

Tavola 8.7 Vulnerabilità delle riserve idriche sotterranee

Introduzione

La presente tavola rappresenta nel contesto nazionale l'esposizione delle falde idriche alle possibili minacce causate dagli agenti inquinanti.

Ai fini del rilevamento di tale vulnerabilità non sussiste alcuna metodologia unitaria. Qui si è ricorso a un modello multiparametrico basato sulla carta delle riserve idriche sotterranee (tavola 8.6), su quella delle idoneità del suolo [5] e su ulteriori fondamenti idrogeologici.

Principio della vulnerabilità

Il concetto di vulnerabilità è inteso a descrivere la sensibilità di un sistema nei confronti di un'aggressione esterna. Nel caso delle acque sotterranee la vulnerabilità è riferita al rischio connesso con l'introduzione d'inquinanti nel sottosuolo.

La vulnerabilità è una grandezza relativa, non direttamente misurabile; la si ricava da una combinazione di più parametri considerati cruciali per la salvaguardia dell'acqua sotterranea. Così, una falda risulta tanto meno vulnerabile quanto più risulta protetta dalle immissioni inquinanti. L'effetto protettivo – e quindi la corrispondente vulnerabilità della falda – può essere inquadrata qualitativamente e articolata in classi che esprimano la probabilità con cui gli inquinanti possono raggiungere le risorse idriche del sottosuolo [11].

Il trasporto degli inquinanti dal luogo del loro rilascio in superficie sino alla falda dipende dal percolamento delle precipitazioni o dall'infiltrazione dei corsi d'acqua superficiali. Risultano pertanto meglio difese dagli agenti contaminanti le falde coperte da un consistente strato di materiale poco permeabile. Questi strati, insieme alle porzioni non sature dell'acquifero, costituiscono una difesa naturale dell'acqua sotterranea. Oltre gli effetti di ritenuta idraulica, concorrono a ridurre gli apporti dannosi alla falda anche interazioni tra il sottosuolo e alcuni tipi d'inquinanti; vanno considerati in particolare la filtrazione, l'assorbimento e la biodegradazione. Si tratta di processi che caratterizzano la capacità di ritenzione del suolo e ne elevano la funzione protettiva [11].

Non appena le sostanze inquinanti raggiungono la zona satura della falda inizia il loro trasporto laterale nel sottosuolo. Per gli acquiferi che si sviluppano nei terreni sciolti il flusso tra i pori del supporto granulare è lento e uniforme. La propagazione laterale è quindi limitata. Viceversa, nella zona satura degli acquiferi eterogenei presenti nei terreni fessurati e specialmente in quelli carsici gli inquinanti possono diffondersi rapidamente, seguendo direzioni preferenziali di flusso.

La vulnerabilità come concetto protettivo

Il principio della vulnerabilità stabilisce un fattore importante della protezione preventiva dell'acqua sotterranea. Le carte della vulnerabilità rispecchiano la dinamica degli inquinanti nel sottosuolo e indicano pertanto quali porzioni di un bacino imbrifero risultino particolarmente corruttibili nei confronti di una potenziale immissione inquinante e quali usufruiscano invece di un'elevata difesa naturale. Ciononostante, non si può affatto escludere che l'acqua sotterranea venga minata da contaminanti mobili o persistenti (quali nitrati e prodotti fitosanitari) anche in zone ad elevata protezione naturale.

Il concetto di vulnerabilità è stato introdotto in Svizzera per la delimitazione di zone di protezione in falde carsiche [1] e acquiferi fessurati molto eterogenei [8]. L'entità della vulnerabilità determina le corrispondenti zone di protezione (S1, S2 o S3, cfr. tavola 7.5) che non necessariamente si sviluppano in modo concentrico attorno a un'opera di captazione e che si distribuiscono invece nel bacino imbrifero secondo le condizioni geologiche e idrogeologiche. Poiché la delimitazione delle zone di protezione va di pari passo con le relative limitazioni nell'utilizzo del suolo, questo approccio è adatto a proteggere la risorsa idrica sotterranea in maniera mirata.

