



TERZA SESSIONE

***Lo stato dell'arte degli studi sulla vulnerabilità
degli acquiferi e sulla realizzazione
di reti di monitoraggio delle acque sotterranee***



ASPETTI METODOLOGICI NELLA REALIZZAZIONE DELLE CARTE DELLA VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI ALL'INQUINAMENTO ¹

[Massimo Civita](#)

Politecnico di Torino – Responsabile della Linea di Ricerca
"Valutazione della Vulnerabilità degli Acquiferi" del GNDCI-CNR

Introduzione

Come molti dei presenti sanno, il mio ruolo nella ricerca nazionale è, ormai da molti anni, quello di coordinatore responsabile della Linea di Ricerca 4 del Gruppo Nazionale per le Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI), del CNR. Il Gruppo, che è supportato dal Dipartimento per la Protezione Civile, si occupa di ricerca applicata ai vari problemi della protezione del territorio: frane, alluvioni, inquinamento delle acque sotterranee. Quest'ultima tematica è stata inclusa nel settore del rischio idraulico e geologico, data la riconosciuta importanza che essa assume nell'economia e nella cura della salute delle popolazioni italiane.

Sono particolarmente lieto di essere qui questa mattina per presentarvi, in sintesi, il lavoro di molti anni di un nutrito gruppo di ricercatori, alcuni esponenti del quale sono qui con noi, che dal 1985 in poi ha prodotto uno sforzo notevolissimo, al limite delle funzioni proprie di un Servizio tecnico nazionale, per poter effettuare studi, esperimenti sul campo, mettere a punto metodologie specifiche e protocolli che servano a proteggere le acque sotterranee che, non dimentichiamo, forniscono al Paese l'85% ca. delle acque destinate al consumo umano. Con questo scopo è nata, appunto, la Linea 4 del GNDCI-CNR che ha operato praticamente in tutta Italia, con 23 unità operative e circa 200 ricercatori.

La problematica

Il processo d'attenuazione degli inquinanti nel sistema acquifero è abbastanza ben noto. La comprensione di tale processo è alla base della preparazione delle metodiche che, in base ai dati disponibili, permettono di valutare zona per zona il grado di protezione degli acquiferi o, meglio, il suo complemento a 1: la vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento.

Il nostro Paese, come è noto, presenta scenari idrogeologico - ambientali molto differenziati: le relative problematiche sono da affrontare in maniera spesso molto diversificata. Ciò è possibile entro certi limiti, ed entro quei limiti ci siamo mossi in questi anni, puntando soprattutto sulla sperimentazione di metodologie differenziate, in modo da poter restare sempre molto aderenti alle diverse realtà.

Come si può notare nella rappresentazione schematica in fig. 1, il modello concettuale di riferimento, è un sistema che comprende fundamentalmente quattro elementi: il suolo, l'insaturo, la zona satura dell'acquifero e l'impermeabile di base, che serve a dare una geometria finita al modello fisico del sistema stesso. La separazione tra saturo e insaturo è variabile nello spazio e nel tempo, ma ciò incide solo indirettamente sulle situazioni d'attenuazione che *possono avvenire* nel pacco litostratigrafico che c'è al di sopra della zona satura. Le fasi più importanti di quest'azione di autodepurazione che il sistema fornisce naturalmente, sono: la *diluizione*, che avviene fundamentalmente nella zona satura; il *ritardamento*, che avviene soprattutto nel suolo e anche un po' nell'insaturo; l'*eliminazione*, che avviene soprattutto nel suolo ma anche sovente nell'insaturo. L'*eliminazione* dipende, in buona misura, anche dall'ossigenazione, come si è cercato di rappresentare in fig. 1, dove si indica la penetrazione, dove è possibile, dell'O₂ nel sistema. Altri gas possono avere una certa importanza sui vari aspetti dell'eliminazione: il CO₂, l'N₂, H₂S, CH₄, in parte gas endogeni,

¹ Pubblicazione n. 2496 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, del CNR, U.O. 4.1. (Politecnico di Torino – Resp. Prof. M. Civita)



che vengono da processi che poco o nulla hanno a che fare con le fonti d'inquinamento in superficie.

Definizioni

Su queste basi concettuali sono stati messi a punto sistemi di valutazione *non soggettivi*, su questo ritengo che sia molto importante appuntare l'attenzione. Non soggettivi significa, non legati all'interpretazione che il singolo operatore può fare su una determinata area, con una *visibilità* che è in ogni caso condizionata dalla sua esperienza, e dal suo *background* culturale. È necessario, al contrario, che i sistemi di valutazione e di rappresentazione siano effettivamente confrontabili tra loro, che forniscano, cioè, regole e Linee – Guida da applicare in qualunque parte del nostro Paese. Se, infatti, si vuole utilizzare le Carte di Vulnerabilità come strumento di previsione e prevenzione del potenziale di rischio², sia pure potenziale, che sia uniforme in Veneto e in Piemonte, in Sardegna e in Campania. Viene, dunque, molto a proposito che, alla fine di dicembre, in occasione della 5^a Conferenza Nazionale delle Agenzie Ambientali, a Bologna, l'ANPA presenterà le Linee - Guida per la preparazione delle Carte della Vulnerabilità che disciplineranno definitivamente, al livello nazionale, la materia, sia dal punto di vista metodologico, sia da quello normativo. Vorrei, ora, chiarire il concetto di vulnerabilità degli acquiferi, secondo le definizioni utilizzate in campo nazionale e internazionale. Innanzi tutto, *vulnerabilità intrinseca* è una caratteristica propria del sistema o, con riferimento alla fig. 1, della reazione che il sistema esplica quando è interessato da fenomeni di trasferimento in profondità di sostanze idroveicolate capaci di produrre impatto, quando, se si vuole, il sistema è *vulnerato*. La vulnerabilità intrinseca è descritta da un insieme di fattori che, in sinergia tra loro, interagiscono per mitigare i possibili impatti.

Molte sono le definizioni acquisite in campo internazionale. In particolare, ce n'è una che è stata proposta nel quadro di un importante lavoro effettuato sotto l'egida dell'UNESCO da un gruppo di scienziati di vari Paesi riuniti nella Commissione per la Protezione delle Acque sotterranee, dell'IAH (Vrba & Zaporozec edit., 1994)³. E' una definizione che, per quanto riguarda il nostro Paese è, a mio modo di vedere, un po' troppo riduttiva. Egualmente poco descrittiva è la definizione, coniata dagli scienziati americani e israeliani, che considera soltanto la *sensibilità* delle acque sotterranee alle attività antropogene (Bachmat & Collin, 1983). La definizione molto utilizzata dai ricercatori inglesi, in particolare, e anche dagli scandinavi, parla di *suscettibilità* delle diverse parti di un acquifero ad essere negativamente impattati da un carico inquinante. Anche in questo caso, la definizione, che poi è alla base delle azioni che bisogna compiere, è abbastanza nebulosa e, quindi, difficilmente applicabile ad un Paese con scenari idrogeologici molto variabili, com'è appunto il nostro.

La definizione che è accettata quasi da tutti in Italia e che introduce una serie di concetti ai quali non si può assolutamente disattendere, è la seguente: *la vulnerabilità è la suscettibilità specifica dei sistemi acquiferi nelle loro diverse parti componenti e nelle diverse situazioni geometriche e idrodinamiche, ad ingerire e diffondere, anche mitigandone gli effetti, un inquinante fluido o idroveicolato tale da produrre impatto sulla qualità dell'acqua sotterranea nello spazio e nel tempo.*

Gli ultimi due riferimenti, relativi a *spazio* e *tempo*, sono strettamente legati alla necessità di raffigurare tutto ciò che noi intendiamo come vulnerabilità intrinseca, o integrata, come qualcosa di dinamico e non come qualcosa di statico, quindi qualcosa che va visto nello spazio e nel tempo, con tutte le variazioni del caso.

Alla definizione della *vulnerabilità intrinseca* degli acquiferi all'inquinamento si affianca, dal punto di vista

² Tale è lo sviluppo che, entro l'anno, dovrà essere posto in essere, come appare evidente dalla nuova organizzazione del Dipartimento della Protezione Civile che mira ad utilizzare un SIT opportunamente informato per gestire emergenze ed impatti.

³ Per esigenze di spazio, si prega il lettore interessato di consultare Civita (1994) e, comunque, le opere riportate nell'elenco bibliografico in calce a questa nota.



cartografico - operativo, la definizione di *vulnerabilità integrata*⁴. La vulnerabilità integrata viene costruita, quindi è già un'esplicitazione di una metodica, per sovrapposizione, cartografica o via GIS, sulla valutazione territorializzata della vulnerabilità intrinseca, dell'identificazione georeferenziata di: centri di pericolo (CDP), cioè produttori di inquinamento puntuali; fonti diffuse (FDP), cioè produttori di inquinamento su base territoriale piuttosto vasta, per esempio inquinanti di tipo agricolo; ingestori e preventori di inquinamento, questi ultimi essendo gli interventi strutturali mitigatori primi; i soggetti a rischio (SAR), che sono i bersagli dell'inquinamento; il campo di moto dell'acquifero, che è il vettore del tutto.

È opportuno e necessario ricordare che questo genere d'approccio, che è stato sviluppato e testato al livello di gruppo di Ricerca, è stato portato avanti in molti Paesi del mondo, sia pure con minore enfasi. Si tratta, soprattutto, di un approccio di piano e non vuole essere nient'altro: deve essere utile per pianificare correttamente, uno strumento che viene messo nelle mani dei decisori politici, i *decision makers* dei Paesi anglosassoni, cioè i soggetti che hanno il diritto - dovere di prendere decisioni operative sulla salvaguardia del territorio e delle risorse ambientali. Al di là, quindi, del *background* scientifico, che è sicuramente importante e in continua evoluzione, abbiamo imparato a produrre documenti di piano che devono permettere una loro effettuabilità immediata. Tali documenti devono avere un costo relativamente basso, e ciò si ottiene ricercando, censendo, raccogliendo le migliaia di dati che esistono su ogni territorio, sia pure sepolti in mille cassette diversi. Perché, in caso contrario, se si partisse da zero, il costo di preparazione sarebbe troppo elevato per qualunque livello d'amministrazione e il risultato sarebbe solo di disattendere completamente i sistemi di protezione delle acque nel nostro Paese.

I metodi

Vari sono i metodi per valutare, area per area, zona per zona, la vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento. Il più semplice, quello più utilizzato in tutto il mondo, è un approccio sostanzialmente idrogeologico, che valuta la vulnerabilità utilizzando una serie di protocolli, per situazioni idrogeologiche più o meno complesse, mettendo insieme, cioè, tutto ciò che è possibile sapere di una determinata area. Queste valutazioni, dunque, non sono solo influenzate dal numero e dalla qualità dei dati disponibili ma anche punto di vista dell'operatore. Per cercare di ovviare alla troppa discrezionalità, è stato messo a punto un protocollo nazionale (Metodo - Base GNDICI-CNR - Civita, 1990), una linea guida per valutare, per quanto è possibile, in maniera omogenea la vulnerabilità intrinseca.

I *sistemi parametrici* sono avulsi dalla discrezionalità e dalla soggettività di giudizio degli operatori. Si tratta di metodologie con determinati limiti d'operatività, determinati limiti di scelta e che, quindi, tendono a focalizzare le scelte parametriche e conseguentemente l'omogeneità dei risultati. Si tratta di modelli numerici, calati quasi sempre su una griglia di elementi finiti o su una *grid square*, una semplificazione questa ottimale per permettere a qualunque operatore di lavorare in sicurezza. I sistemi parametrici sono molteplici: alcuni, i primi ad essere impiegati, sono basati su matrici molto semplici. I modelli delle successive generazioni sono sistemi a punteggio: si ottiene la valutazione georiferita utilizzando dei *range* di punteggio per i parametri utilizzati. I metodi dell'ultima generazione sono i *sistemi a punteggi e pesi*⁵, che hanno preso spunto dai lavori fatti in America negli anni 60-70 sotto l'egida dell'USEPA e successivamente tentati in altri Paesi. Ma è la ricerca italiana che ha portato il massimo sviluppo ai PCSM grazie ad un programma di ricerca che prevedeva, appunto, la valutazione della vulnerabilità sull'intero territorio nazionale, sia pure per aree rappresentative. Questo programma di ricerca applicata, a supporto della Protezione Civile, procede ormai da 16 anni ininterrottamente ed ha comportata la copertura, direttamente o

⁴ Questa definizione delinea un concetto di cartografia tematica operativa che ha dato adito, in campo internazionale, a molte incomprensioni: la traduzione inglese, (*integrated vulnerability*) è piuttosto fuorviante. Infatti, non si tratta di integrare con ulteriori dati la *vulnerabilità* ma, tutt'al più, la *Carta della vulnerabilità*. Colgo, dunque, l'occasione di chiarire, una volta per tutte, che la traduzione giusta è *integrated map of the aquifer vulnerability to contamination*.

⁵ Point Count System Model (PCSM)



in collaborazione con gli Enti territoriali, di 135.000 km² dei 190.000 a rischio nel nostro Paese.

Vanno ricordate qui le *valutazioni d'impatto ambientale* (VIA) che sono, in qualche modo, legate a tutta una

serie di parametri che poco hanno a che fare con le acque sotterranee. Mi sembra necessario sottolineare qui che le VIA non tengono quasi mai conto, sia nello schema generale sia nell'applicazione, della presenza degli acquiferi e del loro grado di protezione. Questo è sicuramente un modo di vedere alquanto bizzarro che andrà corretto nel prossimo futuro.

Infine, ci sono valutazioni per *espressioni analogiche* e i *modelli*. In base ad una serie di valutazioni statistiche su un nutrito gruppo di casi - studio, si può fornire una chiave di lettura per stabilire quali sono i limiti d'applicazione delle varie metodologie precedentemente ricordate e, conseguentemente, quali sono i criteri di scelta dei metodi di valutazione e rappresentazione della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento.

Il diagramma triangolare in fig. 2 serve a mostrare come il peso del numero dei dati, il denominatore di scala e il numero di dati per punto rilevato condizionano la scelta del metodo più adatto da utilizzare in funzione delle caratteristiche di ciascun'area d'indagine. L'utilizzo dei modelli è ristretto alla punta estrema di questo diagramma triangolare: perché un modello sia effettivamente implementabile ed utile, c'è bisogno di una quantità notevole di dati, diversificati e molto specifici, cosa di cui difficilmente si dispone nel territorio nazionale, tant'è vero che la modellazione, anche la modellazione dei flussi sotterranei degli inquinanti finisce per essere possibile solo localmente e si applica fondamentalmente nell'analisi specifica di un sito inquinato come guida al progetto di bonifica. C'è una vasta zona del diagramma in fig. 2, che al crescere dei punti per km² e del denominatore di scala, può essere analizzata mediante i sistemi a punteggi e pesi. La gran parte del territorio nazionale, allo stato attuale, dovrebbe essere valutata per complessive situazioni idrogeologiche, parlo in particolare delle zone collinari e delle zone montane.

Il risultato statistico visualizzato in fig. 2, ha una sua validità, ovviamente, ma ha una validità in movimento, nel senso che man mano che si fanno studi, soprattutto a livello regionale, e qui in Veneto è stato fatto un lavoro molto approfondito, potremo continuare ad elaborare questi dati e produrre nuove valutazioni, anche se, come mia opinione personale, non credo che differiranno molto da quelle fino ad oggi prodotte.

Le Linee - Guida, che l'ANPA presenterà a dicembre, prevedono fondamentalmente due metodologie messe a punto dal GNDICI-CNR⁶. Il *metodo base*, che è protocollo: in pratica, è stata raccolta tutta una serie di situazioni, sono state raccordate con le tipologie di complesso idrogeologico presente, ed è stata data una definizione del grado di vulnerabilità che si associa a queste situazioni. La base informativa risale alle prime esperienze francesi fatte negli anni 70, quando il BRGM aveva varato il piano molto ambizioso per realizzare la copertura dell'intero territorio nazionale con una cartografia della vulnerabilità, riconoscendo i notevoli problemi che si cominciavano ad avere. Il programma si è fermato d'improvviso, credo che per questioni di *budget*. Il metodo - base è, ovviamente, calato sui problemi nazionali, perché il nostro obiettivo è quello di dare metodologie validate agli utilizzatori, istituzionali e non, della ricerca operativa e non necessariamente applicabili in maniera generalizzata all'intero orbe terraqueo. Questo tipo d'approccio metodologico, messo a punto intorno agli anni 90, è stato ampiamente applicato e ampiamente pubblicizzato: esempi e casi-studio sono presenti in moltissimi lavori del Gruppo⁷.

È necessario ribadire che, in molte zone del territorio italiano, non c'è possibilità di operare altro che con un metodo di questo genere, sia per questioni legate alla morfologia, sia per carenza di dati di base. A titolo d'esempio, sia pure in bianco/nero per esigenze editoriali, in fig. 3 si riporta uno stralcio della Carta di Vulnerabilità integrata dell'alta pianura Reggiana, fra il T. Crostolo e il F. Secchia, prodotta dall'U.O. 4.8. che oggi coincide con la direzione tecnica dell'ARPA Emilia Romagna. Il territorio è diviso secondo zone un

⁶ A tali metodologie fa esplicito riferimento il DLgs 152/99.

⁷ È possibile ottenere una completa bibliografia della produzione scientifica del GNDICI-CNR e, entro certi limiti, le opere specifiche, rivolgendosi alla Presidenza del Gruppo presso l'IRPI/CNR di Perugia.



vero e proprio *zoning* con codici di colori (nella fattispecie, toni di grigio, che rappresentano i diversi gradi di vulnerabilità intrinseca. Come sempre nelle Carte di vulnerabilità prodotte dal Gruppo, è riportata la rete di flusso in quanto elemento trainante di eventuali inquinamenti. Inoltre, sono state sovrapposte alla

vulnerabilità intrinseca, tutta una serie di simboli che, purtroppo, nella rappresentazione non si vedano chiaramente, i quali rappresentano, appunto, i centri di pericolo (CDP) incidenti sull'area. Vengono anche riportati gli interventi di protezione delle fonti d'approvvigionamento, come, per esempio, le aree di salvaguardia delineate intorno alle captazioni idropotabili. L'Emilia Romagna, come sapete, è una delle regioni dove il metodo di calcolo delle aree di salvaguardia è stato più applicato.

Oggi anche in Piemonte, in Veneto e in altre Regioni viene applicato il metodo di valutazione basato sulle velocità e non sul compasso, come, purtroppo, recita la legge italiana (DPR 236/88).

Osservando una Carta come quella riprodotta in fig. 3, è abbastanza agevole per l'amministratore e per il tecnico, rendersi conto di come il flusso possa compromettere, per esempio, una captazione di acque potabili qualora si verifichi nel territorio dominante un inquinamento di carattere locale, di carattere continuo, di carattere episodico. È classico il caso dell'autobotte che trasporta liquidi inquinanti che si ribalta sull'autostrada: quali sono i punti d'acqua che dobbiamo individuare immediatamente, quali sono gli acquedotti da chiudere per salvaguardare la salute delle persone che vi attingono? Dove è necessario intervenire in emergenza? A questi interrogativi ed a molti altri rispondono le Carte di Vulnerabilità (ANPA, 2001). Questa è già una prima valutazione di rischio, anche se di rischio potenziale. Attualmente la Linea 4 sta lavorando sulla valutazione del rischio d'inquinamento delle RIS, si sta producendo le prime metodologie per il calcolo del rischio e quindi le prime Carte di rischio.

Altri esempi non mancano. Nel 92, la provincia di Vercelli è stata la prima a coprire completamente con Carta di vulnerabilità la pertinente fascia di pianura ed è stata anche il primo esempio di cartografia fatta con metodi informatici: si lavorava ancora in CAD, oggi si lavora in GIS e le possibilità operative, ovviamente, sono del tutto diverse, in termini di continuo aggiornamento e di produzione delle cartografie in tempo reale. Dal metodo – base ai modelli parametrici. Il modello SINTACS R5 è considerato il modello più avanzato ed è indicato nelle Linee - guida dell'ANPA come metodologia di riferimento da applicare sul territorio nazionale, ove sussistono le condizioni necessarie e sufficienti. Il diagramma di flusso di SINTACS è molto articolato⁸, parte da una prima linea che comprende i dati di base, passa ai primi livelli di elaborazione per poi giungere ad una valutazione generale di sette parametri⁹, i *punteggi* attribuiti ai quali vengono in qualche modo modulati attraverso un sistema di *pesi*, che porta poi alle valutazioni e alla cartografia della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi all'inquinamento. Aggiungendo, le informazioni necessarie si può arrivare, ovviamente, alla cartografia della vulnerabilità integrata, che, alle amministrazioni alle quali questi documenti sono destinati, servono moltissimo proprio per avere uno scenario dei problemi specifici di protezione delle acque sotterranee. Utilizzando un sistema di questo tipo, originato da un *database* aggiornabile in ambiente GIS, in qualsiasi momento il decisore, la persona o il gruppo di persone che devono prendere delle decisioni immediate su, ad esempio, il rilascio di una licenza di insediamento, può avere immediatamente la situazione di vulnerabilità integrata della zona d'interesse.

SINTACS R5 è del 2000, è l'ultimo nato ed è il frutto di una continua evoluzione che ha preso le mosse nel 1990. Ma la ricerca metodologica non si ferma qui: man mano che dalle sperimentazioni vengono fuori proposte di modifiche, delle illustrazioni di situazioni particolari, continueremo ad aggiornare questo modello in modo che sia sempre più sensibile agli scenari idrogeologici nazionali. Sin ora, SINTACS è stato calibrato sulla base di circa 800 *test* di valutazione in tutta Italia.

Per coloro che non conoscono questo PCSM, vediamo rapidamente quali sono le basi della modellistica. Si

⁸ Si rimanda alle opere specifiche riportate in bibliografia per tutta l'iconografia illustrativa dei metodi.

⁹ I 7 parametri sono: Soggiacenza, Infiltrazione, Non saturo, Tipologia della copertura, Acquifero, Conducibilità idraulica, Superficie topografica.



lavora generalmente su delle *grid square* in ambiente GIS e, conseguentemente, non viene effettuata una valutazione puntuale ma piuttosto una valutazione di griglia: ad ogni elemento di griglia vengono attribuiti i valori dei sette parametri che, automaticamente, per sommatoria, porterà ad un indice di vulnerabilità per ciascun elemento di griglia. Quindi rappresenta una territorializzazione completa, dove non sono usati artifici

del tipo, fin troppo abusato, delle carte a curve isovalore, che ovviamente prevedono una continuità spazio temporale dell'insieme dei dati e non può essere applicata in un sistema superficie-sottosuolo-acquifero complicato come accade spesso nel territorio italiano.

La *soggiacenza*, ovviamente, ha la sua ragion d'essere come primo elemento del modello SINTACS. Evidentemente la distanza tra la superficie e l'acqua sotterranea ha un'importanza basilare.



Il relativo punteggio varia, in funzione di una serie di esperienze, secondo una curva di attenuazione che ha una tendenza a un asintoto orizzontale dopo gli 80-90 metri, anche perché, dopo 80-90 metri. Si considera che spessori di quest'ordine di grandezza, anche in zone di rocce fessurate, forniscono una notevole protezione se non altro perché il *time of travel* (TOT) finisce per essere elevato.

Alla soggiacenza si aggiunge, l'*infiltrazione*. Questa parte del modello SINTACS ha richiesto un notevole sforzo di ricerca e l'adattamento di alcune metodologie al sistema. Altri modelli simili, il noto DRASTIC americano che dev'essere considerato ormai un riferimento archeologico, hanno tentato di quantificare l'infiltrazione in modo piuttosto bizzarro e semplicistico. In SINTACS è stata inserita una semplificazione del metodo del bilancio potenziale che utilizza la *stessa grid square* come base di una modellazione numerica per il calcolo della ricarica attiva. Si rimanda a Civita & De Maio, 2000 (Appendice A) per l'illustrazione completa della procedura, che è compresa anche in ANPA (2001).

Il terzo fattore è l'effetto del *non saturo*. Anche qui abbiamo un quadro che prevede tutta una serie di situazioni e di complessi idrogeologici in base ai quali sono forniti delle forchette statistiche di punteggio, sempre da uno a dieci come per gli altri fattori considerati. C'è una qualche complicazione, nell'assegnare il punteggio del fattore N, quando l'insaturo è composto da una serie di livelli litologicamente diversi: in questi casi, il metodo propone l'utilizzo di una media ponderale tra lo spessore ed il punteggio assegnato ai singoli componenti e lo spessore totale insaturo.

La *tipologia della copertura* ha un'importanza basilare. Purtroppo, in Italia non esiste una cartografia dei suoli al livello operativo, se non per alcune Regioni. Poiché le metodologie prodotte devono avere la possibilità di essere adoperate ovunque nel Paese, si sono cercate più soluzioni compatibili con la diversa qualità dei dati disponibili. La qualità minimale del dato prevede la conoscenza territorializzata delle tessiture secondo il codice USDA. Quando si dispone di dati molto completi, è stato messo a punto un approccio diverso che permette di valutare direttamente il punteggio del fattore P in base ai due fattori: la somma delle percentuali di materiali fini, contro la somma della percentuale di sostanza organiche determinate per analisi del suolo (Civita & Persicani, 1996).

L'*acquifero*, è il vettore e, sotto certi aspetti, anche il bersaglio dell'inquinamento. La sua idrodinamica è in ogni caso condizionata dal tipo e dal grado di permeabilità relativa del complesso che l'ospita. La scelta del punteggio, pertanto, è riferita ai più importanti acquiferi italiani, ai quali viene assegnata una forchetta statistica di punteggio compresa, come sempre, tra 1 a 10.

La *conducibilità idraulica*, dove è conosciuta mediante prove d'acquifero, *slug test* (Civita *et al*, 1999) e quant'altro, è valutata direttamente in base al suo valore e quindi riportata al punteggio relativo. Quando questo non è possibile, e purtroppo in molti casi non lo è, in base a tutti i dati ottenuti con prove ed in base a quelli citati nella letteratura internazionale, è stato formato un quadro che permette allo specialista di valutare in quale punto del diagramma si colloca ciascun caso e quindi assegnare alla zona d'interesse quello che si ritiene il punteggio più giusto, almeno al livello di ordine di grandezza.

L'*acclività della superficie topografica* rappresenta invece la possibilità di scorrimento delle acque superficiali e quindi anche l'allontanamento o il ristagno di eventuali inquinanti. Quindi, il punteggio più basso viene attribuito alle situazioni di massima acclività, quello più alto, alle situazioni di minima pendenza, cioè ai ristagni.

Infine le *stringhe di pesi* che servono a introdurre la situazione idrogeologica e d'impatto reale su cui si sta lavorando. Sono state messe a punto sino ad oggi cinque stringhe di pesi: ognuno dei 7 fattori prima descritti trova in ciascuna stringa il suo moltiplicatore che serve ad esaltare più o meno un determinato fattore rispetto agli altri e, per sommatoria, a produrre l'indice di vulnerabilità.

Osservando la Tabella 1, si può constatare che la somma dei pesi di ciascuna stringa è sempre uguale a 26. Stiamo lavorando in questo periodo su una sesta stringa, riportata in Tabella 1 insieme alle altre 5. Si sta cercando, infatti, di adeguare il modello alle prescrizioni del DLgs 152/99 e successive correzioni che lumeggiano in particolare il pressante problema dell'inquinamento di nitrati di prevalente origine agricola e zootecnica. Questa sesta stringa è tuttora in sperimentazione, la mostro qui in anteprima. Ci auguriamo di



aver presto dei risultati che permettano di stabilire se effettivamente questa stringa sia sufficiente per una valutazione. In caso contrario dovremo sovrapporre a SINTACS altri sistemi, già peraltro studiati e collaudati dall'U.O. 4.15N (Università Cattolica, Sezione Chimica dei Suoli) di Piacenza.

L'indice SINTACS è quantificato, moltiplicando appunto pesi e punteggi, entro un *range* compreso tra 26 e 260, per maggiore semplicità è stato normalizzato a 100.

In pratica, il modello calcola questo tipo di sommatoria, che permette quindi di dare a ciascun elemento finito iesimo della griglia un suo valore di vulnerabilità intrinseca. È ora possibile passare alla realizzazione della carta di vulnerabilità rappresentando su base topografica raster la griglia discretizzata secondo una leggenda sinottica (Civita & De Maio, 2000).

Tabella 1 – Stringhe di pesi utilizzate nel modello SINTACS R5, e stringa sperimentale per la vulnerabilità ai nitrati, in corso di validazione.

| Fattori | Pesi moltiplicatori | | | | | |
|---------|---------------------|-------------------|-----------|----------|--------------|---------|
| | Impatto normale | Impatto rilevante | Drenaggio | Carsismo | Fessurazione | Nitrati |
| S | 5 | 5 | 4 | 2 | 3 | 5 |
| I | 4 | 5 | 4 | 5 | 3 | 5 |
| N | 5 | 4 | 4 | 1 | 3 | 4 |
| T | 4 | 5 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| A | 3 | 3 | 5 | 5 | 4 | 2 |
| C | 3 | 2 | 5 | 5 | 5 | 2 |
| S | 2 | 2 | 2 | 5 | 4 | 3 |

Infine, *l'approccio combinato*. Ci si trova spesso a compiere valutazioni della vulnerabilità degli acquiferi in territori parte in pianura e parte in zone collinari e/o montuose. Sempre in base alle osservazioni statistiche raccolte in questi anni, si è potuto vedere che l'affidabilità dei dati, se vogliamo usare un *rating* da 1 a 10, si muove a seconda della quota media, quindi la morfologia e soprattutto l'altimetria influiscono, di fatto, sull'affidabilità ed il numero delle informazioni (fig. 4).

