- l'infiltrazione a valle delle acque di ruscellamento di versante, cioè quelle acque che scorrono lungo i versanti delle montagne e, una volta giunte a valle, si infiltrano nel sottosuolo andando ad alimentare le falde.

Per quanto riguarda gli esigui corpi acquiferi liberi superficiali, la loro alimentazione è affidata ad apporti esclusivamente locali, quali gli *afflussi meteorici* e la dispersione di acqua utilizzata per irrigazioni.

V. Le acque sotterranee della provincia di Venezia in dieci domande

Nel sottosuolo della provincia di Venezia sono presenti abbondanti e pregiate risorse idriche. Rispondendo ad alcuni semplici quesiti possiamo evidenziare quali sono le caratteristiche e qual è l'importanza di questa risorsa.

1. Qual è l'importanza delle risorse idriche sotterranee della provincia di Venezia?

Per comprendere l'importanza di queste risorse consideriamo che le acque sotterranee presenti nella provincia:



- alimentano acquedotti che soddisfano il fabbisogno di acqua potabile di migliaia di persone;
- hanno permesso la nascita di attività agricole di pregio, quali ad esempio la coltivazione del radicchio a Scorzè e l'orticoltura del Cavallino;
- vengono sfruttate da migliaia di pozzi privati per vari scopi;
- in un zona del territorio provinciale si trovano acque termali che raggiungono i 50 °C di temperatura e che sono utilizzate anche a scopo termale e terapeutico (le terme di Bibione).

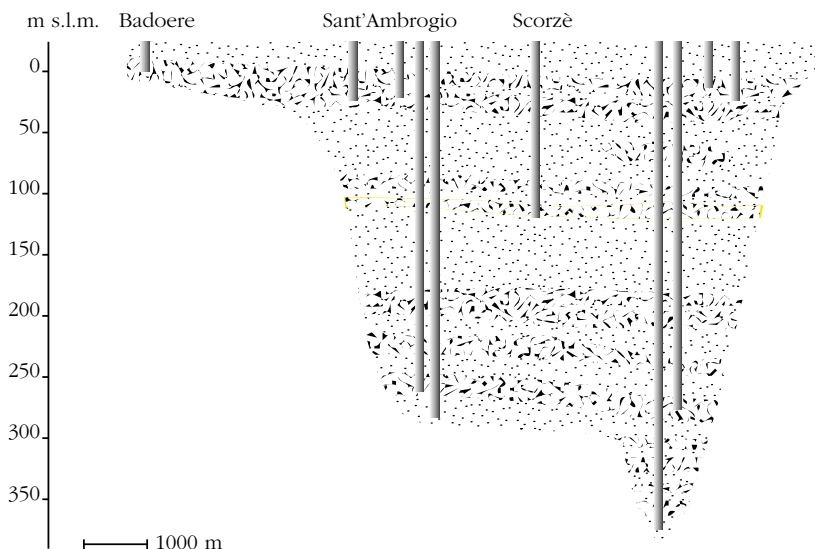
2. Dove si trova l'acqua?

Nel sottosuolo l'acqua è contenuta in una serie di acquiferi in pressione sovrapposti tra di loro. Vicino alla superficie è inoltre presente una falda freatica profonda qualche metro che risulta però scarsamente produttiva.

La figura 8 (p. 24) riporta un esempio reale di come sono distribuiti gli acquiferi nel sottosuolo. L'esempio è relativo alla zona di Scorzè; in quest'area i pozzi dell'Azienda Consorzio del Mirese, i pozzi di una delle più

8. Situazione idrogeologica a nord di Scorzè (Venezia).

-  argille, limi e sabbie fini
-  ghiaie e sabbie



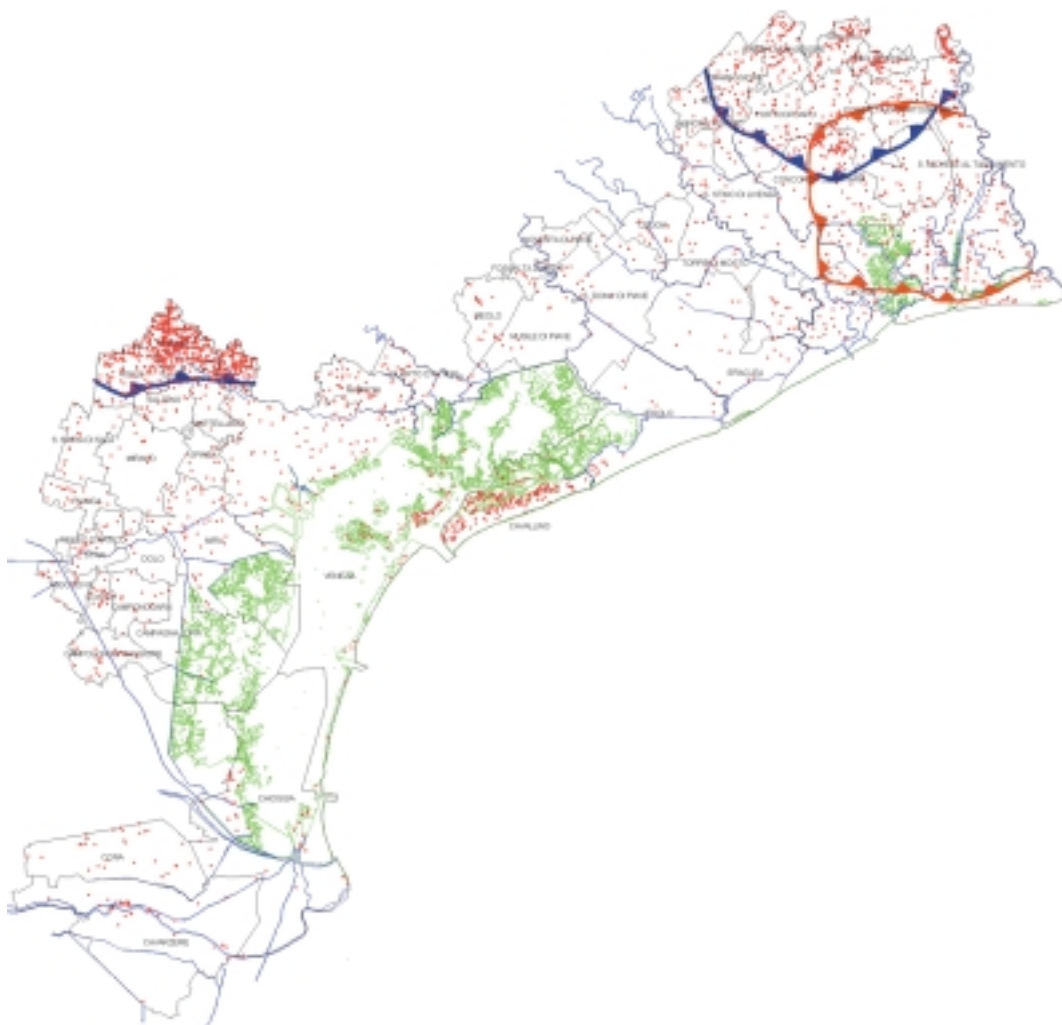
importanti ditte di acque minerali italiane e centinaia di pozzi privati, estraggono acque, spesso di ottima qualità, dalle sei falde che si susseguono fino a circa 300 metri di profondità. Si può notare che il sottosuolo è costituito da un alternarsi di strati formati da argille e limi, poco o nulla permeabili (detti “aquiclude”), e da livelli di ghiaie e sabbie che sono invece permeabili. Questi ultimi livelli contengono le falde che sono artesiane (ovvero i pozzi che in esse trovano alimentazione sono pozzi a erogazione spontanea).

3. Dove si trova l'alimentazione delle falde in pressione della provincia di Venezia?

Il territorio della provincia ricade in gran parte nella zona di bassa pianura. Esiste però un'importante porzione di territorio (Scorzè, Noale, parte del Portogruarese) che appartiene alla media pianura. La quasi totalità del territorio è a valle del limite inferiore della fascia delle risorgive; nel territorio provinciale si trovano solo due risorgive (si veda la scheda 2, p. 49). L'area di alimentazione di queste falde è posta a monte del territorio provinciale.

4. Come si distribuisce la risorsa acqua sotterranea?

La risorsa acqua non è distribuita in modo uniforme. La carta delle risorse idriche sotterranee della provincia di Venezia (figura 9) indica i pozzi censiti in un'indagine svol-






ta dall'Amministrazione provinciale. I pozzi non sono distribuiti uniformemente, ma si concentrano in alcune aree dove le risorse idriche sono più abbondanti e di migliore qualità.

La linea di colore blu segna il limite dell'area in cui le falde sono di norma potabili e più ricche. A tale proposito è bene ricordare che l'acqua può risultare non potabile anche per cause naturali.

Con la linea di colore rosso viene evidenziata un'altra risorsa legata alle acque sotterranee: la presenza di acque termali. Queste, che si trovano in una zona al confine tra le regioni del Veneto e del Friuli Venezia Giulia, rappresentano una grande ricchezza economica per la nostra provincia dal momento che su di esse si basano diverse attività produttive. Le aree a maggiore presenza di risorsa sono quindi l'alto Miranese e il Portogruarese. Qui si ha la massima densità

9. Carta delle risorse idriche sotterranee della provincia di Venezia. In verde i limiti delle aree lagunari, delle isole e delle barene.

-  delimitazione area di risorsa idrotermale (isoterma 30°C)
-  delimitazione area di risorsa idropotabile
-  pozzo censito

tà di pozzi, che risulta notevole anche nel litorale del Cavallino (a nord-est di Venezia), dove le acque vengono utilizzate per l'irrigazione delle colture orticole.

5. Le acque sotterranee hanno le stesse caratteristiche nell'intera provincia?

La risposta è negativa dal momento che la struttura idrogeologica del sottosuolo risulta estremamente varia. A causa di ciò anche le acque sotterranee presentano caratteristiche altrettanto varie.

A titolo di esempio si riportano nella tabella che segue i dati qualitativi di alcuni campioni d'acqua, prelevati in diverse zone del territorio provinciale. Essi vengono confrontati nelle ultime due colonne della tabella con il *Valore Guida* (VG) e la *Concentrazione massima ammissibile* (CMA) previste dalla normativa (decreto del presidente della Repubblica 236/88) per le acque potabili.

Tabella 3. Caratteristiche chimico-fisiche di cinque campioni d'acqua prelevati in provincia di Venezia a diverse profondità.

CAMPIONE	SCORZÈ	CAVALLINO	CAORLE	GRUARO	SAN MICHELE	VG	CMA
profondità (m)	313	119	250	192	455	—	—
livello (m dal piano campagna)	+ 6,0	- 2,0	+ 0,1	+ 4,5	+ 14,0	—	—
temperatura (°C)	16,6	16,6	18,4	15,5	48,0	—	—
conducibilità (µS/cm)	334	698	549	330	574	400	—
ferro (µg/l)	20	457	213	28	0	50	200
ammoniaca (mg/l)	0,0	15,5	6,6	0,3	1,5	0,05	0,5
arsenico (µg/l)	< 2	92	85	< 2	< 2	—	50
manganese (µg/l)	1	41	31	22	14	20	50
durezza (°F)	18,8	28,7	13,6	18,4	13,8	—	—
solfati (mg/l)	7,5	0,1	0,2	8,7	0,2	25	250
cloruri (mg/l)	3	3	2	1	6,6	25	—

Si noti come queste acque, ciascuna prelevata da un acquifero diverso, presentino caratteristiche chimico-fisiche notevolmente differenti.

In alcuni casi le acque sono potabili, in altri, come nei campioni prelevati al Cavallino, a Caorle e a San Michele sono non potabili. La non potabilità, in questi ultimi casi, risulta legata a una caratteristica naturale dell'acqua e non è dovuta a fenomeni di inquinamento.