Modello su cui si basa la cartografia

La vulnerabilità può rilevarsi sulla superficie solo per via indiretta tramite una particolare cernita di parametri. La procedura viene sinteticamente illustrata nel prosieguo (cfr. fig. 1,2,3). Innanzitutto, sulla falsariga della carta delle falde 1:500 000 (tavola 8.6), sono state considerate tutte le regioni con falde produttive sviluppatesi in terreni sciolti e coerenti. In due passaggi successivi si sono poi determinate per queste regioni da una parte la vulnerabilità e, dall'altra, la tendenza alla propagazione laterale (fig. 1). La vulnerabilità non è stata rappresentata nelle zone prive di falde produttive. Qualora in una regione fossero presenti più strati acquiferi produttivi sovrapposti, si è considerato solo quello superiore. Per il rilevamento della vulnerabilità di un acquifero in terreno sciolto si è ricorso a una combinazione dell'effetto protettivo del suolo, degli strati poco permeabili e semipermeabili di copertura, così come del substrato insaturo sopra lo specchio liquido (fig. 2). Si sono impiegate le fonti informative qui appresso descritte.

L'effetto protettivo del suolo è stato articolato in quattro classi di protezione in conformità alle proprietà fisiche delle 144 tipologie di suolo distinte in [4]. La base numerica utile per l'elaborazione del modello è costituita dalla carta digitale svizzera delle idoneità del suolo 1:200 000 [5].

La carta delle riserve idriche sotterranee è servita per ottenere i dati in scala 1:200 000 più importanti relativi agli strati di protezione: si sono rilevati la permeabilità e lo spessore dello strato di copertura. Del substrato insaturo si è determinata la distanza tra il livello campagna, oppure il limite inferiore dello strato di copertura, e la quota media dello specchio liquido nel sottosuolo. L'approccio illustrato non può tenere conto in modo esplicito delle possibili immissioni di contaminanti attraverso fiumi direttamente collegati con la falda.

Nel caso di falde in terreni coerenti la base di dati risulta scarsa ai fini di un rilevamento a larga scala degli strati di copertura e del substrato insaturo: una rappresentazione consistente dei dati a scala 1:500 000 non è in genere possibile. Per la determinazione della vulnerabilità nei terreni coerenti ci si è pertanto riferiti principalmente alla funzione protettiva del suolo (fig. 2) e – nei rari casi in cui risulta nota – alla funzione protettiva di una copertura sciolta poco permeabile. Ai terreni coerenti fessurati e in parte carsici si è assegnato di solito un effetto protettivo minore a moderato.

I dati sulle falde, sugli effetti protettivi del suolo, sulla permeabilità e sullo spessore degli strati di copertura, nonché sullo spessore della zona insatura sono stati inseriti e combinati in un sistema informativo geografico (SIG). Per ogni porzione di superficie si può pertanto determinare la vulnerabilità in conformità alla matrice riportata in figura 2. Nella figura 3 la vulnerabilità è desunta schematicamente a partire dall'effetto protettivo del suolo, dello strato di copertura e della zona insatura mediante il ricorso a un esempio che corrisponde a una condizione idrogeologica caratteristica per l'Altipiano.

Il rilevamento della capacità di propagazione laterale si limita all'individuazione del tipo di acquifero, rappresentato dalla litologia (formazioni sciolte, coerenti), dalle modalità di flusso sotterraneo (attraverso pori, fessure o aperture carsiche) e dalla velocità della circolazione. Le caratteristiche litologiche e di flusso sono state desunte dalla carta geologica digitale 1:500 000 [2]. A causa della scarsità dei dati sulla velocità di flusso, i terreni sciolti sono stati suddivisi con l'ausilio della tavola 8.6 in funzione della produttività.

Rappresentazione cartografica

La classe di vulnerabilità è indicata nella carta risultante per ogni porzione di superficie con apposita colorazione. Per la vulnerabilità e l'effetto protettivo si ottengono in Svizzera le seguenti porzioni di superficie: 23 % vulnerabilità estrema (protezione contenuta), 27 % vulnerabilità elevata (protezione moderata), 16 % vulnerabilità modesta (protezione elevata), 2 % vulnerabilità minima (protezione molto elevata), 27 % regioni prive di falde produttive, 5 % corsi d'acqua, ghiacciai, nevai.

