

## **Integrazione fra rete di monitoraggio delle acque sotterranee e cartografia di vulnerabilità delle falde. Proposta metodologica e sperimentazione in provincia di Roma**

*Integrating groundwater monitoring networks with vulnerability mapping. A methodological proposal and application to a case study in the province of Rome*

GIULIANO G. (\*), PREZIOSI E. (\*), PETRANGELI A.B. (\*), VIVONA R. (\*),  
PATERA A. (\*), DE LUCA A. (\*), BARBIERO G. (\*)

**RIASSUNTO** - Il monitoraggio quali-quantitativo delle acque sotterranee e la valutazione della loro vulnerabilità sono previste in Italia dal Dlgs. 152/1999. Queste due attività sono condotte frequentemente in maniera indipendente, per cui spesso manca il confronto tra lo stato reale di inquinamento e il rischio potenziale ai fini della programmazione dell'uso sostenibile delle risorse.

L'obiettivo della ricerca è mettere a punto e sperimentare una metodologia che integri funzionalmente i due aspetti, individuando criteri e percorsi da seguire nella predisposizione di programmi di monitoraggio finalizzati a seguire l'evoluzione spazio-temporale della concentrazione di contaminanti, di origine antropica o naturale, delle acque sotterranee. L'area di sperimentazione è costituita dalla porzione settentrionale della provincia di Roma, che si estende per circa 2000 km<sup>2</sup> e che comprende 30 Comuni, fra cui parte di quello di Roma.

La valutazione di vulnerabilità è stata realizzata attraverso alcune proprietà intrinseche correlate, rappresentate dalla capacità di protezione del non saturo e dalla suscettività al degrado qualitativo delle falde, poiché le informazioni disponibili sull'assetto idrogeologico non erano sufficienti alla completa valutazione della vulnerabilità secondo i canoni classici. L'attenzione è stata rivolta agli acquiferi di rilevante importanza nell'area, utilizzati a scopo potabile, sia pubblico che domestico. Per la selezione dei punti d'acqua sono stati privilegiati i gestori pubblici, in quanto forniscono garanzie di condizioni di accesso e manutenzione e rappresentano ambiti di utilizzo significativi. Questa modalità di lavoro ha portato a privilegiare gli aspetti di qualità della risorsa a discapito di quelli quantitativi.

Le attività sperimentali hanno portato al censimento di 121 punti d'acqua, fra pozzi e sorgenti che sono stati oggetto di misure in campo e di prelievo di campioni d'acqua analizzati in laboratorio. Di questi ne è stato selezionato un insieme di 50 denominato "rete esecutiva" per un secondo campionamento mediante una procedura empirica che ha integrato, in modo qualitativo, aspetti significativi della vulnerabilità e dello stato di contaminazione delle falde.

Nella fase conclusiva della ricerca è stata messa a punto una

procedura originale sviluppata in ambiente GIS, in cui sono considerati in modo quantitativo gli aspetti specifici della vulnerabilità e le caratteristiche dei punti d'acqua; tale procedura ha consentito di individuare un secondo insieme di punti d'acqua, denominato "rete ottimizzata", che risulta parzialmente coincidente con la prima. La procedura costituisce una significativa innovazione poiché permette di ottimizzare la rete in relazione allo specifico obiettivo del monitoraggio, in modo rapido e più oggettivo rispetto alle selezioni effettuate tradizionalmente con procedure empiriche. Nella fase conclusiva della ricerca è stata messa a punto una procedura originale sviluppata in ambiente GIS, in cui sono considerati in modo quantitativo gli aspetti specifici della vulnerabilità e le caratteristiche dei punti d'acqua; tale procedura ha consentito di individuare un secondo insieme di punti d'acqua, denominato "rete ottimizzata", che risulta parzialmente coincidente con la prima. La procedura costituisce una significativa innovazione poiché permette di ottimizzare la rete in relazione allo specifico obiettivo del monitoraggio, in modo rapido e più oggettivo rispetto alle selezioni effettuate tradizionalmente con procedure empiriche.

**PAROLE CHIAVE:** vulnerabilità all'inquinamento, monitoraggio, acque sotterranee, cartografia tematica, GIS, provincia di Roma, Lazio, Italia.

**ABSTRACT** - Quali-quantitative monitoring of groundwater and assessment of its vulnerability are regulated in Italy by Dlgs. 152/1999. These two activities are frequently carried out independently of each other so that it is often impossible to make a comparison between the true state of pollution and potential risk when planning a sustainable use of resources.

The aim of the research is to develop and test a method for functionally integrating the two aspects and establishing the path to follow in setting up monitoring programmes designed to follow the space-time evolution of the concentrations of contaminants of manmade or natural origin in groundwater.