6. Come vengono utilizzate le acque sotterranee?

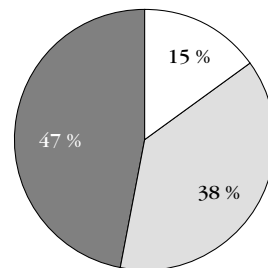
Le acque vengono estratte dal sottosuolo per molteplici usi. Principalmente si possono indicare i seguenti:

- acquedottistico, nei comuni di Scorzè e Gruaro;
- imbottigliamento (acque minerali), nel comune di Scorzè;
- potabile-privato, quasi esclusivamente nell'alto Miranese e nell'alto Portogruarese;
- irriguo, in tutto il territorio provinciale e, in particolare, nel comune di Scorzè e nel litorale del Cavallino;
- industriale, in tutto il territorio provinciale;
- domestico, in tutto il territorio provinciale;
- zootecnico, in alcune aree del Portogruarese.

Secondo la legge, il consumo umano è prioritario rispetto a tutti gli altri: «l'uso dell'acqua per il consumo umano è prioritario rispetto agli altri usi del medesimo corpo idrico superficiale o sotterraneo. Gli altri usi sono ammessi quando la risorsa è sufficiente e a condizione che non ledano la qualità dell'acqua per il consumo umano» (legge 36/94, *Disposizioni in materia di risorse idriche*, articolo 2).

Nella tabella che segue e nella figura 10 vengono riportati i prelievi esistenti suddivisi in tre tipologie.

Si notino gli elevati consumi in quattro comuni dell'alto



10. *Prelievi misurati in percentuale e suddivisi per tipologia: 47 % privato; 38 % acquedottistico; 15 % da area di concessione mineraria.*

PRELIEVI DA FALDE CONFINATE	PORTATE (l/s)
prelievi a scopo acquedottistico	1.259
prelievi da aree di concessione mineraria (acque minerali e termali)	417
<i>totale</i>	1.676
PRELIEVI DA POZZI PRIVATI	
area centrale	790
(di cui nei comuni di Scorzè, Noale, Martellago e Salzano)	700
Portogruarese	522
Sandonatese	40
area meridionale	22
<i>totale</i>	1.374

Tabella 4. *Portate medie prelevate in litri al secondo (l/s) suddivise per tipo di prelievo e per area.*

Miranese (Noale, Martellago, Salzano, Scorzè). In questi quattro comuni sono stati censiti oltre mille pozzi privati a erogazione spontanea con una *portata* misurata complessiva di 560 litri al secondo (pari a quella in grado di alimentare un acquedotto che serve 150.000-200.000 persone).

In generale, nelle vaste aree delle province di Vicenza, Padova, Treviso e Venezia, dove i pozzi sono a erogazione

spontanea, esiste un diffuso spreco di acque potabili di ottima qualità, a causa della “tradizione” di lasciare a erogazione continua i pozzi artesiani. Si tratta di uno spreco assurdo di quelle acque sotterranee che «ancorché non estratte dal sottosuolo, sono pubbliche e costituiscono una risorsa che è salvaguardata ed utilizzata secondo criteri di solidarietà» (legge 36/94, detta “legge Galli”, articolo 1).

Una volta dispersa sul terreno quest’acqua non è più utilizzabile e tanto meno potabile, dal momento che può essere entrata in contatto con sostanze inquinanti presenti nel suolo. È fondamentale che ognuno di noi divenga consapevole della preziosità di questa risorsa e della necessità di proteggerla; spesso basta un semplice rubinetto da chiudere quando l’acqua non viene utilizzata.

Un ulteriore passo per la responsabilizzazione personale potrebbe essere l’installazione di un contatore che permetta di misurare i consumi, affinché anche l’acqua abbia un prezzo e non sia più considerata un bene che si può disperdere senza pagare.

7. In futuro ci sarà sempre la stessa abbondanza d’acqua che abbiamo oggi?

Gli acquiferi hanno un processo di ricarica naturale (si ricordi quanto detto al paragrafo sul ciclo dell’acqua), ma se i prelievi sono superiori alla ricarica naturale la risorsa è destinata via via a diminuire (“sovrasfruttamento” degli acquiferi). Di conseguenza, anche l’acqua sotterranea, che a molti appare inesauribile, è una risorsa da conoscere, usare correttamente e salvaguardare.

In varie parti della provincia, in particolare in quelle di area di risorsa idropotabile (si vedano le figure 6, p. 20 e 9, p. 25), a causa dello spreco di acqua, la pressione delle falde sta progressivamente e sensibilmente diminuendo, tanto che in diverse zone le falde meno profonde non sono più in grado di sgorgare spontaneamente. Le falde oltre i 200 metri di profondità sono, per il momento, “salve”, ma se continuerà l’attuale spreco, anch’esse vedranno presto diminuire la loro pressione.

Il “sovrasfruttamento” di un acquifero può comportare, oltre alla diminuzione della risorsa disponibile, anche molti altri impatti ambientali negativi, tra i quali la riduzione di aree umide con la conseguente perdita di specie vegetali e animali rare e il fenomeno della subsidenza, ossia l’abbas-

samento del terreno, che provoca danni all'ambiente agricolo e l'aumento del *rischio geologico* (si veda la scheda 5, p. 61).

8. *Vi sono normative finalizzate a limitare lo spreco dell'acqua?*

Sì, e da molti anni, anche se spesso non sono applicate. La "legge Galli", del 1994, stabilisce che le acque superficiali e sotterranee sono da considerarsi pubbliche e pertanto vanno salvaguardate e utilizzate rispettando l'ambiente e il diritto delle generazioni future a goderne, in un'ottica di risparmio e di rinnovo delle risorse.

Secondo una legge del 1933 (regio decreto 1775/33, articolo 106), l'ufficio del Genio Civile è l'autorità che può regolare i pozzi a erogazione continua, ed eventualmente imporne la chiusura in caso di fenomeni di subsidenza o inquinamento.

Ai comuni spetta invece, secondo la legge regionale 33 del 1985, la competenza di installare sistemi di misura dell'acqua erogata da pozzi privati.

Di particolare interesse è il *Testo unico sulle Acque* (decreto legislativo 152/99, articolo 25), la legge più recente, che affida alle regioni l'importante compito di favorire la riduzione dei consumi e degli sprechi tramite azioni di informazione ed educazione, di diffusione di metodi e tecniche per il risparmio idrico e di installazione dei contatori.

9. *Gli acquiferi della provincia di Venezia sono ben conosciuti e monitorati con continuità?*

Nella Pianura Padana le acque sotterranee sono la principale fonte di acqua potabile. Ciò farebbe pensare che le caratteristiche degli acquiferi siano ben note, poiché per gestire un bene naturale è necessario prima di tutto conoscerlo. Nonostante ciò le caratteristiche geologiche e idrochimiche delle falde sono note ancora in modo parziale.

L'Amministrazione della Provincia di Venezia si sta interessando da molti anni alle acque sotterranee presenti nel sottosuolo del suo territorio. A tale fine sono state svolte e sono tuttora in corso indagini idrogeologiche riguardanti le falde idriche profonde, sia in base a precisi dettati normativi (legge 319/76, legge 142/90, legge regionale 61/85, legge regionale 44/82, decreto del presidente della Repubblica 236/88, decreto legge 130/89, decreto legge

275/93, legge 36/94), sia nell'ambito di un più ampio progetto mirante ad acquisire un'approfondita conoscenza delle problematiche fisico-ambientali del proprio territorio.

Il lavoro ha verificato la distribuzione delle falde idriche nel sottosuolo, la qualità e la quantità delle acque, gli sfruttamenti in atto e i rischi legati a sfruttamenti eccessivi.

Si tratta del primo esempio nel Veneto di un lavoro sistematico su questo tema, che ci si augura venga presto imitato da altre province o dalla Regione Veneto.

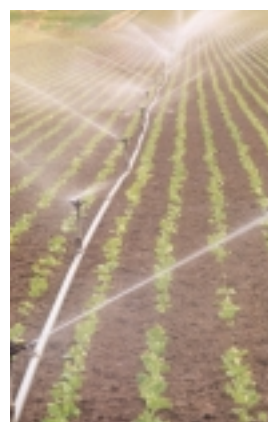
I *monitoraggi* sulle falde fino a poco tempo fa erano molto pochi; nel 1999 è entrata in vigore una nuova normativa (decreto legislativo 152/99, *Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento*) che prevede in dettaglio i vari monitoraggi che i diversi enti territoriali devono eseguire. Ciò dovrebbe garantire in futuro migliori controlli e migliore gestione delle acque.

10. Quanti pozzi esistono in provincia di Venezia e quali sono le loro caratteristiche più importanti?

I pozzi esistenti sono migliaia. Quelli che prelevano da falde in pressione sono stati censiti dalla provincia di Venezia. Alcuni dati relativi a questi pozzi sono riportati nella tabella che segue.

NUMERO DEI POZZI CENSITI CON PROFONDITÀ > 10 m	NUMERO E PERCENTUALE A PORTATA SPONTANEA	NUMERO E PERCENTUALE CON STRATIGRAFIA NOTA	PRELIEVO STIMATO (l/s)
Portogruarese 1.120	885 (79,0 %)	7 (0,6 %)	550
Sandonatese 173	95 (54,9 %)	8 (4,6 %)	40
area centrale 1.837	768 (43,2 %)	43 (2,3 %)	2.360
area meridionale 139	9 (6,5 %)	30 (21,6 %)	100
<i>totali</i> 3.269	1.757 (53,7 %)	86 (2,6 %)	3.050

VI. Quantità e uso delle acque sotterranee



Allarghiamo ora la nostra visuale dalla provincia di Venezia all'intero pianeta e vediamo come viene utilizzata l'acqua sotterranea.

I principali settori di utilizzo sono:

- Agricoltura - L'acqua utilizzata per l'irrigazione ammonta all'80 per cento dei consumi totali; nel XX secolo c'è stato un rapido aumento delle terre irrigate che ora rappresentano il 15 per cento di quelle coltivate (SHIKLOMANOV 1998). Purtroppo, una considerevole quantità di quest'acqua viene sprecata (il 60 per cento circa) per dispersione dai canali di distribuzione e per evaporazione.

In futuro si prevede che le terre irrigate aumenteranno raggiungendo un'area di 330 milioni di ettari, nel 2025, soprattutto nei paesi in rapida crescita demografica.

- Industria - I processi industriali sfruttano il 2 per cento di tutta l'acqua consumata in totale. I volumi utilizzati variano molto in base al tipo di produzione: i principali consumatori sono le industrie chimiche e metallurgiche, le centrali termiche e atomiche, le cartiere, ma il primato spetta alle in-

11-12. Due diversi metodi di irrigazione. In entrambi i casi viene utilizzata acqua di falda.

dustrie farmaceutiche.

- Usi domestici - Il 3,5 per cento dell'acqua viene consumato per usi domestici. I litri pro capite al giorno dipendono, tuttavia, dalle dimensioni e dalla localizzazione dell'abitato: nelle grandi città si prelevano ogni giorno 300-600 litri per persona, mentre nei villaggi agricoli il prelievo è di appena 50-100 litri a persona giornalieri (SHIKLOMANOV 1998).

Solo una piccola percentuale di quest'acqua serve a usi essenziali come bere e cucinare; un'ingente quantità viene impiegata per lavarsi e per lo sciacquone del bagno, per annaffiare i giardini e gli orti, e per pulire strade e città.

Certamente in questi casi non sarebbe necessaria la preziosissima acqua potabile, ma le attuali tecnologie, e soprattutto i metodi di gestione, ancora non permettono una differenziazione delle reti idriche a seconda degli usi («UNESCO Sources» 1996).

Purtroppo le previsioni non sono rosee – dato anche l'aumento della popolazione – e si prevede che in futuro il prelievo di acqua pro capite crescerà fino a raggiungere i 500-1.000 litri al giorno nelle città industriali dell'Europa e del Nord America (SHIKLOMANOV 1998).

VII. Qualità e inquinamento delle acque sotterranee

Il concetto di inquinamento e di potabilità

Potabilità e inquinamento sono due concetti fondamentalmente diversi. L'acqua può essere infatti non potabile anche in assenza di fenomeni di inquinamento (e viceversa).

In base all'uso dell'acqua (e alla sua reale disponibilità) si avrà bisogno di acque con caratteristiche diverse, che si potranno reperire direttamente in natura oppure trattare artificialmente con metodi di disinfezione.

Che cosa si intende per inquinamento delle acque sotterranee?