Ciò accade perché a quote basse, dove si constata sempre un'utilizzazione del territorio molto elevata, ci saranno molti più dati per km², ci saranno molte perforazioni di pozzi, sondaggi, indagini geognostiche, geofisiche, idrodinamiche, analisi dei suoli, ecc.: si possono reperire, quindi, le informazioni che servono per adoperare un modello parametrico. C'è una zona di interregno che, grosso modo, va tra i 300 e i 500 metri, che rappresenta poi il margine collinare. In tutta la Val Padana e Veneto – Friulana, questo passaggio è molto netto: i dati si rarefanno e non è più possibile utilizzare un sistema parametrico. Quando si superano i 500 metri, ci troviamo nelle condizioni di minima affidabilità dei dati, soprattutto per la loro disseminazione nel territorio. A questo punto è necessario uscire dalla logica del sistema parametrico e passare invece a un sistema più semplice, basato sulle situazioni idrogeologiche e sui complessi, in una parola, il metodo – base GNDICI-CNR che è stato illustrato in precedenza.

Ma, in regioni dove esistono situazioni complesse, come si fa a mettere d'accordo i due scenari? Nel 2000 è stato terminato uno studio, commissionato dalla Regione Piemonte: la realizzazione della Carta della vulnerabilità degli acquiferi della Val Tanaro, colpita dalla tragica alluvione del 1994. La morfologia dell'area studiata comprende zone di pianura, dove è stata fatta la vulnerabilità intrinseca con SINTACS R5, e zone collinari, dove, invece, non era possibile usare lo stesso metodo ma, piuttosto, il metodo – base. In fig. 5 viene riportata la Carta di una parte dell'area, a titolo d'esempio.

La Carta in fig. 5, che riguarda una parte della bassa Val Tanaro, nell'Alessandrino, nella parte alta è stato applicato SINTACS R5, nella parte bassa il sistema naturale. La linea nera al centro dell'immagine rappresenta il limite tra le due zone morfologiche e anche tra l'applicazione dei due metodi di valutazione che, ovviamente, si devono necessariamente confrontare l'uno con l'altro e validare l'uno con l'altro. La prima



sperimentazione ha dovuto risolvere un problema validazione, si è dovuto constatare se la validazione incrociata era effettiva prima di poter proporre l'approccio a livello operativo nazionale (ANPA, 2001). Si è potuto constatare, in effetti, che in molte zone del Paese, ad esempio la provincia di Livorno, varie zone del Piemonte, la provincia di Brescia e buona parte dell'Emilia Romagna, questo sistema è perfettamente bilanciato. Si riesce a fare delle correzioni locali al metodo - base utilizzando le stesse valutazioni sugli stessi tipi di sistema che sono state effettuate usando SINTACS.

Considerazioni finali

La Linea di Ricerca sulla *valutazione della vulnerabilità degli acquiferi* opera, come si è detto, da oltre 16 anni. Il lavoro svolto, sia in campo metodologico che applicativo, ha portato il nostro Paese in una posizione di assoluta avanguardia nel campo specifico. Un grosso vantaggio è stato ottenuto quando, fin dall'inizio dei programmi, si è chiesto a diverse organizzazioni regionali di diventare Unità Operativa del GNDCI. In questa maniera, per quanto riguarda l'Umbria, l'Emilia Romagna e diverse Province, si è ottenuto di far ricerca con gli stessi operatori e principali fruitori, quindi di eliminare un passaggio, che è sempre quello più difficile, di trasmettere i frutti della ricerca operativa agli Enti che poi se ne giovano. Questo caso, molto fortunato, di grande collaborazione diretta con gli Enti pubblici, ha dato frutti inattesi: la copertura quasi totale delle aree a rischio in Umbria, la copertura quasi totale in Piemonte meridionale, la copertura totale in Emilia Romagna, di buona parte della Sicilia e della Toscana e, recentemente, dell'intera Pianura Friulana e presto di quella Veneta.

Quest'esempio di collaborazione, in un delicato settore socio – economico e ambientale dovrà essere perpetuato a livello organizzativo, per la tutela del territorio nazionale e delle sue risorse, in modo da superare le barriere e le diffidenze che talvolta permangono tra la comunità scientifica e quella dei gestori della cosa pubblica del nostro Paese.

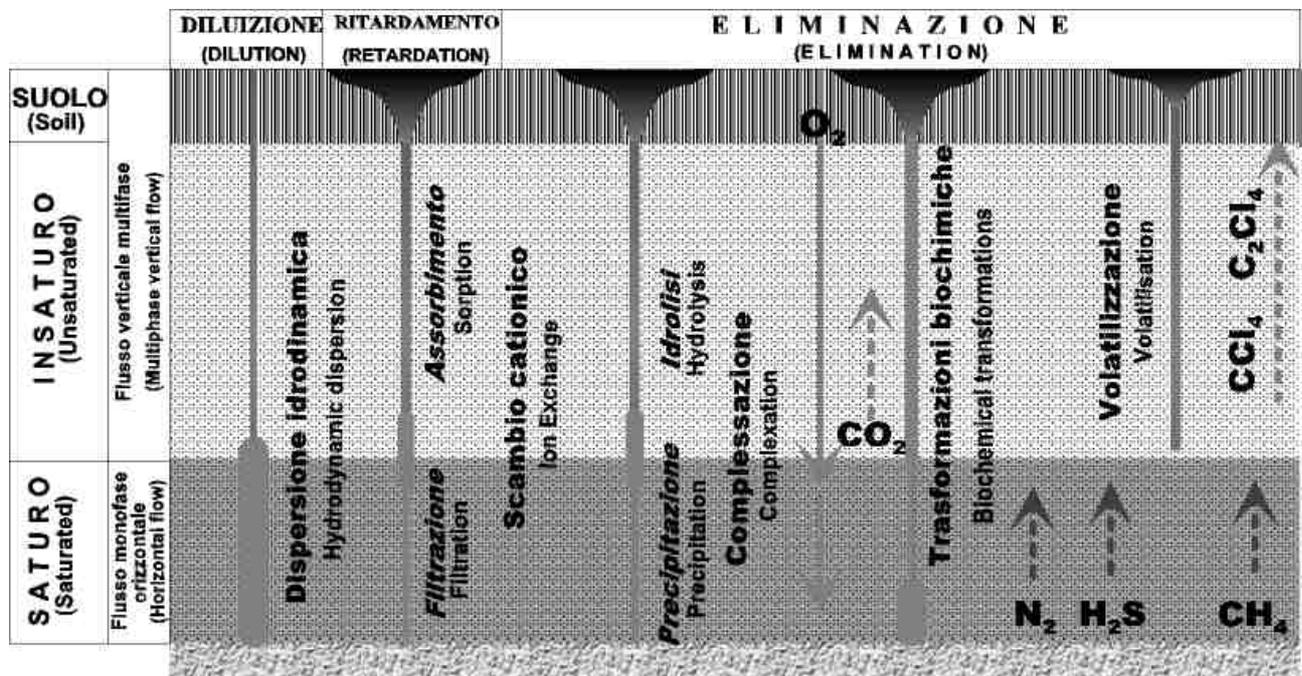


Fig. 1 - Il sistema acquifero ed i diversi processi di autodepurazione.

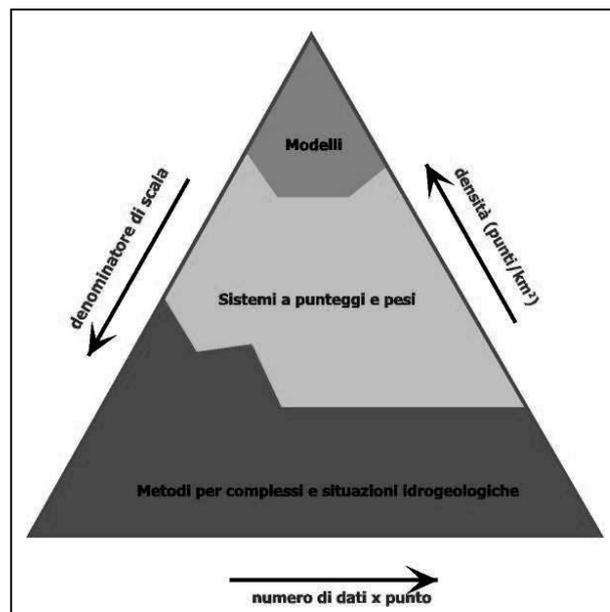


Fig. 2 - Diagramma triangolare per la scelta del metodo da impiegare per la valutazione della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi all'inquinamento.

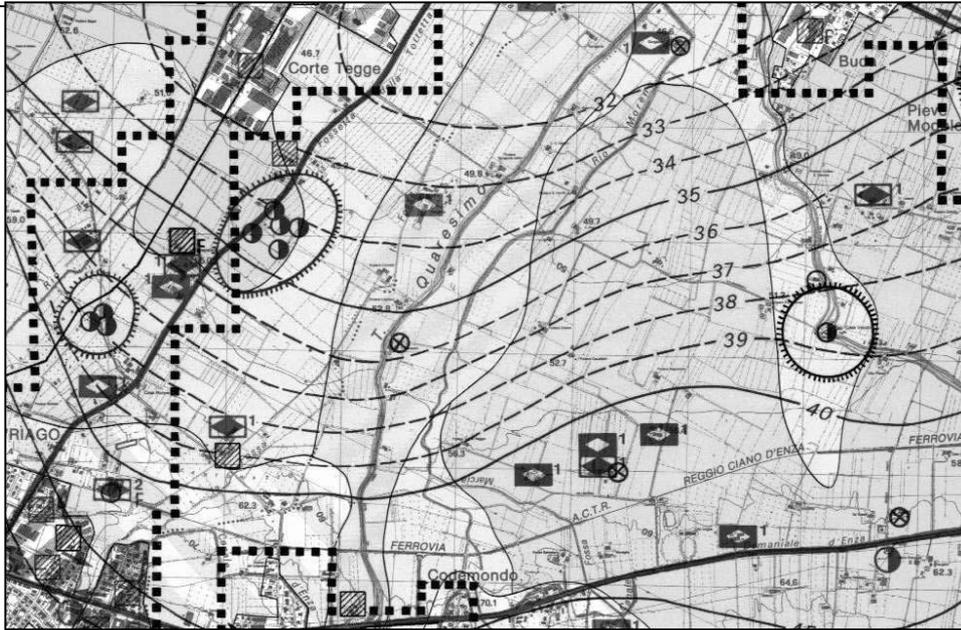


Fig 3 - Stralcio della carta di Vulnerabilità integrata dell'area ad ovest di Reggio Emilia (Fonte: Pellegrini edit.,1994)

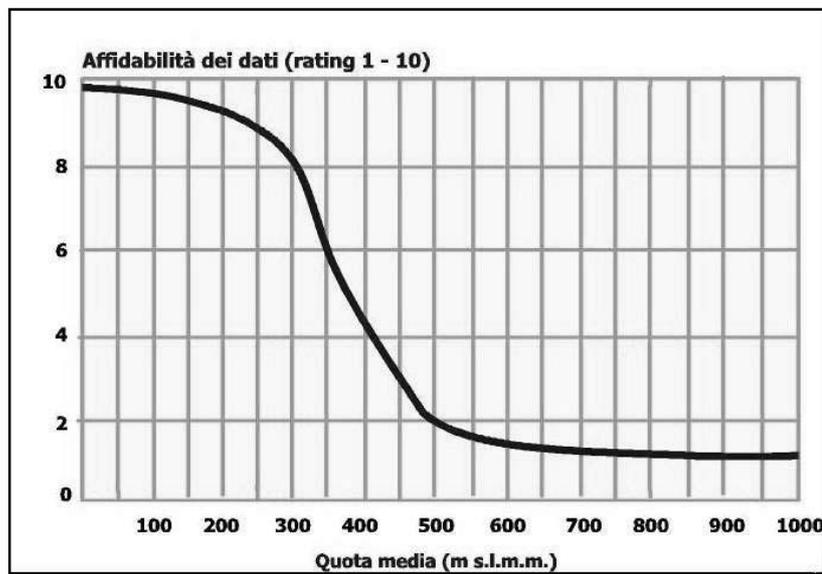


Fig 4 - Diagramma esplicativo della variazione dell'affidabilità delle informazioni in funzione della quota media.

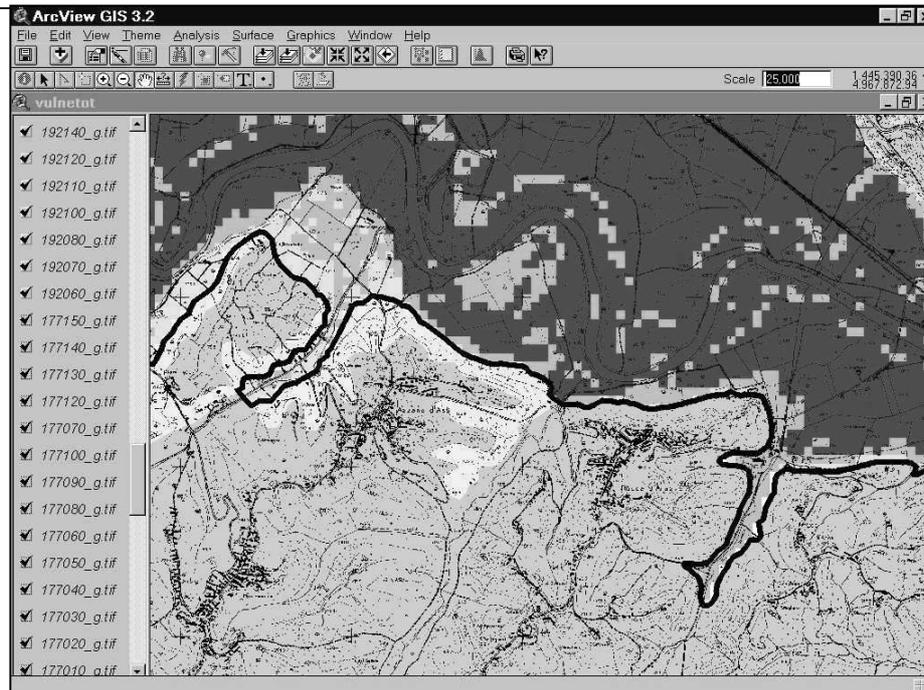


Fig 5 - Esempio di Carta della vulnerabilità eseguita con l'approccio combinato.

Bibliografia

- Bachmat Y., Collin M.** (1987) – *Mapping to assess groundwater vulnerability to pollution*. Proc. Int. Conf. Vulnerab. of Soil and Groundw. to Pollut. RIWM, 38, p. 297-307.
- Civita M.** (1990) - *Legenda unificata per le Carte della vulnerabilità dei corpi idrici sotterranei/ Unified legend for the aquifer pollution vulnerability Maps*. Studi sulla Vulnerabilità degli Acquiferi, 1 (Append.), Pitagora Edit. Bologna. 13 pp.
- Civita M.** (1994) - *Le Carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento: Teoria & Pratica*. Pitagora Editrice, Bologna, 325 pp. (con relat. bibliografia).
- Civita M., De Maio M.** (1997) – *SINTACS Un sistema parametrico per la valutazione e la cartografia della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento. Metodologia e automazione*. Pitagora Editrice, Bologna, 191 pp. (con relat. bibliografia).
- Civita M., De Maio M.** (2000) - *Valutazione e cartografia automatica della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento con il sistema parametrico - SINTACS R5 -A new parametric system for the assessment and automatic mapping of ground water vulnerability to contamination*, Quaderni e Tecniche di Protezione ambientale, 72, Pitagora, Bologna, 226 pp., 1 CD ROM. (con relat. bibliografia).
- Civita M., De Maio M., Farina M., Zavatti A.** (2001) – *Linee-guida per la redazione e l'uso delle Carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento*. Manuali e linee-guida dell'ANPA, 4/2001, 99 pp., 1 CD-ROM. (con relat. bibliografia).
- Civita M., Fiorucci A, Pizzo S., Vigna B.** (1999) – *Utilizzazione estensiva delle prove rapide d'acquifero per la valutazione della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento*. Atti “3° Conv. Naz. sulla Protezione e Gestione delle Acque Sotterranee per il III Millennio”, 1, pp. 105-114.



Civita M., Persicani D. (1996) - *Approccio teorico alla definizione e alla stima delle capacità di attenuazione del suolo nei modelli parametrici di valutazione della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento.* GEAM, 33, 4, p. 209-214.

Foster S.S.D. (1987) - *Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy.* Atti Int. Conf. Vulnerab. of Soil and Groundw. to Pollutants, RIVM Proc. and Inf. 38. pp. 69-86.

Golwer A. (1983) - *Underground purification capacity.* Groundwat. in Wat. Res. Planning, I.A.H.S. 142, 2. pp. 1063-1072.

Pellegrini M. (edit.) 1994 – *Alta pianura e appennino della Provincia di Reggio Emilia.* Studi sulla Vulnerabilità degli Acquiferi, 4, Quad. di Tecn. Di Prot. Amb. 33, Pitagora, Bologna.

Vrba & Zaporozec [Edit.] (1995) - *Guidebook on mapping groundwater vulnerability.* IAH, Int. Contrib. to Hydrogeol., 16 (1994), Heise, Hannover, 131 pp.



APPLICAZIONI DEL METODO SINTACS PER L'INDIVIDUAZIONE DI AREE VULNERABILI NEL VENETO

Corrado Soccorso
Regione del Veneto – Servizio Tutela Acque

Buongiorno a tutti; introduco brevemente la relazione tecnica che verrà fatta dalla dottoressa Aurighi.

L'individuazione delle zone vulnerabili da nitrati di origine agricola è uno dei compiti assegnati alle amministrazioni regionali dal Decreto Legislativo 152/99. Per questo decreto, in particolare per l'articolo 19, almeno ogni quattro anni le Regioni, sentita l'Autorità di Bacino territorialmente competente, rivedono o completano le designazioni delle zone vulnerabili. Zone vulnerabili che sono, come abbiamo sentito anche nella esauriente presentazione del professor Civita, quelle zone nelle quali le acque sotterranee sono vulnerabili nei confronti degli inquinanti provenienti dalla superficie.

L'individuazione delle zone vulnerabili viene effettuata, quindi, tenendo conto oltre che dei carichi, cioè specie animali allevate, del loro numero, della tipologia dei reflui, della modalità della loro applicazione al terreno e così via, dei fattori ambientali che possono concorrere a determinare uno stato di contaminazione.

Tali fattori dipendono dalla vulnerabilità intrinseca degli acquiferi, quindi dai caratteri litostrutturali, idrogeologici, idrodinamici del sottosuolo, della capacità di attenuazione del suolo nei confronti dell'infiltrazione degli inquinanti, dalle condizioni climatiche e ambientali in genere. Gli approcci metodologici di valutazione della vulnerabilità necessitano, evidentemente, di una opportuna base di dati.

Quella che tra breve vi verrà presentata è la cosiddetta indagine preliminare di riconoscimento, che è propedeutica alla designazione definitiva. Le aree interessate sono: l'intera pianura della Regione Veneto e un'area pilota sull'altipiano carsico dei Sette Comuni.

Per le aree di pianura la valutazione che è stata effettuata è relativa alla falda freatica. In questo caso il lavoro presenta evidentemente un particolare interesse per l'area di alta pianura, la zona di ricarica delle falde, e per la fascia delle risorgive.

In questa prima fase si è considerata esclusivamente la vulnerabilità intrinseca, ovvero la vulnerabilità naturale della falda freatica. In prima approssimazione sono stati considerati soprattutto due fattori critici: la presenza di un acquifero libero, ovvero in una certa misura potenzialmente collegato con la superficie topografica, la presenza della litologia superficiale dell'insaturo, prevalentemente permeabile, sabbia, ghiaia, oppure litotipi fratturati. Tutti i dati sono stati raccolti, per l'elaborazione, in un sistema informativo territoriale.

La vulnerabilità intrinseca considera, in definitiva, essenzialmente le caratteristiche litostrutturali, idrogeologiche e idrodinamiche del sottosuolo, è riferita a inquinanti generici e non considera le caratteristiche chemiodinamiche delle sostanze. L'approccio prescelto è un metodo parametrico, basato sulla valutazione dei parametri fondamentali, dell'assetto del sottosuolo e delle sue relazioni con il sistema idrologico superficiale. Il metodo parametrico prescelto è l'ormai collaudato SINTACS del quale avete avuto una descrizione poco prima. Per quanto riguarda la sua applicazione all'area carsica, si è trattato di un esperimento condotto nell'ambito del progetto comunitario Interreg II C Kater. Le scale di rappresentazione del lavoro finale sono differenti: 1:250.000 per quanto riguarda le aree di pianura, 1:50.000 invece per l'altipiano dei Sette Comuni. Voglio passare subito alla descrizione di quanto è stato fatto e lascio la parola alla dottoressa Marina Aurighi.



[Marina Aurighi](#)

Regione del Veneto – Servizio Tutela Acque

Presentiamo due carte di vulnerabilità naturale realizzate dalla Regione Veneto; riguardano due aree territoriali molto diverse (l'intera pianura veneta e l'altopiano dei Sette Comuni), quindi due situazioni idrogeologiche completamente differenti, le scale di rappresentazione sono pure diverse (1:250.000 la prima e 1:50.000 la seconda) ma il metodo utilizzato è lo stesso ovvero il metodo parametrico SINTACS.

Noi siamo un'amministrazione pubblica, quindi i principali obiettivi di queste carte della vulnerabilità sono, tra i tanti che potrei elencare, essenzialmente i seguenti: dare informazioni sulla differente capacità di aree diverse a “sopportare” le trasformazioni delle attività esistenti, puntualizzare il tipo e l'estensione del rischio a seconda delle attività produttive che insistono su ciascuna area, localizzare e presentare una serie di situazioni non compatibili con l'attuale uso del suolo in modo da pianificare azioni atte ridurre il rischio. In definitiva tali cartografie servono da supporto ai processi decisionali che devono essere considerati nella gestione delle attività pericolose all'interno della pianificazione territoriale, compito prioritario della Regione.

La definizione di “vulnerabilità intrinseca” sulla quale abbiamo basato gli studi che oggi presentiamo è quella introdotta dal professor Civita nel 1987, laddove per vulnerabilità intrinseca, o naturale, degli acquiferi, si intende la “susceptibilità specifica dei sistemi acquiferi, nelle loro diverse parti componenti e nelle diverse situazioni geometriche ed idrodinamiche, ad ingerire e diffondere un inquinante fluido o idroveicolato tale da produrre impatto sulla qualità dell'acqua sotterranea nello spazio e nel tempo”.

Ovviamente, la vulnerabilità di un corpo idrico sotterraneo è funzione di diversi parametri, quali la litologia, la struttura, la geometria del sistema idrogeologico, la natura del suolo e della copertura, il processo di ricarica e scarica del sistema ed i processi di interazione fisici e idrogeochimici che determinano la qualità dell'acqua sotterranea e la mitigazione di eventuali inquinanti che penetrano nel sistema.

La vulnerabilità intrinseca può essere definita attraverso vari sistemi modellistici basati essenzialmente sui principi illustrati nell'intervento precedente dal professor Civita, ovviamente questo è possibile nelle aree dove è disponibile una buona base dati.

Nelle aree da noi considerate, in entrambe le situazioni che presentiamo oggi, avevamo a disposizione un buon numero di dati, in relazione alla scala di restituzione cartografica, quindi abbiamo utilizzato un metodo parametrico, come già anticipato il metodo prescelto è il SINTACS.

Il significato dell'acronimo è già stato ampiamente spiegato: S sta per soggiacenza della falda, I è l'infiltrazione efficace, N riguarda la capacità di depurazione del non-saturo, T è la tipologia delle coperture, A concerne l'acquifero, C è la conducibilità idraulica ed infine S è l'acclività della superficie topografica. Il metodo prevede, come già visto, per ogni parametro considerato, l'attribuzione di vari punteggi ad aree omogenee di territorio, non mi dilungo perché è già stato spiegato da relatori che mi hanno preceduto, e quindi la realizzazione di carte tematiche (almeno una per ogni parametro considerato) che poi verranno messe in relazione tra loro per definire la carta di sintesi.

La carta della vulnerabilità dell'acquifero freatico della pianura veneta. Siamo partiti, come accennava prima il dottor Soccorso, da quanto disposto dal decreto legislativo 152/99, il quale prevede che le Regioni, in accordo eventualmente con gli altri enti territoriali, realizzino, in scala 1:250.000, una carta di vulnerabilità degli acquiferi, nel nostro caso dell'acquifero freatico, essendo quello maggiormente utilizzato. La carta deve essere predisposta sulla base dei dati bibliografici disponibili; questa carta non si basa quindi su dati sperimentali, appositamente raccolti, ma soltanto sulla raccolta dei dati esistenti.

Il professor Civita prima ha fatto riferimento alla Realise 5 che è l'ultima Realise del metodo SINTACS. Noi abbiamo iniziato a lavorare su questa cartografia quando ancora la R5 non era stata messa a punto e



pubblicata, siamo quindi partiti facendo riferimento alla Realise precedente, la 4, che comunque differisce dalla 5 solo per qualche aspetto, e poi abbiamo cercato di ritrarci sull'ultima Realise.

Per quanto riguarda la carta della soggiacenza della falda siamo partiti dai dati raccolti con la rete di monitoraggio della Pianura Veneta, utilizzando la carta delle isofreatiche, abbiamo disegnato la tavola d'acqua, e col DTN siamo passati alla carta della soggiacenza con già attribuiti i valori parametrici SINTACS resi più evidenti con l'attribuzione di un colore per ogni range parametrico, in linea di massima i colori più scuri sono stati attribuiti a valori più elevati del parametro SINTACS e quindi a zone potenzialmente più vulnerabili.

Per quanto riguarda l'infiltrazione efficace la metodologia è stata descritta prima nel dettaglio dal professore, l'infiltrazione è data dalla moltiplicazione del coefficiente di infiltrazione per la piovosità, edulcorata dalla traspirazione nel caso in cui vi sia assenza di suoli, integra nel caso in cui i suoli siano presenti; il metodo infatti prevede che si lavori in maniera diversa, a seconda che ci sia una copertura di suolo superiore o inferiore a un metro.

La Pianura Veneta presenta entrambe queste situazioni, perciò abbiamo dovuto lavorare dividendo, in definitiva, la pianura in due aree: l'area a nord della linea superiore delle risorgive, dove abbiamo stabilito convenzionalmente che non ci fossero suoli più profondi di un metro, anche se localmente ci sono (ma era l'unica approssimazione possibile in base ai dati a disposizione) e le aree sotto la linea delle risorgive, dove invece gli spessori dei suoli sono consistenti.

Dopo abbiamo elaborato i dati meteorologici, raccolti dalle centraline termopluviometriche dal Centro Meteo di Teolo. Inizialmente avevamo cominciato a lavorare ricostruendo ed elaborando le carte a isoiete ma avevamo ottenuto dei risultati non soddisfacenti, non rappresentativi. Confesso che abbiamo trovato parecchie difficoltà nell'elaborazione di questa carta, bisogna dirlo chiaramente, difficoltà incontrate da chiunque lavori su questi temi (anche se molti sono restii ad ammetterlo), ma ragionando sui nostri errori e grazie all'aiuto del professor Civita, siamo arrivati a lavorare in maniera diversa, mettendo cioè in relazione la piovosità con le quote altimetriche e suddividendo la Pianura Veneta in sub bacini meteorologici; come vedete in questa videata, i risultati ottenuti sono molto diversi.

Abbiamo poi calcolato l'infiltrazione efficace utilizzando la nota equazione che mette in relazione la piovosità, con l'evapotraspirazione, l'infiltrazione ed il ruscellamento superficiale; nel caso della pianura il ruscellamento superficiale era del tutto trascurabile. Abbiamo infine moltiplicato per il coefficiente di infiltrazione dei vari terreni nell'area senza suoli e nell'area coi suoli (secondo la suddivisione che ho illustrato poco fa); i coefficienti sono, ovviamente, diversi.

Mettendo insieme le cartografie delle due parti di territorio sulle quali abbiamo lavorato in modo diverso, siamo arrivati alla carta dell'infiltrazione su tutta la pianura veneta. Questa è stata una delle carte più laboriose da realizzare.

Per quanto riguarda la carta della capacità di autodepurazione del non saturo, abbiamo utilizzato le varie carte a disposizione, come la carta delle tessiture superficiali del Castiglioni, la carta geologica del Veneto, della Regione, e altre, siamo arrivati a questo risultato, attribuendo i parametri Sintacs.

Per definire la tipologia della copertura abbiamo avuto dei problemi in merito ai dati esistenti, infatti per alcune zone c'erano a disposizione moltissimi dati, anche a scala di dettaglio, per altre, invece, i dati erano pochissimi, e avevano un grado di attendibilità basso. E' stato necessario quindi cercare di renderli omogenei, tralasciando talora informazioni troppo puntuali, troppo dettagliate, esistenti per alcune zone, essendo impossibile metterle in relazione con altre aree dove esistevano solo pochissimi dati.