The test area comprises the northern portion of the province of Rome which covers an area of about 2000 km<sup>2</sup>, taking in 30 municipalities, including part of Rome itself.

(\*) Istituto di Ricerca sulle Acque - Consiglio Nazionale delle Ricerche. Via Reno 1, 00198 - ROMA

Vulnerability was assessed on the basis of several related intrinsic properties represented by the capacity of protection of the non saturated zone and the susceptibility of the aquifers to qualitative degradation, as the available information on the hydrogeological configuration was not sufficient to perform a classical vulnerability assessment.

Attention has been focused on aquifers of significant importance in the area which are used as a source of both public and domestic drinking water. Priority was given to public managers in selecting the withdrawal points as they guaranteed conditions of access and maintenance and represented significant utilization environments. This working method led to greater priority being given to the quality aspects of the resource than to the quantitative aspects.

The test activities involved making a census of 121 withdrawal points including wells and springs subjected to field measures and the taking of water samples for laboratory analysis. A set of 50 of these were selected as an "executive network" for a second sampling using an empirical procedure that qualitatively combined significant aspects of vulnerability and of the state of aquifer contamination.

The concluding phase of the research involved the development of an original GIS procedure in which a quantitative treatment is given of the specific aspects of vulnerability and the withdrawal point characteristics. The use of this procedure allowed a second set of withdrawal points to be identified, denoted as the "optimized network", which partially coincides with the first one. The procedure represents a significant innovation as it allows the network to be optimized with reference to the specific objective of the monitoring in a more rapid and objective fashion than when using the conventionally performed selections using empirical procedures.

KEY WORDS: vulnerability to contamination, groundwater monitoring, hydrogeology, groundwater, thematic mapping, GIS, province of Rome, Lazio Region, Italy.

## 1. - INTRODUZIONE

Il monitoraggio quali-quantitativo delle acque sotterranee e la valutazione della loro vulnerabilità sono previste in Italia dal Dlgs. 152/1999. Queste due attività sono condotte frequentemente in maniera indipendente, per cui spesso manca il confronto tra lo stato reale di inquinamento e il rischio potenziale ai fini della programmazione dell'uso sostenibile delle risorse.

L'obiettivo che si è proposto questa ricerca è mettere a punto e sperimentare una metodologia che integri funzionalmente i due aspetti, individuando criteri informativi e percorsi operativi da seguire nella predisposizione di programmi di monitoraggio da sviluppare a scala regionale o subregionale.

Questo approccio implica che l'attenzione sia rivolta soprattutto alle risorse idriche strategiche di una data area, ovvero a risorse ospitate in falde allo stato attuale non severamente contaminate, utilizzate o utilizzabili per scopi fondamentali e nobili come quello potabile. Tendenzialmente, quindi, l'oggetto del monitoraggio saranno quei

corpi idrici sotterranei d'interesse a scala regionale rappresentati sia dalle falde basali dei sistemi montuosi e collinari sia dai sistemi multifalda delle pianure alluvionali.

Presupposto dell'attività è la conoscenza approfondita dell'assetto idrogeologico regionale e di dettaglio, della utilizzazione reale del suolo e del sistema di utilizzazione delle acque sotterranee (censimento delle captazioni). La disponibilità iniziale di queste informazioni è determinante per poter pervenire in tempi ragionevoli ad una valutazione efficace della vulnerabilità intrinseca delle falde e per avviare i rilievi sperimentali che forniranno, secondo una sequenza iterativa, gli elementi di base per la selezione di una rete rappresentativa di monitoraggio.

Elemento caratteristico dell'attività di integrazione è, peraltro, una chiara definizione degli obiettivi del monitoraggio in riferimento sia alla tipologia generale, cioè conoscitivo, gestionale, operativo (controllo), sia alla specificità dell'uso prevalente delle acque sotterranee, cioè potabile, multiuso, etc.

La definizione degli obiettivi consentirà anche di individuare le strategie di campionamento in termini di densità, frequenza, *target* analitici (ovvero tipologie di sostanze e livelli di detezione), che potranno essere successivamente modulate nel tempo in relazione all'accumularsi delle conoscenze sul comportamento dei sistemi acquiferi in risposta agli *stress* antropici e alla variabilità climatica.

Le caratteristiche topologiche e operative della rete di monitoraggio saranno determinate in funzione degli assetti geo-ambientali ed antropici, degli obiettivi dichiarati, nonché delle risorse finanziarie disponibili.



Fig. 1 - Ubicazione dell'area di studio (in rosso).  
- Location map of the study area (in red).