«Il processo d'inquinamento delle acque sotterranee è dovuto all'introduzione in falda di uno o più prodotti estranei, più o meno solubili, i quali alterano la composizione chimica dell'acqua stessa; molto spesso l'alterazione è tale da rendere l'acqua inadatta a certi impieghi e dannosa alla salute dell'uomo» (CHIESA 1988).

L'inquinamento va quindi valutato come una variazione rispetto alle caratteristiche chimiche naturali. Va ricordato che queste variano nel tempo (regime idrochimico), in funzione soprattutto della portata.

Le acque potabili

I requisiti che deve soddisfare un'acqua per essere dichiarata potabile vengono fissati sulla base degli effetti che le diverse sostanze possono avere sulla salute.

I limiti delle concentrazioni di sostanze che possono es-

sere presenti nell'acqua sono fissati, in linea di principio generale, dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS).

Nell'Unione Europea esiste una direttiva CEE (n. 80/778) che è stata recepita in Italia dal decreto del presidente della Repubblica 236/88. Esso fissa i valori guida (VG) e le concentrazioni massime ammissibili (CMA) che devono caratterizzare un'acqua dichiarata idonea al consumo umano (l'assenza di questi requisiti può dipendere sia da cause artificiali che naturali) e regola i controlli da eseguire. I criteri di potabilità non riguardano solo le sostanze chimiche che possono essere presenti nell'acqua, ma anche: i criteri organolettici che determinano la gradevolezza dell'acqua, ossia colore, torbidità, odore, sapore; i parametri fisici come temperatura, *conducibilità*, pH, *residuo fisso*; i criteri microbiologici (si veda il paragrafo successivo).

Per garantire che l'acqua di buona qualità mantenga le proprie caratteristiche, la legge protegge le opere di captazione introducendo il concetto di salvaguardia: intorno all'opera si individuano *zone di tutela assoluta*, *zone di protezione* e *zone di rispetto*, che andrebbero definite con criteri idrogeologici ovvero considerando la composizione e la struttura dei terreni e delle rocce attraversate dall'acqua nel suo processo di infiltrazione nel sottosuolo.

Recentemente è stata promulgata una nuova direttiva CEE (direttiva 3/11/1998, n. 98/83/CE), concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano che però non è ancora stata recepita dalla normativa italiana.

Inquinanti delle acque sotterranee

Le acque sotterranee, così come quelle superficiali, possono essere oggetto di inquinamenti. Sono, comunque, più difficilmente inquinabili di quelle superficiali poiché possiedono la protezione naturale data dai terreni sovrastanti la falda. Una volta inquinate, però, la contaminazione persiste per tempi molto più lunghi (anche decine di anni).

Esistono due tipi di inquinamento: microbiologico e chimico.

Inquinamento microbiologico

È un inquinamento dovuto alla presenza di batteri, virus, protozoi, alcuni dei quali sono causa di malattie, anche gra-

vi, per l'uomo. Esso, in genere, è assente nelle acque sotterranee.

È per questo motivo che da lunghissimo tempo, quando possibile, le acque sotterranee vengono preferite a quelle superficiali.

Infatti le acque sotterranee durante il loro cammino nel sottosuolo subiscono una filtrazione naturale che elimina eventuali microrganismi che possono rivelarsi dannosi per la salute dell'uomo.

Inquinamenti microbiologici sono possibili nelle falde freatiche poco profonde e quindi più esposte alla possibile infiltrazione di inquinanti dalla superficie; possono essere legati anche a pozzi o a reti acquedottistiche mal costruite.

Negli acquedotti, per proteggerla dall'inquinamento microbiologico, si interviene trattando l'acqua distribuita con il cloro o con l'ozono.

Inquinamento chimico

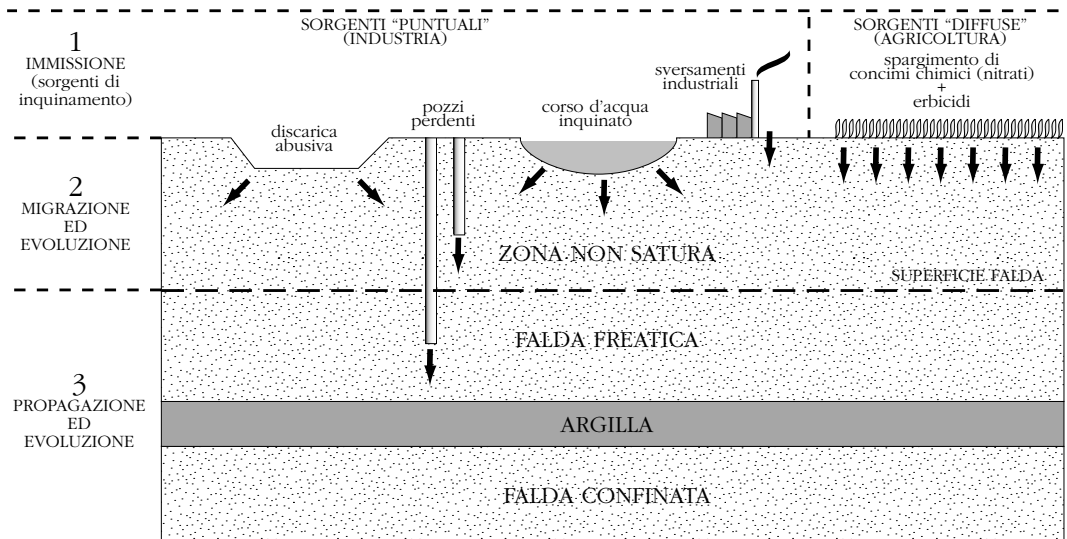
Diverso è il caso dell'inquinamento di tipo chimico. Infatti le sostanze chimiche esistenti potenzialmente in grado di inquinare le acque sono moltissime: secondo l'EPA (Environmental Protection Agency, USA, Agenzia di Protezione Ambientale) oltre diecimila! Di seguito si elencano le principali sostanze inquinanti che si ritrovano più frequentemente nelle acque sotterranee:

- nitrati;
- nitriti;
- solfati;
- cloruri;
- microinquinanti: sono sostanze presenti in piccolissime concentrazioni ma ugualmente dannose perché tendono ad accumularsi nei lipidi degli organismi viventi, aumentando sempre più in concentrazione a mano a mano che si sale lungo le *catene alimentari*. I più importanti microinquinanti sono: i metalli pesanti (cadmio, cromo, mercurio, piombo), gli *erbicidi*, i *solventi organo-alogenati* e altri composti organici quali benzene, cloruro di vinile (materia prima del PVC)...;
- idrocarburi: composti di carbonio e idrogeno.

Nella pianura veneta una specifica indagine (si veda la scheda 4, p. 57) ha evidenziato che i più diffusi inquinanti delle acque sotterranee sono i solventi organo-alogenati, il cromo, i nitrati e i pesticidi.

Sorgenti di inquinamento

La figura 13 indica le possibili cause di inquinamento delle acque sotterranee.



13. Sorgenti di inquinamento delle acque sotterranee.

Si è soliti dividere le sorgenti di inquinamento in due tipi: sorgenti di tipo puntuale e sorgenti di tipo diffuso.

Sorgenti di tipo puntuale

Le sorgenti di tipo puntuale sono punti specifici in cui ha origine un inquinamento chimico a causa, ad esempio, di uno scarico industriale o delle sostanze provenienti da una discarica. Gli inquinanti lentamente si infiltrano nel sottosuolo fino a raggiungere le acque di falda. Questo tipo di sorgenti produce inquinamenti localizzati su aree ristrette ma con elevate concentrazioni. L'inquinante una volta arrivato nella falda si muove con il lento movimento delle acque sotterranee e può arrivare anche a pozzi di acquedotti e quindi ai nostri rubinetti.

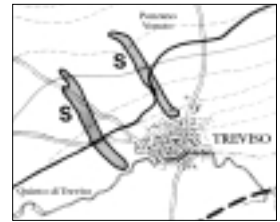
Le sorgenti di tipo diffuso

Le sorgenti di tipo diffuso sono tipicamente legate all'attività agricola. Sono così chiamate in quanto non c'è un punto specifico di inquinamento, ma le sostanze tossiche provengono da tutta l'area coltivata.

Infatti, parte dei concimi, dei pesticidi e degli erbicidi sparsi sul terreno può essere trasportata fino alla falda dal-

l'acqua che si infiltra nel sottosuolo.

Questo tipo di inquinamento comporta in genere concentrazioni basse su aree vaste. In lunghi periodi si può arrivare anche a un superamento dei limiti di potabilità, come già avvenuto, per nitrati ed erbicidi, in varie parti della pianura vicentina e trevigiana.



14. Esempio della forma del "pennacchio di inquinamento" nel caso di sorgenti puntuali e continue. L'esempio si riferisce a due casi di inquinamento avvenuti poco a monte della fascia delle risorgive.

Come si muove un inquinante nel sottosuolo

Cosa succede a un inquinante una volta che viene abbandonato su un terreno?

Si infiltra nel sottosuolo dove possono avvenire una serie di processi che "fermano", ritardano o attenuano l'inquinamento. Il suolo, infatti, possiede una capacità di autodepurazione: attraverso processi chimici, fisici e biologici gli inquinanti vengono parzialmente bloccati, degradati o resi non tossici.

Una volta arrivato in falda però l'inquinante vi rimane e difficilmente intervengono reazioni chimiche che possano eliminarlo. Di conseguenza inizia a muoversi con le acque sotterranee seguendo la direzione dell'acqua della falda.

Le velocità di propagazione delle sostanze inquinanti dipendono dalle velocità di deflusso delle acque sotterranee, che nell'alta pianura veneta sono di alcuni metri al giorno, mentre risultano lentissime (pochi centimetri al giorno) nella media pianura.

In genere la forma del *pennacchio* inquinante dipende dalla struttura idrogeologica, dal meccanismo di immissione dell'inquinante nel sottosuolo e dalle caratteristiche chimico-fisiche dell'inquinante. La figura 14 mostra la tipica forma del pennacchio inquinante nel caso di una sorgente puntuale e continua di inquinamento.

Risanamento dall'inquinamento

L'"eliminazione" di un inquinamento dalle acque sotterranee (come in generale di un inquinamento) è difficile e spesso impossibile. In molti casi è possibile solo spostare o confinare l'inquinante!

Nel primo caso la parte di suolo e sottosuolo inquinato viene rimossa e smaltita in discarica autorizzata; si tratta di

una soluzione che presenta evidenti limiti: l'inquinamento viene spostato, non eliminato.

Nel secondo caso l'inquinante viene isolato ("messo in scatola"), con varie metodologie, per evitare che l'inquinamento si propaghi.

A volte è invece possibile utilizzare metodi per degradare e quindi eliminare l'inquinante, ad esempio utilizzando particolari tipi di microrganismi. Comunque i costi per risanare un acquifero sono elevatissimi e assolutamente superiori ai costi necessari per prevenire gli inquinamenti.

Inoltre in genere è possibile intervenire solo nel caso di inquinamenti localizzati su aree ristrette, mentre per un inquinamento diffuso l'unico risanamento possibile è l'eliminazione della causa.

Nel caso di inquinamento di acque utilizzate a scopo potabile la prassi più comune è quella non di intervenire per "risanare" la falda, ma di filtrare l'acqua prima di immergerla nella rete acquedottistica e/o di ricorrere a fonti di approvvigionamento idrico alternativo.

Questo perché per risanare una falda inquinata è necessario svolgere uno studio preliminare dell'area colpita per conoscere:

- il tipo di inquinante;
- la fonte dell'inquinamento;
- lo schema della circolazione idrica sotterranea, per controllare l'evoluzione nello spazio e nel tempo dell'inquinamento stesso.

Sia questi studi, sia il risanamento vero e proprio (bonifica) risultano particolarmente costosi, a conferma che l'unico sistema davvero valido è la prevenzione dell'inquinamento.

Carta europea dell'acqua

A conclusione di questa breve illustrazione sulle acque sotterranee, e come “promemoria” dell'importanza di questa georisorsa, si riporta il testo integrale della Carta europea dell'acqua, approvata il 16 maggio 1968 dal Consiglio d'Europa:

1. Non c'è vita senza acqua. Essa è un bene prezioso, indispensabile a tutte le attività umane.

L'acqua cade dall'atmosfera sulla terra principalmente sotto forma di pioggia e neve. I torrenti, i fiumi, i ghiacciai ed i laghi sono i principali canali di drenaggio verso gli oceani. Durante questo ciclo, l'acqua è trattenuta dal suolo, dalla vegetazione e dagli animali. Essa torna all'atmosfera principalmente attraverso l'evaporazione e la traspirazione delle piante. L'acqua rappresenta il bisogno primario dell'uomo, degli animali e delle piante.

