

# VULNERABILITÀ AI NITRATI, METODOLOGIE A CONFRONTO

LA VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI È UNA CARATTERISTICA DERIVATA DALLA CONOSCENZA DEI PARAMETRI CHE LA POSSONO CONDIZIONARE. L'UNIVERSITÀ DI MILANO HA CONDOTTO UNO STUDIO PER CONFRONTARE I METODI DI VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ AI NITRATI DELL'ACQUIFERO LOMBARDO.

Lo strumento di base per la gestione qualitativa e la protezione delle acque sotterranee è rappresentato dalle *Carte della vulnerabilità* degli acquiferi all'inquinamento. La vulnerabilità degli acquiferi individua la propensione degli acquiferi a essere impattati da contaminanti di origine antropica provenienti da superficie (o subsuperficie) e si distingue in:

- *vulnerabilità intrinseca*, funzione delle sole caratteristiche geologiche, idrologiche e idrogeologiche dell'area;
- *vulnerabilità specifica*, riferita a un particolare contaminante (o gruppo di contaminanti) ed è funzione anche delle proprietà del contaminante che ne descrivono il comportamento nel sottosuolo.

Per le sue caratteristiche di "non misurabilità diretta in campo" la vulnerabilità è necessariamente una caratteristica derivata dalla conoscenza dei parametri (o predittori) che si ritiene la possano condizionare. Bisogna pertanto cercare di utilizzare al meglio le informazioni disponibili alla scala dello studio, cercando un giusto compromesso tra *obiettivi* dello studio, *complessità* della struttura dell'acquifero e *accuratezza* nell'interpretazione del dato. In sostanza va utilizzato un approccio che, seppure dotato di una relativa semplicità, porti a conseguire risultati scientificamente difendibili (*tabella 1*).

## Vulnerabilità, metodi di valutazione

*Zonazione per aree omogenee: valutazioni per complessi e situazioni idrogeologiche (CSI)*

Sono adatti per essere utilizzati su territori vasti e articolati dal punto di vista idrogeologico, idrostrutturale e morfologico e pertanto adatti per generare cartografie tematiche a denominatore di scala medio-grande. La valutazione della vulnerabilità è fornita in termini qualitativi, generalmente



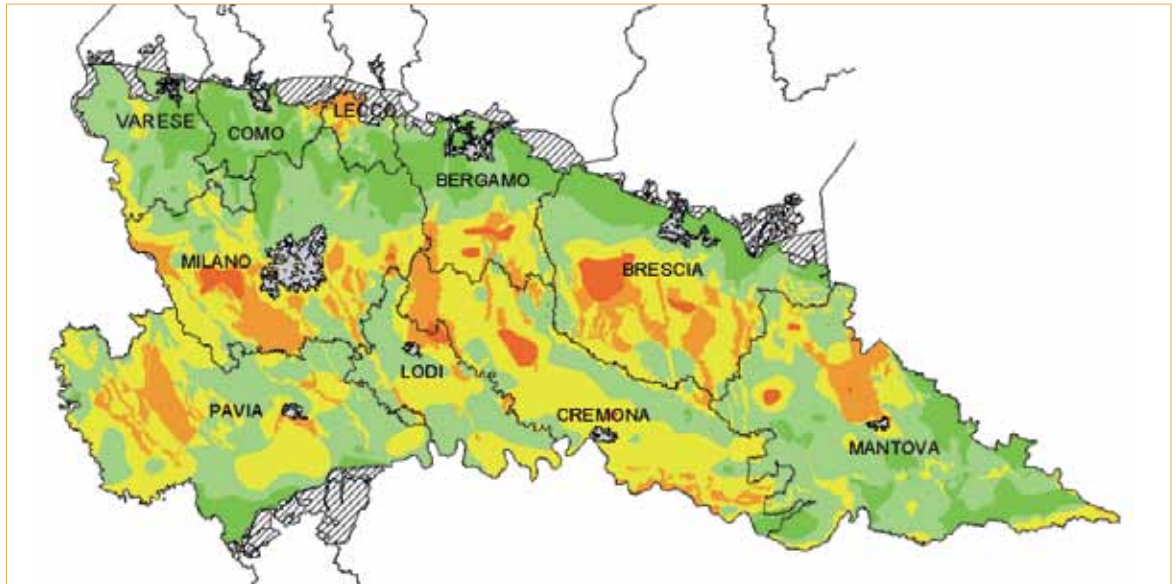
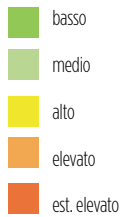
Tab. 1 Incertezza dei risultati nella valutazione della vulnerabilità degli acquiferi (Focazio et al., 2002).