Alla fine, comunque, utilizzando la carta dei Sottosistemi delle terre, dei Servizi Forestali, i dati pedologici forniti dal centro Agroambientale dell'ARPAV di Castelfranco, (che sta lavorando, tra l'altro, per conto della Regione, per la rilevazione della carta pedologica a 250.000, ma sarà pronta soltanto nel 2003, per il momento sono state coperte soltanto alcune aree) e poi mettendo assieme le carte dei terreni agrari della Provincia di Treviso, realizzate dal professor Comel, che ha lavorato molto in passato su questi temi, ed altre carte, PTP ecc., siamo arrivati alla cosiddetta carta dei sottosistemi di terre modificata, a cui abbiamo



sovrapposto la carta dei centri urbani, in quanto nelle aree urbane le coperture pedologiche ovviamente non esistono più, ed infine siamo arrivati alla carta della tipologia di copertura.

Velocemente vi mostro la carta della tipologia dell'acquifero, la carta della conducibilità idraulica, la carta dell'acclività della superficie topografica.

Una volta realizzate le sette carte tematiche, abbiamo dovuto scegliere le stringhe dei pesi, di cui parlava prima il professor Civita, da attribuire alle varie parti di territorio. Le stringhe sono state elaborate, diciamo così, per enfatizzare o meno i singoli parametri, e quindi per descrivere delle situazioni, degli scenari particolari, delle situazioni idrogeologiche e di impatto diverse. Per quanto riguarda la pianura veneta, abbiamo utilizzato essenzialmente due stringhe dei pesi: la prima è quella cosiddetta “a impatto rilevante”, in quanto tutta la pianura veneta, è fortemente antropizzata, e le attività agrozootecniche sono molto diffuse. A questa, in quelle zone della pianura veneta dove le acque superficiali e le acque sotterranee sono in stretta relazione, abbiamo sostituito la stringa relativa, diciamo così, al drenaggio, e questo vale sia per le aree di pertinenza dei fiumi, soprattutto nell'area di alta pianura, sia per quanto riguarda la fascia delle risorgive, anche se questa dovrebbe essere probabilmente ritardata, perché questa fascia ha subito, nel corso del tempo, delle variazioni, dovute all'abbassamento dei livelli freatici e ad altre concause di origine antropica (interramenti ecc.).

Alla fine, sovrapponendo le sette carte tematiche ed utilizzando le due stringhe dei pesi, è stata definita la carta della vulnerabilità, naturalmente informatizzata, con celle da 500 metri di lato. I risultati ottenuti sostanzialmente confermano quanto già noto ovvero che nelle zone di alta pianura la vulnerabilità è alquanto elevata, dato l'assetto idrogeologico, e che in area di bassa pianura ci sono delle zone, anche lì, a notevole impatto. Ci tengo a precisare che bisogna anche considerare che il tipo di acquifero freatico presente in alta pianura è ben diverso dall'acquifero freatico di bassa pianura, anche se in entrambi i casi la vulnerabilità è risultata elevata, tuttavia l'importanza dell'acquifero di bassa pianura dato l'utilizzo è sostanzialmente irrilevante.

Quindi, pur a parità di vulnerabilità, i ragionamenti che dobbiamo fare rispetto alla protezione di questi tipi di acquifero e alla priorità da dare sugli interventi come ente pubblico saranno assolutamente diversi.

Una novità molto importante messa in evidenza dalla carta è invece la variazione del grado di vulnerabilità dell'area di ricarica degli acquiferi, area in genere considerata pressoché omogenea, appare evidente invece l'estrema variabilità di quest'area che presenta dei range di vulnerabilità che vanno dal grado definito “estremamente elevato” al “molto basso”.

Adesso presenterò molto velocemente la seconda carta che riguarda la vulnerabilità dell'acquifero carsico dell'altopiano dei Sette Comuni, in provincia di Vicenza.

Il lavoro è stato realizzato utilizzando i fondi messi a disposizione dalla Comunità Europea per il progetto Interreg 2 Kater; siamo partiti col realizzare una carta di base, la carta idrogeologica, ne troverete copia tra il materiale fornito.

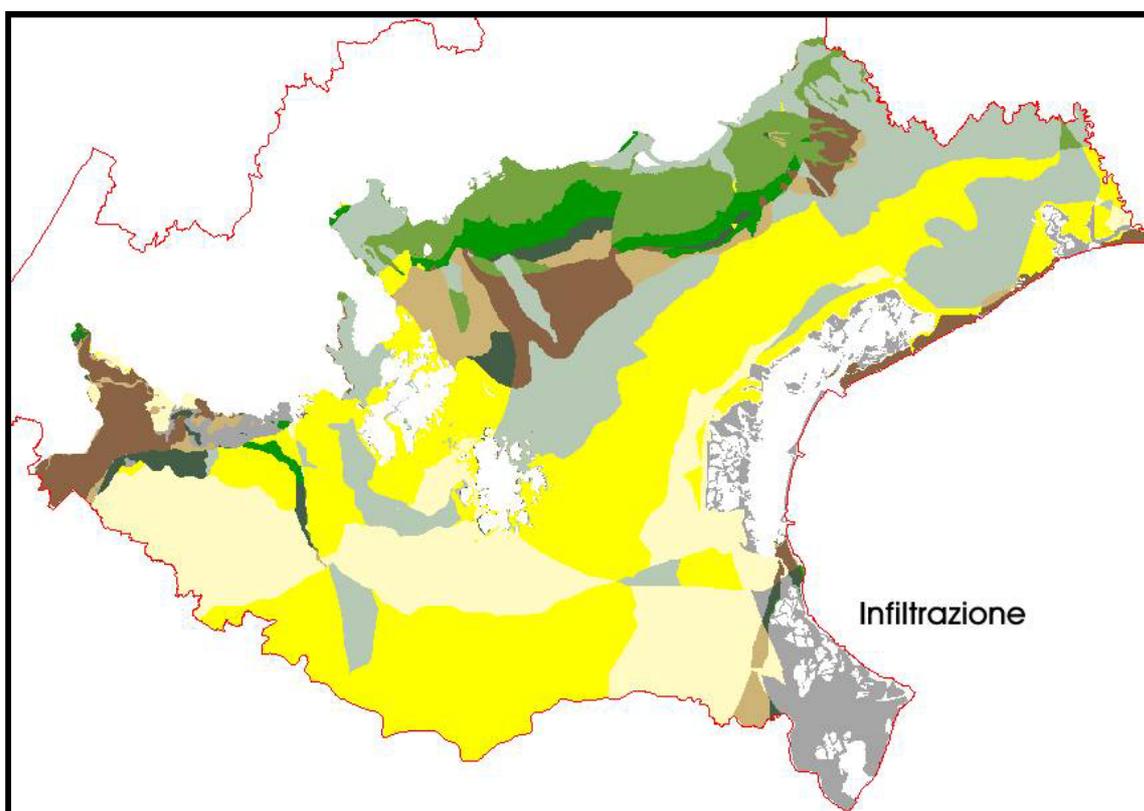
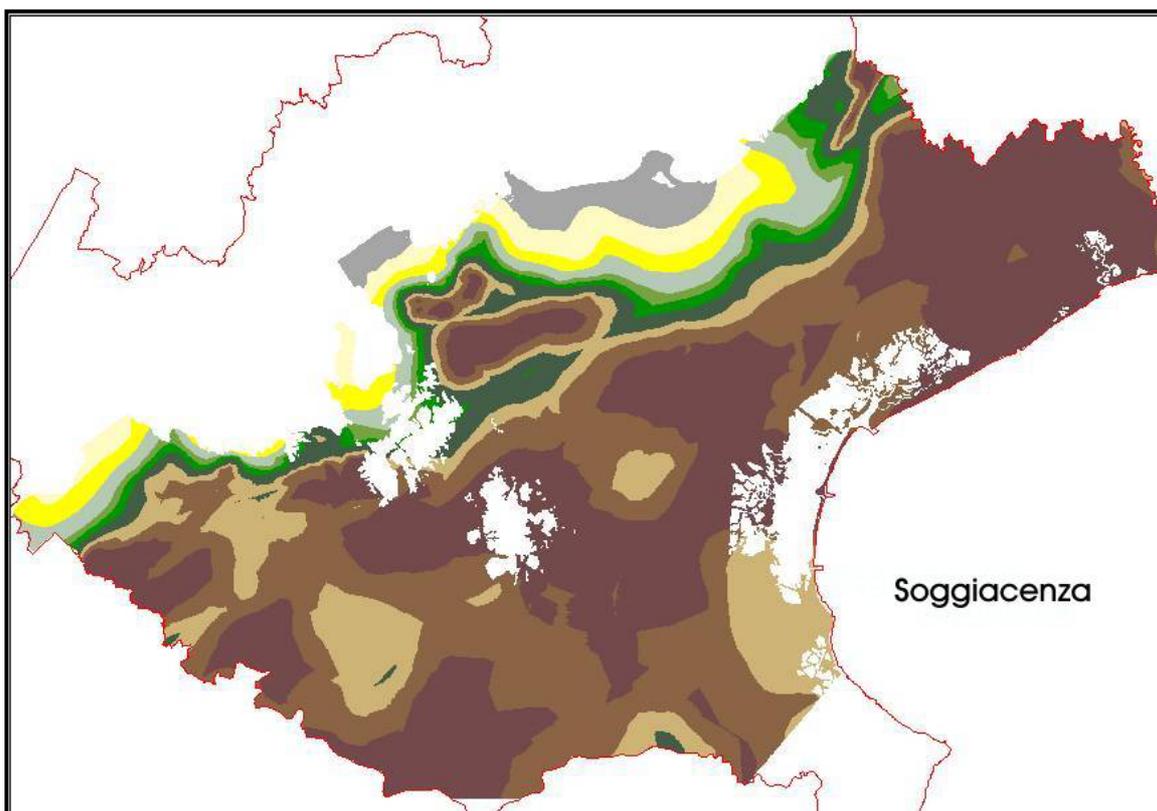
Abbiamo innanzitutto definito la carta delle unità idrogeologiche, in roccia o in materiale sciolto, dove la permeabilità è piuttosto diversa, siamo passati poi all'elaborazione della carta di vulnerabilità naturale, sempre con il metodo SINTACS; questa carta è stata restituita in scala 50.000. Dato il tipo di assetto idrogeologico dell'area, per diverse carte è stato attribuito solo uno, massimo due o tre valori al parametro considerato, col risultato di avere una territorio a vulnerabilità piuttosto omogenea, in sostanza, abbiamo attribuito un unico parametro per tutta l'area centrale, e parametri diversi, per le aree marginali.

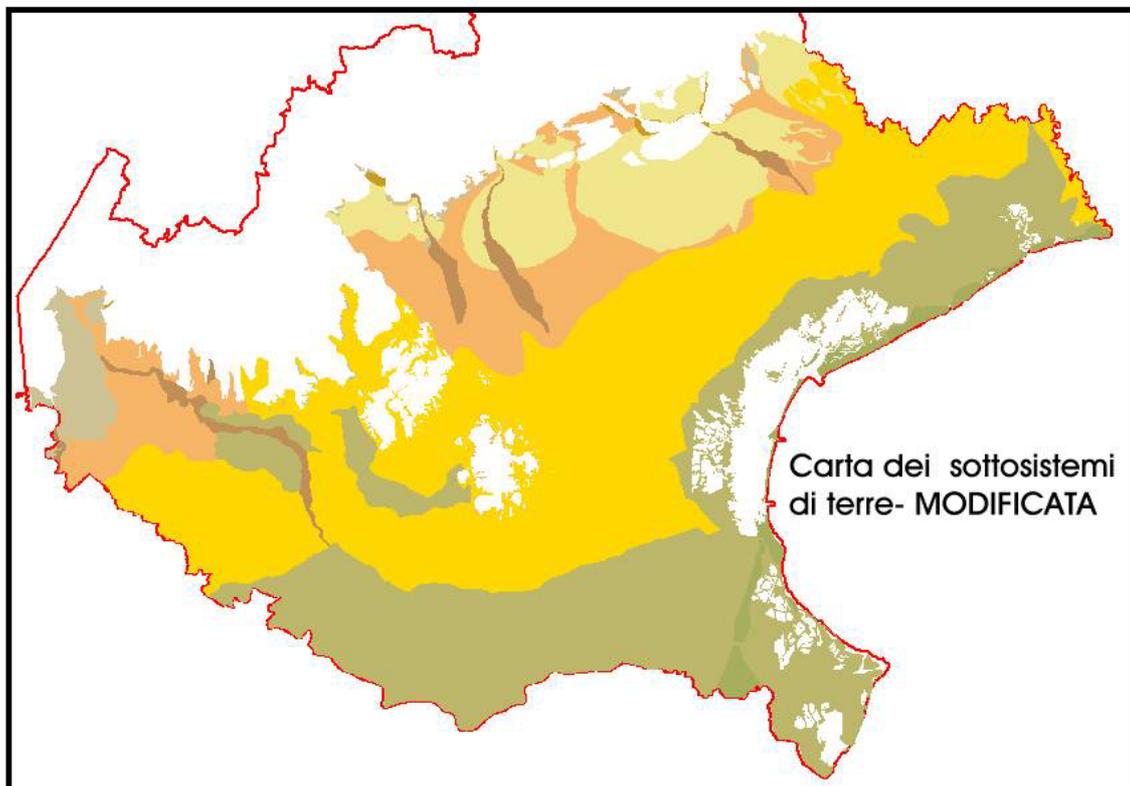
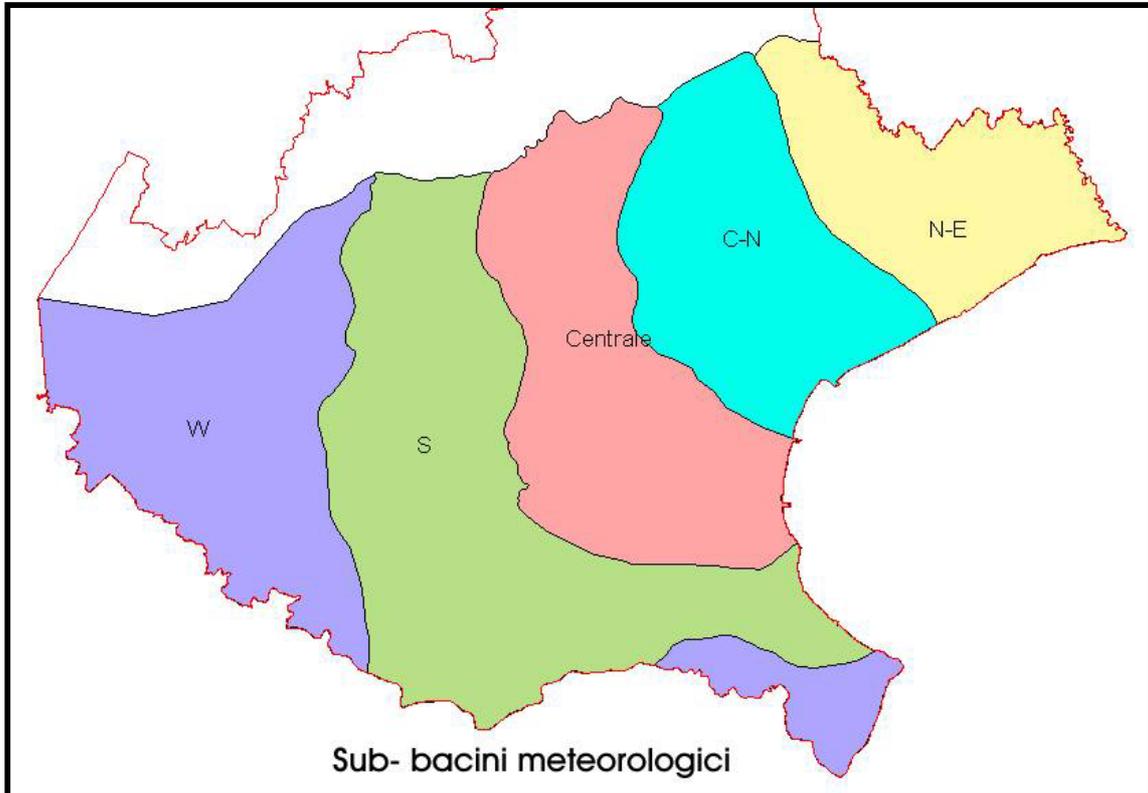
Se pensiamo alla situazione idrogeologica locale infatti sappiamo che ci sono due aree a nord e a sud dove emerge la dolomia principale, fortemente incarsite, e quindi ad elevata permeabilità ed un'area centrale dove emergono terreni molto meno permeabili, biancone ecc., questo motiva l'attribuzione dei valori dei parametri SINTACS.

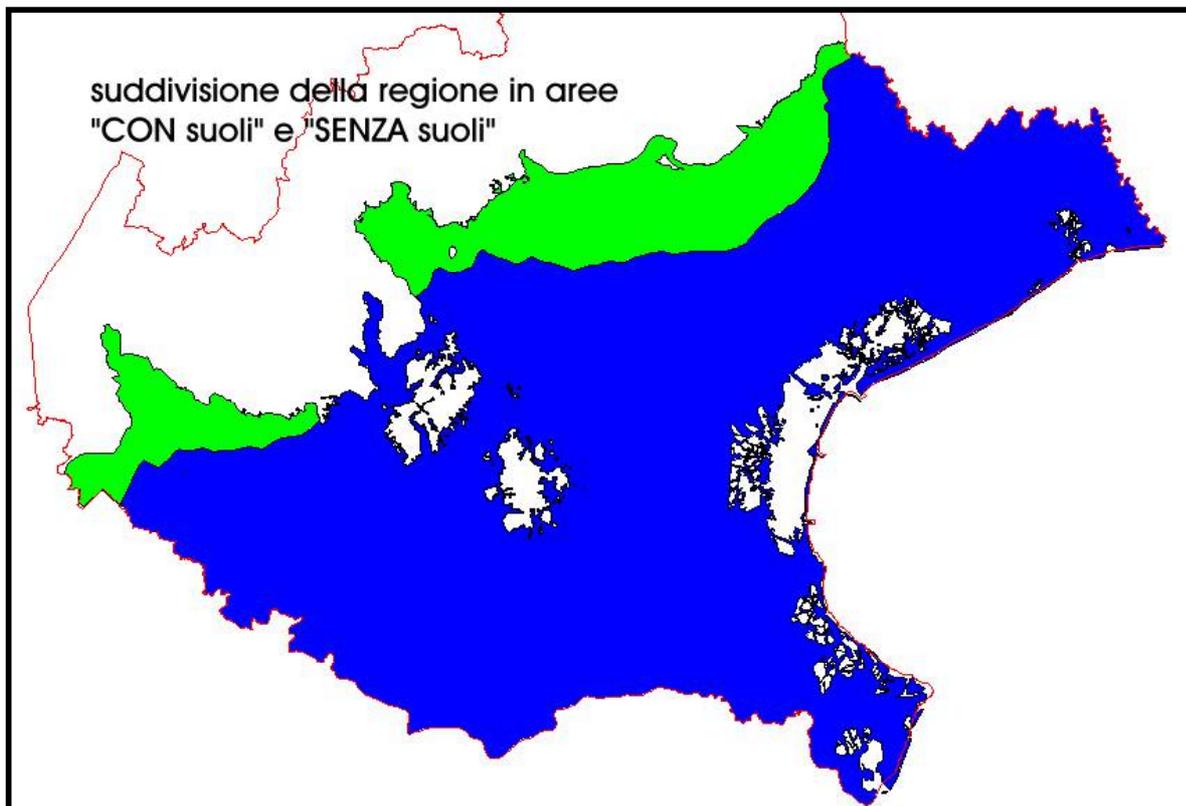
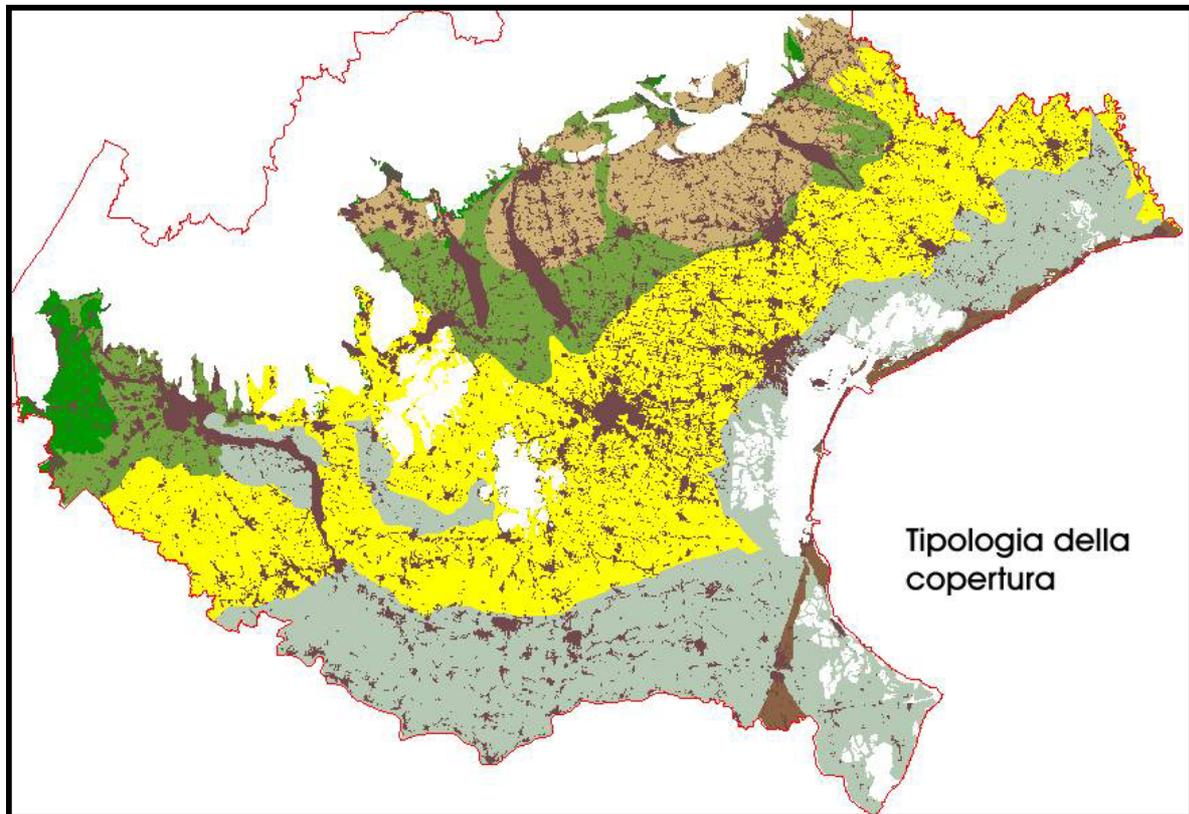
In questo caso abbiamo elaborato la stringa dei pesi relativa al carsismo e, per quanto riguarda l'area centrale, è stata utilizzata la stringa “a normale impatto”, ricordo che l'area centrale è quella dove sono localizzati i principali centri urbani: Asiago, Rozo, ecc.

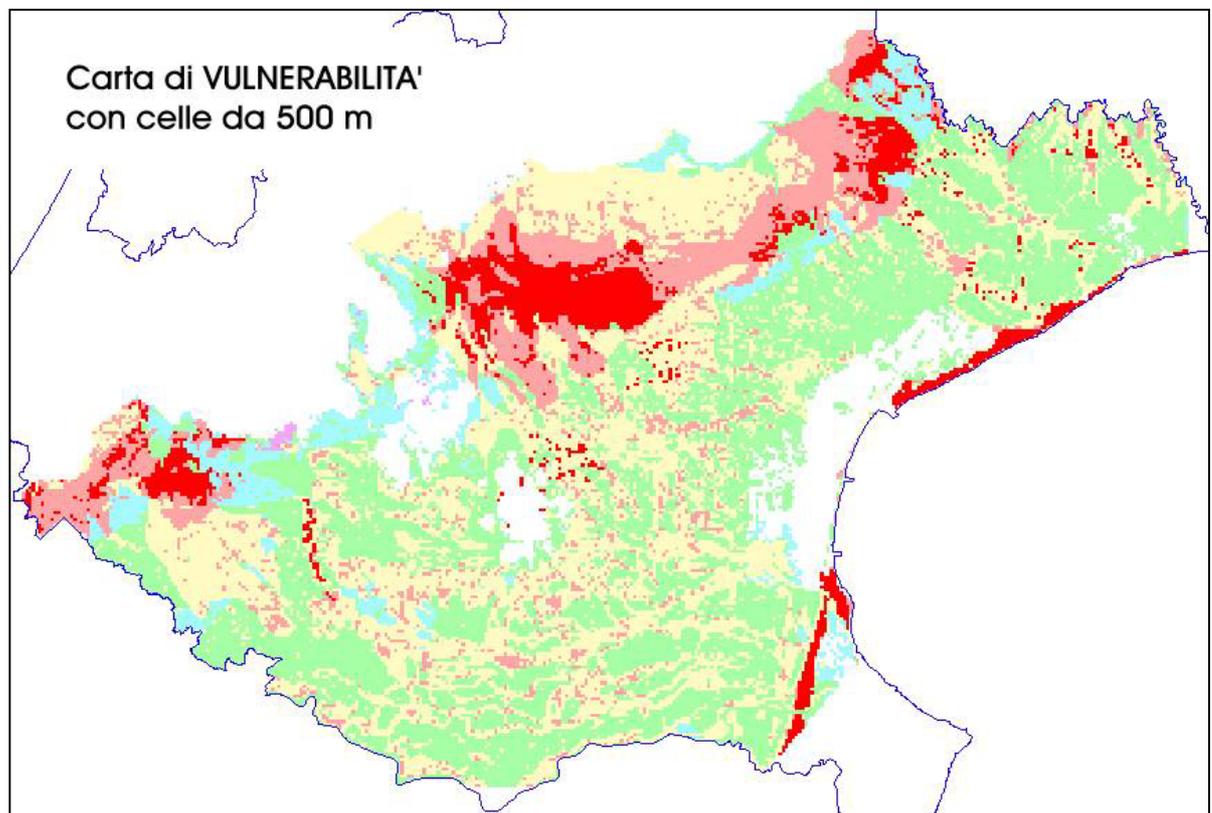
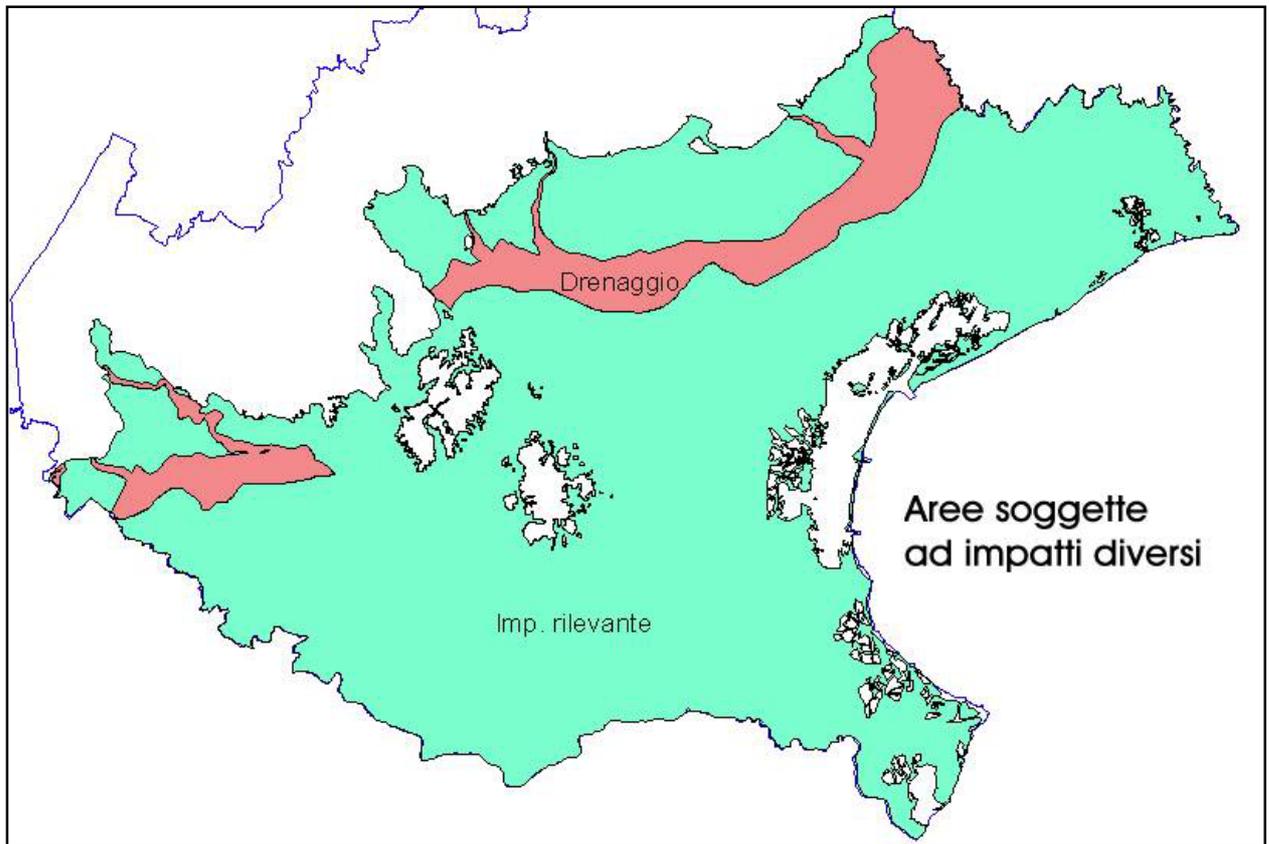


Questo per quanto riguarda la vulnerabilità intrinseca. Stiamo adesso anche elaborando la carta dell'ubicazione dei centri di pericolo, allo scopo di ottenere la vulnerabilità integrata. Vi mostro le tipologie di centri di pericolo (carta delle reti fognarie, carta degli allevamenti ecc) che abbiamo individuato nell'area dei Sette Comuni, adesso stiamo lavorando per concludere anche queste carte e contiamo che siano a disposizione a breve.