Infatti costituisce circa i due terzi del peso dell'uomo e circa i nove decimi di quello delle piante. La possibilità dell'uomo di bere, procurarsi cibo e lavare dipende da essa, in quanto fonte di energia, bene essenziale per la produzione, mezzo di trasporto, attività ricreativa che la vita moderna richiede in maniera crescente.

2. Le risorse di acqua dolce non sono inesauribili. È indispensabile preservarle, controllarle e, se possibile, accrescerle.

L'esplosione demografica e le esigenze in rapida espansione dell'industria e dell'agricoltura moderne determinano un fabbisogno crescente di risorse idriche. Sarà impossibile soddisfare queste esigenze e raggiungere standard di quali-

tà della vita sempre più elevati, se ciascuno di noi non considererà l'acqua come un bene prezioso da preservare ed usare saggiamente.

3. Alterare la qualità dell'acqua è nuocere alla vita dell'uomo e degli altri esseri viventi che ne dipendono.

L'acqua in natura è un mezzo contenente organismi benefici che aiutano a mantenerla pulita. Inquinando l'acqua, rischiamo di distruggere questi organismi, interrompendo questo processo di auto-depurazione, e modificando il mezzo vitale in modo sfavorevole ed irrevocabile. Le acque di superficie e del sottosuolo devono essere preservate dall'inquinamento; ogni rilevante riduzione in quantità e deterioramento in qualità dell'acqua, sia corrente che ferma, può nuocere all'uomo ed alle creature viventi.

4. La qualità dell'acqua deve essere tale da soddisfare le esigenze delle utilizzazioni previste, ma deve specialmente soddisfare le esigenze della salute pubblica.

Questi livelli di qualità possono variare in concomitanza con i differenti usi dell'acqua, per la precisione usi alimentari e domestici, utilizzazioni legate alle esigenze agricole ed industriali o ad attività ittiche e ricreative. Nondimeno, dal momento che tutta la vita sulla terra nella sua infinita varietà si basa sulla qualità dell'acqua, è necessario adottare misure atte a garantire il più possibile il mantenimento delle sue naturali proprietà.

5. Quando l'acqua, dopo la sua utilizzazione, è restituita alla natura, non deve compromettere gli ulteriori usi, tanto pubblici che privati, che ne saranno fatti.

L'inquinamento è un cambiamento, in genere operato dall'uomo, nella qualità dell'acqua, che la rende inutilizzabile o pericolosa per il consumo umano, l'industria, l'agricoltura, la pesca, le attività ricreative, gli animali domestici e la natura. Lo scarico dei rifiuti solidi o liquidi, che causa inquinamento fisico, chimico, organico, termico o radioattivo, non deve mettere in pericolo la salute pubblica e deve tener conto delle capacità autodepuranti delle acque riceventi. Gli aspetti sociali ed economici dei metodi di trattamento delle acque sono, in tal senso, di grande importanza.

6. Il mantenimento di un'appropriata vegetazione, di preferenza forestale, è essenziale per la conservazione delle risorse idriche.

È necessario conservare il manto vegetale, preferibilmente forestale, e, laddove questo sia scomparso, ricostituirlo quanto prima. La conservazione delle foreste è un fattore di primaria importanza per la stabilizzazione dei bacini di drenaggio e per il loro regime idrologico. Oltre al proprio valore economico, le foreste forniscono anche opportunità ricreative.

7. Le risorse idriche devono essere oggetto di un inventario.

L'acqua dolce di cui si può far buon uso costituisce meno dell'uno per cento dell'acqua presente sul nostro pianeta ed è distribuita in modo estremamente disuguale. È essenziale conoscere le risorse idriche superficiali e sotterranee, considerando il ciclo dell'acqua, la qualità di questa e gli utilizzi. In questo contesto, la valutazione implica la rilevazione, la registrazione e la stima delle risorse idriche.

8. Una buona gestione delle risorse dell'acqua deve essere oggetto di un piano stabilito dalle competenti autorità.

L'acqua è una risorsa preziosa che richiede una pianificazione in grado di combinare esigenze a breve e lungo termine. È necessaria una vitale politica dell'acqua, che deve implicare varie misure per la salvaguardia, il controllo del flusso e la distribuzione delle risorse idriche. Inoltre, la conservazione della qualità e della quantità richiede lo sviluppo e il miglioramento dell'utilizzazione, del riciclo e delle tecniche di trattamento.

9. La salvaguardia dell'acqua implica un notevole apporto della ricerca scientifica, della formazione di specialisti e dell'informazione pubblica.

Si deve incoraggiare in ogni modo la ricerca sull'acqua in generale e sulla depurazione in particolare. Si devono incrementare i mezzi di informazione e facilitare gli scambi internazionali, allo stesso tempo è necessaria la formazione a livello tecnico e ambientale di personale qualificato nei vari settori di attività interessati.

10. L'acqua è un patrimonio comune il cui valore deve essere riconosciuto da tutti. Ciascuno ha il dovere di economizzarla e di utilizzarla con parsimonia.

Ogni essere umano è un consumatore ed un utilizzatore di acqua e, di conseguenza, è responsabile verso gli altri uti-

lizzatori. Usare l'acqua in modo sconsiderato significa abusare del nostro patrimonio naturale.

11. La gestione delle risorse idriche dovrà iscriversi nel quadro del bacino naturale piuttosto che in quello dei confini amministrativi e politici.

Le acque superficiali scendono lungo i declivi, per convergere e formare corsi d'acqua. Un fiume ed i suoi affluenti sono come un albero molto ramificato, ed essi servono un'area conosciuta come bacino idrologico o bacino di drenaggio. All'interno del bacino di drenaggio, tutti gli usi delle acque superficiali e sotterranee sono interdipendenti e devono essere gestiti tenendo presenti le loro interrelazioni.

12. L'acqua non ha confini. È una risorsa comune che necessita una cooperazione internazionale.

I conflitti che, a livello internazionale, sorgono dall'uso delle risorse idriche debbono essere regolati mediante accordi reciproci fra gli stati coinvolti, per salvaguardare la qualità e la quantità di acqua.

Scheda 1

Monitorare il livello di una falda

Il regime di una falda

Il livello della falda, ovvero la quota a cui si trova l'acqua in un pozzo, varia nel tempo, così come varia il livello dell'acqua in un fiume. La variazione del livello nel tempo si definisce "regime della falda".

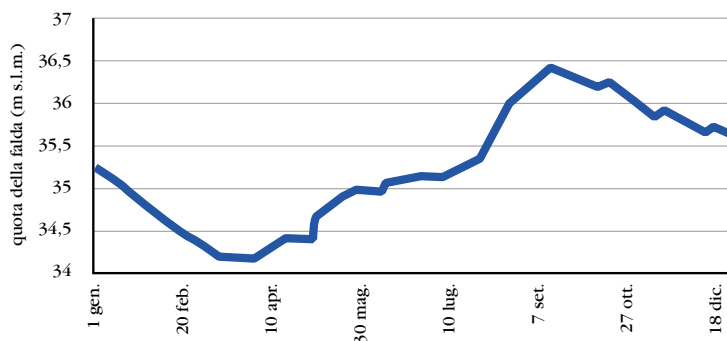
Falde diverse sono caratterizzate da regimi diversi che dipendono da molti elementi, quali:

- modalità di alimentazione della falda;
- tipologia di acquifero;
- entità e distribuzione dei prelievi di acque sotterranee.

La falda freatica dell'alta pianura veneta, vicino alle Prealpi, ha oscillazioni, in un anno, anche di decine di metri.

Nelle falde in pressione della media pianura, come ad esempio nella provincia di Venezia, in condizioni naturali, le oscillazioni nel tempo sono di pochi centimetri in un anno. La presenza di moltissimi pozzi produce però oscillazioni molto più consistenti.

Nel grafico si mostra il regime della falda in un pozzo ubicato poco a monte delle risorgive, a Castelfranco Veneto (Treviso), nell'alta pianura.



15. Regime della falda a Castelfranco Veneto durante l'anno 1980.

Perché monitorare una falda

Il monitoraggio del livello di una falda è cosa tanto semplice quanto importante. Infatti è necessario sia per conoscere quanta acqua sia contenuta nell'acquifero sia per sapere se le risorse idriche contenute nel sottosuolo si mantengano stabili oppure se stiano aumentando o diminuendo.

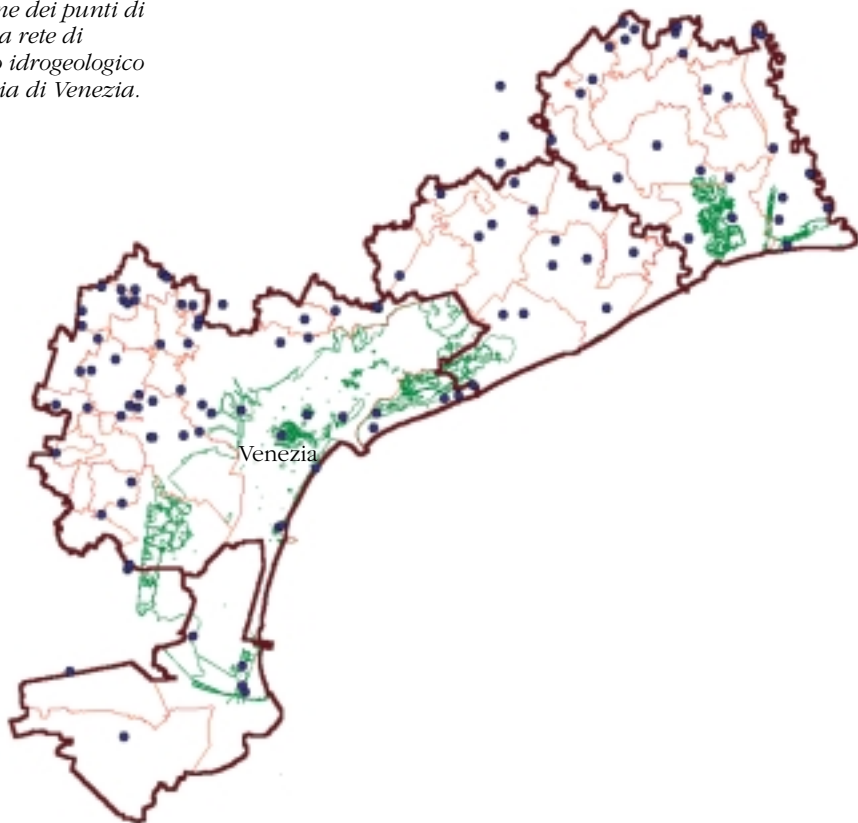
Proprio per questo è importante che vi siano delle reti di monitoraggio, appositamente progettate, che controllino nel tempo i livelli di falda.

Nel 1926 il *Magistrato alle Acque*, avendo compreso il valore della georisorsa costituita dall'acqua sotterranea, iniziò sistematiche misure su tutta l'alta pianura veneta. Le misure venivano effettuate ogni tre giorni su pozzi freatici, appositamente individuati.

Durante gli anni ottanta, ovvero proprio quando i prelievi dalla falda sono cresciuti a livelli altissimi, la rete di monitoraggio, anziché essere potenziata ed estesa, è stata in parte abbandonata!

In provincia di Venezia è stata recentemente realizzata una rete di monitoraggio che viene riportata nella figura sottostante.

16. Ubicazione dei punti di controllo della rete di monitoraggio idrogeologico della provincia di Venezia.



Come monitorare una falda

È possibile monitorare il livello di una falda anche con strumenti molto semplici e poco costosi:

- freatimetro: nel caso di una falda con superficie piezometrica posta sotto il piano campagna;

- manometro: nel caso di pozzi artesiani (pozzi a erogazione spontanea).