↑ Incremento complessità delle valutazioni	I Approccio troppo complesso e costoso e può aumentare le incertezze	II Approccio commisurato con aumento conoscenze, ma può essere troppo costoso	↑ Incremento delle risorse richieste
	IV Approccio semplificato (non rigoroso) e con necessità di approfondimenti di conoscenze	III Aumento di conoscenze e diminuzione incertezze ottenuti con modelli semplici e poco costosi  (risultato scientificamente difendibile)	
Decremento delle incertezze sulle valutazioni →			

FIG. 1  
ACQUE SOTTERRANEE

Lombardia, esempio di carta della vulnerabilità integrata per la pianura lombarda.

Fonte: Beretta et al., 2005.



utilizzando matrici che mettono in relazione le grandezze dei parametri di interesse.

Tali metodi consentono di determinare una vulnerabilità intrinseca e possono essere facilmente adattati alla valutazione della vulnerabilità specifica ai nitrati, quando integrati (figura 1) con Carte di capacità protettiva dei suoli rispetto ai nitrati (Beretta et al, 2005), comunemente prodotte a diversa scala per scopi agricoli.

*Valutazione per sistemi parametrici:*

Sistemi a punteggio semplice, *Rating Systems (RS)*

Nei sistemi a punteggio semplice (RS) a ciascuno dei parametri prescelti P per la valutazione della vulnerabilità intrinseca è attribuito un intervallo di punteggio. Si ottiene quindi la valutazione desiderata I per ciascun punto o area presa in considerazione della sommatoria dei punteggi. Il metodo GOD (Foster, 1987) rappresenta probabilmente il sistema a punteggio singolo più utilizzato.

$$I = \sum_{j=1}^n P_j$$

*Sistemi a punteggi e pesi, Point Count System Models (PCSM)*

Rispetto ai RS, i PCSM introducono una o più linee di pesi W, cioè un moltiplicatore a gamma fissa per ciascun parametro di base considerato P, allo scopo di evidenziarne l'importanza nel definire la vulnerabilità I in particolari situazioni idrogeologiche e/o di impatto

$$I = \sum_{j=1}^n P_j W_j$$

I metodi Drastic (Aller et al. 1987) e Sintacs (Civita e De Maio, 2000) rappresentano quelli più utilizzati fra

FIG. 2  
ACQUE SOTTERRANEE

Lombardia, esempio di validazione con il calcolo della concentrazione media di nitrati per i pozzi che ricadono nella stessa classe di vulnerabilità (adattato da Masetti et al., 2008).

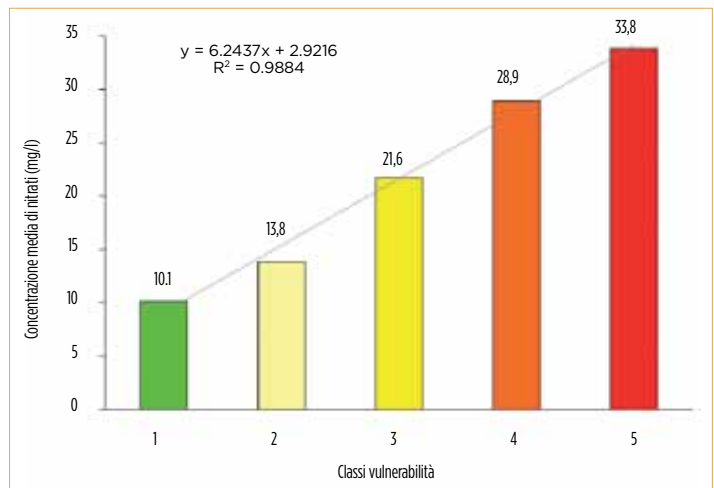
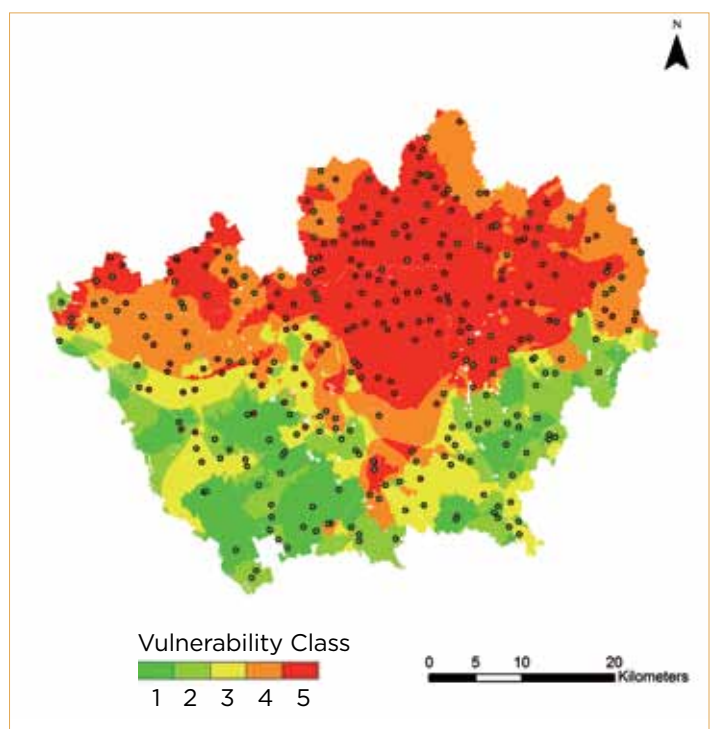