VULNERABILITÀ DELL'ACQUIFERO CARBONATICO DEL MATESE

Fulvio Celico e Gino Naclerio
Università degli Studi del Molise
Dipartimento di Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e il Territorio

PROGETTO INTERREG II - KATER

Nell'ambito del KARst waTER Research Program (KATER) è stato condotto uno studio interdisciplinare, finalizzato alla valutazione della vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi carbonatici dell'Appennino meridionale, previa taratura sperimentale del metodo DAC (Celico, 1996). In particolare, è stata focalizzata l'attenzione sui contaminanti microbici, utilizzati come indicatori delle modalità di interazione tra risorse idriche sotterranee ed attività di pascolo e stazzo di bestiame, nonché di utilizzo di concimi organici per agricoltura non intensiva.

Lo studio è stato condotto nell'acquifero campione di “Acqua dei faggi”, collocato all'interno della più ampia idrostruttura carbonatica dei Monti del Matese.

L'acquifero campione è costituito da depositi calcarei (Cretacico – Oligocene) e, subordinatamente, calcareo-marnosi e marnoso-calcarei (Oligocene – Miocene), sottoposti a suoli di origine piroclastica, tra i quali quelli maggiormente diffusi sono classificabili come Molli-Vitric Andosols, lungo i versanti, e Pachi-Vitric Andosols, al fondo delle depressioni carsiche intramontane.

Gli spartiacque sotterranei sono costituiti da discontinuità tettoniche orientate prevalentemente in direzione Est-Ovest, Nord-Sud e Nord/Ovest – Sud/Est. Alcune discontinuità, collocate all'interno dell'acquifero campione, fungono da spartiacque sotterranei “aperti”, e determinano una configurazione idrogeologica a sotto-bacini “in serie”, ciascuno dei quali con un proprio recapito sorgivo. La falda defluisce complessivamente da Est verso Ovest.

I recapiti sorgivi suddetti sono stati sottoposti a monitoraggio delle portate e microbiologico, da Gennaio a Giugno 2001, con cadenza da settimanale a giornaliera.

I risultati ottenuti possono essere schematizzati come segue:

- come ovvio, non vi è significativa autodepurazione delle acque di infiltrazione secondaria che si infiltrano in inghiottitoi e defluiscono all'interno di canalizzazioni carsiche;
- si realizza una completa autodepurazione nei casi in cui l'alimentazione della falda è legata esclusivamente all'infiltrazione diretta delle precipitazioni, in un territorio caratterizzato da pascolo;
- si realizza una significativa, ma non completa autodepurazione nei casi in cui l'alimentazione della falda è legata, non solo all'infiltrazione diretta delle precipitazioni, ma anche all'infiltrazione secondaria delle acque di ruscellamento, all'interno di doline, in aree caratterizzate da pascolo; in questi casi si assiste ad una ciclica contaminazione dei recapiti sorgivi, funzione dello sviluppo temporale del ruscellamento superficiale;
- si realizza una buona, ma non completa autodepurazione nei casi in cui l'alimentazione della falda è determinata esclusivamente dall'infiltrazione diretta delle precipitazioni, in un territorio caratterizzato da uso di concimi organici o da pascolo, distante da poche decine a poche centinaia di metri dai recapiti sorgivi; anche in questi casi si assiste ad una ciclica contaminazione dei recapiti stessi, funzione del regime pluviometrico.

Dal successivo confronto tra i sopra esposti risultati sperimentali e quanto emerso dall'applicazione del metodo DAC, per la valutazione della vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero carsico, è emerso quanto di seguito sinteticamente descritto:

- in funzione dell'infiltrazione diretta e diffusa delle precipitazioni è stato valutato un grado di vulnerabilità medio dell'acquifero carsico; il medesimo meccanismo di trasporto in falda del



- contaminante microbico non ha generato nessuna contaminazione delle acque sotterranee;
- in funzione dell'infiltrazione secondaria e concentrata delle precipitazioni, attraverso un “filtro litologico”, il medesimo meccanismo di trasporto in falda del contaminante microbico ha generato una lieve e ciclica contaminazione delle acque sotterranee;
- in funzione dell'infiltrazione secondaria e concentrata delle precipitazioni, in assenza di un “filtro litologico” (cioè, in un inghiottitoio), il medesimo meccanismo di trasporto in falda del contaminante microbico ha generato una elevata e ciclica contaminazione delle acque sotterranee.

In conclusione, tutto quanto emerso dalla sperimentazione condotta nel corso del KARST waTER Research Program (KATER) ha confermato la validità del metodo DAC per la valutazione della vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi carsici.

Elenco dei lavori citati

CELICO F. (1996) - *Vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi e delle risorse idriche sotterranee in realtà idrogeologiche complesse: i metodi DAC e VIR*. Quad. di Geol. Appl., 1, pp. 93-116.



STUDI FINALIZZATI ALLA PROTEZIONE DEGLI ACQUIFERI IN SLOVENIA

[Prof. dr. Miran Veselic](#)
IRGO & Università di Lubiana, Slovenia

Abstract

Come dimensionare le aree protette, regionalizzare gli acquiferi, definire gli impatti della zona non satura e concettualizzare i rischi d'inquinamento? Questi sono i problemi ancora aperti, alla protezione degli acquiferi carsici a livello scientifico su scala mondiale.

In Slovenia, la protezione degli acquiferi conta su una tradizione di più di 25 anni. I recenti cambiamenti socio-politici hanno portato una destabilizzazione riguardo agli aspetti normativi legati alla protezione degli acquiferi. Una nuova legge sulle acque dovrà nel un prossimo futuro ristabilire la situazione, tenendo conto che una revisione metodologica sul problema della protezione degli acquiferi era prevista in Slovenia, indipendentemente dagli avvenimenti politici, al fine di renderla più adatta al livello attuale di sviluppo scientifico e tecnologico, secondo le nuove norme Europee. Occorre infatti che vengano recepiti i concetti moderni di vulnerabilità d'impatto della zona non satura ed anche di monitoraggio, che permettono l'uso di sistemi di allarme tempestivo (early warning system).

Alcuni progetti atti a ridurre i problemi sopra elencati sono stati recentemente realizzati. Viene presentato in particolare uno studio del bacino di alimentazione della sorgente carsica di Rižana, effettuato nell'ambito del Progetto KATER – Programma Europeo INTERREG Ilc., con un contributo finanziario della Regione Veneto. Questo bacino è stato studiato in dettaglio negli ultimi venti anni. Le zone di protezione della sorgente e dell'acquifero sono state definite e verificate, ed anche una relativa abbondanza di dati ha permesso un'analisi metodologica ben supportata. L'oggetto di questo studio era la realizzazione di una carta di vulnerabilità dell'acquifero carsico dotato di una zona non satura importante con l'utilizzo di una base - dati computerizzata e l'uso di un sistema GIS moderno. Per lo studio della vulnerabilità naturale dell'acquifero è stato scelto il metodo italiano SINTACS, in parte modificato, per quanto riguarda gli acquiferi carsici, dall'autore stesso, prof. M. Civita. Tale metodologia è stata impiegata con risultati favorevoli.

Il sistema SINTACS risulta quindi essere ben adatto per la determinazione della vulnerabilità degli acquiferi carsici. Ci auguriamo anche di poter utilizzare nel futuro le carte così prodotte nel processo di pianificazione del territorio.

Parlando di protezione delle acque sotterranee, generalmente si pensa soltanto all'inquinamento. Oltre la qualità di queste acque, dobbiamo purtroppo proteggere anche la sua quantità. In molte località, le attività economiche riducono la qualità d'acqua senza danneggiare la sua quantità. Per includere i due aspetti di deteriorazione delle acque sotterranee è meglio piuttosto parlare di loro degradazione. La protezione delle acque sotterranee consiste nel primo piano di una prevenzione di loro degradazione generale, e nel secondo di una bonifica di degradazioni locali. Per gestire le risorse idriche di una maniera sostenibile, si raccomanda che anche la politica segua questo approccio.

Per mantenere la qualità oggettiva delle acque fornite al pubblico secondo gli standard prescritti, la protezione delle acque sotterranee consiste - a livello operativo - di un sistema complesso, costituito dalle misure e d'attività di protezione ed anche di prevenzione e d'intervento (Veseli, 1996).

Al punto attuale d'abilità di protezione delle acque sotterranee rappresentano le zone di protezione intorno delle strutture di captazione la misura legale e preventiva principale. La base razionale di loro definizione è il tempo previsto di trasporto dei microorganismi tossici, da loro origine fino alla sorgente o fino alla struttura di captazione protetto (Veseli, 2000)

Per seguire l'inquinamento dalla sua origine ad una struttura della captazione d'acqua, una sorgente oppure un punto d'osservazione nell'acquifero, le informazioni che devono essere disposte sono seguenti: 1) tipo



dunque, le risorse idriche erano definite come beni pubblici di alta priorità. Le zone di protezione erano determinate in collegamento con le strutture di captazione d'acqua. Anche di più, le risorse idriche erano classificate, e quelle con importanza statale o regionale sono state protette non rispettando il loro valore attuale. La protezione di risorse delle acque sotterranee è stato l'atto legale che apparteneva alla comunità locale. Gli utilizzatori della terra, abitanti o imprenditori attuali o potenziali, sono stati obbligati a coprire i costi di protezione d'acqua da loro conto. Proprietari di terra non prendevano il rimborso per riduzione di valore economico per la loro terra.

Avendo bisogno di pianificazione urbanistica e di medio ambiente, il concetto di vulnerabilità delle acque sotterranee è stato introdotto in Slovenia dopo della sua introduzione dal Albinet in Francia, con la pubblicazione da una carta corrispondente (Novak, 1977). Purtroppo, a causa della sua piccola scala, questa carta è stata utilizzata soltanto per la pianificazione regionale.

Con transizione politica ed economica i diritti di proprietari delle terre sono stati cambiati. Loro hanno preso i diritti di avere un rimborso per la perdita di valore economico di loro terre. Questo aumentava i costi di protezione dell'acqua, però non affrettava il sistema sostanzialmente. Secondo i dati Danesi (Thomsen, 2000) segue, che i costi totali per protezione delle acque sotterranee non sorpassano 2% di costo totale d'acqua potabile al tappo di consumatore, dunque sono quasi trascurabili.

Con la transizione politica, le comunità locali sono diventate più piccole e questo fatto ha sostanzialmente affrettato le condizioni di protezione d'acqua, perché gli atti sulle zone di protezione d'acqua dovrebbero essere ritenuti di ogni tale comunità. Però, queste comunità sono riservate di farlo, specialmente se questo atto dovrebbe proteggere l'acqua che serve per approvvigionamento di altri comuni. Questo è ragione perché la situazione legale per protezione dell'acque sotterranee è essenzialmente rovinata. Così molte risorse sono adesso protette inadeguatamente. Per questo caso, la nuova legge delle acque centralizzerà al livello statale, la protezione di risorse idriche sotterranee.

Studi recenti in Slovenia

Nonostante di una lunga tradizione di protezione d'acqua - di fatto, la grande parte di risorse idriche sotterranee erano già protette nel passato - abbiamo bisogno di revisionare i vecchi schemi di protezione d'acque sotterranee che esistono in Slovenia, a causa di:

1. inconsistenza legale di protezione d'acque sotterranee dovuta alla transizione politica ed economica, e cambiamenti risultanti dei diritti di proprietari delle terre e di sistema del pianificazione nel medio ambiente
2. avanzamenti in concettualizzazione di protezione d'acque sotterranee relativi nel progresso scientifico e i risultati di sviluppo in metodologia di definizione delle zone protette
3. avanzamenti recenti in tecnologia informatica di GIS e un'abbondanza relativa dei dati geologici ed idrogeologici esistenti
4. avanzamenti tecnologici in sistemi di allarme tempestivo («early warning sistem») di avanzamento d'inquinamento
5. eventuale confronto tra di paradigma attuale di protezione d'acque sotterranee, fondata su una protezione da micro-organismi tossici, con avanzamenti di tecnologia di condizionamento delle acque potabili (micro-filtrazione e ultra-filtrazione), e di aumento di pericoli inquinanti chimici, tossici e nocivi non tossici, persistenti nel condizionamento delle acque potabili.

Alcuni studi erano recentemente elaborati in Slovenia con questa prospettiva, come segue:

- Prova di nuova proposta – metodologia slovena di determinazione della vulnerabilità delle acque sotterranee al livello del bacino versante di fiume Kokra (Petauer & all., 1997, non pubblicato)
- Prova di applicabilità dei dati di GIS pubblici, aperti per uso particolare per la determinazione della vulnerabilità delle acque sotterranee degli acquiferi del carso alpino (Isonzo) e del fiume Sava superiore (Veseli & all., 1999)



- Nuova carta di vulnerabilità delle acque sotterranee in Slovenia; scala di 1: 250.000 (GeoZS, 1998, chiuso al pubblico)
- Analisi del impatto di costruzione delle autostrade sulle acque sotterranee in Slovenia (Brei & all., 2001)
- Studi di bacino versante di sorgente carsica di Rižana nel quadro di progetto KATER (KArst waTER) del programma Europeo comunitario INTERREG IIc (Prestor & Janža, 2001, non pubblicato).

Con la prova di applicabilità con i dati GIS pubblici aperti per pubblico per uso particolare e di metodologia slovena di determinazione della vulnerabilità delle acque sotterranee nuovamente proposta (risultati sono stati presentati al workshop COST 620 nel St. Veit, Austria), è stato trovato che:

- La determinazione di vulnerabilità è sensitiva secondo la scala di rilievo dei dati, e non può essere applicata correttamente alle scale piccole
- Il modello topografico digitale (DMR), con una griglia di 100 x 100 metri, all'epoca esistente in Slovenia, sembra di essere poco sensibile per la vulnerabilità degli acquiferi carsici, e griglie sostanzialmente più piccole sono necessari (30x30 metri o più piccole)
- L'impatto di zona non-satura su una determinazione di vulnerabilità degli acquiferi carsici per la metodologia slovena proposta nuovamente, dovrebbe essere studiato ad una scala dettagliata; fine che la metodologia non sembra adatta, in questo senso è possibile di avere bisogno per un raffinamento.

L'azione Europea COST 620 mostra esattamente il miglioramento di metodologia di determinazione di vulnerabilità degli acquiferi carsici. Questa azione COST non è ancora terminata e il problema non aveva i risultati. L'ultima conclusione enumerata allora, non era la sorpresa.

Progetto KATER

Lo studio di bacino versante della sorgente carsica di Rižana nel quadro del progetto KATER è stato elaborato con un supporto parziale del Governo di Veneto, e dovrebbe essere più presto adressato. Con questo supporto finanziario i due idrogeologi sloveni, con la conoscenza di tecnologia di banche dei dati computerizzati geolocalizzati e di GIS, hanno ricevuto l'opportunità di utilizzare il sistema italiano SINTACS (Civita & De Maio, 1997) per la determinazione della vulnerabilità degli acquiferi carsici. Per questa ragione, il sistema SINTACS è stato supplementato (Civita, 2000). Questi due idrogeologi potrebbero anche seguire l'integrazione delle carte di vulnerabilità così prodotte in un sistema moderno di pianificazione urbanistica e di medio ambiente.

Il bacino versante della sorgente di Rižana era una area ben scelta per tale studio. Si tratta di grande sorgente carsica, che copra la maggior parte dei bisogni in acqua potabile della zona costiera slovena. A causa di intenso sviluppo di questa regione, la sorgente di Rižana e suo bacino versante, sono stati nel quadro di ultime due decadi studiati e ricercati intensivamente. In conformità con la metodologia esistente, le zone di protezione d'acque sotterranee sono state definite alla fine delle anni '80 su una base di cartografia idrogeologica dettagliata. Sondaggi di esplorazione e di osservazione con una serie di test di tracciamento (Krivic & all., 1989) proporzionale e la quantità dei dati idrogeologici disponibili. Le zone di protezione e dati definiti sui dati dei test di tracciamento, sono dimostrati come adeguati con casi posteriori d'inquinamento d'idrocarburi, che dimostrano gli accidenti stradali delle autocisterne (Veseli, 1996, 1998).

Gli oggetti pratici di questa studia del bacino versante di sorgente carsica sono stati definiti da loro autore (J. Prestor, progetto KATER project, Workshop no.1, Presentazione del segmento sloveno di progetto):

Il programma presentato in segmento nazionale sloveno del KATER è stato concettualizzato in collaborazione tra l'Acquedotto Rižana e l'Istituto di geologia, geotecnica e geofisica. Il segmento sloveno del KATER è nato dal programma "L'ORGANIZZAZIONE DI GESTIONE D'ACQUA DEL FIUME RIŽANA E DI ALTRI FLUSSI", iniziato dall'Acquedotto Rižana stesso.

Le risorse idriche di Rižana sono estremamente importanti per la zona costiera slovena. La politica di gestione di riscorsi idriche del Acquedotto Rižana, può essere in grosso modo descritta in punti che seguono:



- La strategia del Acquedotto Rižana dal inizio degli anni '80 ha mostrato un sviluppo possibile per le risorse idriche in bacino versante a Rižana, ma anche le risorse idriche nei sistemi vicini. Nel questo quadro è stato realizzato un miglioramento importante di qualità d'acqua e di sua disponibilità ed anche un miglioramento di consistenza e sicurezza del sistema di approvvigionamento d'acqua insieme con una riduzione delle perdite d'acqua.
- Alla fine degli anni '80, è stato effettuato suo successo - il nuovo programma di sviluppo del sistema d'approvvigionamento d'acqua. Le più importanti erano: la costruzione di nuovo impianto di trattamento d'acque e la costruzione di nuovo acquedotto, legando acquedotti a Rižana e di Carso (Sežana). Con questo, l'Acquedotto Rižana risponde alle domande di qualità di lungo termine, specialmente disegnate per le acque carsiche, ed anche era assicurato un approvvigionamento di acqua, più sicuro.
- La strategia di un futuro sviluppo del sistema di approvvigionamento d'acque (accettato del Ministero del medio ambiente) include un sviluppo di risorse idriche potenziali, a Rižana, Regione del Carso, Notranjska Reka e Unica. In questo programma la priorità è data ad un'esplorazione di quantità d'acqua addizionate di risorse idriche a Rižana e ad un arricchimento del settore avale del fiume Rižana nei periodi di acque basse con una nuova diga (Kubed; commento di autore: una riserva d'acqua superficiale). Dunque, uno degli obiettivi principali dell'Acquedotto Rižana è la protezione delle risorse idriche a Rižana, che in questo momento sono di buona qualità.

Ci aspettiamo di ottenere velocemente anche gli compiti più efficaci dal parte di una gestione d'acque di fiume Rižana riorganizzata:

- Programma competente per terminare la degradazione del medio ambiente, per la sua bonifica e per un regolamento di sua protezione
- Programma competente di pianificazione e gestione di risorse idriche superficiale e sotterranee in relazione con impatto antropologico crescente sul questo sistema acquifero sensibile
- Perfezionamento di controllo degli impatti antropogenici come base per una migliore pianificazione di regolazione di uso futuro del territorio.
- Protezione di risorse idriche non protette da sistemi vicini a Rižana
- Contribuzione ufficiale del governo per armonizzare le leggi su gestione e protezione di risorse idriche (specialmente per risorse potenziale) per migliorare la regolazione concernendo i rischi di inquinamento che provengono da trasporto.

Il punto di vista scientifico, l'obiettivo principale del progetto KATER era “di sviluppare metodi ed analisi per catturare ed analizzare tutte le informazioni necessarie per una protezione sostenibile di sorgenti in terreni carsici”. Uno schema che lega le domande di gestione di risorse naturali con le necessità di gestione delle attività di gestione del territorio è stata creata concernendo lo sviluppo di queste metodologie (Veseli & Švigilj, KATER Project Workshop 2):



Un altro punto di vista scientifica, nel progetto KATER, è stato nel quadro del programma europeo INTERREG IIc lanciato in un tempo giusto di poter servire come prova pratica d'applicabilità dei concetti e dei sistemi che sono ancora in discussione in circoli scientifici Europei. Il progetto è fornito la possibilità di

confrontare i risultati di determinazione di vulnerabilità degli acquiferi carsici nel bacino versante di Rižana e nel Sette Comuni Plateau con sistema SINTACS con altri esami di cartografia similare fatti in Slovenia ed in Europa nel quadro dell'Azione COST 620.

Alla fine di progetto è stata elaborata una carta di vulnerabilità di bacino versante di sorgente carsica a Rižana (Prestor & Janža, 2001; KATER Project Workshop 14) dimostrando che:

- La carta di vulnerabilità elaborata con sistema SINTACS mostra una buona conformità con le zone di protezione d'acque sotterranee definite prima (Krivic & all., 1989); questa conformità nasce dalle caratteristiche idrogeologiche principali dell'area
- Intorno le zone di protezione già menzionate, la carta di vulnerabilità elaborata con sistema SINTACS mostra una variabilità assai pronunciata del livello di vulnerabilità; questa sembra legata principalmente nella infrastruttura e nella valutazione di carsismo.
- Il sistema SINTACS sembra nel suo versione - per acquiferi carsici - dispositivo sensibile e pratico per la determinazione di vulnerabilità di questi acquiferi. Questo si può dire anche se nel bacino versante di sorgente carsica a Rižana non sia possibile di verificare la sua capacità di prendere il conto ed anche il valore economico degli acquiferi differenti.

Sfortunatamente fino a qui, la carta di vulnerabilità del bacino versante di Rižana resta inutilizzata da urbanisti. Il segmento sloveno del progetto KATER non ha previsto questo tipo di attività. Speriamo di farlo nel quadro di uno dei progetti adesso pianificati.

Conclusioni

La protezione delle acque sotterranee ha una lunga tradizione in Slovenia ed i primi risultati relativi datano dagli anni '70 (Breznik, 1976). In Slovenia emerge un bisogno di revisione dei vecchi schemi di protezione d'acqua a causa di cambiamenti politici e socio-economici e di sviluppo scientifico e tecnologico.

Uno studio di bacino versante della sorgente carsica a Rižana è stata elaborata dal personale del Servizio Geologico di Slovenia nel quadro del progetto KATER del programma Europeo INTERREG IIc con un finanziamento parziale del Governo Veneto. Con questo finanziamento, due giovani idrogeologi sloveni, tutti due con conoscenze di tecnologia GIS, hanno ottenuto l'entrata di sistema SINTASC italiano per la determinazione di vulnerabilità degli acquiferi carsici.



Basandoci sui risultati del progetto KATER, si può concludere che il sistema SINTACS, nella sua versione per acquiferi carsici, sembra un dispositivo molto sensibile e pratico per la determinazione della vulnerabilità degli stessi acquiferi. In funzione di esperienze favorevole con questo sistema, l’Agenzia Ambientale della Repubblica Slovenia è venuta a contrattare due studi modelli di vulnerabilità degli acquiferi con uso prescritto di sistema SINTACS. Si tratta di un test formale di adattabilità di questo sistema a condizioni idrogeologiche tipiche slovene – alla pianura alluvionale di Dravsko polje ed al bacino versante della sorgente carsica di Rižana stesso. Forse si potranno così risolvere tutti i problemi tecnici e finanziari che hanno fin qui limitato questo studio e perfezionarlo.



Bibliografia

- Aller L., Bennert T., Leher J.H., Petty R.J., Hackett G. 1987 DRASTIC: A standardised system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings, US EPA, Ada, OK, EPA/600/2-87-035.
- Breni M., Prestor J., Loniškar A. 2001. The analysis of the influence of highways on groundwater in Slovenia, in: K.-P. Seiler, S Wohnlich (eds.). *New Approaches Characterising Groundwater Flow*, 1, 467-472. A.A Balkema Publishers.
- Breznik M. 1976. Metodologija zaštite podzemne pitne vode ter doloitve varstvenih obmoij in pasov (= Methodology for protection of drinking groundwater and for determination of protection area and zones), ZSRSDP, 3/4, Ljubljana.
- Cichocki G., Zojer H.H. 1999. Vulnerability Mapping - Austrian Approach. Written contribution, COST Action 620 MCM St. Veit/Glan, Austria, April 1999.
- Civita M. 2000. Groundwater Risk Evaluation Methods. Written contribution, COST Action 620 MCM Cardiff, Wales, April 2000.
- Civita M., De Maio M. 1997. SINTACS: Un sistema parametrico per la valutazione e la cartografia della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento. *Metodologia & Automatizzazione*. Pitagora Editrice, Bologna.
- Dunne S. 2000. Karst Vulnerability Mapping within the Schwyll Catchment Area. Written contribution, COST Action 620 MCM Cardiff, Wales, April 2000, EA Wales.
- GSI&EPA. 1999. Ground Water Protection Schemes. Dep. of Environment and Local Government, Ireland.
- Janež J. 1989. Pristop in kriteriji pri doloanju varstvenih obmoij za zašito podzemne vode (= Approach and criteria for determination of protection areas for groundwater protection), 25,83, RŽSI, Idrija.
- Jeannin P.Y., Sauter M. (Eds.). 1998. *Modelling in Karst Systems*. Bull. Hydrogéologie, 16, Univ. de Neuchâtel.
- Krivic P., Bricelj M. and Zupan M. 1989. Podzemne vodne zveze na podroju iarije in osrednjega dela Istre (= Subsurface water connections in the iaria area and in the central part of Istria), SAZU, Acta Carsologica, XVIII, 267-295.
- Petauer D., Juvani V., Sadnikar J., Železnik B., Veselič M. 1996. Metodologija doloovanja zašitenih obmoij podzemnih voda (= Methodology of groundwater protection areas determination), GEOKO & IRGO.
- Thomsen R. 2000. Scheme to Improve Groundwater Protection in Denmark. in: B. Jamnik (ed.). *Water 2000 - At what price?* Proc. Int. Conf. 4.-5. October 2000. 91-104. Chamber of public utilities and environmental protection of Slovenia. Portorož.
- Veseli M. 1995. Il moto ed il trasporto nei mezzi fratturati come base per il controllo dell'inquinamento - Flow and transport in fractured media as a basis for pollution control. (Ital. & Engl. integral text). In: S. Troisi (ed.). *Propagazione di inquinanti in sistemi porosi e fessurati*, 231-284, TECHWARE, ed. BIOS.
- Veseli M. 1995. Degradacija podtalnice (= Groundwater degradation). Vabljeno predavanje na strokovnem sreanju "Degradacije v prostoru". Društvo krajinskih arhitektov Slovenije. Topolšica.
- Veseli M. 1996. Reclamation techniques in fissured media. Lecture at Techware Italia postgraduate course, Università della Calabria, Cosenza.
- Veseli M. 1998. Tecniche di bonifica per mezzi fessurati = Reclamation techniques in fissured media. V: TROISI, Salvatore (ed.). *Protezione e bonifica di falde acquifere soggette a inquinamento da idrocarburi : quaderni 2: Univ. degli Studi della Calabria, Dip. Difesa del Suolo*, 1996. Cosenza: Bios, 1998, str. 201-237.
- Veseli M. 1999. Analysis of karst aquifer vulnerability in a GIS environment: methodological and technological problems. Written report. COST Action 620 MCM, St. Veit, Austria, April 1999, IRGO.
- Veseli M. 2000. Karst groundwater protection. in: Vlahovi i., Biondi R. (eds.) *Proc. of 2nd Cro.Geol.Congr. Cavtat-Dubrovnik*.
- von Hoyer M., Söffner B. 1998. Groundwater Vulnerability Mapping in Carbonate (Karst) Areas of Germany. COST Action 620, Report, BGR, Hannover.



Convegno Nazionale
“ Le risorse idriche sotterranee: conoscerle per proteggerle”

Vrba J., Zaporozec A. (Eds.). 1994. Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability. IAH, 16, Verl. Heise. Hannover.



LO STATO DELL'ARTE NELLA REALIZZAZIONE DI CARTE DELLA VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI NELLA REGIONE FRIULI-VENEZIA GIULIA*

[Franco Cucchi](#)

Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine, Università di Trieste

Premessa

Presso il Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine dell'Università di Trieste opera il GGACI (gruppo di Geomorfologia, Geologia Applicata e Cartografia Informatica), elemento trainante dell'U.O. 4.7 del Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI-LR4), impegnato negli studi e nelle ricerche per la conoscenza delle caratteristiche idrogeologiche degli acquiferi e per la definizione della vulnerabilità delle falde idriche in essi contenute¹⁰. Il gruppo fa parte anche del CERTIS (Centro di Eccellenza per la Ricerca in TeleGeomatica e Informazione Spaziale dell'Università di Trieste) ed è l'erede di una Unità Operativa che lavora su queste tematiche ormai da quindici anni e che in quest'arco di tempo ha elaborato numerosi studi.

Uno degli obiettivi del gruppo è definire, in linea di massima alla scala 1:25.000, ma per aree particolari anche alla scala 1:10.000, la vulnerabilità integrata delle falde idriche della pianura friulana e quella delle aree le cui risorse idriche sono sfruttate per usi potabili.

Il modello idrogeologico regionale

Nello specifico si analizza con particolare cura l'Alta Pianura friulana, sede di una potente falda freatica, alimentata dai numerosi corsi d'acqua montani e dalle precipitazioni dirette, abbondantemente sfruttata (e contaminata). La falda freatica alimenta a sua volta numerose falde artesiane riconosciute nel sottosuolo della Bassa Pianura e altrettanto abbondantemente sfruttate.