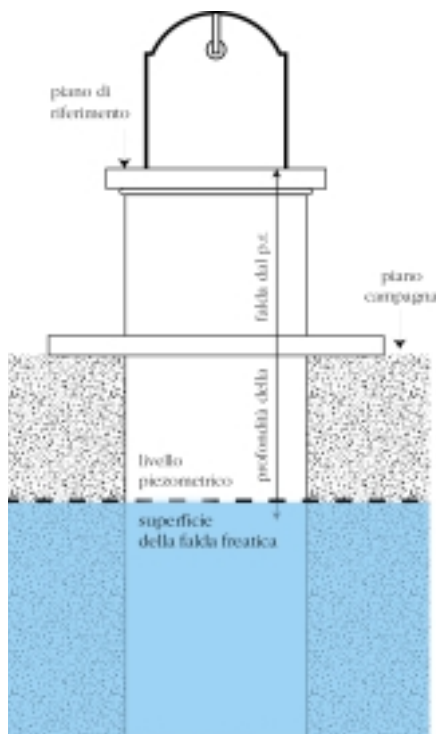
Si possono eseguire le misure anche con una strumentazione molto semplice che ognuno può costruire da sé seguendo le istruzioni di seguito riportate.

Le modalità di misura sono diverse a seconda che il pozzo abbia il livello al di sopra o al di sotto del piano campagna.

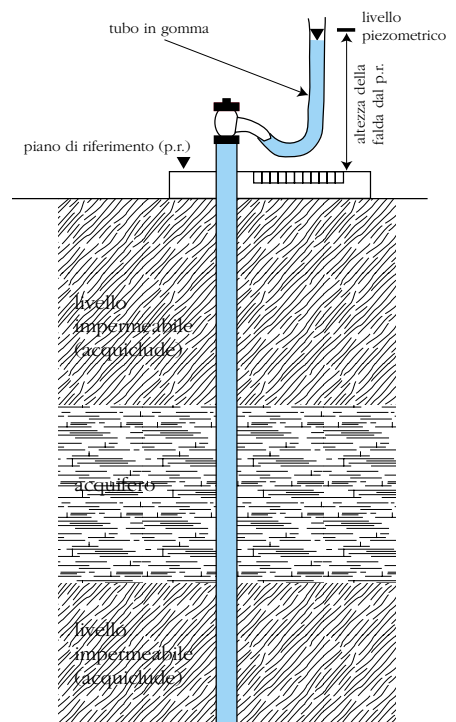
Pozzo con livello al di sotto del piano campagna

Nel caso di una falda con superficie al di sotto del piano campagna è necessario misurare la distanza tra un piano di riferimento e la superficie della falda.

Nel ripetere le misure è importante che il piano di riferimento rimanga sempre costante. A tale proposito bisogna che sia facilmente e univocamente individuato; conviene, quindi, segnare o con della vernice o, meglio, con un chiodo, oppure ri-



17. Schema per la misura della falda nel caso la superficie piezometrica sia al di sotto del piano campagna.



18. Schema per la misura della falda nel caso la superficie piezometrica sia al di sopra del piano campagna.

ferirsi a un punto ben individuabile del pozzo.

La misura della profondità della superficie della falda rispetto al piano di riferimento può essere fatta (nel caso la falda sia poco profonda) con una metrina centimetrata o con un filo a piombo e una cordella metrica.

Nel caso la falda sia a profondità superiore ai 10 metri è consigliabile disporre dell'apposito strumento (freatimetro).

Pozzo con livello al di sopra del piano campagna

Nel caso di una falda artesianica è necessario misurare l'altezza a cui giunge l'acqua rispetto a un piano di riferimento. Ciò è fattibile collegando un manometro (che dovrà avere la precisione del centimetro) al rubinetto del pozzo o, nel caso l'acqua giunga fino a 2-3 metri al massimo dal piano campagna, collegandovi un tubo di gomma trasparente.

In quest'ultimo caso le operazioni da eseguire sono tre:

- collegare il tubo di gomma alla bocca del pozzo assicurandosi che non vi siano perdite di acqua. Ciò è semplice nel caso vi sia un rubinetto a cui collegare e fissare con una fascetta metallica il tubo di gomma. Nel caso il pozzo non abbia un rubinetto si può collegare il tubo tramite un imbuto in caucciù (li si trova nei negozi di materiale idraulico);
- attendere alcuni minuti, fino a che il livello dell'acqua nel tubo di gomma non si sia totalmente stabilizzato;
- misurare la distanza tra il piano di riferimento e il livello dell'acqua tramite un'asta graduata. Per avere una misura più precisa l'asta graduata deve avere una piccola "bolla" che permetta di verificarne la verticalità.

In contemporanea alle misure di livello, disponendo della strumentazione idonea, si può eseguire la misura di alcuni parametri chimico-fisici: ad esempio, la temperatura e la conducibilità elettrica.

Sarà così possibile verificare come, in genere, in assenza di interventi da parte dell'uomo, le caratteristiche chimiche siano collegate con le variazioni di livello.

Scheda per il rilevamento del livello piezometrico

Dati relativi alla stazione di misura:

Località: Diametro pozzo:
Indirizzo: Profondità pozzo:
Proprietario: Anno di costruzione:

Misure:

data	livello (m da PR)	temperatura (°C)	conducibilità (µS/cm)
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

(Allegare alla scheda: l'ubicazione del pozzo su carta tecnica e uno schizzo del pozzo con indicato il PR)

Un esempio di elaborazione dei dati

Eseguendo l'elaborazione dei dati per un periodo di un anno si può determinare il regime della falda per quell'anno.

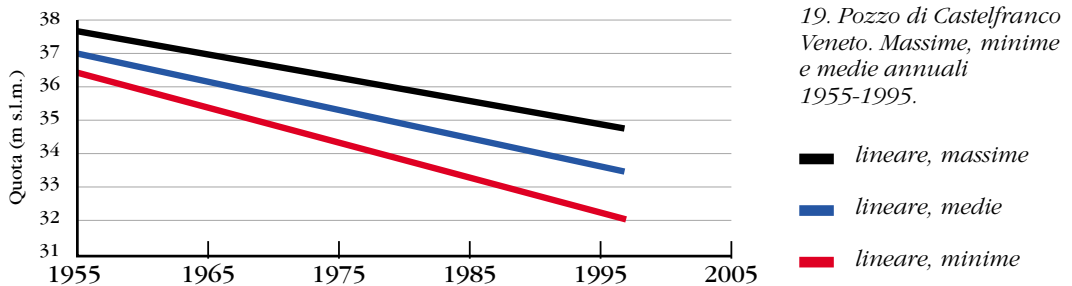
Qui sotto si riporta un esempio riferito al pozzo di Castelfranco Veneto per l'anno 1980.

quota massima (m s.l.m.)	36,40
quota minima (m s.l.m.)	34,14
quota media (m s.l.m.)	35,21
oscillazione massima annua (m)	2,26

In questo caso i valori sono espressi in metri sul livello del mare, ma un'analoga elaborazione si può fare semplicemente in metri o in centimetri rispetto al piano di riferimento scelto.

Nel caso si disponga di dati relativi a molti anni di misura è possibile fare elaborazioni più significative.

È riportato di seguito (figura 19) un esempio realizzato utilizzando dati misurati a Castelfranco Veneto per circa quarant'anni (dal 1955 al 1997).



La figura evidenzia un continuo calo nei livelli di falda nell'area dell'acquifero indifferenziato poco a monte delle risorgive, mostrando come nell'ultimo quarantennio vi sia stata una progressiva diminuzione dei livelli freatici nell'area delle risorgive. È importante notare come questo andamento sia più accentuato per le medie e soprattutto per le minime annuali, indicando così non solo una variazione della quantità d'acqua alloggiata nell'acquifero ma anche una variazione del regime della falda, con un'accentuazione delle *magre*.

Questo può essere ricondotto a diversi fattori:

- aumento dei prelievi di acque sotterranee;
- variazioni della quantità delle precipitazioni;
- impermeabilizzazione, tramite cementificazione, degli alvei dei corsi d'acqua dai quali proveniva, in parte, l'acqua di alimentazione delle falde. Quest'acqua, ora, non trova più la via per infiltrarsi nel terreno e per raggiungere gli acquiferi sotterranei.

Qualora le risorse idriche risultino in diminuzione a causa dell'opera dell'uomo si parla di sovrasfruttamento dell'acquifero, che può comportare notevoli impatti (si veda la scheda 5, p. 61).

Scheda 2

Le risorgive

Cos'è una risorgiva

Le risorgive si trovano lungo una ristretta fascia, al passaggio tra l'alta e la media pianura, denominata appunto "fascia delle risorgive", in tutta la Pianura Padana.

Esse derivano dall'affioramento della falda in aree dove la sua superficie è molto vicina al piano campagna e dove i terreni che costituiscono il sottosuolo passano da permeabili a impermeabili.

Le risorgive costituiscono uno dei caratteri ambientali più tipici della Pianura Padana. Da esse si originano vari corsi d'acqua come ad esempio il Sile, il Bacchiglione, il Tergola, il Dese e il Lemene.

L'uomo ha modificato, fin da tempi antichi, questa situazione naturale, scavando nell'area intorno alla risorgiva per catturare e contenere le acque. Ha creato, così, i fontanili, costituiti da una testa, cioè lo scavo fatto nel punto dove sgorga l'acqua e da un'asta, il canale che convoglia l'acqua (figura 20).

Le caratteristiche delle acque di risorgiva

Particolarità delle acque di risorgiva:

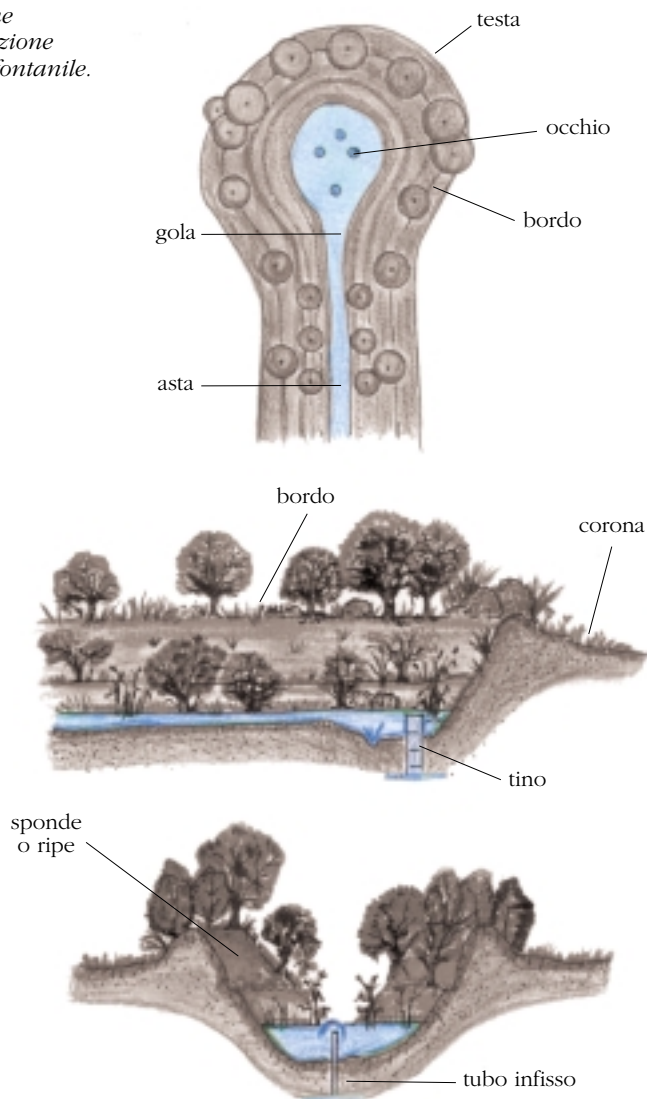
- acque limpide di buona qualità;
- temperatura media di 12-13 °C, costante nel tempo;
- portata pressoché costante nel tempo.

Queste caratteristiche particolari derivano dal lungo percorso sotterraneo che l'acqua compie prima della sua fuoriuscita.

Ciò spiega il motivo per cui le aree di risorgiva hanno rappresentato, nell'antichità, le aree di primo insediamento in varie parti della Pianura Padana.