La capacità propagativa laterale è riportata nella cartografia per mezzo di un tratteggio. Le porzioni di superficie per le corrispondenti classi raggiungono queste percentuali: 15 % formazioni coerenti con elevata capacità espansiva, 26 % formazioni coerenti con capacità espansiva media, 8 % terreni sciolti con media capacità espansiva, 46 % regioni con modesta capacità espansiva, 5 % corsi d'acqua, ghiacciai e nevai.

Caratterizzazione regionale

L'Altipiano evidenzia varie condizioni idrogeologiche in spazi ristretti. Qui dominano regioni in cui l'effetto protettivo è da moderato a elevato. Le falde situate nei terreni sciolti del fondovalle, protette da strati possenti o contraddistinte da substrati insaturi molto spessi, manifestano un effetto protettivo da elevato a molto elevato e quindi una vulnerabilità modesta o minima (fig. 4). Sono presenti peraltro falde molto vulnerabili prive di strati di copertura, poste sotto strati sottili oppure situate a poca distanza dal piano campagna. Un esempio di tale condizione di protezione moderata è mostrato nella figura 5. La figura 6 illustra la contiguità tra acquiferi profondi ben protetti e falde altamente vulnerabili vicine alla superficie.

Nel Giura la litologia è caratterizzata da unità calcaree. Per queste regioni carsiche l'effetto protettivo è da modesto a moderato. La figura 7 rappresenta una situazione idrogeologica di questo genere.

Anche nella zona alpina prevalgono regioni in cui l'effetto protettivo è basso o moderato. Da un lato si tratta di strutture calcaree (carsiche) oppure di terreni dislocati e formazioni cristalline fessurate, laddove la protezione è sempre modesta; d'altra parte si riconoscono le regioni dei massicci centrali con formazioni cristalline contraddistinte da effetti protettivi moderati. Gli acquiferi nei terreni sciolti delle grandi valli alpine denotano in genere un potere protettivo da moderato a elevato.

Campo di applicazione

La presente tavola in scala 1:500 000 mostra per la Svizzera la distribuzione principale della vulnerabilità delle falde. Essa si pone quindi come guida sovraordinata alla pianificazione, come strumento divulgativo o come ausilio didattico [10]. Particolarità idrogeologiche locali non sono riscontrabili a questa scala e non sono comunque state considerate nel modello impiegato. È pertanto senz'altro possibile che in un contesto locale la vulnerabilità delle falde si configuri in maniera differente.

Bibliografia

- [1] **Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (1998):** Kartierung der Vulnerabilität in Karstgebieten (Methode EPIK) – Praxishilfe. Vollzug Umwelt, Bern.
- [2] **Bundesamt für Wasser und Geologie (2005):** Geologische Karte der Schweiz 1:500 000. Bern.
- [3] **CSD (1987):** Etude hydrogéologique préliminaire des sources communales des Eaux-Bonnes. Rapport inédit, Commune de Juriens.
- [4] **Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau FAL et al. (1980):** Bodeneignungskarte der Schweiz 1:200 000. Grundlagen für die Raumplanung. Bern.
- [5] **Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau FAL et al. (2000):** Digitale Bodeneignungskarte der Schweiz 1:200 000, überarbeitet 2000. Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.
- [6] **Haering, Ch. et al. (1994):** Hydrogeologische Karte der Schweiz 1:100 000, Blatt Nr. 5 Toggenburg. Schweizerische Geotechnische Kommission, Zürich.
- [7] **Kempf, Th., Labhart, W. (2003):** Die Grundwasservorkommen im Kanton Thurgau. Erläuterungen zur Grundwasserkarte 1:25 000. Amt für Umwelt des Kantons Thurgau, Frauenfeld.
- [8] **Pochon, A., Zwahlen, F. (2003):** Ausscheidung von Grundwasserschutz-zonen bei Kluft-Grundwasserleitern – Praxishilfe. Vollzug Umwelt, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bundesamt für Wasser und Geologie, Bern.
- [9] **République et Canton de Genève (2001):** L'eau souterraine du Canton de Genève. Dossier d'information. Service cantonal de géologie, Genève.
- [10] **Zektser, I.S., Everett, L.G. (2004):** Groundwater resources of the world. International Hydrological Programme (UNESCO), IHP-VI, Series on Groundwater No. 6, Paris.
- [11] **Zwahlen, F. (Hrsg.) (2004):** Vulnerability and risk mapping for the protection of carbonate (karst) aquifers – COST Action 620, Final report. Brussels, Luxembourg.