Si analizzano inoltre in dettaglio, anche per la loro duplice valenza di contenitori di risorse disponibili e di riserve strategiche, alcune aree carsiche regionali: nello specifico il Carso Classico (che per inciso si estende nella vicina Slovenia) e, seppure a grandi linee per il momento, altri acquiferi più o meno carsificati che alimentano sorgenti captate e non (M. Canin, M. Cavallo, M. Avanza, M. Verzegnis ed altri).

Dato che il metodo scelto per la definizione della vulnerabilità è il SINTACS, e dato che per elaborare correttamente la zonazione del territorio sono necessarie conoscenze sugli acquiferi approfondite e arealmente ben distribuite, si è, parallelamente all'avvio della catalogazione e della georeferenziazione dei punti di pressione antropica, impostata una articolata campagna di studi e monitoraggi allo scopo di ottenere dati e valori attendibili da inserire nelle carte dei parametri implementando quanto desumibile dalla bibliografia. Si è sottoposta a revisione critica la ricca bibliografia, si sono omogeneizzati e informatizzati i dati ricavati.

E' stata la richiesta, da parte dell'Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta - Bacchiglione, di elaborazione di un modello idrogeologico regionale alla scala 1:50.000 corredato da carte tematiche ad attivare questa complessa e delicata operazione.

Abbiamo così rivisitato i dati disponibili sulla geologia e sulla idrogeologia regionale, montana e di pianura, riconoscendo le diverse unità litologiche coinvolte, il loro assetto strutturale e la geometria dei corpi idrologicamente interessanti. (*figura 1*)

Nel contempo abbiamo dato l'avvio anche alla ricostruzione del contenitore delle acque di pianura, ricostruendo le isobate del basamento roccioso e le isopache dei depositi quaternari; riconoscendo il

¹⁰ Del gruppo fanno parte in particolare Luca Zini, ricercatore universitario, Alessio Mereu e Sara Oberti, collaboratori esterni, ed i dottorandi in Geomatica e Sistemi Informativi Territoriali Chiara Calligaris, Giancarlo Massari e Chiara Piano.



profondo bacino nel sottosuolo di Pordenone e Lignano Sabbiadoro e gli alti morfologici nel sottosuolo di Udine e Palmanova. La nostra regione è una zona di cerniera per quanto riguarda l'interazione Alpi - Dinaridi per cui anche il sottosuolo, coperto da un pacco di alluvioni con potenza che va da 5-600 a pochi metri, ha morfologia articolata che condiziona parte dell'idrogeologia profonda.

Sono state poi riviste le sezioni idrogeologiche elaborate sulla base delle stratigrafie dei pozzi per acqua conosciuti, aggiornando quanto fatto negli anni 70 per conto dell'Istituto di Ricerca Sulle Acque del CNR e negli anni '80 per conto della Direzione della Pianificazione Territoriale della Regione Friuli-Venezia Giulia. Nella nostra regione si riconosce la presenza di una falda freatica, contenuta nelle alluvioni a nord della Linea delle Risorgive ed ubicata a profondità che sono notevoli ai piedi dei rilievi ma man mano minori avvicinandosi alle risorgive, e di una serie di falde artesiane, contenute nei depositi a valle della Linea delle Risorgive. Sono almeno dieci le falde, più o meno continue ed articolate, che si rinvengono da poche decine di metri di profondità fino ai 600 e passa in corrispondenza di Lignano Sabbiadoro. (*figura 2*)

Nell'ambito dello studio abbiamo anche ricontrollato i numerosi elementi che riguardano le acque di falda, riesaminando i dati sulle freatimetrie acquisiti, con notevole lungimiranza, dal Servizio per l'Idraulica della nostra Regione fin dagli anni '70, ponendo in essere una rete di monitoraggio delle falde con numerosi punti di misura e prelievo. Le escursioni freatiche sono anche notevoli, con talora decine di metri, fra magra e piena. (*figura 3*) Dato che è, per inciso, molto interessante per quanto riguarda SINTACS, per il quale potenza e tipologia dell'aerato e/o del saturo sono parametri essenziali.

Le carte di vulnerabilità e gli altri studi

Sulla base dei dati raccolti si è elaborata la “Carta della vulnerabilità intrinseca della Pianura Friulana” alla scala 1:50.000, presentata come poster durante la Giornata Mondiale dell'Acqua a Roma nel marzo 1998, pubblicata, anche se a grandissima scala, nel 1999, illustrata a tecnici e politici regionali a Palmanova nel dicembre del 2000. Da essa si evidenzia l'alta vulnerabilità dell'Alta Pianura, la sostanziale bassissima se non nulla vulnerabilità “diretta” delle falde artesiane nella Bassa Pianura: queste ultime tuttavia si alimentano dalle acque freatiche a monte e quindi divengono anch'esse, seppur indirettamente, vulnerabili. (*figura 4*)

Ci si è resi conto che era necessario anche riorganizzare le conoscenze su dati puntuali sulle acque: si è ripreso lo studio e l'aggiornamento di quello che è uno degli orgogli della nostra regione, cioè il Catasto Regionale dei Pozzi per acqua, che catasta migliaia di pozzi, riportandone le caratteristiche litostratigrafiche e idrologiche. (*figura 5*) Il data base sta per confluire nel Sistema Informativo Territoriale regionale che stiamo attivando presso il DiSGAM.

Abbiamo anche iniziato a formare un catasto delle sorgenti montane oggetto di sfruttamento: al momento quasi duecento captazioni sono prese in considerazione. In verità le sorgenti sono migliaia e ci si ripromette di avviarne ricerca e inserimento in catasto, al fine di consentire l'individuazione delle disponibilità idriche alternative. (*figura 6*) Dato che numerose grotte sono cavità risorgiva o cavità inghiottitoio e quindi esiziali agli scopi della caratterizzazione idrogeologica, abbiamo in parte rielaborato anche il Catasto regionale delle grotte, altra iniziativa di conoscenza del territorio di cui l'Amministrazione Regionale del Friuli-Venezia Giulia può andare fiera. (*figura 7*)

Nel contempo, anche perché le aree carsiche contengono riserve veramente interessanti e gli acquiferi carsici sono idrostrutture dalla difficile conoscenza, è stata attivata una articolata campagna di monitoraggio di alcune delle principali risorgenze carsiche.

Sono sotto controllo le sorgenti del Fiume Livenza (Molinetto, Santissima e Gorgazzo) esutori delle acque contenute nel Massiccio del Cansiglio Cavallo e quelle del Monte Canin, idrostruttura che alimenta importanti acquedotti in area slovena. Stiamo poi monitorando le acque ipogee del Carso Classico, idrostruttura che, con il suo carsismo maturo è sicuramente una ottima palestra di studio oltre che fonte di alimentazione importante.

In parallelo si sono riesaminate le conoscenze sul chimismo delle acque di falda della nostra regione, frutto



della collaborazione oggi con l'ARPA Friuli-Venezia Giulia, ieri con alcuni Presidi Multizonali di Prevenzione. Si sono, di fatto, monitorati per tre anni circa 150 pozzi che pescano tanto dalla falda freatica quanto da diverse falde artesiane. Questo studio, che per inciso continua tutt'ora con l'aggiornamento dei dati man mano raccolti, ha reso possibile la prima proposta di delimitazione delle aree di provenienze delle acque e delle province idrogeologiche sulla base delle sostanze presenti quali traccianti naturali. (figura 8)

Risulta una suddivisione delle acque nel sottosuolo della nostra regione in sette areali, cui competono caratteristiche chimico fisiche particolari. Si è così in grado di ipotizzare le aree di influenza del Tagliamento, ricco in solfati, quelle dei torrenti Cellina e Meduna, fiumi di montagna prevalentemente carbonatico magnesiaci, quelle dei fiumi di Isonzo, Torre, Natisone, corsi dagli articolati bacini in parte carbonatici in parte silicatici.

Tutto ciò ci sta aiutando a migliorare il quadro delle conoscenze e ad elaborare carte di vulnerabilità abbastanza valide ed interessanti ai fini della pianificazione ambientale.

Alcuni areali della pianura friulana sono oggetto di ulteriori attenzioni e abbiamo redatto carte di vulnerabilità intrinseca ed integrata della Pianura goriziana (alla scala 1:25.000 ma con i punti di pericolo georeferenziati sulla CTR numerica 1:5.000, presentata a Trieste nel settembre 2000 durante il Congresso della SGI), della fascia pedecollinare in destra del Torrente Torre (anche qui alla scala 1:25.000 ma con i punti di pericolo georeferenziati sulla CTR 1:5.000), del conoide Cellina - Meduna (utilizzando, per la prima volta in Italia, il software GIS IDRISI 2000 per la redazione secondo il metodo SINTACS delle carte dei parametri, presentate ai sindaci della zona nella primavera 2001).

Dato che fin dal 1989 è disponibile la Carta della vulnerabilità integrata del Campo di Osoppo e Gemona (alla scala 1:25.000), la pianura friulana può dirsi per il momento sufficientemente coperta a grande scala. (figura 9) Questo, per inciso, ci consente oggi di redigere le carte delle zone vulnerabili da nitrati di origine agricola (vedi DL 152/1999) in collaborazione con l'ARPA-FVG.

La redazione di un modello idrogeologico abbastanza accurato del Carso classico e i risultati della campagna di monitoraggio delle acque ipogee, hanno consentito di redigere una Carta della vulnerabilità intrinseca dell'ipogeo triestino alla scala 1:25.000 (ma è la CTR numerica 1:5.000 il supporto cartografico utilizzato). La carta è, per il momento, pubblicata solamente a piccolissima scala (su *Le Grotte d'Italia, V, 1 (2000)*, Pubbl. n°1938 del GNDICI, LR4), ma la carta della vulnerabilità integrata alla scala 1:25.000 è in avanzatissima fase di stampa, tanto che è già stata presentata sotto forma di poster ad alcuni convegni (Trieste, settembre 2000; Bastia Umbra, ottobre 2000).

Abbiamo infine iniziato la elaborazione di carte di vulnerabilità dei bacini di alimentazione di alcune sorgenti utilizzate per acque minerali, quali la Goccia di Carnia, l'Acqua Pradis e le acque Fonte Paradiso.

Il futuro

Il futuro, per quanto ci riguarda, è aumentare il livello di conoscenza di dettaglio delle tematiche, passando dalla scala 1:25.000 o 1:50.000 a quella 1:10.000. Inoltre prevediamo di ampliare il Data base idrogeologico: è già partita una campagna di misura della direzione delle acque di falda freatica in 75 pozzi dell'Alta pianura friulana grazie al significativo sostegno economico della Regione Friuli Venezia Giulia. Sono terminate le misure in fase di magra, fra alcuni mesi sarà studiato l'idrodinamismo in fase di piena. Continuerà il monitoraggio delle sorgenti carsiche, anche nell'ottica del programma INTERREG Kater 2, che dovrebbe vedere coinvolte le regioni Veneto e Friuli-Venezia Giulia, con Slovenia e Austria. Continuerà l'individuazione e la georeferenziazione dei punti di pericolo, data l'importanza di un Data base sull'argomento per i *decision maker*. Arriverà a termine il progetto - proposta, di concerto con l'ARPA del Friuli Venezia Giulia, di una rete di monitoraggio idrochimico delle acque di falda regionali.

Il tutto, naturalmente, gestito in maniera informatica ed aperta, in modo tale che chiunque possa accedere ai dati acquisiti ed utilizzarli al meglio nel corretto utilizzo del territorio e delle sue risorse.

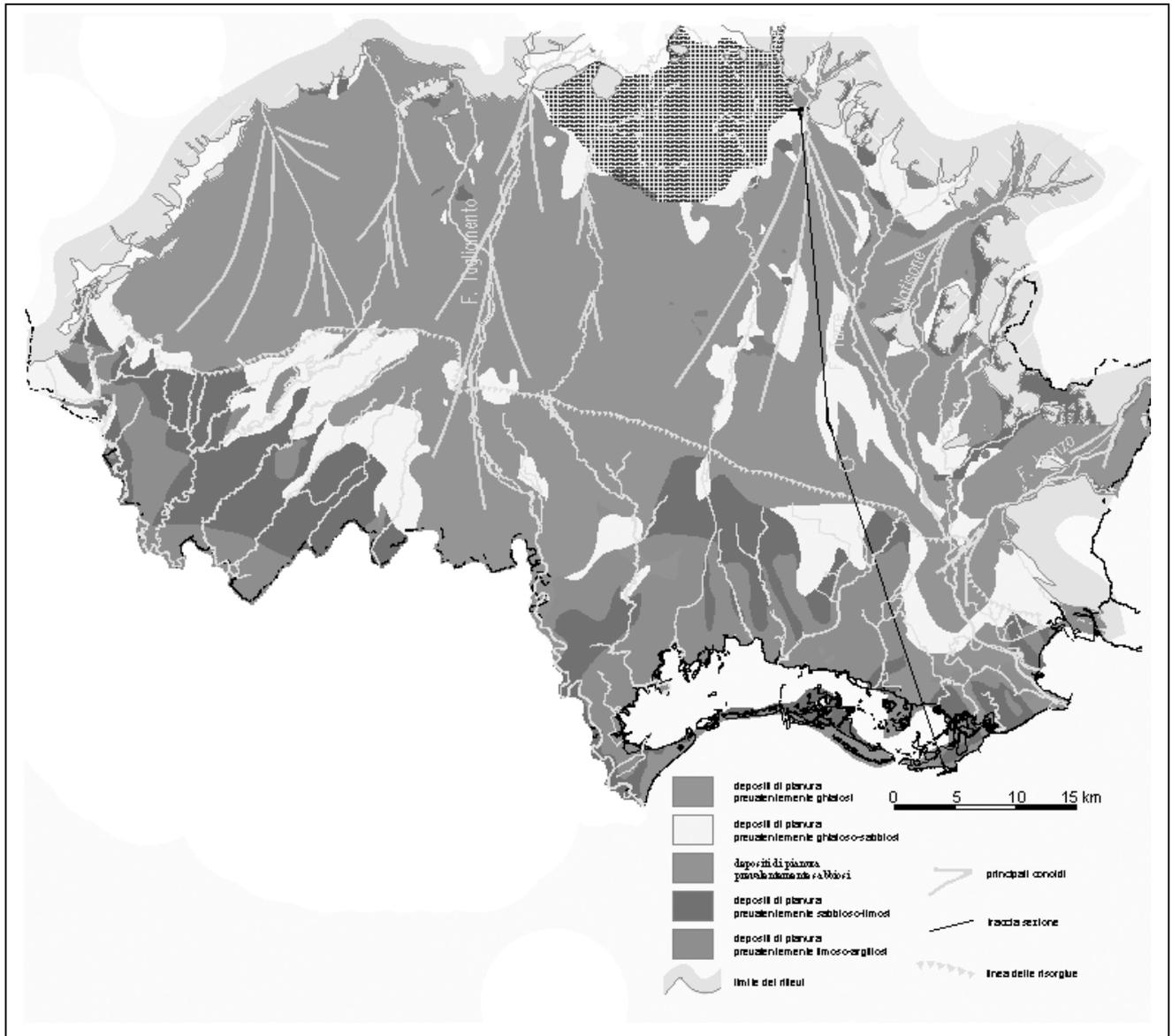


Fig. 1 - Schema geologico della pianura friulana: a settentrione della Linea delle Risorgive predominano le ghiaie, a meridione le sabbie, i limi e le argille



TENDENZA DELLA FALDA FREATICA

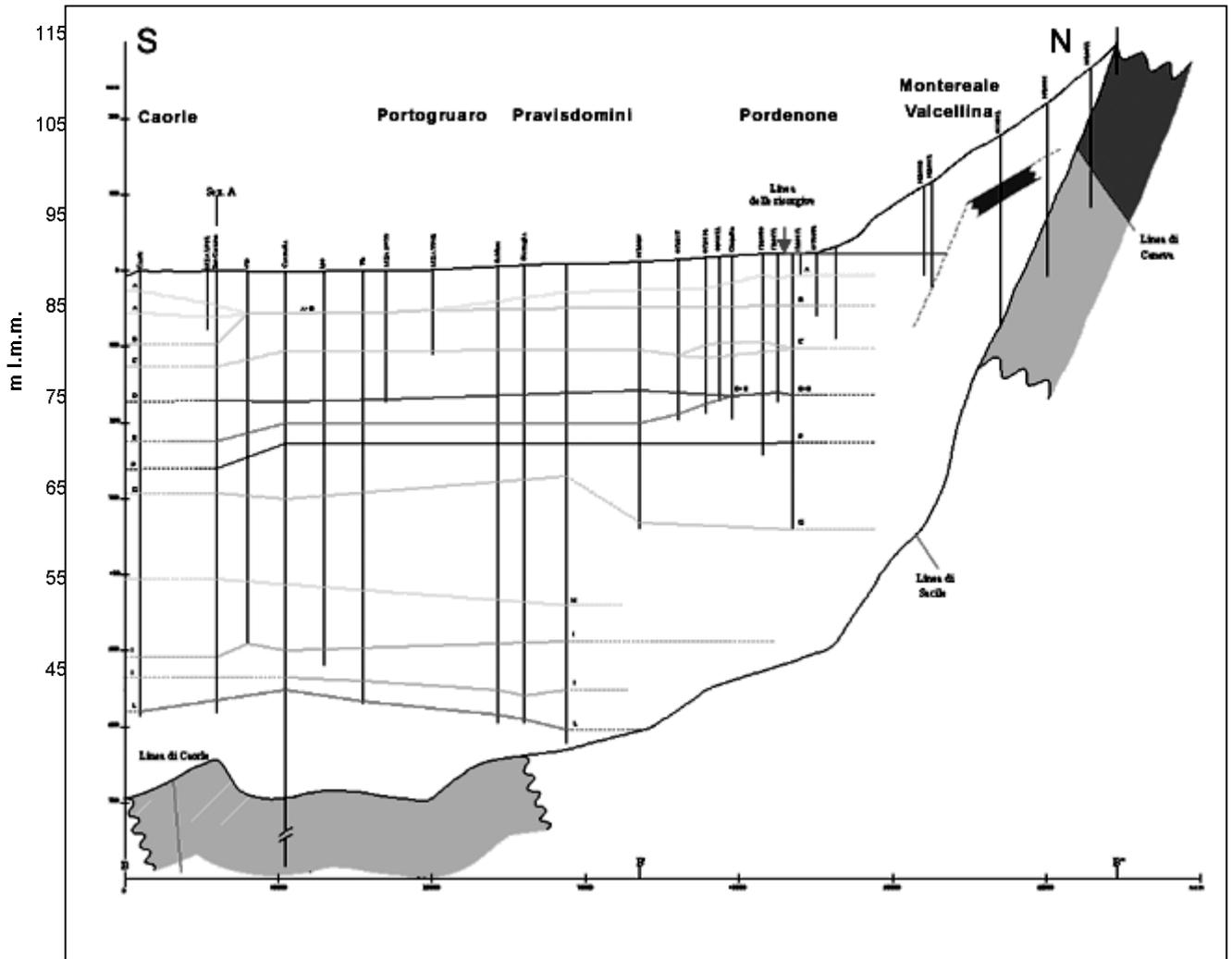
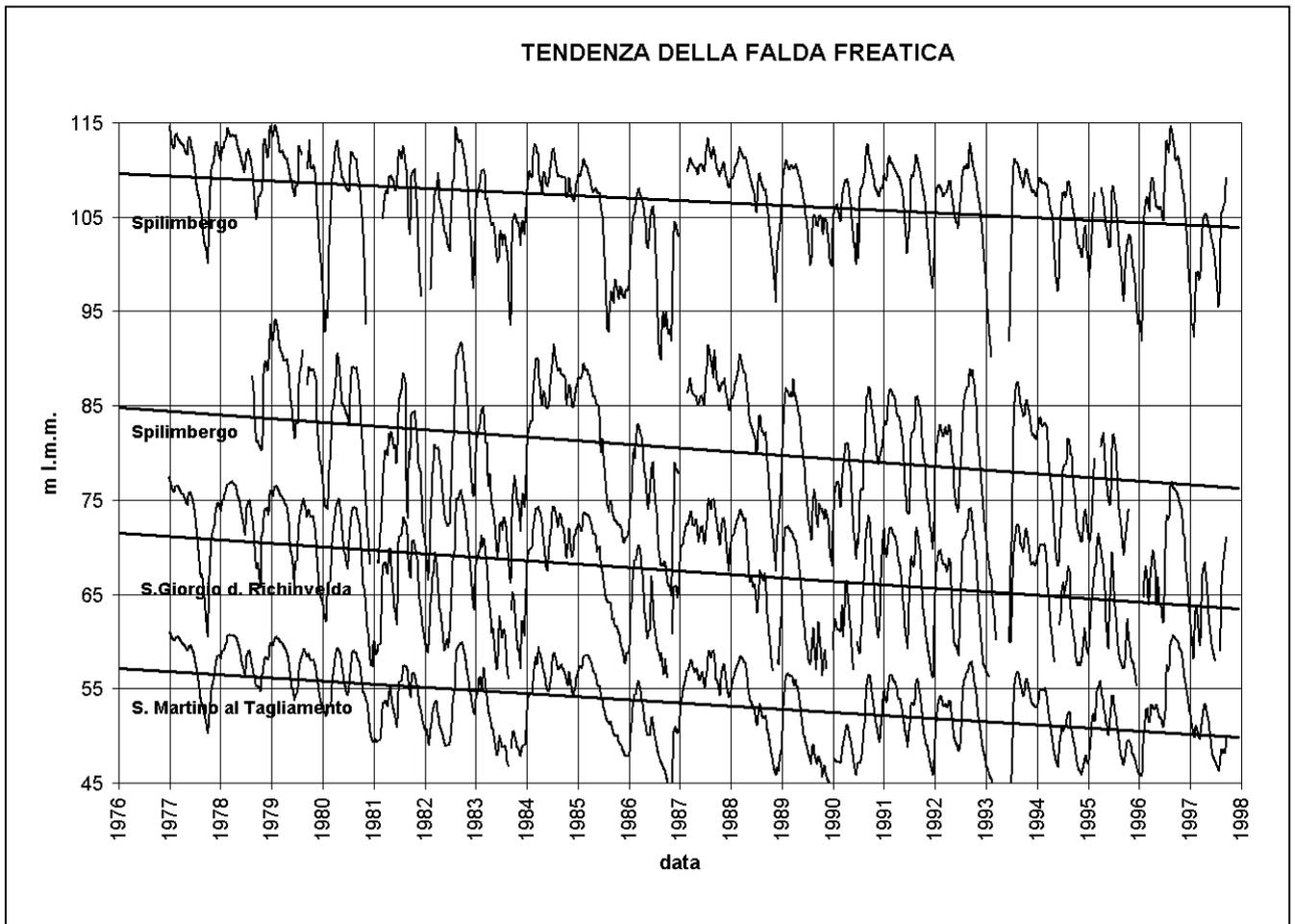


Fig. 2 - Schema idrogeologico degli acquiferi nel sottosuolo della pianura: si riconoscono 10 falde artesianhe che si alimentano nell'alta pianura



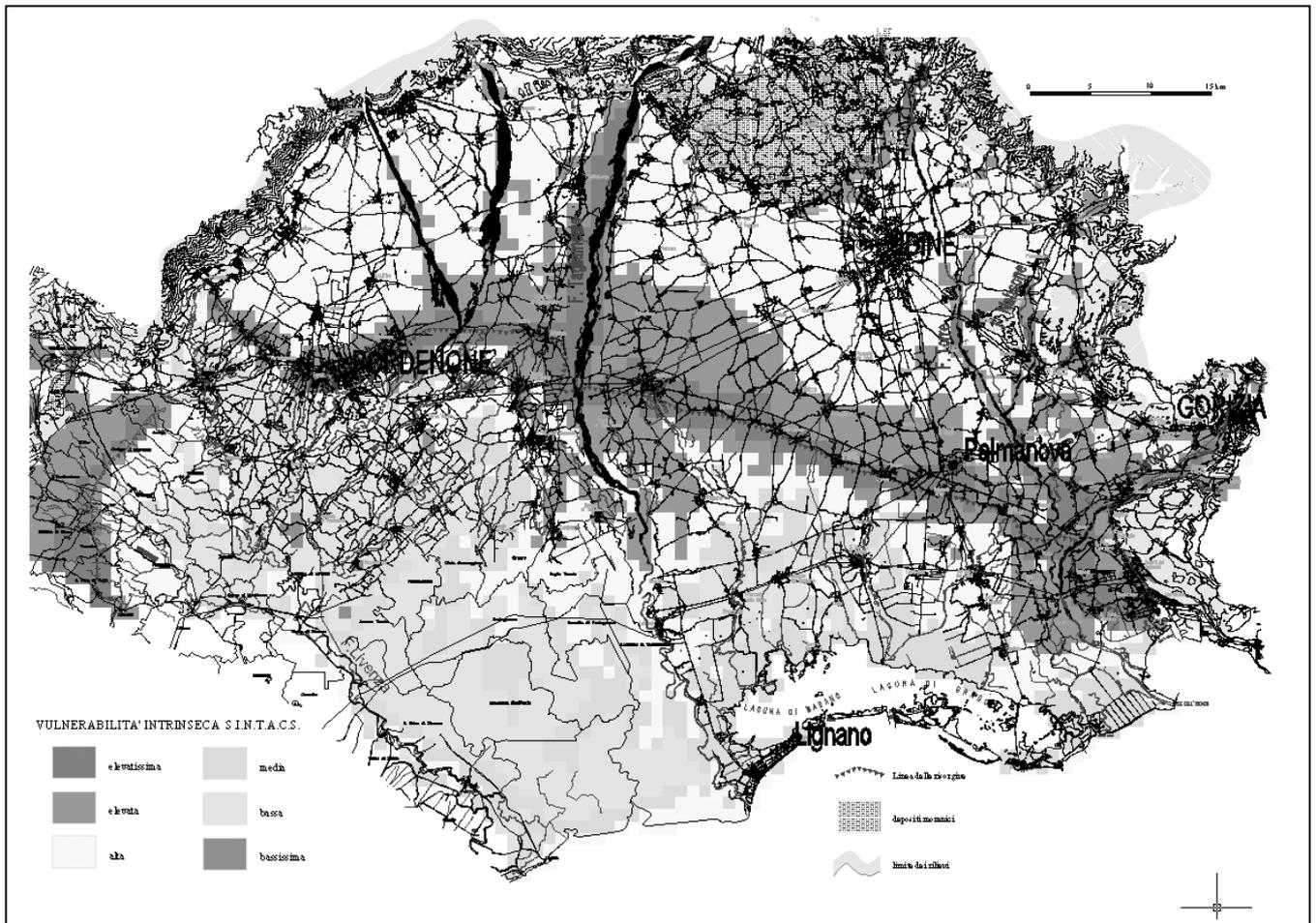


Fig. 4 - La Carta della vulnerabilità intrinseca della Pianura friulana

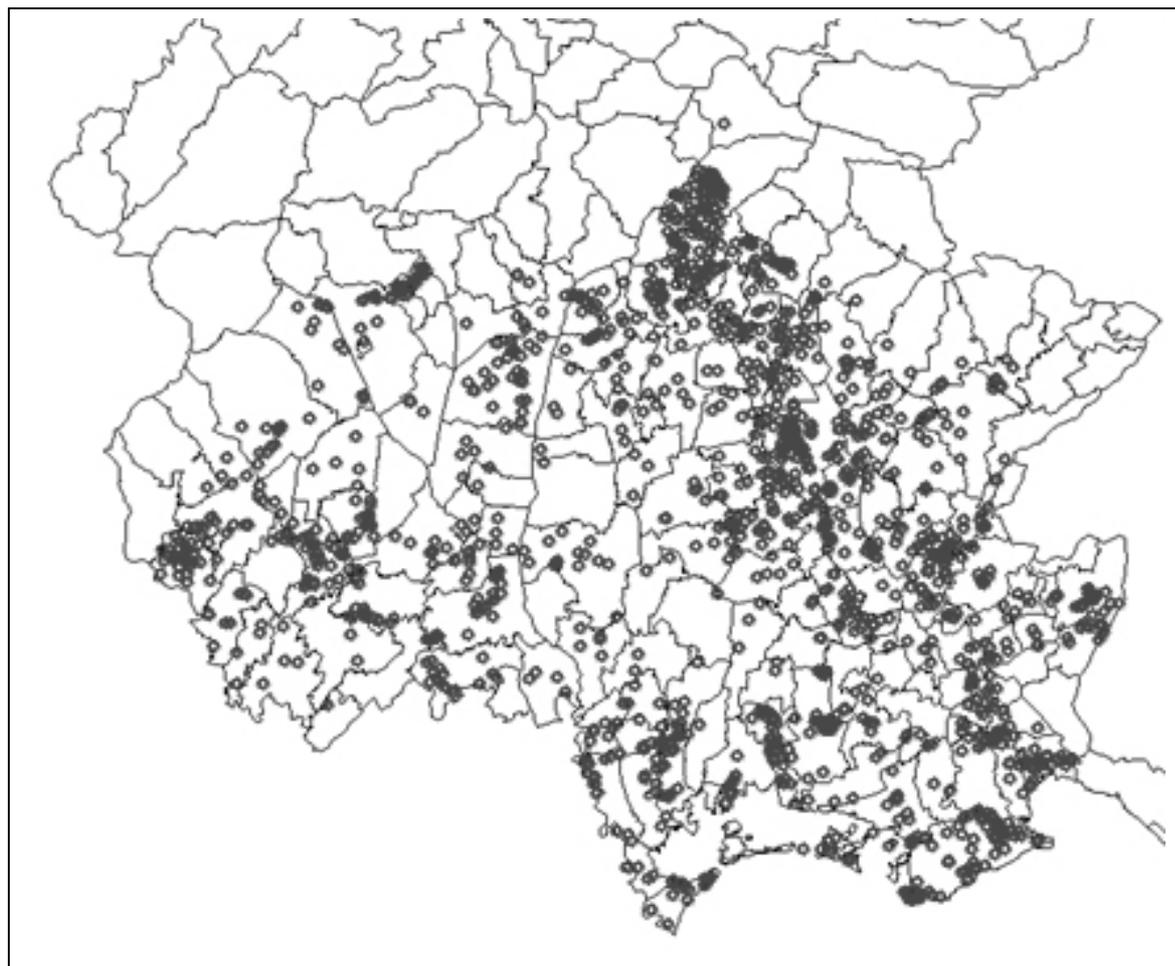


Fig. 5 – I pozzi con stratigrafia nel Catasto regionale dei Pozzi per acqua del Friuli-Venezia Giulia