Queste caratteristiche favoriscono il formarsi di piccoli ambienti acquatici di alto pregio, con *comunità* vegetali e animali ben diversificate e di notevole interesse scientifico, proprietà, queste, che ne giustificano un'attenta salvaguardia.

20. Pianta, sezione longitudinale e sezione trasversale di un fontanile.



Oltre che dal punto di vista scientifico, queste piccole comunità, assumono un notevole valore dal punto di vista del paesaggio, in quanto la loro bellezza arricchisce la generale povertà paesaggistica dei territori di pianura.

La conservazione di questi ecosistemi e dei corsi d'acqua che si originano dalle risorgive dipende quindi dallo "stato di salute" dell'acquifero che le alimenta. In pratica una diminuzione dei livelli delle falde che alimentano le risorgive comporta una diminuzione, se non addirittura la scomparsa, delle risorgive stesse.

Negli ultimi anni, per l'aumentato sfruttamento dalle falde idriche e per i numerosi interventi sul territorio, in diverse parti della Pianura Padana, si è determinata una diminuzione delle portate delle risorgive, un inquinamento delle loro acque, fi-



21. Attività di manutenzione dei fontanili.

no anche a una loro completa estinzione.

Un altro fattore che contribuisce alla perdita di questi ecosistemi è l'abbandono delle pratiche colturali di pulizia, sfalcio, liberazione dai detriti, realizzate tradizionalmente dai contadini e che avevano lo scopo di mantenere attivi i fontanili. Tale fenomeno può anche portare all'impaludamento dell'area e quindi all'interramento della risorgiva stessa.

La loro salvaguardia risulta, pertanto, quanto mai auspicabile visto che tali ambienti sono ormai quasi scomparsi, o sono talmente degradati da rendere difficile un loro possibile utilizzo naturalistico. Esistono nel Veneto varie iniziative volte a salvaguardare le risorgive ancora presenti; si ricordano a titolo di esempio quelle sulla Palude di Onara (sorgenti del Tergola).

Le risorgive come indicatori ambientali

Questi ecosistemi, essendo molto sensibili alle alterazioni e agli inquinamenti, rappresentano un punto ove poter effettuare un monitoraggio sullo stato dell'ambiente.

Infatti sono note la fragilità e la sensibilità delle risorgive non solo alla variabili-

22. Immagine di un fontanile.



tà naturale del regime della falda che le alimenta, ma anche agli impatti antropici.

L'area di risorgiva funge in sostanza da "indicatore ambientale" dell'intero sistema idrogeologico. Per indicatore ambientale si intende un aspetto della realtà che ci consente di interpretare un fenomeno complesso, in questo caso gli effetti che le modificazioni del livello di falda, gli inquinamenti, la mancanza di cura, i vari interventi umani, possono avere sull'ambiente, sugli animali e sulle piante e anche sull'uomo stesso. È evidente che la semplice osservazione di una realtà così complessa non permette di capire con chiarezza cosa stia avvenendo, ma se scegliamo alcuni parametri chimico-fisici (temperatura, ph, concentrazione di ossigeno), biologici (relativi a organismi viventi) e idrogeologici (piezometria, portata) e li registriamo e interpretiamo con attenzione, siamo in grado di accorgerci se sia accaduto o stia accadendo qualcosa di pericoloso per l'ambiente. Gli indicatori, in fondo, sono sistemi di allarme naturali. Alcune larve di insetti, ad esempio plecoteri, tricoteri, efemeroidei, sono molto sensibili all'inquinamento e quando in una zona umida scompaiono, significa che la situazione è critica e che presto scompariranno altre specie animali e vegetali.

Impatti che compromettano, seppur limitatamente, le caratteristiche qualitative e quantitative della falda si ripercuotono sulle risorgive stesse e sui loro elementi caratteristici, comprese le tipiche comunità a esse legate. Appare evidente che il monitoraggio *idrogeologico*, *idrochimico* e biologico di tale ambiente è un elemento fondamentale per la verifica di eventuali fenomeni di degrado dell'intero sistema idrogeologico che alimenta le risorgive.

Scheda 3

Uso, tutela e valorizzazione delle acque sotterranee nella normativa

La normativa relativa alle acque sotterranee è piuttosto complessa. Nelle pagine seguenti si riportano schematicamente i principali riferimenti normativi.

Legislazione nazionale

- Regio decreto 1775/33, *Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e sugli impianti elettrici*: contiene, relativamente alle acque sotterranee, «disposizioni speciali sulle acque sotterranee» che regolamentano la ricerca e l'estrazione di acque dal sottosuolo.
- Legge 36/94, *Disposizioni in materia di risorse idriche*, “legge Galli”: insieme al decreto legislativo 152/99 è la norma principale nel settore acque. La legge fornisce i “principi” ai quali dovrebbe ispirarsi la gestione della risorsa acqua. Dà, inoltre, indicazioni sul ruolo dei comuni e delle province riguardo l'organizzazione e la gestione del servizio idrico integrato. Istituisce gli ambiti territoriali ottimali (ATO). Contiene notevoli elementi di novità tra i quali quello di aver sancito il principio che «tutte le acque superficiali e sotterranee, ancorché non estratte dal sottosuolo, sono pubbliche e costituiscono una risorsa che è salvaguardata e utilizzata secondo criteri di solidarietà».
- Decreto legislativo 152/99, *Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole*: è la principale normativa in tema di acque e definisce in particolare le competenze dei vari enti; gli obiettivi di qualità e tutela qualitativa e quantitativa dei corpi idrici; la disciplina degli scarichi; le norme per aree specifiche (aree sensibili e vulnerabili); la pianificazione del bilancio idrico; i piani di tutela delle acque; le modalità di monitoraggio dei corpi idrici.

-
- Legge 183/89, *Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo*: regola vari aspetti delle attività di pianificazione, conoscenza, risanamento e gestione delle acque; regola i servizi tecnici nazionali (servizio geologico, dighe, sismico...); classifica i bacini idrografici; istituisce le «autorità di bacino» e i «piani di bacino».
 - Decreto del presidente della Repubblica 236/88, *Attuazione della direttiva CEE 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano*: fissa i requisiti (Valori Guida) e Concentrazioni massime ammissibili che devono soddisfare le acque destinate al consumo umano; fissa le modalità dei controlli sulle acque potabili e sui punti di prelievo delle stesse; regola le fasce di rispetto delle opere di captazione delle acque sotterranee.
 - Decreto ministeriale 26 marzo 1991, *Norme tecniche di prima attuazione del DPR 236/88*: precisa i contenuti del DPR 236/88 dando le norme tecniche di attuazione.
 - Decreto legge 275/93, *Riordino in materia di acque pubbliche*: l'articolo 8 dà specifiche indicazioni in tema di monitoraggio delle acque pubbliche e prescrizioni per l'installazione di dispositivi idonei per la misurazione delle portate e dei volumi delle acque pubbliche in corrispondenza dei punti di prelievo; l'articolo 10 prescrive, mediante autodenunce, un censimento a livello nazionale di tutti i pozzi esistenti.
 - Legge 464/84, *Norme per agevolare l'acquisizione da parte del Servizio Geologico, della Direzione generale delle miniere, del Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato di elementi di conoscenza relativi alla struttura geologica e geofisica del sottosuolo nazionale*: prevede l'obbligo dell'invio al servizio geologico nazionale delle stratigrafie delle perforazioni a profondità maggiore di 30 metri.
 - Decreto ministeriale 11/03/88, *Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*: alla lettera L prevede che nel progetto delle opere di emungimento si debba accertare, con apposita relazione geologica, che esse siano compatibili con l'acquifero e la stabilità del manufatto.
 - Legge 142/90, *Ordinamento delle autonomie locali*: indica, tra l'altro, i compiti degli enti locali, in campo ambientale, nonché nel campo della tutela e valorizzazione delle risorse idriche. Pur non essendo una legge nata per affrontare problemi di tipo ambientale, essa riveste notevole importanza anche in questo settore.

Legislazione regionale

- Legge regionale 40/89, *Disciplina della ricerca, coltivazione e utilizzo delle acque minerali e termali*: disciplina la ricerca e l'utilizzo delle acque minerali e termali, classifica le diverse acque e determina le modalità di concessione.
- Legge regionale 5/98, *Disposizioni in materia di risorse idriche, istituzione del servizio idrico integrato ed individuazione degli ambiti territoriali ottimali, in attuazione della legge 5 gennaio 1994, n. 36*: individua gli ambiti territoriali ottimali e ne definisce l'ordinamento; definisce la programmazione, l'organizzazione e la gestione del servizio idrico integrato; definisce la programmazione regionale (modello strutturale degli acquedotti).
- Legge regionale 33/85, *Norme in materia di tutela dell'ambiente*: regola svariate tematiche ambientali, tra cui alcuni aspetti della gestione delle risorse idriche.
- Legge regionale 61/85, *Norme per l'assetto e l'uso del territorio*: legge urbanistica con importanti risvolti anche nel campo ambientale e sulle risorse idriche. Non è una legge sulle acque, ovviamente, ma per la prima volta introduce, anche nel Veneto, l'obbligatorietà di dotarsi di cartografie idrogeologiche.

Piani di settore

- *Piano regionale di risanamento delle acque (PRRA)*: adempimento previsto dalla "legge Merli" (legge 319/76, ora abrogata). Contiene delle norme di attuazione riguardanti la disciplina delle pubbliche fognature, degli insediamenti civili che non recapitano nelle pubbliche fognature, per l'utilizzazione in agricoltura dei fanghi provenienti da impianti di depurazione delle pubbliche fognature, per lo spargimento sul suolo agricolo di liquami derivanti da allevamenti zootecnici. Contiene, inoltre, norme particolari di regolamentazione per i pozzi.



Scheda 4

Inquinamento delle acque sotterranee da “fonti puntuali” nella pianura veneta

In questa scheda si descriverà brevemente la situazione nell’alta pianura veneta, ovvero in quella fascia, larga 20-30 chilometri a sud delle Prealpi, che alimenta l’intero sistema idrogeologico, comprese le falde in pressione ubicate in provincia di Venezia.

La figura a p. 58 mostra i risultati di un “censimento” sull’inquinamento delle acque sotterranee da “fonti puntuali” nella media e alta pianura veneta. La raccolta e l’elaborazione di tutti i dati esistenti ha consentito di individuare gli inquinanti più diffusi, la localizzazione delle aree colpite, gli effetti provocati e l’evoluzione dei processi nello spazio e nel tempo. I dati sono relativi al 1994; successivamente nessun ente ha svolto nuovi “censimenti”.

I principali episodi di inquinamento chimico da sorgenti puntuali individuati sono trentotto, suddivisi come riportato nella tabella seguente.

solventi	25 casi
cromo	7 casi
altri	6 casi
<i>totale</i>	38

I più diffusi inquinanti delle acque sotterranee da fonti puntuali risultano i solventi organo-alogenati (tricloroetilene, tetracloroetilene e tricloroetano...) e il cromo.

L’origine di questi inquinamenti è da ricercare in sorgenti di tipo puntuale (sveramenti, scariche abusive, perdite accidentali durante i cicli di lavorazione) legate per lo più a piccole e medie industrie. Si ricordi che il Veneto è un’area a industrializzazione diffusa e nella sola provincia di Vicenza sono state censite alcune migliaia di attività potenzialmente inquinanti.




Gli interventi con cui si è fatto fronte a situazioni di contaminazione delle acque sotterranee consistono quasi esclusivamente nella ricerca di fonti alternative di approvvigionamento idrico (in pochi casi si è proceduto all’eliminazione della fonte inquinante e in un unico caso si è costruito un apposito impianto di trattamento del-

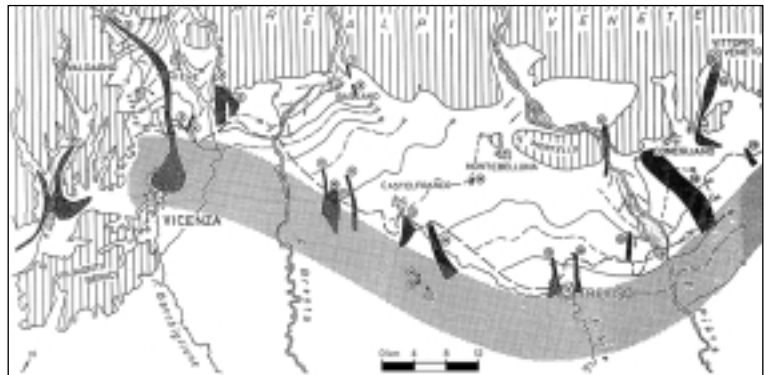
le acque contaminate).