FIG. 3  
ACQUE SOTTERRANEE

Lombardia, esempio di carta della vulnerabilità calcolata con metodi statistici con i punti di monitoraggio utilizzati (adattato da Masetti et al., 2008).



questa tipologia. L'applicazione diretta alla vulnerabilità specifica può essere fatta adattando i valori dei pesi delle variabili alla protezione degli acquiferi rispetto ai nitrati come, ad esempio, direttamente proposto in Sintacs (Civita e De Maio, 2000).

### Validazione dei risultati e analisi statistiche

Gli sviluppi di studio sui metodi di valutazione della vulnerabilità hanno individuato tre principali carenze nelle applicazioni fino ad allora effettuate (Gogu et al. 2000):

- definire tecniche per la valutazione dell'affidabilità dei risultati
- introdurre i dati idrochimici nelle valutazioni della vulnerabilità specifica
- integrare le procedure con tecniche statistiche e numeriche per una migliore quantificazione dei processi.

#### Validazione

Deve essere eseguito un controllo dell'affidabilità della distribuzione delle diverse classi di vulnerabilità sul territorio in funzione della effettiva presenza di contaminanti in falda. Un metodo semplice e affidabile consiste nel costruire istogrammi di frequenza della concentrazione media di nitrati per i pozzi che ricadono nella stessa classe di vulnerabilità (figura 2).

#### Metodi statistici

Si basano essenzialmente sulla ricerca delle correlazioni statistiche esistenti tra la distribuzione dei fattori che si ritiene siano importanti nell'influenzare la vulnerabilità dell'acquifero (predittori) e

Tab. 2 Criteri per la scelta dei metodi di valutazione

<p>Medio e alto denominatore di scala</p> <p>Pochi dati disponibili &gt; zonazione ad aree omogenee Buona base dati predittori e pochi dati idrochimici &gt; metodi parametrici Buona base dati predittori e dati idrochimici &gt; metodi statistici</p>
<p>Basso denominatore di scala</p> <p>Valutazioni con metodi analitici o modelli numerici sito specifici</p>



le caratteristiche qualitative della falda. Per la valutazione della vulnerabilità utilizzano direttamente anche i dati di concentrazione dei contaminanti misurati in pozzi della falda in esame (Masetti et al. 2009) (figura 3) e sono facilmente validabili (figura 2).

#### Principali vantaggi

1. I predittori possono essere selezionati in funzione delle caratteristiche dell'area in esame (o dei dati disponibili)

2. L'importanza di ogni predittore è valutata attraverso un processo statistico oggettivo che può permettere anche di scartare alcuni predittori se questi non risultano significativi
3. I pesi delle singole classi di predittori vengono calcolati per l'area specifica e non sono attribuiti a priori
4. La qualità dei risultati può essere adeguatamente valutata.

#### Principali svantaggi

1. Richiedono solide base dati sia per il chimismo delle acque sia per la distribuzione spaziale dei predittori
2. Richiedono un maggiore grado di competenze per la loro corretta applicazione.

#### Conclusioni

La scelta del metodo per la valutazione della vulnerabilità deve essere fatta in funzione della disponibilità dei dati e della scala di studio e deve in ogni caso cercare di prevedere una procedura di validazione delle carte finali ottenute (tabella 2).

#### Marco Masetti

Dipartimento di Scienze della Terra "Ardito Desio", Università di Milano

### BIBLIOGRAFIA

- Aller, L., Bennet, T., Lehr, J.H., Petty, R.J., (1987). *DRASTIC: A Standardised System for Evaluating Groundwater Pollution Potential Using Hydrologic Settings*. US EPA Report, 600/2e87/035. Robert S. Kerr Environmental Research Laboratory, Ada, OK.
- Beretta G. P., Cambareri M.N., Chinaglia N., Masetti M., Pilati M., Riparbelli C. (2005). *Utilizzo di un approccio integrato idrogeologico-pedologico per l'individuazione della vulnerabilità dell'acquifero all'inquinamento in Lombardia* Geologia Insubrica vol 8/2.
- Civita M., De Maio M. (2000), *Valutazione e cartografia automatica della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento con il sistema parametrico (SINTACS R5)*, Pitagora Editrice Bologna
- Gogu, R.C., Dassargues, A., (2000). *Current trends and future challenges in groundwater vulnerability assessment using overlay and index methods*. Environmental Geology 39, 549e559.
- Masetti M, Poli S., Sterlacchini S., Beretta G.P., Facchi A. (2008). *Spatial and statistical assessment of factors influencing nitrate contamination in groundwater*. Journal of Environmental Management, 86, 272-281, doi:10.1016/j.jenvman.2006.12.023.