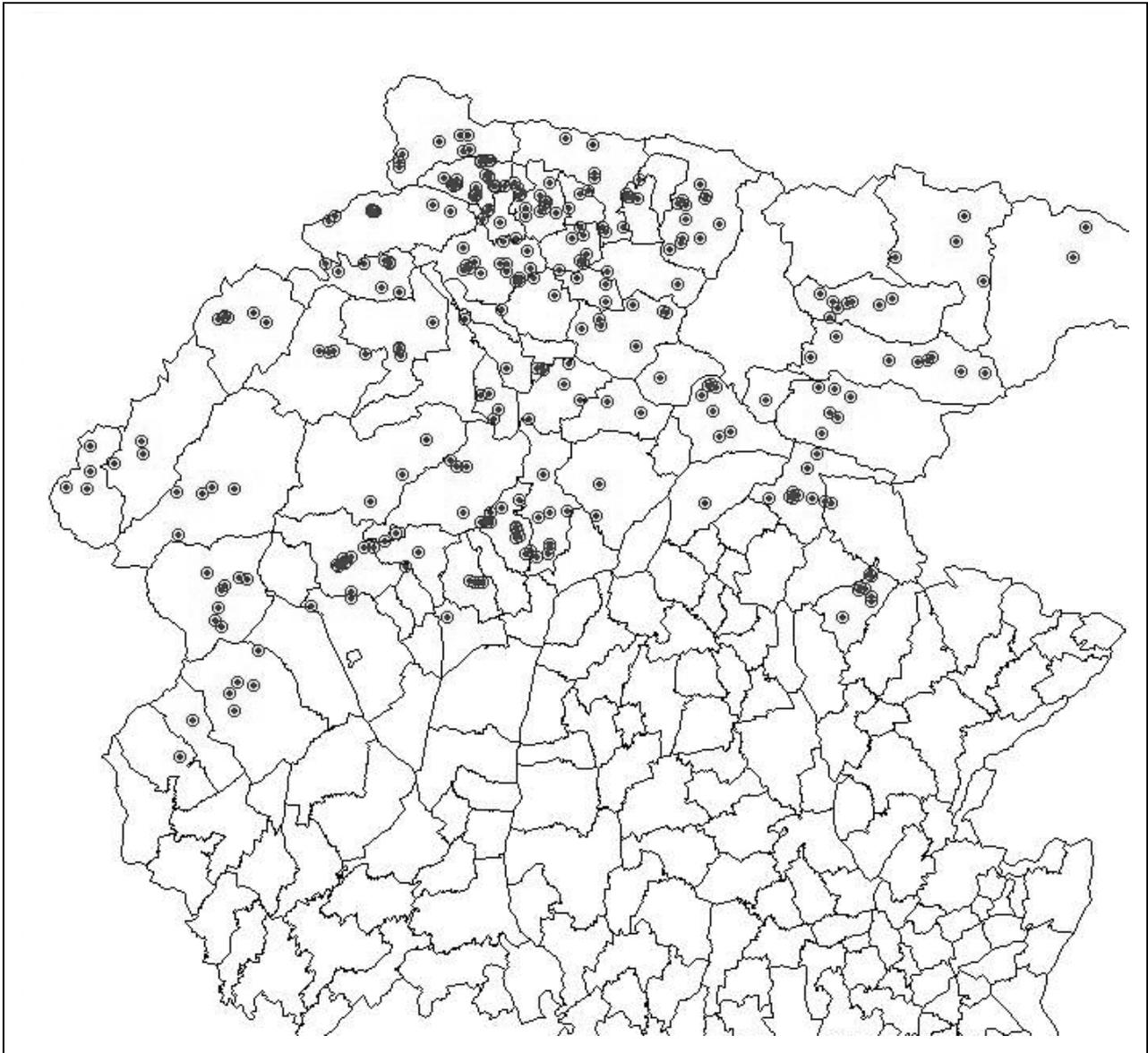


Fig. 6 - Le sorgenti montane captate ad uso acquedottistico

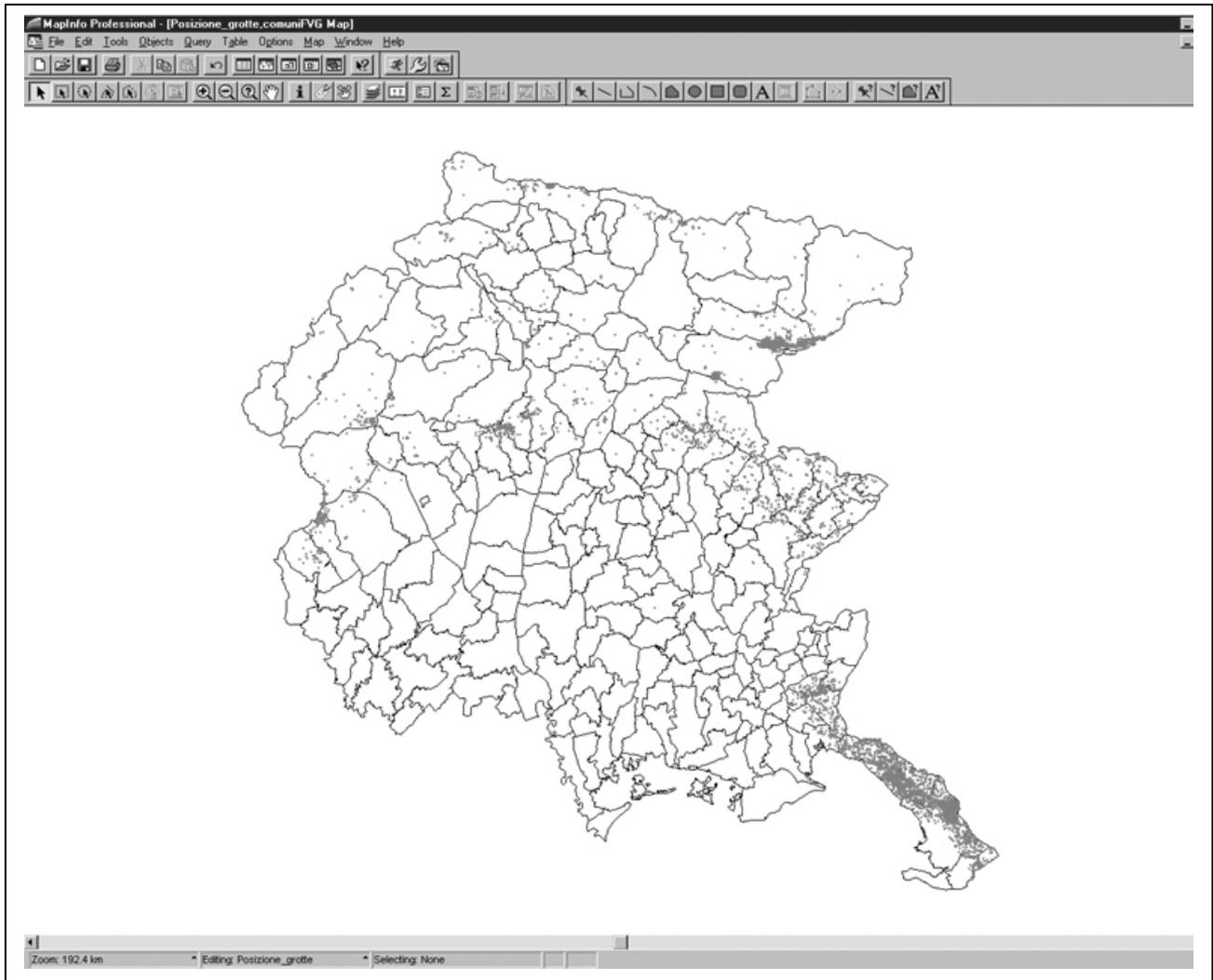


Fig. 7 - Le cavità inserite nel Catasto regionale delle grotte del Friuli-Venezia Giulia sono più di 6000

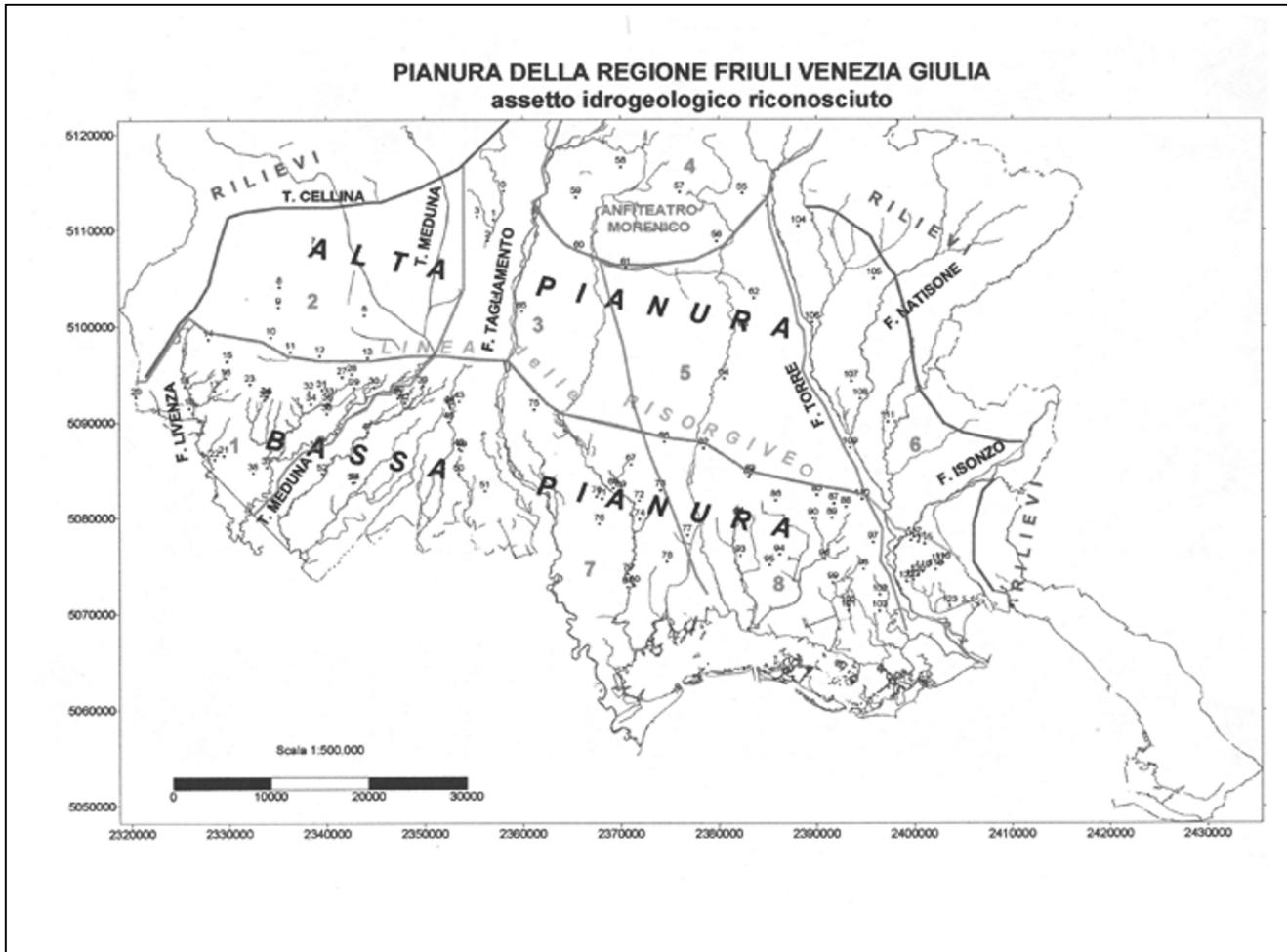


Fig. 8 - Le otto province idrogeologiche riconosciute nel sottosuolo della Pianura friulana

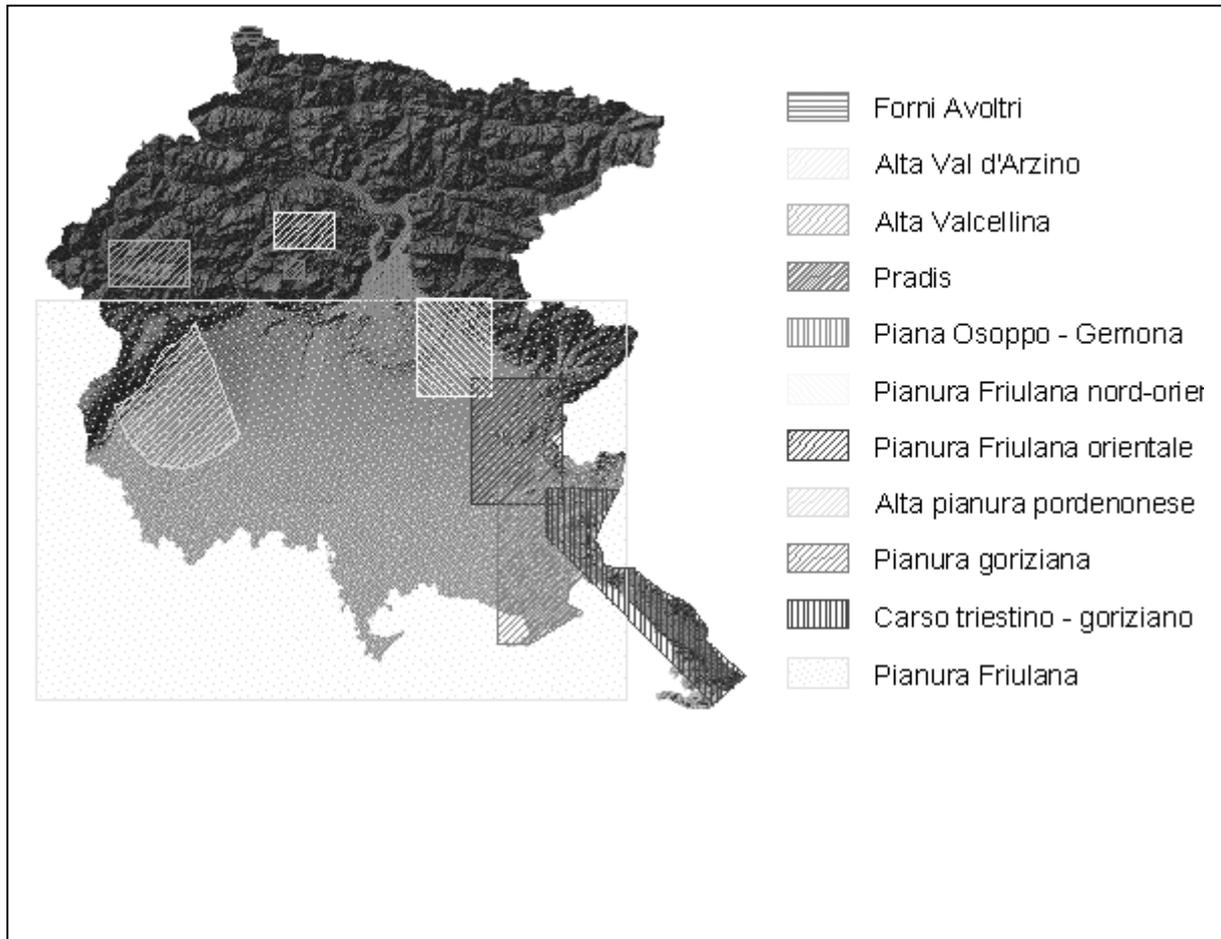


Fig. 9 - Le Carte di vulnerabilità (intrinseca e/o integrata) delle acque elaborate dal DiSGAM



Bibliografia

- CUCCHI F., MARINETTI E., ZINI L. (1999). Monitoraggio in continuo delle acque carsiche presso le sorgenti del Livenza e Timavo. *Atti “Convegno nazionale sull’inquinamento delle grotte e degli acquiferi carsici e possibili ricadute sulla collettività”*, Ponte di Brenta, settembre 1998, 63-72, Padova. Pubbl. n°2055 del GNDICI, LR4.
- CUCCHI F., GIORGETTI F., GEMITI F., MASSARI G., OBERTI S. (1999): Caratterizzazione geochemica delle falde acquifere della Pianura friulana. *Atti della Giornata Mondiale dell’Acqua “Acque Sotterranee: Risorsa Invisibile”*, Roma, 23 marzo 1832. (Pubbl. n°1955 del GNDICI, LR49), 61-71. Pubbl. n°1832 del GNDICI, LR4.
- CUCCHI F., MASSARI G., OBERTI S. (1999): Fluttuazioni della falda freatica nell’Alta Pianura friulana. *Gortania, Vol. 21 (1999)*, 39-51. Pubbl. n°2055 del GNDICI, LR4.
- CUCCHI F., MARINETTI E., MASSARI G., OBERTI S., PIANO C., ZINI L. (1999): Carta della vulnerabilità intrinseca della pianura friulana. *Quaderni di Geologia Applicata, 1999, Pitagora Ed. Bologna, 1283-1289*. Pubbl. n°1976 del GNDICI, LR4.
- FORTI P., CUCCHI F., PICCINI L., PICOTTI V., FUSTINI R., MARINETTI E., MASSARI, G. ZINI L. (1999): Carta della vulnerabilità integrata all’inquinamento degli acquiferi carsici delle porzione meridionale delle Prealpi Bresciane 1:10.000. *DBmap Firenze*, Pubbl. n. 1971 del GNDICI, LR4.
- CUCCHI F., MASSARI G., OBERTI S. (2000): Il chimismo delle falde freatiche e artesiane della Pianura Friulana. *Quaderno del Mus. Carsico, Geol. e Paleont. Monfalcone, n. 7 (1999)*, 3-20. Pubbl. n° 2073 del GNDICI, LR4
- CUCCHI F., MARINETTI E., MASSARI G., ZINI L. (2000): Carta della vulnerabilità intrinseca dell’acquifero carsico triestino ed isontino. *Le Grotte d’Italia, s.V, 1 (2000)*, 21-31. Pubbl. n° 1938 del GNDICI, LR4.
- CUCCHI F., PIANO C. (2001): Studies for the realization of the Hydrogeological Map of Friuli-Venezia Giulia. *Ipogea, n. 3 – 2000*, 57-7, Trieste. Pubbl. n°2030 del GNDICI, LR4.
- AYUB S., CUCCHI F., FORTI P., ZINI L., (2001): Pollution Integrate Vulnerability Map for the acquifer of the Perolas – Santana, Grilo and Zezo karst systems (Sao Paulo, Brazil). *Carta a colori 100x140cm, alla scala 1:10.000. Editoriale San Giusto, Trieste*. Pubbl. n°2415 del GNDICI, LR4.



VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI DELLA PROVINCIA DI VENEZIA. INDAGINI IN CORSO E PROBLEMI APERTI

Pietro Zangheri
Geologo in Padova

Ieri, vi è stato esposto il lavoro, realizzato dalla Provincia di Venezia, relativo alle falde confinate, (“*Indagine idrogeologica del territorio provinciale di Venezia*”). Oggi, parleremo di un altro progetto, che la stessa Provincia sta realizzando da alcuni anni, riguardante un altro aspetto idrogeologico: la vulnerabilità degli acquiferi.

Premetto che il lavoro è in corso; sono state completate le cartografie per l'area meridionale e l'area centrale ed è in realizzazione la parte rimanente, a cui seguirà la fase di omogeneizzazione finale.

Va subito precisato che la vulnerabilità degli acquiferi che stiamo analizzando non è quella relativa alle falde profonde oggetto della citata “Indagine idrogeologica”, ma riguarda essenzialmente la falda freatica (o prima falda), a cui accennava poco fa anche il professor Cucchi. Questo perché gli acquiferi confinati presenti nel territorio provinciale, sono acquiferi profondi e, in genere, protetti da decine e decine di metri di argilla. Essi sono contaminabili da inquinanti provenienti da monte (area di ricarica), oppure tramite le vie create artificialmente dalle migliaia di pozzi che li attraversano, ma non per percolazione verticale.

In Provincia di Venezia, c'è un interesse particolare per la falda freatica, nonostante non abbia alcun valore come risorsa idropotabile. Infatti la falda freatica può rappresentare un “*veicolo di inquinamento verso la rete scolante*”. Ieri è stato più volte ricordato come la Provincia di Venezia sia un territorio “olandese”; l'ingegner Grego ricordava i canali di bonifica, posti anche 4-5 metri al di sopra di un piano campagna che si trova anche 3 – 4 metri al di sotto del livello del mare. Questa rete scolante è in comunicazione proprio con la falda freatica. Il fatto che la falda freatica sia in comunicazione con la rete scolante è di grande importanza. In particolare, una parte importante del territorio provinciale ricade nel “bacino scolante in laguna di Venezia”, ovvero, la rete scolante ha come recapito finale quell'ambiente delicatissimo che è proprio la laguna di Venezia.

Nel caso specifico della Provincia di Venezia e in generale della Regione Veneto, la cartografia della vulnerabilità degli acquiferi è stata realizzata in quanto richiesta da una normativa della Regione Veneto. Ne parlerà anche il dottor Giandon, io ne accenno brevemente; si tratta della “*Metodica Unificata*” per la redazione della “*Cartografia relativa all'attitudine dei suoli allo spargimento dei liquami zootecnici*” (All. D, art. 3 del Piano Regionale di Risanamento delle Acque). Questa normativa, sulla base di quanto richiesto dalla “Direttiva Nitrati” (91/676/CEE), presuppone la valutazione della vulnerabilità degli acquiferi.

Il percorso logico previsto dalla “*Metodica unificata*” è riportato in figura 1; al punto 5 si prevede la definizione della vulnerabilità intrinseca dei corpi idrici sotterranei, che insieme alle caratteristiche pedologiche, fornisce l'attitudine del suolo allo spargimento del liquame zootecnico.

Si noti come il percorso logico, da una parte, consideri l'aspetto pedologico e, dall'altra, l'aspetto della vulnerabilità degli acquiferi. Una cosa va a mio parere sottolineata: entrambi gli aspetti, presuppongono la realizzazione di una serie di banche dati relative a suolo e sottosuolo che devono essere impostate in modo di essere aggiornate ed aggiornabili nel tempo. In tale modo, al di là della finalità della carta, si dispone di uno strumento (le banche dati appunto) applicabile a svariate altre tematiche. Non mi dilungo sulle banche dati che sistematicamente, da oltre 20 anni, la Provincia ha realizzato, poiché ve ne ha parlato ampiamente il dottor Vitturi ieri (si veda a tale proposito la relativa relazione).

Per realizzare la carta della vulnerabilità ovviamente ci siamo riferiti a quelli che sono gli standard previsti. Nel caso specifico il riferimento metodologico è quello dato dalla Linea di Ricerca VAZAR del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche ed in particolare dal metodo SINTACS (si veda la relazione del professor Civita).



Preliminarmente allo svolgimento del lavoro ci siamo posti il problema se in Provincia di Venezia vi era la possibilità di applicare un metodo parametrico a punteggi e pesi quale il SINTACS. Utilizzando come riferimento il diagramma di figura 2 e considerando la densità effettiva dei dati disponibili, in rapporto alla scala di lavoro (1:20.000), abbiamo ritenuto applicabile un metodo a punteggi e pesi.

La tabella 1 riassume le banche dati utilizzate per elaborare la carta. Tra queste va citata in particolare quella delle prove geognostiche. La figura 3 illustra, la densità dei punti, in parte reperiti e in gran parte realizzati ex novo dalla Provincia, a profondità di 4 e 6 metri.

Va precisato che una profondità di investigazione di 4-6 m, a chi non conosce il territorio veneziano, può sembrare eccessivamente modesta, ma nel caso specifico risulta la profondità effettivamente di interesse.

Tabella 1 – Dati e banche dati utilizzati per la realizzazione della carta della vulnerabilità

| | Parametro | Dati utilizzati | Cartografia di sintesi |
|----------|---|--|--|
| S | <i>Soggiacenza della falda</i> | Carte idrogeologiche P.R.G.; rete di monitoraggio quantitativa, misure piezometriche in condizioni di piena normale su pozzi e piezometri (alcune delle quali ripetute nel tempo), prove geognostiche, carta unità morfologiche, indagini di dettaglio su alcuni siti per progetti di cave, discariche per utilizzo agronomico di fanghi, carta delle aree a franco di bonifica insufficiente (PTP-PGBTTR) | Soggiacenza della falda |
| I | <i>Infiltrazione</i> | Dati meteo climatici; carta geolitologica | Infiltrazione efficace stimata |
| N | <i>Effetto di autodepurazione del non-saturo</i> | Prove geognostiche e profili geologici | Non saturo |
| T | <i>Tipologia della copertura</i> | Carta della permeabilità dei suoli non urbanizzati (PTP), aggiornata sulla base di nuovi dati disponibili | Tipologia della copertura (carta geolitologica) |
| A | <i>Caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero</i> | Prove geognostiche, misure piezometriche, studi idrogeologici a scala sovracomunale, delimitazione delle aree a scolo meccanico | Caratteristiche idrogeologiche dell'Acquifero |
| C | <i>Conducibilità idraulica dell'acquifero</i> | Correlazioni tra litologia e permeabilità, | Conducibilità idraulica stimata (del mezzo saturo) |
| S | <i>Acclività della superficie topografica</i> | Dati topografici | Acclività della superficie topografica |
| | <i>Vulnerabilità intrinseca degli acquiferi all'inquinamento</i> | Sovrapposizione di tutti i dati raccolti | Carta della vulnerabilità <ul style="list-style-type: none"> • Classificazione CNR-VAZAR • Classificazione Metodica Unificata (D.G.R.V. 615/96) |



La banca dati delle prove geognostiche è totalmente informatizzata tramite GIS, non solo le ubicazioni, ma anche le singole colonne stratigrafiche. Per informatizzare le colonne stratigrafiche abbiamo realizzato una codifica, riportata in tabella 2 (posta in fondo alla presente relazione), dove ad ogni tipo litologico è associato un codice numerico, dato da una combinazione di numeri correlati con la percentuale (secondo le classi previste dalle raccomandazioni A.G.I.) con cui sono presenti i vari litotipi. Il metodo si è “ispirato” al software Tangram, realizzato dall'Università di Milano, che per le diverse caratteristiche idrogeologiche del territorio veneziano non era però direttamente utilizzabile. Il vantaggio dell'informatizzazione dei litotipi tramite codici numerici è immediato, infatti permette una serie di elaborazioni semiautomatiche, da quelle relativamente semplici, come il calcolo della percentuale di materiali permeabili o impermeabili presenti nella profondità investigata, fino ad elaborazioni più complesse.

La carta della vulnerabilità è stata realizzata tramite overmapping di 7 carte tematiche (figura 5).

Per brevità non si riportano le cartografie relative a tutti i 7 livelli. A titolo di esempio (figura 4) si riporta il primo livello: la soggiacenza della falda nell'area meridionale (comuni di Cona, Cavarzere e Chioggia).

Si noti la diffusione della classe chiamata A, che corrisponde alle aree con franco di bonifica insufficiente, cioè una falda praticamente subaffiorante.

Per la fase di overmapping, tra le 5 linee di pesi che prevedeva la versione 4 di SINTACS, abbiamo usato “drenaggio”, perché l'area, posta quasi completamente sotto il livello del mare, è sottoposta ad un drenaggio artificiale. Essa naturalmente sarebbe allagata, e di fatto era allagata fino a un secolo fa circa; la circolazione idrica, più che a dei gradienti naturali, è legata al continuo pompaggio delle idrovore. E questo fa sì che ci sia un notevole arrivo di acqua (e quindi anche di eventuali inquinanti in essa contenuti) dalla falda freatica alla rete di bonifica.

A conclusione di questa esposizione porto alcune riflessioni, che sottopongo anche al prof. Civita, su alcune problematiche metodologiche che si hanno in un'area che ha delle caratteristiche idrogeologiche non molto comuni, quale quella di essere al di sotto del livello del mare e con circolazione idrica quasi totalmente artificiale perché legata alle idrovore. Si sottolinea che in letteratura, non siamo riusciti a reperire molti esempi di realizzazione di cartografie in aree con caratteristiche analoghe.

Innanzitutto una considerazione sulla metodica regionale: ad essa va riconosciuto il merito di aver finalmente posto, come base della stesura di qualsiasi carta tematica destinata alla gestione del territorio, la realizzazione di banche dati informatizzate, che permettono la realizzazione di una serie praticamente infinita di applicazioni.