Negli acquedotti di Padova e di Vicenza, si è anche provveduto alla realizzazione di due impianti di *filtrazione a carboni attivi* in grado di trattare rispettivamente 500 e 150 litri al secondo.

Per questo intervento si è avuto un costo, oltre dieci anni fa, superiore ai tre miliardi, per la sola costruzione; a questo vanno aggiunti i costi di esercizio e di manutenzione.

23. Casi di inquinamento da solventi rilevati nella pianura veneta.

-  fascia delle falde in pressione;
-  limite superiore della fascia delle risorgive;
-  zona interessata da inquinamento. La figura comprende anche episodi ormai esauriti.



Gli inquinamenti da solventi organo-alogenati

I solventi organo-alogenati, che abbiamo visto essere i più diffusi inquinanti delle acque sotterranee, sono una serie di composti organici (cloroformio, tricloroetilene, tetracloroetilene, 1,1,1 tricloroetano) contenenti all'interno della propria molecola un alogeno (Cl, F, Br, I).

Vengono utilizzati come solventi o come materie prime in svariati processi industriali e artigianali (sgrassaggio dei metalli, lavanderie, concerie, usi domestici, adesivi...).

Questi composti hanno caratteristiche che li rendono potenzialmente molto inquinanti: infatti, nel sottosuolo, sono pressoché non *biodegradabili*; inoltre hanno viscosità minore di quella dell'acqua e densità maggiore, per cui una volta immessi nell'ambiente tendono a scendere nel sottosuolo e ad accumularsi negli acquiferi sotterranei.

Un'altra caratteristica importante di questi composti è l'alta volatilità, per cui gran parte di essi evapora durante e dopo l'utilizzo (ad esempio nelle vernici).

Il problema dell'inquinamento delle acque sotterranee da solventi organo-alogenati interessa da ormai vent'anni varie aree industrializzate in Europa.

In Italia numerosi sono gli episodi che si sono verificati nella Pianura Padana, in particolare in Lombardia e nella pianura di Torino. Nella tabella che segue (p.

60) sono riportate alcune caratteristiche riassuntive dei venticinque episodi di inquinamento da solventi organo-alogenati individuati nella media e alta pianura veneta (dati aggiornati al 1994).

Si osservi che questi inquinamenti interessano un'area di circa 200 km² su un'area indagata di quasi 2.000 km². Si noti inoltre come quasi tutti gli inquinamenti siano legati unicamente a queste tre sostanze, ampiamente utilizzate nei settori meccanici e tessili:

- 1,1,1 tricloroetano (metilcloroformio);
- tricloroetilene (trielina);
- tetracloroetilene (percloroetilene).

Nella tabella che segue con il termine *PERSISTENZA* si intende il numero di anni in cui si è accertato che l'inquinamento è stato in atto; la *SUPERFICIE* è l'area interessata dall'inquinamento; con *DISTANZA* si intende la lunghezza del pennacchio d'inquinamento; *CONCENTRAZIONE* è la massima concentrazione inquinante rilevata; *PROFONDITÀ*: la massima profondità a cui è stato rilevato l'inquinante; *CAUSA*: *sì* indica che la causa è stata determinata; *no*, che la causa non è stata determinata.

Una volta penetrati in falda i composti clorurati si diffondono principalmente nella direzione del flusso sotterraneo. È interessante sottolineare che nella pianura vicentina un inquinamento è arrivato a interessare acquiferi in pressione profondi 150 metri, intensamente sfruttati ad uso acquedottistico.

Dall'analisi della tabella si può osservare come vi siano diversi episodi per i quali la persistenza accertata (in genere ampiamente sottostimata rispetto a quella reale) sia spesso superiore ai dieci anni.

La diffusione di persistenti inquinamenti da solventi e la difficoltà e spesso l'impossibilità di effettuare interventi di bonifica (peraltro notevolmente costosi) evidenziano come scelte di gestione del territorio erronee possano avere notevoli ricadute negative per lunghissimi periodi.

Infatti un inquinamento così intenso e diffuso comporterà un persistere del problema almeno per alcuni anni, questo a causa della quasi nulla biodegradabilità dei solventi organo-alogenati.

Stiamo ancora pagando errori molto vecchi, come la presenza notevole di trielina nelle acque sotterranee, nonostante sia da anni poco utilizzata.

COMUNI	PROVINCIA	PERSISTENZA anni	SUPERFICIE km ²	DISTANZA km	CONCENTRAZIONE µg/l	PROFONDITÀ m	CAUSA
vari nel bacino del Chiampo Agno-Guà	Vicenza	15	22,0	—	165	70	no
vari nell'alta pianura vicentina	Vicenza	14	50,0	22,0	200	150	no
Villaverla, Dueville	Vicenza	1	0,3	1,0	106	30	no
Montecchio Precalcino, Dueville	Vicenza	1	1,4	2,5	22	40	no
Breganze, Sandrigo	Vicenza	12	1,0	1,5	7.700	50	sì
Farra Vicentino, Breganze	Vicenza	1	9,0	5,0	150	45	no
Romano d'Ezzelino, Bassano	Vicenza	7	2,0	1,5	650	87	sì
Romano d'Ezzelino	Vicenza	9	1,0	—	653	79	sì
Cittadella, Tombolo	Padova	5	3,5	7,0	661	50	sì
Cittadella, Tombolo, San Giorgio in Bosco, San Martino	Padova	4	17,0	8,0	425	70	no
Tombolo	Padova	—	2,0	1,5	138	—	no
Galliera Veneta, San Martino	Padova	8	4,0	8,0	4.000	30	sì
Castelfranco, Resana	Treviso	4	8,0	2,5	669	55	sì
Castelfranco, Resana, Piombino Dese, Trebaleghe	Treviso-Padova	7	14,0	4,0	—	—	no
Piombino Dese	Padova	6	0,5	1,0	136.000	50	sì
Piombino Dese	Padova	6	0,5	1,0	605	50	sì
Piombino Dese	Padova	6	0,2	0,3	1.175	9	sì
Montebelluna, Vedelago	Treviso	3	0,5	0,2	60	60	sì
Treviso, Paese	Treviso	8	3,0	3,5	658	40	sì
Treviso, Ponzano Veneto	Treviso	7	5,0	4,0	650	30	sì
Nervesa della Battaglia, Sernaglia	Treviso	7	1,0	2,5	110.000	30	sì
Spresiano, Maserada sul Piave, Carbonera	Treviso	7	1,2	3,5	930	20	sì
Susegana, Santa Lucia di Piave, Mareno di Piave, Vazzola	Treviso	8	30,0	12,0	450	100	no
Vittorio Veneto, Colle Umberto, San Fior, San Vendemiano	Treviso	9	19,0	12,0	330	75	sì
Godega Sant'Urbano	Treviso	1	3,0	3,0	10.000	18	sì
<i>area totale interessata</i>		199,1					

Scheda 5

Impatti conseguenti al sovrasfruttamento e all'inquinamento degli acquiferi

Abbiamo visto come l'uomo, con la sua attività, possa influenzare la quantità e la qualità delle acque sotterranee.

Il sovrasfruttamento degli acquiferi provoca molteplici effetti che, a loro volta, hanno ripercussioni in vari ambiti, da quello economico, a quello ambientale, a quello agricolo:

- diminuzione dei livelli di falda e perdita di artesianesimo a causa della minore pressione dell'acqua. Questa ridotta disponibilità di acqua determina un aumento dei costi di estrazione, la necessità di ricercare risorse idriche integrative e, non da ultimo, l'insorgenza di conflitti di interesse tra le diverse tipologie di utenza delle falde (uso potabile, uso irriguo, uso industriale...);

- riduzione delle aree umide con conseguente perdita di specie vegetali e animali rare, di ricchezza paesaggistica e di alcune importanti funzioni ecologiche come la depurazione delle acque provenienti dai campi coltivati e ricche di residui di fertilizzanti chimici;

- subsidenza, ossia abbassamento del terreno causata dalla compattazione dei sedimenti sottostanti. Ciò implica la necessità di modificare e ricostruire le opere idrauliche di bonifica e di intervenire per adattare le scoline e i fossi ai nuovi livelli. Inoltre diminuiscono le difese nei confronti dell'ingressione (entrata) di acque marine sia in falda, sia nelle acque superficiali.

Le conseguenze di questi eventi sono danni all'ambiente agricolo e un aumento del rischio idrogeologico.

Per quanto riguarda, invece, la qualità dell'acqua, l'inquinamento è responsabile di:

- limitazione degli usi della falda, infatti non sono più possibili usi pregiati come quello potabile. Ciò, oltre a mettere a repentaglio la salute umana, provoca costi aggiuntivi per la potabilizzazione, nonché la necessità di trovare fonti alternative e conflitti di interesse tra le varie utenze;

- compromissione della qualità ambientale, soprattutto dei comparti acqua e suolo.

Monitoraggi e interventi di mitigazione

Per intervenire in modo costruttivo in vista della protezione e del risanamento degli acquiferi, è necessario, prima di tutto, effettuare dei monitoraggi costanti che permettano di individuare immediatamente eventuali anomalie delle acque di falda:

- monitoraggi idrogeologici, quali la misurazione dei livelli piezometrici e il censimento delle risorgive;
- bilancio idrogeologico, cioè il bilancio tra l'acqua che entra e quella che esce dagli acquiferi;
- analisi della qualità delle acque tramite parametri chimici, fisici e indicatori biologici;
- parametrizzazione idrogeologica.

Un primo passo per prevenire, mitigare e risolvere i problemi consiste nell'applicazione della normativa in materia di tutela e valorizzazione delle acque sotterranee. Si veda, a tale proposito, la scheda 3 (p. 53).

La legge è però insufficiente se chi progetta e gestisce le reti di distribuzione dell'acqua, gli impianti, i macchinari per le industrie, non lo fa con un'ottica di attenzione alla salvaguardia dell'ambiente.

Di seguito sono riportate alcune proposte che permetterebbero di ridurre lo spreco ed evitare l'inquinamento dell'acqua di falda:

1. Regolazione dei pozzi a erogazione continua con rubinetti e contatori.
2. Creazione di reti duali: reti che permettono una doppia distribuzione di acqua, quella di elevate caratteristiche di purezza per usi domestici e acqua di minore qualità per industrie e servizi.
3. Verifica preventiva della compatibilità idrogeologica di nuovi attingimenti, ovvero la verifica di quali effetti avranno sull'ambiente i nuovi prelievi di acque sotterranee.
4. Utilizzo delle acque industriali in circuiti chiusi: le moderne tecnologie permettono alle industrie di recuperare e riutilizzare le acque usate per il raffreddamento o per altri processi, senza dover attingere nuova acqua a ogni ciclo e senza riversare in ambiente quella usata.
5. Riduzione dei carichi inquinanti tramite:
 - razionalizzazione dei sistemi fognari;
 - controllo degli scarichi industriali;
 - corretta gestione dei liquami provenienti dalle attività di allevamento;
 - adozione di pratiche agricole ecocompatibili, ossia, senza l'uso di pesticidi, erbicidi e fertilizzanti chimici.

Tuttavia nemmeno questo sarà abbastanza, finché ciascuno non raggiungerà la consapevolezza che le proprie azioni quotidiane influenzano pesantemente il benessere dell'ambiente. Solo in seguito potrà spontaneamente nascere in noi il

desiderio di adottare comportamenti e stili di vita rispettosi dell'ambiente e delle generazioni future, affinché anch'esse abbiano la possibilità di godere della risorsa acqua sotterranea.

Alcuni suggerimenti perché ognuno possa sentirsi protagonista:

- scegliere elettrodomestici a risparmio di acqua;
- adottare lo sciacquone per il wc a risparmio di acqua (quello tradizionale consuma 10-20 litri di acqua alla volta, per un totale annuo per persona di 29.000 litri);
- chiudere i rubinetti che gocciolano e riparare quelli che perdono;
- chiudere il rubinetto durante il lavaggio dei denti e la rasatura della barba;
- fare la doccia, piuttosto che il bagno. Ciò permette di consumare cinque volte meno acqua, a patto di lasciarla scorrere solo per il tempo necessario a bagnarsi e sciacquarsi, altrimenti viene annullato il vantaggio;
- utilizzare per innaffiare le piante l'acqua usata per lavare frutta e verdura;
- ...mille sono i modi per risparmiare acqua, basta inventarli.



Glossario

Afflusso meteorico: volume di precipitazione su una delimitata zona, ottenuto moltiplicando l'altezza della precipitazione per l'area della zona considerata.

Autodepurazione: capacità del suolo di eliminare o almeno smorzare gli effetti negativi delle sostanze inquinanti. I meccanismi implicati sono di tipo meccanico, fisico, chimico e biologico. La capacità autodepurante, però, ha un limite oltre il quale i danni sono irreversibili.

Carsismo: complesso dei fenomeni dovuti all'azione di dissoluzione chimica dell'acqua su rocce calcaree fessurate. È così chiamato perché tipico della regione del Carso (Friuli Venezia Giulia).

Catena alimentare: insieme delle relazioni che si instaurano tra le varie componenti viventi (animali, piante, funghi, microrganismi) di un ecosistema. Poiché le catene alimentari sono interconnesse tra loro è più corretto parlare di reti alimentari.

Comunità: insieme di specie vegetali e animali che vivono in un certo ambiente e che instaurano tra loro una serie di relazioni.

Concentrazione Massima Ammissibile (CMA): concentrazione di un dato parametro che non si può superare, per le acque destinate al consumo umano.

Conducibilità elettrica: capacità dell'acqua di condurre la corrente elettrica. Essa dipende dalla concentrazione di sali disciolti nell'acqua e si misura con uno strumento detto conduttimetro. È espressa in microSiemens per centimetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Degradazione: trasformazione di un composto in un altro, spesso non tossico o meno tossico. I processi di degradazione possono avvenire sia per via chimica, sia per effetto di organismi viventi (soprattutto batteri). Quest'ultima è detta biodegradazione.

Erbicidi: composti utilizzati in agricoltura per eliminare piante infestanti.

Filtrazione a carbone attivi: la filtrazione è un processo di separazione di particelle solide tramite il trattenimento da parte di un materiale poroso, in questo caso il carbone.

Freatico: relativo a una falda freatica (dal greco *phrèar*, pozzo).

Idrochimico: che riguarda le caratteristiche chimiche dell'acqua.

Idrogeologico: che riguarda le acque superficiali e sotterranee in quanto costituenti dei terreni e agenti di fenomeni geologici.

Impatto antropico: insieme delle conseguenze e degli effetti che derivano all'ambiente dalle attività umane.

Magistrato alle acque: ente statale che si occupa delle opere di ingegneria idraulica in materia di acque pubbliche.

Magra: diminuzione della portata di un corso d'acqua. Opposta alla piena.

Materiali sciolti: materiali che derivano dalla disgregazione delle rocce. A seconda delle dimensioni si dividono in ciottoli, ghiaie, sabbie, limi e argille.

Monitoraggio: esecuzione di analisi e misure continuative nel tempo per studiare lo stato di "salute" di un ecosistema.

Pennacchio inquinante: parte della falda interessata da inquinamento. Il pennacchio si propaga in direzione del flusso d'acqua sotterranea a partire dal punto d'origine dell'inquinamento.

Piezometria: misura del livello a cui si trova la superficie della falda (ovvero la quota alla quale si trova l'acqua in un pozzo).

Portata: volume di acqua che attraversa una sezione perpendicolare alla direzione della corrente, nell'unità di tempo. Si esprime in m³/s (metri cubi al secondo).

Pozzo artesiano: pozzo dal quale l'acqua sgorga spontaneamente, a causa della pressione alla quale è sottoposta.

Pozzo freatico: pozzo nel quale l'acqua resta al livello della superficie freatica. Per estrarla sono necessarie pompe.

Residuo fisso: Materiale solido rimasto dopo l'evaporazione di un campione d'acqua.

Rischio geologico: rischio legato al dissesto idrogeologico, cioè a quell'insieme di processi geologici che provocano eventi distruttivi come inondazioni, fenomeni erosivi e frane. Esso è dovuto a fenomeni passivi (differenti realtà geologiche) e attivi (piogge, terremoti, attività umane).

Solventi organo-alogenati: classe di molecole organiche impiegate come diluenti di prodotti commerciali (smalti e vernici), per il lavaggio a secco dei tessuti, per lo sgrassamento e molti altri usi. Contengono alogeni (soprattutto cloro) e spesso vengono immessi, accidentalmente o deliberatamente, in ambiente, dove causano contaminazione delle acque.

Stratigrafia: branca della geologia che studia le rocce stratificate, cioè le rocce sedimentarie, con particolare riferimento alla determinazione dell'età o all'epoca della loro formazione.

Torba: materiale di formazione recente derivante dalla decomposizione in ambiente anaerobico di sostanze residue vegetali accumulate sul fondo di laghi, stagni o paludi. Talora utilizzato come combustibile fossile.

Valore Guida (vg): concentrazione di una data sostanza in acqua al cui raggiungimento deve tendere l'attività amministrativa di gestione delle acque (art. 3 DPR 236/88).

Zona di tutela, rispetto, protezione: zone che vengono

individuate attorno a un'opera di captazione dell'acqua per consumi umani e che sono soggette a differenti gradi di protezione rispetto ad attività (agricole, industriali o altro) che potrebbero causare inquinamento delle falde.

Bibliografia citata e di riferimento

L'acqua in casa 1995

L'acqua in casa; come ridurre gli sprechi, smettere d'inquinare e migliorare la qualità. Atti del seminario di scambi informativi per amministratori pubblici, funzionari dell'ecologia, amministratori condominiali, tecnici, insegnanti e cittadini interessati, Firenze, maggio 1988, Consorzio risorse idriche-Servizio tutela delle Acque, Firenze 1995.

ALTISSIMO 1995

LORENZO ALTISSIMO e altri, *Processi di inquinamento chimico-industriale delle acque sotterranee nella media e alta pianura veneta*, «Mem. Sc. Geol.», XLVII, Padova 1995, pp. 7-29.

Annali idrologici

Annali idrologici, Ministero ai Lavori Pubblici, Servizio idrografico, Roma.

Aquifer contamination 1980

Aquifer contamination and protection, «Stud. and report in Hydrology», n. 30, UNESCO, Paris 1980.

BARBUTI 1996

S. BARBUTI e altri, *Igiene*, Monduzzi Editore, Bologna 1996.

BERETTA 1992

GIOVANNI PIETRO BERETTA, *Idrogeologia per il disinquinamento delle acque sotterranee. Tecniche per lo studio e la progettazione degli interventi di prevenzione, controllo, bonifica e recupero*, Pitagora Editrice, Bologna 1992 (Quaderni di tecniche di protezione ambientale, n. 18, Protezione delle acque sotterranee).

BERETTA 1995

GIOVANNI PIETRO BERETTA, *Lo stato attuale delle conoscenze sulle reti di monitoraggio delle acque sotterranee in Italia*, in *Il controllo dell'ambiente. Sintesi delle tecniche di monitoraggio ambientale*, Pitagora Editrice, Bologna 1995 (Quaderni di tecniche di protezione ambientale).

Carta nutrizionale 1988

Carta nutrizionale e tematico vocazionale della zona a DOC di Lison Pramaggiore, Provincia di Venezia, Venezia 1988.

CASTANY 1987

GILBERT CASTANY, *Idrogeologia: principi e metodi*, Dario Flaccovio Editore, Palermo 1987.

CHIESA 1988

GUIDO CHIESA, *Inquinamento delle acque sotterranee*, Hoepli, Milano 1988.

DAL PRÀ 1983

ANTONIO DAL PRÀ, *Carta idrogeologica dell'alta pianura veneta*, Istituto Geologico Universitario, Padova 1983.

Ecologia applicata 1996

Ecologia applicata, a cura di R. MARCHETTI, CittàStudi, Firenze 1996.

GHETTI 1993

PIER FRANCESCO GHETTI, *Manuale per la difesa dei fiumi*, Edizioni della Fondazione Giovanni Agnelli, Torino 1993.

Indagine idrogeologica 2000

Indagine idrogeologica del territorio provinciale, Provincia di Venezia, Venezia 2000.

Proposta di normativa 1988

Proposta di normativa per l'istituzione delle fasce di rispetto delle opere di captazione di acque sotterranee, a cura di VINCENZO FRANCANI e MASSIMO CIVITA, «CNR-GNDICI, Geo-graph», n. 75, Milano 1988.

SHIKLOMANOV 1998

I.A. SHIKHLOMANOV, *World Water Resources*, UNESCO 1998.

«UNESCO Sources», nn. 84 e 101, 1996 e 1998.

VISMARA 1992

R. VISMARA, *Ecologia applicata*, Hoepli, Milano 1992.

World water balance 1978

World water balance and water resources of the earth,

«USSR committee for international hydrological decade. Stud. and report in Hydrology», n. 25, UNESCO, Paris 1978.

ZANGHERI 1993

PIETRO ZANGHERI, *Processi di inquinamento chimico-industriale delle acque sotterranee nella media e alta pianura veneta*, Padova 1993 (tesi di dottorato di ricerca in geologia applicata).

ZANGHERI 1994a

PIETRO ZANGHERI, *Indagine sull'inquinamento delle acque sotterranee nella Pianura Veneta*, «Ambiente, risorse e salute», n. 2, Padova 1994, pp. 30-33.

ZANGHERI 1994b

PIETRO ZANGHERI, *Sulla persistenza di alcuni episodi di inquinamento da solventi organo-alogenati nella media e alta pianura veneta*, «Geologica Romana», xxx, 1994, pp. 403-410 (*Atti II Convegno Nazionale Giovani Ricercatori in Geologia Applicata*, Roma).

ZANGHERI 2000

PIETRO ZANGHERI, *Indagine idrogeologica del territorio provinciale. Rete di monitoraggio*, Venezia 2000 (dattiloscritto).

Fonti delle illustrazioni

In copertina e fig. 22, p. 52: da *Comprendere il paesaggio: studi sulla pianura lombarda*, OSSERVATEER-Electa, Milano 1998 (fotografia di Vittorio Pigazzini, collezione Negri/Dindondela).

Fig. 11, p. 31: da MASSIMO A. ROSSI, *Chiara, fresca, dolce acqua*, «Soprattutto. Conoscersi e capire», II, n. 44, 1998, pp. 20-30.

Fig. 12, p. 31: da *L'utilisation et le contrôle des techniques disponibles*, «Les cahiers de l'Institut d'aménagement et d'urbanisme de la Région d'Ile-de-France», n. 116, 1997, pp. 99-124.

Fig. 21, p. 51: da *Fontanili di Lomellina*, Provincia di Pavia-Edizioni Torchio de' Ricci, Pavia 1997 (censimento e studio a cura di Claudia Baratti, fotografie di Mario Marioli e Bruno Valenti).

Fig. 24 a p. 63: da *La gestion de la ville et de l'eau*, «Les cahiers de l'Institut d'aménagement et d'urbanisme de la Région d'Ile-de-France», n. 116, 1997, pp. 57-76.

Fig. 4 e 5, p. 17 e 18: da IVO NEVIANI e CRISTINA PIGNOCCHINO FEYLES, *Geografia generale*, SEI, Torino 1998.

Fig. 2, p. 13: IVO NEVIANI, *Biologia*, a cura di C. CARDANO e L. ROSSI, SEI, Torino 1997.

Le altre illustrazioni sono state fornite dall'autore e, in alcuni casi, rielaborate. L'editore è disponibile a regolare eventuali spettanze per le immagini delle quali non sia stato possibile reperire la fonte.

Finito di stampare il 20 dicembre 2000
a Villorba (Treviso)
dalle Grafiche Tintoretto
in 2.000 copie
su carta *Gardapat 13*,
totalmente priva di cloro e di legno, riciclabile al 100% (interno)
e carta *Larius New Matt Satin*,
totalmente priva di cloro, riciclabile al 100% (copertina).