Un'altra considerazione è relativa alle potenzialità che dimostra il metodo SINTACS nell'incrociare oltre ai dati idrogeologici anche quelli pedologici; sarebbe però interessante avere la possibilità di inserire dei dati che vadano oltre la semplice tessitura del suolo, tramite una matrice unica.

Un altro aspetto da sottolineare è che la vulnerabilità in queste aree dipende fortissimamente dalla distribuzione dei valori della permeabilità; noi i valori della permeabilità, come spesso succede, li abbiamo però ricavati quasi esclusivamente dai dati litologici. Per tarare adeguatamente queste cartografie bisognerebbe cominciare a raccogliere sperimentalmente i dati di permeabilità. Come è noto, questo dato non è semplice da misurare. Per ovviare a ciò ritengo che l'utilizzo diffuso della tecnica dello “slug test” potrebbe portare a buoni risultati.

Infine un'ultima notazione è relativa alla normativa veneta da cui siamo partiti per realizzare la carta della vulnerabilità. La “*Metodica unificata*” considera solo la vulnerabilità intrinseca. Probabilmente bisognerà fare un passo successivo, ovvero, alla vulnerabilità idrogeologica è necessario sovrapporre il “valore” dell'acquifero oppure il “rischio ambientale” collegato alla contaminazione di un acquifero. Infatti, per fare un esempio, il rischio legato alla contaminazione dell'acquifero non è uguale nel bacino scolante della laguna di Venezia rispetto, alle aree che ricadono al di fuori del bacino scolante stesso.

Tabella 2 – Codici utilizzati per l'informatizzazione delle stratigrafie all'interno dell'archivio informatizzato delle prove geognostiche (a cura di: Bruna Basso, Lucia Gobbo, Enrico Conchetto e Pietro Zangheri).

Legenda



Ciascun codice numerico di quattro cifre è così strutturato.

Il primo numero rappresenta il litotipo percentualmente preponderante (1=argilla; 2=limo; 3=sabbia; 4=ghiaia; 5=ciottoli).

Il secondo numero rappresenta la percentuale con cui è presente il secondo litotipo (0=50%; 1=25-50%; 2=5-25%; 3=0-5%; 4=0%)

Il terzo numero rappresenta il secondo litotipo percentualmente preponderante (1=argilla; 2=limo; 3=sabbia; 4=ghiaia; 5=ciottoli)

Il quarto numero rappresenta il terzo litotipo percentualmente preponderante (1=argilla; 2=limo; 3=sabbia; 4=ghiaia; 5=ciottoli)

| COD | Descrizione | COD | descrizione | COD | descrizione |
|------------|--------------------------|------------|-------------------------|------------|----------------------------|
| 1023 | argilla limoso sabbiosa | 2013 | limo argilloso sabbioso | 3012 | sabbia argillosa limosa |
| 1026 | argilla limosa torbosa | 2014 | limo argilloso ghiaioso | 3016 | sabbia argillosa torbosa |
| 1032 | argilla sabbioso limosa | 2016 | limo argilloso torboso | 3021 | sabbia limoso argillosa |
| 1036 | argilla sabbiosa torbosa | 2031 | limo sabbioso argilloso | 3026 | sabbia limoso torbosa |
| 1063 | argilla torbosa sabbiosa | 2034 | limo sabbioso ghiaioso | 3061 | sabbia torboso argillosa |
| 1062 | argilla torboso limosa | 2036 | limo sabbioso torboso | 3062 | sabbia torboso limosa |
| 1020 | argilla e limo | 2061 | limo torboso argilloso | 3024 | sabbia limoso ghiaiosa |
| 1030 | argilla e sabbia | 2063 | limo torboso sabbioso | 3042 | sabbia ghiaioso limosa |
| 1060 | argilla e torba | 2010 | limo e argilla | 3010 | sabbia e argilla |
| 1120 | argilla con limo | 2030 | limo e sabbia | 3020 | sabbia e limo |
| 1130 | argilla con sabbia | 2060 | limo e torba | 3040 | sabbia e ghiaia |
| 1160 | argilla con torba | 2110 | limo con argilla | 3060 | sabbia e torba |
| 1140 | argilla con ghiaia | 2130 | limo con sabbia | 3110 | sabbia con argilla |
| 1220 | argilla limosa | 2160 | limo con torba | 3120 | sabbia con limo |
| 1230 | argilla sabbiosa | 2210 | limo argilloso | 3140 | sabbia con ghiaia |
| 1260 | argilla torbosa | 2230 | limo sabbioso | 3150 | sabbia con ciottoli |
| 1320 | argilla deb. limosa | 2260 | limo torboso | 3160 | sabbia con torba |
| 1330 | argilla deb. sabbiosa | 2310 | limo deb. argilloso | 3210 | sabbia argillosa |
| 1360 | argilla deb. torbosa | 2330 | limo deb. sabbioso | 3220 | sabbia limosa |
| 1410 | argilla | 2360 | limo deb. torboso | 3260 | sabbia torbosa |
| 1150 | argilla con ciottoli | 2420 | limo | 3240 | sabbia ghiaiosa |
| | | | | 3310 | sabbia deb. argillosa |
| | | | | 3320 | sabbia deb. limosa |
| | | | | 3340 | sabbia deb. ghiaiosa |
| | | | | 3360 | sabbia deb. torbosa |
| | | | | 3400 | sabbia fine (*) |
| | | | | 3430 | sabbia |
| | | | | 3045 | sabbia ghiaiosa ciottolosa |



| COD | descrizione | COD | descrizione |
|------|------------------------------|------|--|
| 4023 | ghiaia limoso sabbiosa | 1 | nessun simbolo |
| 4032 | ghiaia sabbioso limoso | | |
| 4021 | ghiaia limosa argillosa | | |
| 4053 | ghiaia ciottolosa sabbiosa | | |
| 4035 | ghiaia sabbiosa ciottolosa | | |
| 4030 | ghiaia e sabbia | | |
| 4010 | ghiaia e argilla | | |
| 4020 | ghiaia e limo | 6 | torba** |
| 4050 | ghiaia e ciottoli | 7 | terreno vegetale, humus*** |
| 4110 | ghiaia con argilla | 8 | terreno agrario*** |
| 4130 | ghiaia con sabbia | 9 | terreno di riporto*** |
| 4120 | ghiaia con limo | 10 | composizione media: A L S (30%+30%+30%) |
| 4150 | ghiaia con ciottoli | 11 | composizione media: Ghiaia S e L (30%+30%+30%) |
| 4230 | ghiaia sabbiosa | 12 | argilla sovraconsolidata |
| 4220 | ghiaia limosa | 13 | sabbia lievemente cementata |
| 4210 | ghiaia argillosa | 14 | calcare AGI |
| 4250 | ghiaia ciottolosa | 15 | argillite |
| 4330 | ghiaia deb. sabbiosa | 16 | arenaria |
| 4320 | ghiaia deb. limosa | 18 | marna |
| 4310 | ghiaia deb. argillosa | | |
| 4440 | ghiaia | 22 | cemento, asfalto, interventi antropici |
| 5040 | ciottoli e ghiaia | | |
| 5030 | ciottoli e sabbia | | |
| 5140 | ciottoli con ghiaia | 1900 | "caranto" |
| 5130 | ciottoli con sabbia | | |
| 5200 | ciottoli con ghiaia e sabbia | 3900 | conglomerato |
| 5450 | ciottoli | | |

Figura 1 – Percorso logico previsto dalla “Metodica Unificata” per la redazione della “Cartografia relativa all’attitudine dei suoli allo spargimento dei liquami zootecnici” (All. D, art. 3 del Piano Regionale di Risanamento delle Acque).



Metodica unificata (D.G.R.V. 615/96) - Percorso logico

- 1. Censimento e definizione del carico zootecnico per la realizzazione della carta relativa ai carichi di azoto per comune, che ha come scopo l'identificazione delle aree prioritarie da studiare.*
- 2. Individuazione di unità geomorfologiche.*
- 3. Suddivisione del territorio in ambiti omogenei per tipo di suolo.*
- 4. Stesura della carta di orientamento pedologico allo spargimento dei liquami zootecnici.*
- 5. Definizione della vulnerabilità intrinseca dei corpi idrici sotterranei.*
- 6. Incrocio dei risultati delle due classificazioni (pedologica ed idrogeologica) e stesura della carta dell'attitudine dei suoli allo spargimento dei liquami zootecnici.*

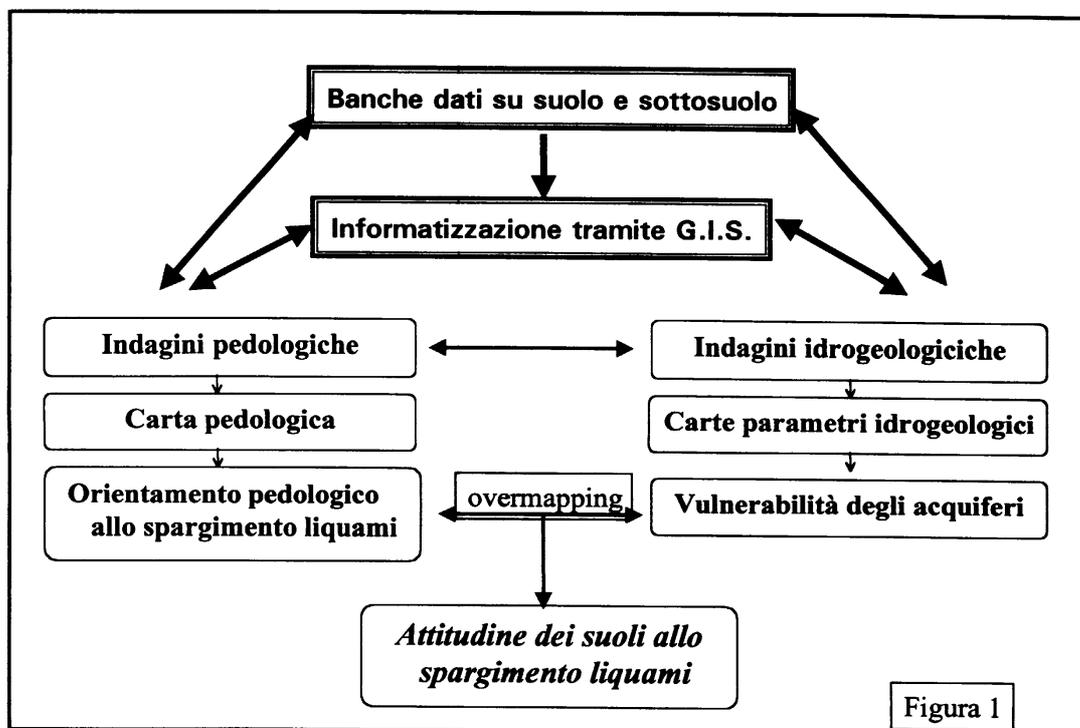


Figura 1

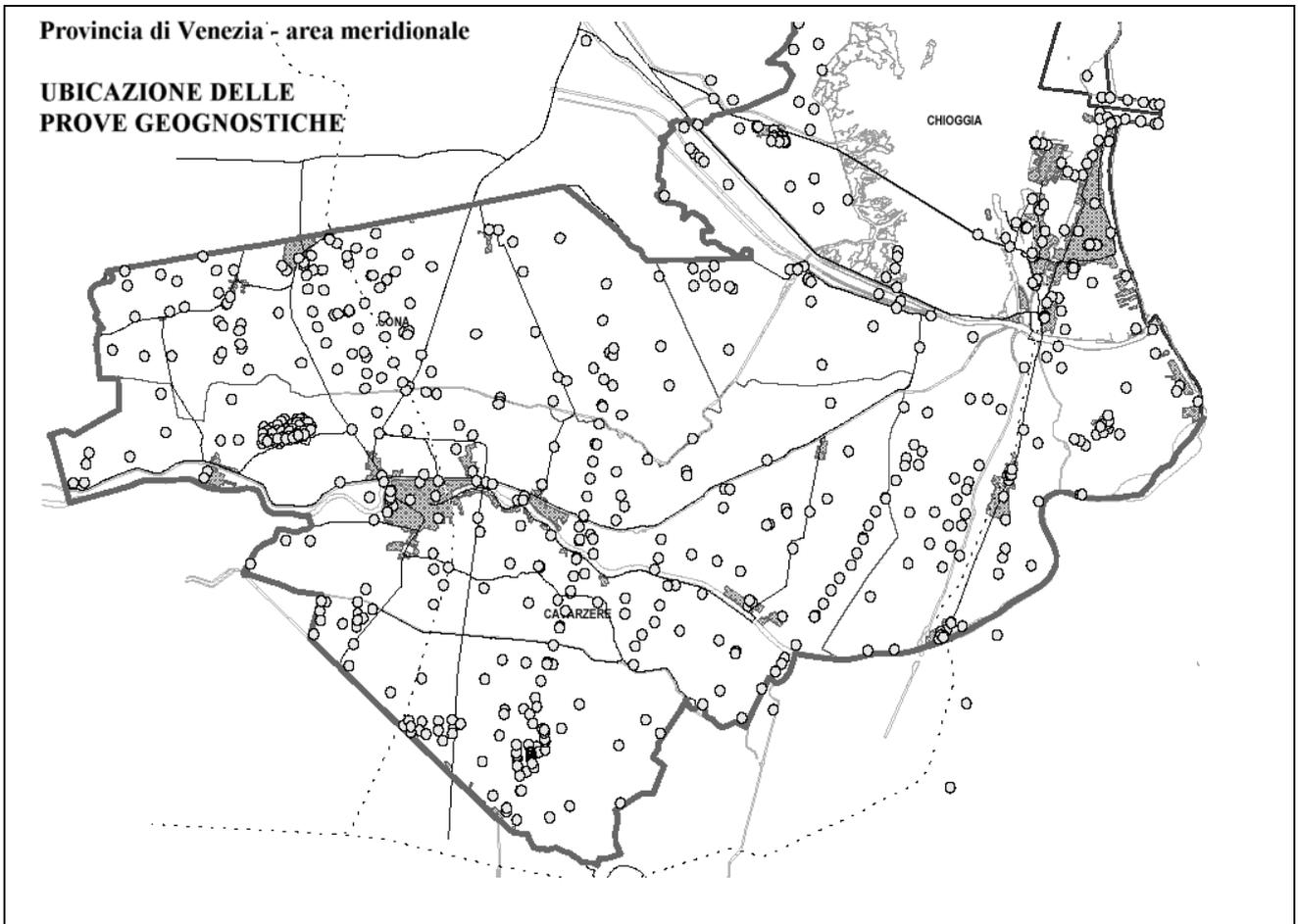


Fig. 2 - Interrelazioni tra il denominatore di scala delle Carte di Vulnerabilità, la densità dei punti di rilevamento ed il numero di dati/parametri di base disponibili per ciascun punto di rilevamento, per la scelta del metodo di valutazione e di cartografia degli acquiferi. (da Civita, 1994 - Le carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento: Teoria e pratica. Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi, 7, Pitagora Ed., Bologna).

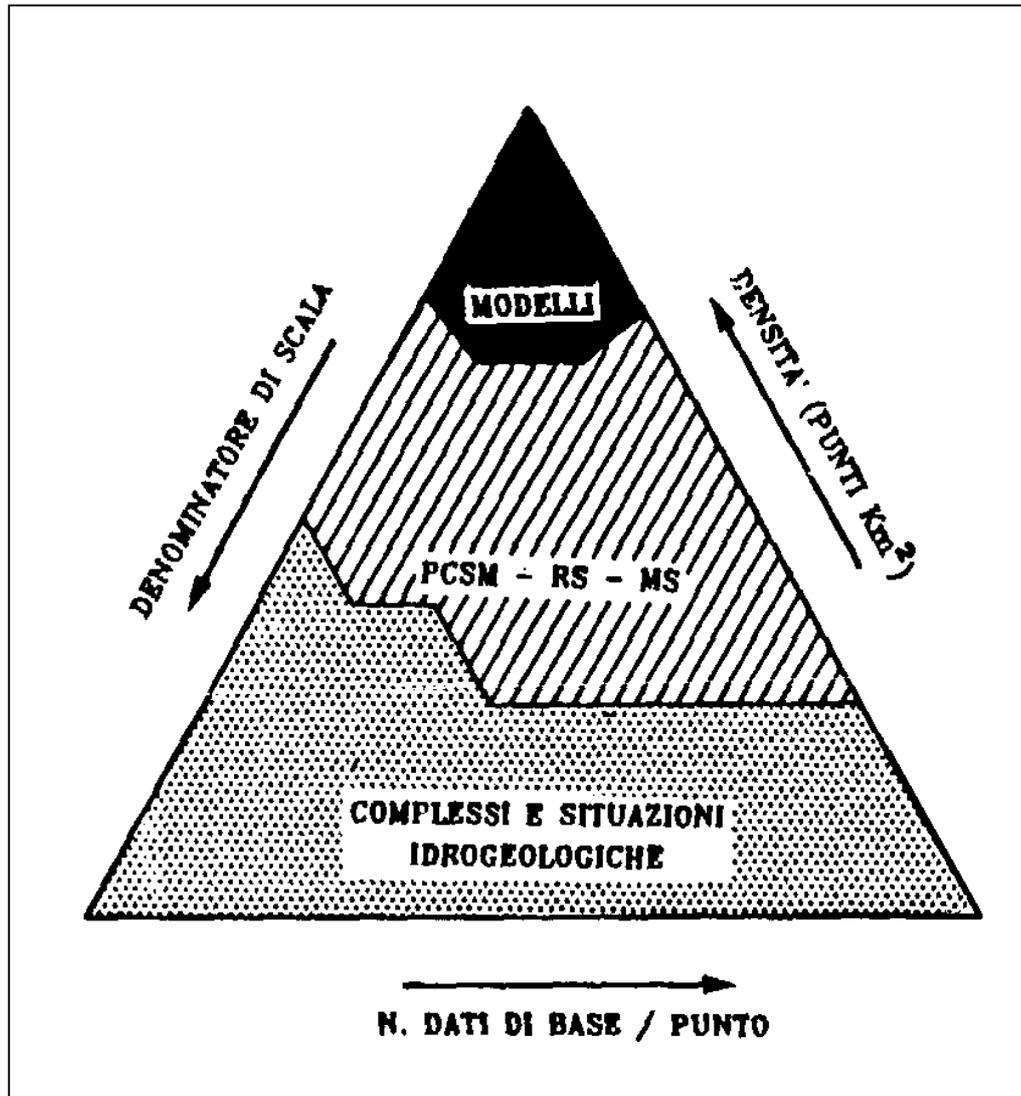


Fig. 3 – Ubicazione delle prove geognostiche, disponibili nell'archivio informatizzato provinciale, per l'area meridionale (comuni di Cona, Cavarzere e Chioggia).

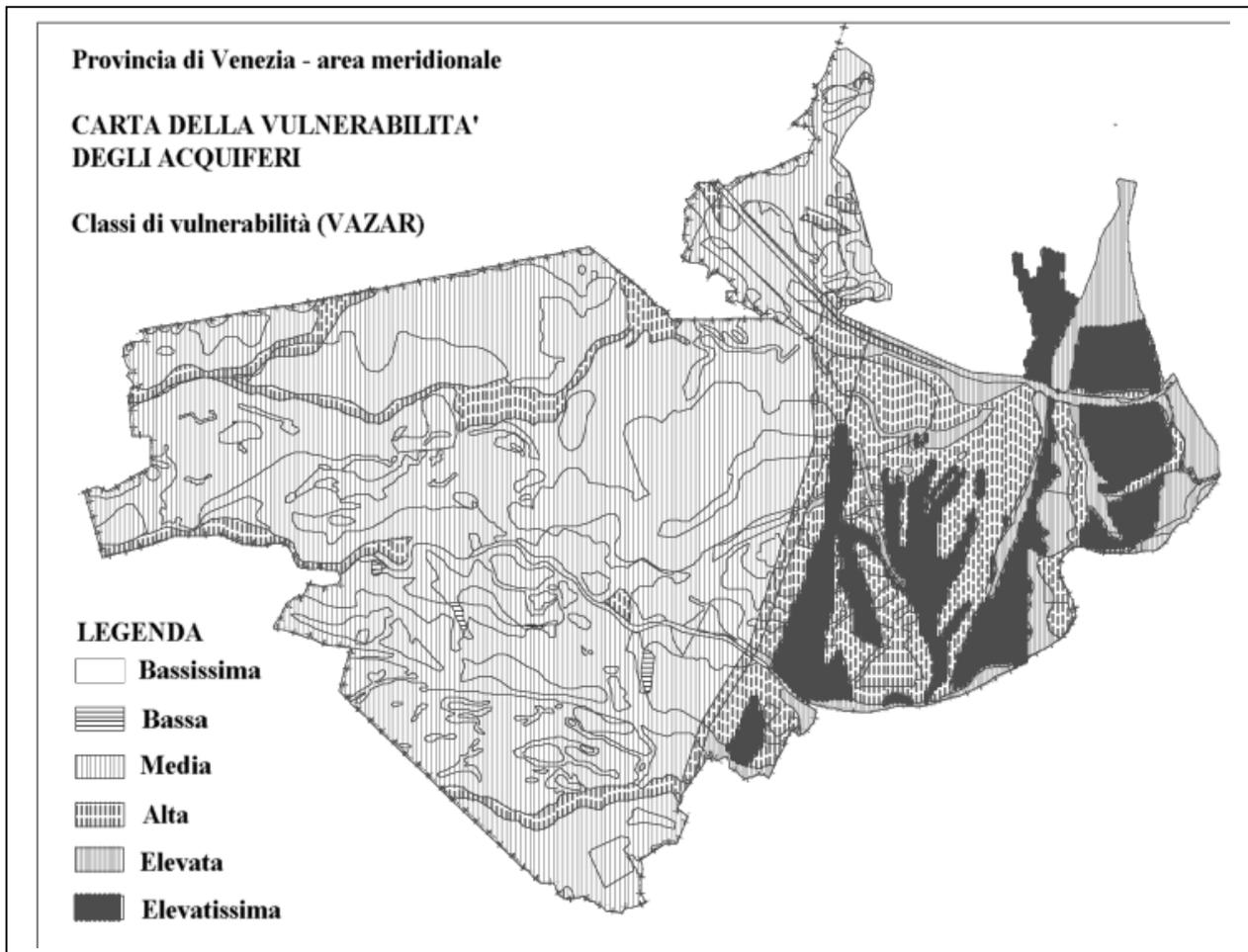


Fig. 4 - Carta della soggiacenza della falda dell'area meridionale della Provincia di Venezia (comuni di Cona, Cavarzere e Chioggia)

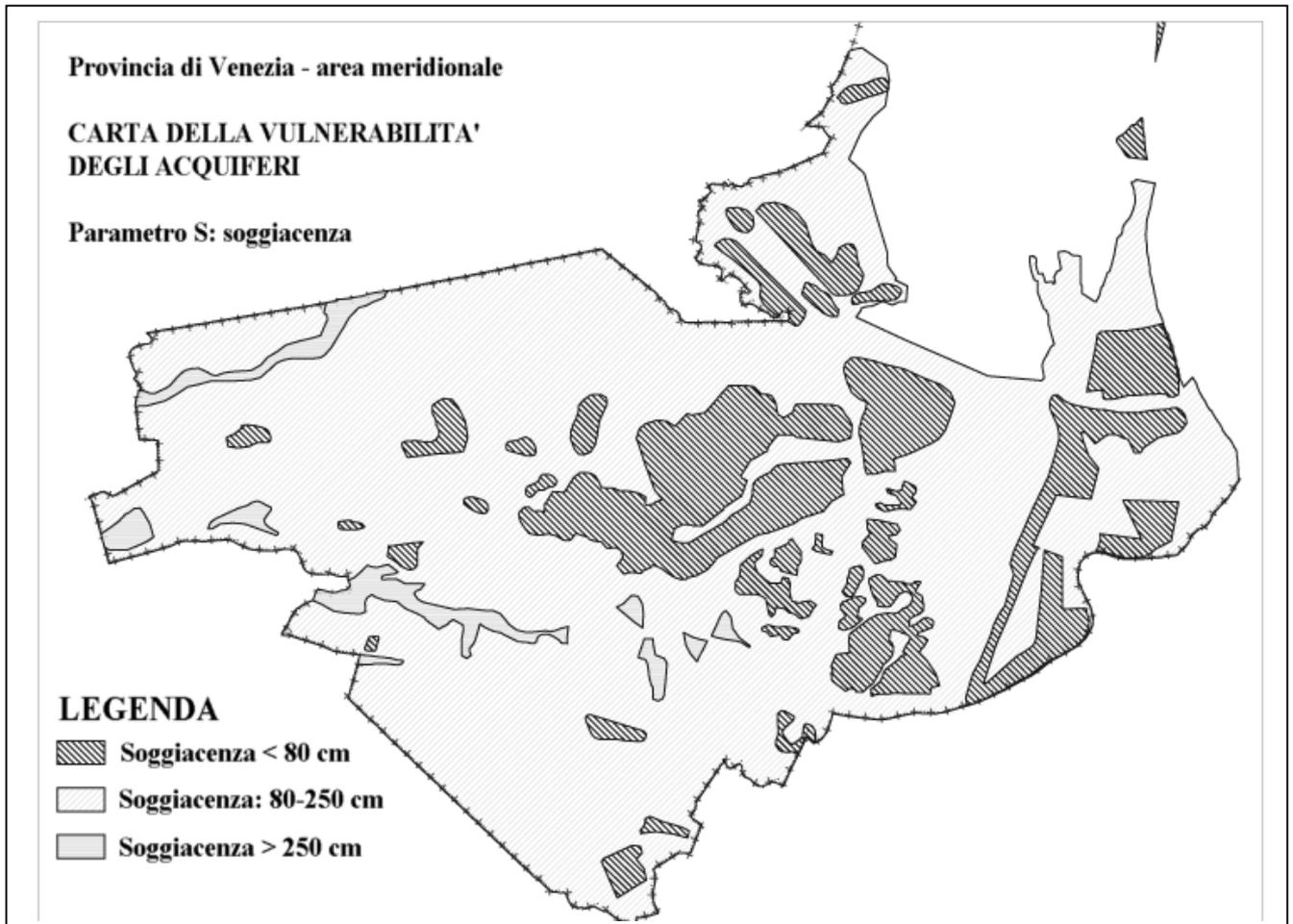


Fig. 5 - Carta della vulnerabilità degli acquiferi dell'area meridionale della provincia di Venezia (comuni di Cona Cavarzere e Chioggia).



Massimo CIVITA

Ringrazio il dottor Zangheri, al quale vorrei poter dare tutte le risposte alle domande che lui propone, ci vorrebbe un po' di tempo, molti dei problemi che lui ha posto sono già affrontati compiutamente nella edizione 5 di Sintacs, in particolare l'approccio pedologico, quindi vorrei soltanto dire che le ultime cose che lui ha detto, giustamente, puntando sul valore degli acquiferi, rientrano nella valutazione del rischio, cosa che noi stiamo già facendo a livello sperimentale globale, ci sono già dei lavori già fatti, chiaramente il valore è uno dei parametri che ci permette di apprezzare il rischio d'inquinamento, ma senza la vulnerabilità questo lavoro non si può fare.

VULNERABILITÀ NATURALE E CRITICITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE DELLA PIANURA PADANA E VENETO FRIULANA

[Mattia De Amicis](#)

Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio, Università degli Studi di Milano - Bicocca

Nell'ambito di un progetto di ricerca congiunto tra IRSA (Istituto di Ricerca Sulle Acque del CNR) e SGN (Servizio Geologico Nazionale), in collaborazione con il Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio, si sono realizzate una serie di cartografie sperimentali sugli aspetti connessi alla valutazione della suscettività alla contaminazione e del rischio di degrado qualitativo delle acque sotterranee della pianura Padana e Veneto Friulana (fig. 1).

Una parte delle cartografie prodotte sono state pubblicate *MEMORIE DESCRITTIVE DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, VOL LVI, DEL SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE*.

Scopo della ricerca era costituire una banca dati relazionale e georeferenziata del sistema idrogeologico padano, veneto e friulano al fine di pervenire ad una rappresentazione sintetica e dinamica che potesse anche rappresentare un quadro conoscitivo di riferimento per gli operatori istituzionali. Per tali ragioni sono state prodotte una serie di cartografie riguardanti la vulnerabilità degli acquiferi, le pressioni antropiche gravanti sul territorio, che sono ipotizzate essere correlabili direttamente con il livello di pericolo incombente sullo stesso, ed infine la criticità delle acque sotterranee valutata dall'incrocio dei due livelli informativi precedenti.

Inizialmente, dopo la realizzazione del modello concettuale del sistema idrogeologico dell'areale di studio, si sono raccolti tutti i dati già disponibili presso enti pubblici e di ricerca e sono così state prodotte delle cartografie di base quali la carta Idrogeologica e quella dell'Infiltrabilità, derivata dalla riclassificazione dei depositi tessiturali in base all'applicazione di un abaco che si basa sull'asserzione che esiste una correlabilità diretta tra la tessitura dei depositi e la capacità dell'acqua di trasferirsi verticalmente verso la falda.

Successivamente si è passati alla realizzazione della carta della vulnerabilità degli acquiferi mediante l'applicazione di tre metodi differenti; due sono noti sistemi parametrici, Drastic (fig. 2) e Sintacs mentre la terza è una modificazione a scala regionale del metodo di zonizzazione per aree omogenee proposto dal CNR GNDICI.

A seconda della metodologia utilizzata, i differenti strati informativi sono stati sovrapposti o incrociati al fine di realizzare la carta della vulnerabilità.

È opportuno sottolineare che la vulnerabilità valutata con i metodi parametrici è stata riferita ad un unico modello concettuale di acquifero, che rappresenta lo schema procedurale per la elaborazione dei dati; la realtà invece si presenta con una notevole varietà di tipologie e situazioni idrogeologiche, quali ad esempio le



zone pedealpine e pedeappenniniche, non sempre completamente leggibili attraverso il modello prescelto. La metodologia di zonazione del GNDCI consente invece di adeguare, di volta in volta, la valutazione alle specifiche situazioni idrogeologiche considerate. Inoltre date le caratteristiche intrinseche dei differenti metodi, le valutazioni della vulnerabilità non sempre sono completamente comparabili tra loro. In particolare i sistemi parametrici si riferiscono essenzialmente agli acquiferi con falda libera o semi confinata, mentre la metodologia proposta dal GNDCI consente di considerare l'acquifero principale, cioè quello utilizzato, che può presentarsi libero, semiconfinato o confinato a seconda delle diverse condizioni idrogeologiche del sottosuolo della pianura. L'applicazione di diverse metodologie per la valutazione della vulnerabilità, utilizzando gli stessi dati di base, ha messo in evidenza che i risultati, dove il modello concettuale di acquifero utilizzato è lo stesso, sono molto simili e che comunque i rapporti reciproci tra le aree ad alto grado di vulnerabilità e quelle a basso grado di vulnerabilità rimangono pressochè invariati. Da ciò deriva che l'elemento discriminante risulta essere il dato di base utilizzato più che la metodologia adottata.

Per la valutazione delle pressioni antropiche gravanti sull'area di studio si è fatto ricorso ai dati raccolti con cadenza decennale dall'Istat nell'ambito delle attività censuarie. Tali dati non hanno una specifica valenza territoriale ma anzi presentano come livello massimo di disaggregazione, l'entità comunale. La combinazione dei dati di base ha portato alla creazione di alcuni indici di pressione che opportunamente aggregati e classificati ha portato alla produzione di cartografie specifiche (carta dell'indice di pressione del comparto urbano industriale, carta dell'indice di pressione del comparto agrozootecnico, carta del carico inquinante potenziale di azoto, ecc.).

La stima del potenziale di criticità relativa alle diverse manifestazioni di pressione è stata effettuata combinando in un indice gli effetti dovuti rispettivamente alla vulnerabilità dell'acquifero ed alle azioni antropiche (urbano-industriale, agrozootecnico, carico di azoto). Data la natura differente delle due mappature, una, la vulnerabilità, avente una continuità territoriale, mentre l'altra, le pressioni antropiche, riferita all'unità amministrativa comunale, si è proceduto ad uniformare i dati al minor livello di dettaglio. Pertanto alle cartografie di vulnerabilità, realizzate secondo l'assetto strutturale del sottosuolo è stato sovrapposto l'assetto delle entità comunali (fig. 3).

Il valore univoco della vulnerabilità per ognuno dei comuni ricadenti nell'area di studio è rappresentato dalla media pesata delle varie classi di vulnerabilità presenti nel territorio comunale (fig. 4).

Una volta effettuato questo processo di uniformazione dei dati, si è calcolato l'indice di criticità attraverso il prodotto, per ciascun comune, della classe della vulnerabilità con la classe di pressione di comparto (fig. 5) assumendo che gli effetti del fattore predisponente e di quello causativo si attuino mediante un meccanismo di tipo moltiplicativo piuttosto che sommatorio.

La carta di vulnerabilità costruita secondo il Drastic è stata incrociata con la mappatura relativa alla pressione del comparto urbano-industriale (fig. 6), in quanto si è ritenuto che tale operazione sia più idonea ad evidenziare problematiche genericamente relative alle fonti di contaminazione a carattere concentrato; come risultato finale si è ottenuto una mappatura dell'indice della criticità urbano-industriale.

La carta costruita con il metodo Sintacs è stata incrociata con le mappature della pressione del comparto agrozootecnico e del carico inquinante potenziale di azoto, in quanto tale procedura ben rappresenta le problematiche connesse a fenomeni di contaminazione a carattere diffuso ed estensivo; si sono ottenute così la carta dell'indice della criticità agrozootecnica e quella della criticità del carico di azoto.



La creazione di una banca dati sulla pianura Padana e Veneto Friulana ha permesso di poter effettuare delle applicazioni metodologiche a carattere interdisciplinare che hanno prodotto una serie di cartografie tipicamente di carattere pianificatorio. Inoltre si è anche messo in evidenza come una raccolta dati sistematica ed omogenea, sia per quanto riguarda i dati storici, sia mediante un adeguato monitoraggio, consenta di valutare le variazioni spazio temporali degli stessi e di eseguire delle elaborazioni non solo con parametri statici ma anche dinamici, elaborazioni richieste dal recente D.L 152. Oltre a ciò, una raccolta dati sistematica a livello regionale può consentire di passare dall'applicazione di modelli multicriteriali a modelli numerici che, per un loro corretto utilizzo richiedono una notevole e dettagliata quantità di dati.

Bibliografia

ALLER L., BENNETT T., LEHR J. H. & PETTY R. J. (1985) - *DRASTIC: a standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeological settings*, U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC, 1985.

BONDESAN A., CAVALLIN A., GIULIANO G. & MARI G. M., collaborazioni di DE AMICIS M. e FLORIS B. (1994) - *La carta dell'infiltrabilità regionale della pianura padana e veneto friulana*. Quaderni di Geologia Applicata, II, 1994, Pitagora Editore.

CAVALLIN A., CICIONI GB, GIULIANO G. (1994) *Pressioni antropiche potenziali sulle acque sotterranee nelle aree di pianura*. "Quad. Geologia Applicata", 2, p. 30-56, Pitagora Ed., Bologna.

CAVALLIN A., CICIONI GB., FLORIS B., GIULIANO G. (1995) *Valutazione della pressione antropica e del carico potenziale sulle acque sotterranee della pianura padana: aspetti metodologici e realizzativi*. Atti del convegno "Assetto fisico e problemi ambientali delle pianure italiane" Roma, 3 giugno 1993, Memorie Soc. Geografica It. p. 73-116.

CAVALLIN A., DE AMICIS M., GIULIANO G & MARI G.M. (1996) - *Le cartografie tematiche sugli aspetti della vulnerabilità naturale*. Quaderni Istituto di Ricerca sulle Acque, 99, Atti della Giornata di Studio "Cartografia della vulnerabilità degli acquiferi: dagli aspetti conoscitivi all'applicazione normativa" - Milano 16 Gennaio 1996, Roma.

CAVALLIN A., DE AMICIS M., GIULIANO G. & MARI G.M. (1996) - *Cartografie tematiche sugli aspetti della vulnerabilità naturale*. Quaderni Istituto di Ricerca sulle Acque, 99, p. 17-37, Atti della Giornata di Studio "Cartografia della vulnerabilità degli acquiferi: dagli aspetti conoscitivi all'applicazione normativa" - Milano, 16 Gennaio 1996, Roma.

CAVALLIN A., GIULIANO G., DE AMICIS M. & FLORIS B. (1995) - *Valutazione Regionale della Vulnerabilità degli acquiferi: applicazione alla pianura padana e veneto friulana*. Idrotecnica, I, gennaio-febbraio.

CICIONI G.B. & GIULIANO G. (1990) - *Una indagine sui casi di inquinamento delle acque sotterranee in Italia. Primi risultati*. Atti 1° Convegno Nazionale "Protezione e Gestione delle Acque Sotterranee: Metodologie, Tecnologie e Obiettivi", Marano sul Panaro, Modena. p. 323-339.

CIVITA M. (1994) - *Le carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento: Teoria & Pratica*. Pitagora Editrice, Bologna.



DE AMICIS M. & CICONI GB. (1996) - *I sistemi informatici, le basi dati e le elaborazioni*. Quaderni Istituto di Ricerca sulle Acque, 99, Atti della Giornata di Studio “Cartografia della vulnerabilità degli acquiferi: dagli aspetti conoscitivi all’applicazione normativa” - Milano 16 Gennaio 1996, Roma.

G. GIULIANO, GB. CICONI, M. DE AMICIS, CAVALLIN A., 1999– *La criticità della qualità delle acque sotterranee. Sperimentazione di valutazione a scala sinottica in un grande sistema idrogeologico*. Ingegnerie e Geologia degli Acquiferi (IGEA), n.13 – 1999, pp.5-17.

GIULIANO G (1996) - *Finalità e contenuti della ricerca sulla vulnerabilità e rischio di inquinamento del sistema acquifero padano e veneto friulano*. Quaderni Istituto di Ricerca sulle Acque, 99, Atti della Giornata di Studio “Cartografia della vulnerabilità degli acquiferi: dagli aspetti conoscitivi all’applicazione normativa” - Milano 16 Gennaio 1996, Roma.

GIULIANO G., CARONE G., CICONI GB., CORAZZA A. (1998) - *Inquinamento delle acque sotterranee destinate ad uso potabile: un indagine conoscitiva*. L'Acqua, n. 5, 1998.

GIULIANO G., DE AMICIS M. & CAVALLIN A. (1997) - *Vulnerabilità intrinseca degli acquiferi: confronto di metodologie di mappatura applicate ad un grande sistema idrogeologico*. Quaderni di Geologia Applicata, 4, p. 133-148, 1 - 1997. Pitagora Editore.

GIULIANO G., GM. MARI, A. CAVALLIN, M. DE AMICIS, 1998 - *Ricerca Sulla Vulnerabilità Naturalee e sul Rischio di Inquinamento delle Acque Sotterranee nella Pianura Padana e Veneto Friulana: Carta della infiltrabilità regionale, Carta idrogeologica regionale, Carta della vulnerabilità regionale (scala 1:500.000)*. Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia. Servizio Geologico Nazionale, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, Volume LVI, pp. 5- 102.

GIULIANO G., MARI G.M., CAVALLIN A. (1992) - *Research on groundwater vulnerability and pollution risk in the Po-Veneto- Friuli basin. Preliminary findings*. Servizio Geologico Nazionale, Miscellanea IV, p. 113-126, Roma.

IRSA (1996) - *Atti della Giornata di Studio “Cartografia della vulnerabilità degli acquiferi: dagli aspetti conoscitivi all’applicazione normativa”*. Quaderni Istituto di Ricerca sulle Acque, 99, Roma

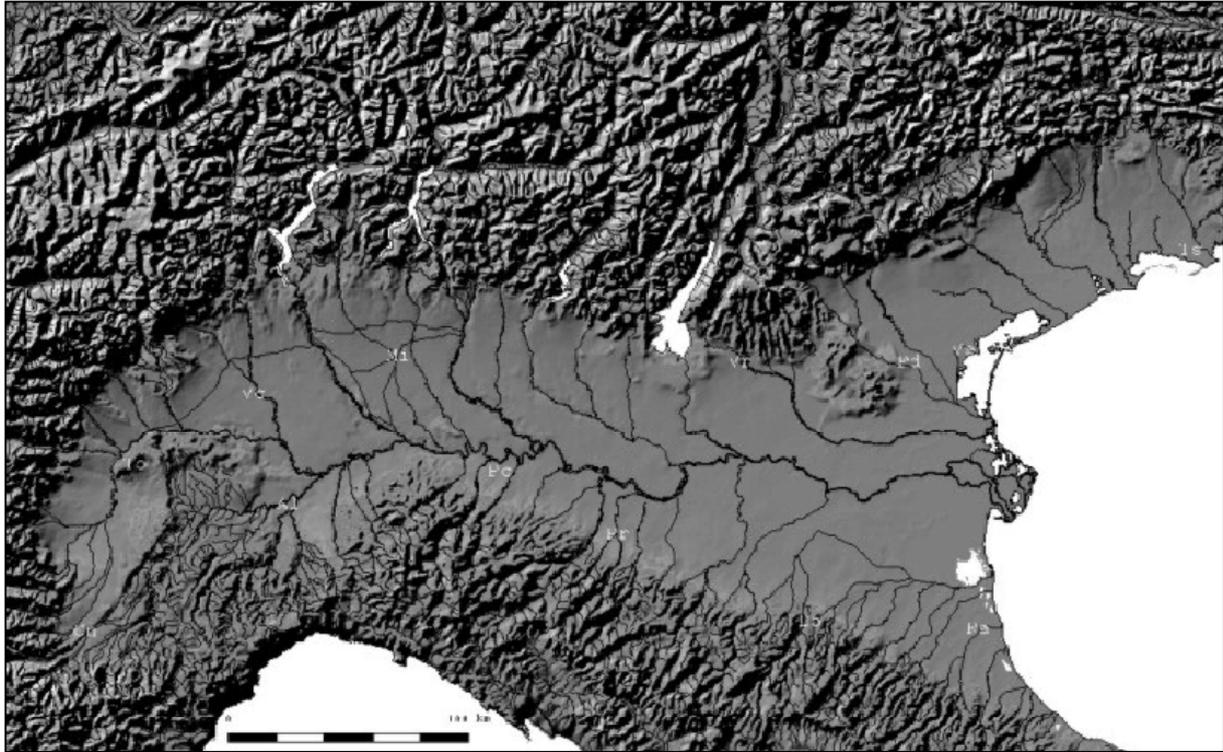


Fig. 1 - Area di studio.

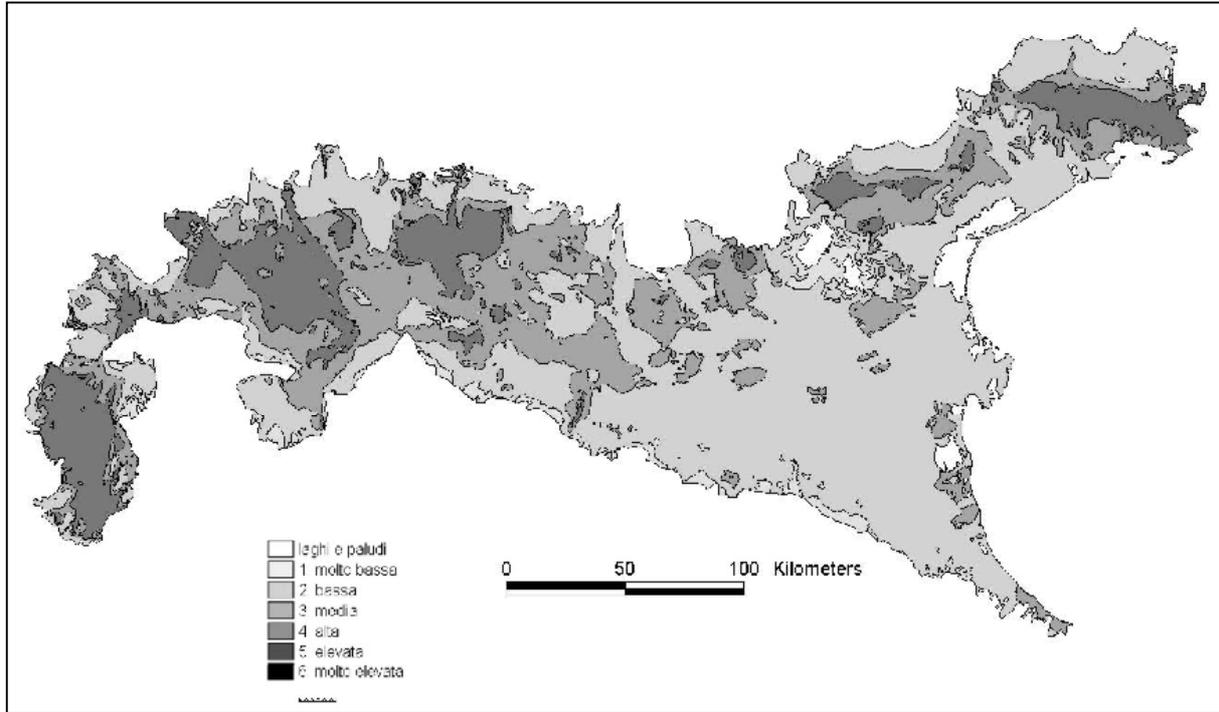


Fig. 2 - Carta della vulnerabilità degli acquiferi della pianura padana e veneto-friulana stimata con il metodo Drastic . Legenda delle classi: 1-molto bassa, 2-bassa, 3-media, 4-alta, 5-elevata, 6-molto elevata.

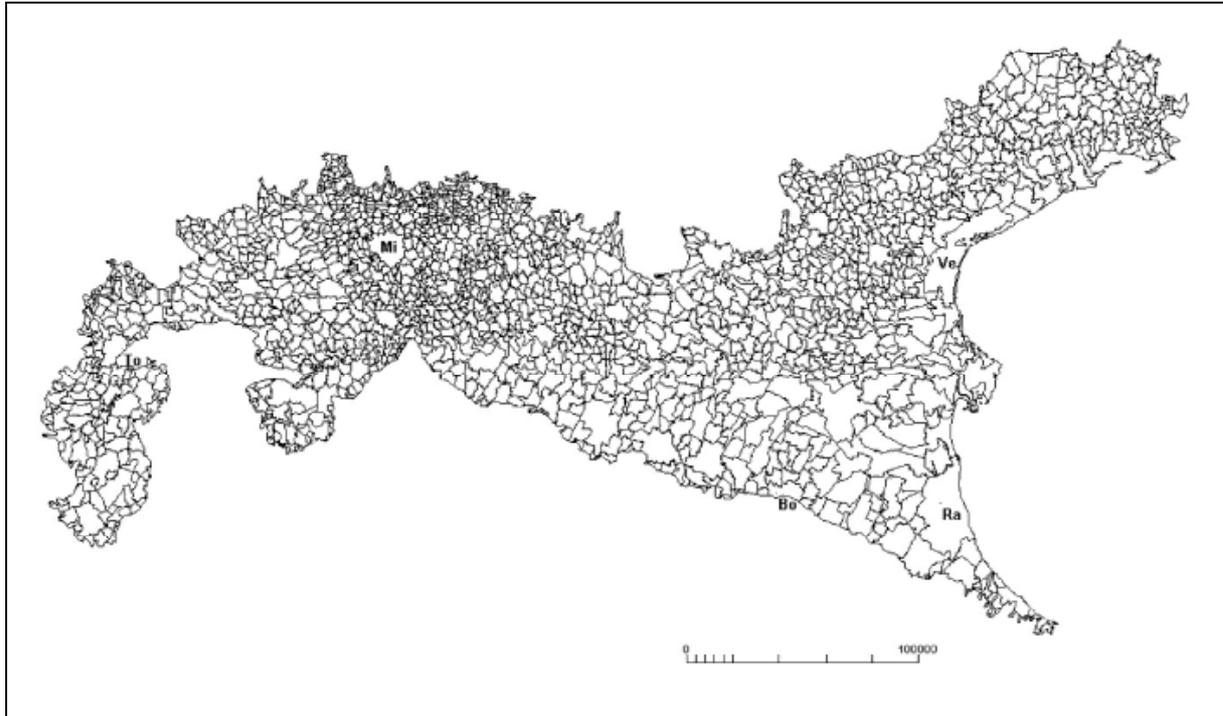


Fig. 3 - Distribuzione geografica dei comuni presenti nell'area studiata.

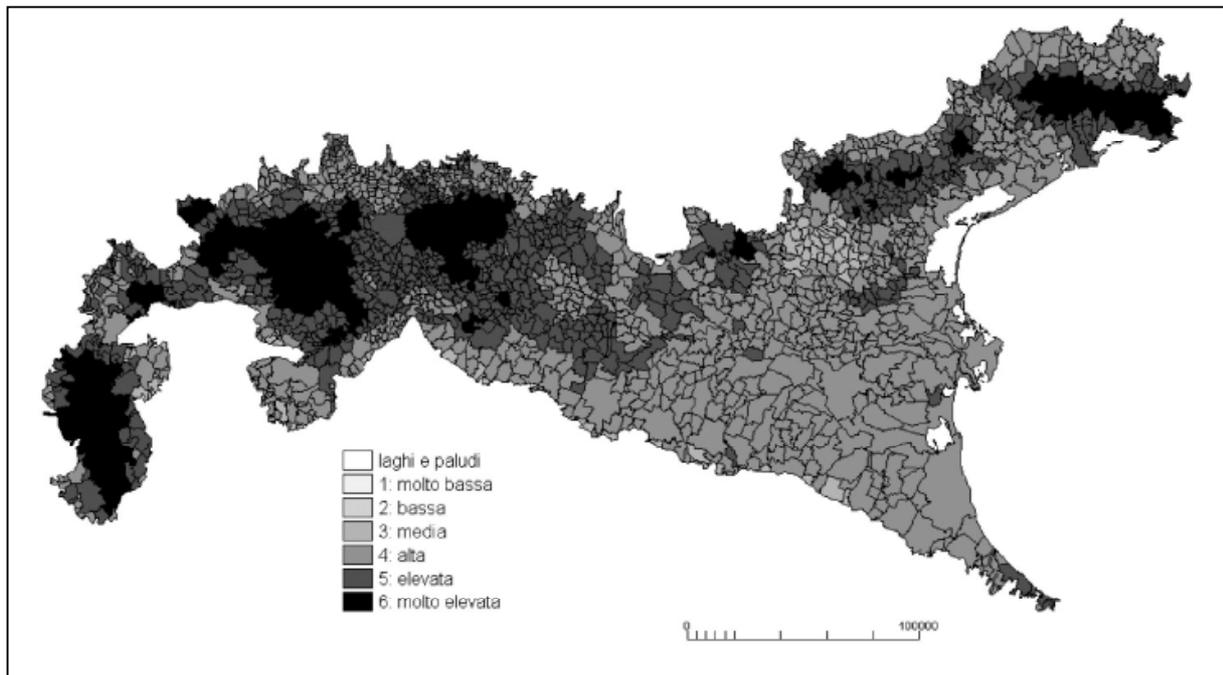


Fig. 4 - Carta della vulnerabilità a scala comunale della pianura padana e veneto-friulana stimata con il metodo Drastic. Legenda delle classi: 1-molto bassa, 2-bassa, 3-media, 4-alta, 5-elevata, 6-molto elevata

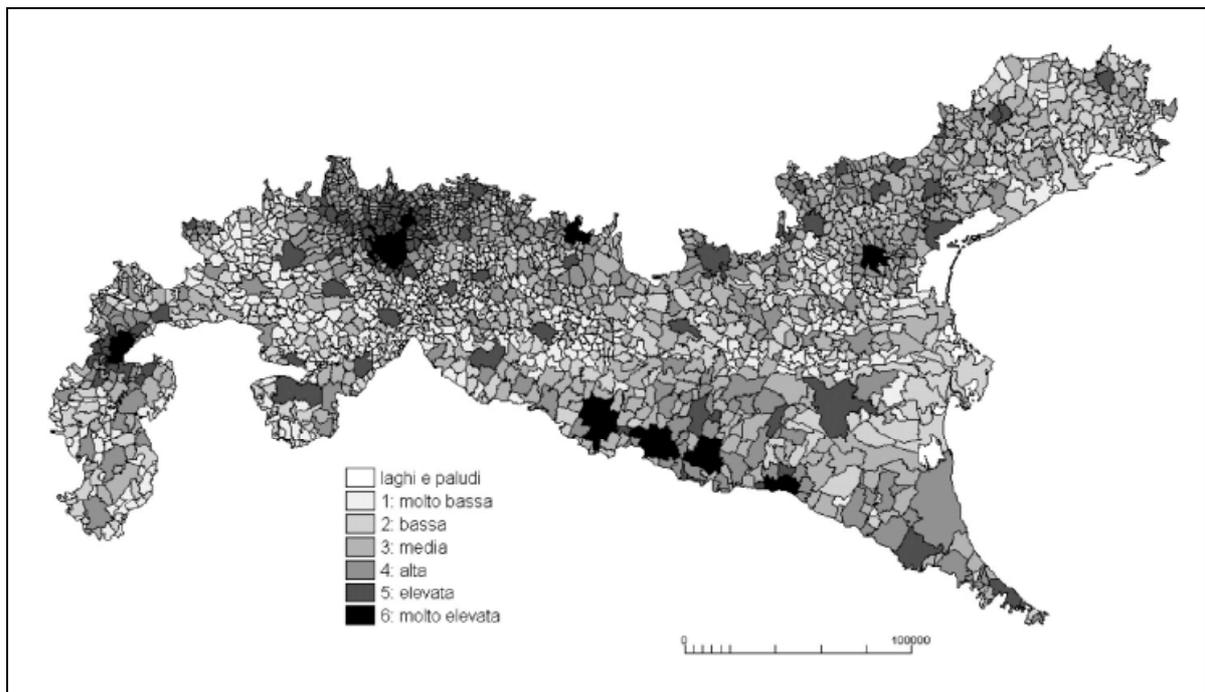


Fig. 5 - Carta della distribuzione geografica delle classi dell'indice di pressione del comparto urbano-industriale. Legenda delle classi: 1-molto bassa, 2-bassa, 3-media, 4-alta, 5- elevata, 6- molto elevata

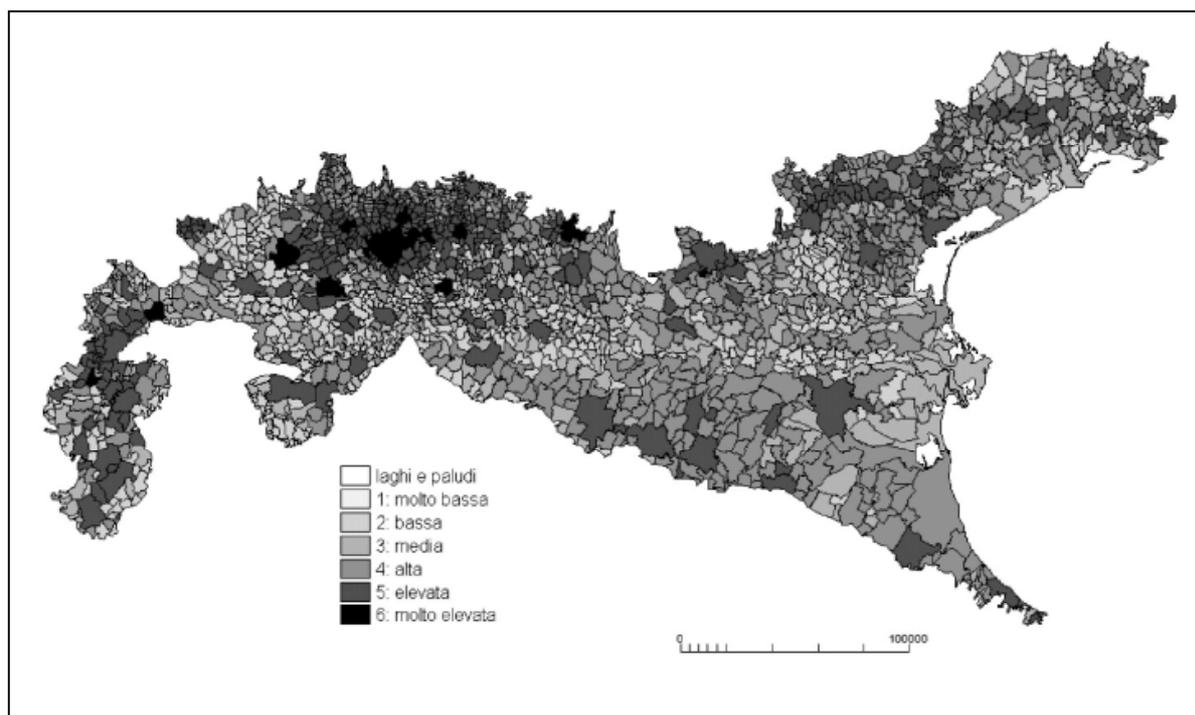


Fig. 6 - Carta dell'indice di criticità urbano industriale. Legenda delle classi: 1-molto bassa, 2-bassa, 3-media, 4-alta, 5-elevata, 6-molto elevata



STATO DI ATTUAZIONE NEL VENETO DELLA CARTA DI ATTITUDINE DEI SUOLI ALLO SPARGIMENTO DI LIQUAMI ZOOTECCNICI (DGRV N. 615/96)

Paolo Giandon, Luciano Fantinato,
Adriano Garlato,
Antonio Pegoraro, Francesca Ragazzi, Ialina Vinci
Centro Agroambientale Arpav di Castelfranco Veneto (TV)

1. La normativa regionale relativa alla cartografia di attitudine dei suoli allo spargimento di liquami zootecnici

La prima legge nazionale relativa alla tutela delle acque (L. 319/76) ha regolamentato l'utilizzo di liquami zootecnici sul suolo quale tecnica agronomica che necessita di essere opportunamente gestita per evitare di apportare elementi nutritivi in eccesso che potrebbero raggiungere le acque sotterranee a seguito di fenomeni di percolazione. Tale norma prevedeva esclusivamente dei carichi di bestiame per unità di superficie quale parametro di sostenibilità, trascurando di fatto la diversa capacità dei suoli a contrastare i processi di diffusione dei nutrienti in soluzione e in sospensione.

Con il Piano Regionale di Risanamento delle Acque, Allegato D, (deliberazione n. 3733 del 26.06.1992), la Giunta Regionale del Veneto ha sancito all'art. 3 il principio di relazione tra quantitativi di liquame zootecnico utilizzabili sul suolo agrario e caratteristiche dei suoli. Infatti ha dato mandato alle Province di realizzare la cartografia di attitudine dei suoli allo spargimento di liquami zootecnici secondo una metodologia univoca valida per tutto il territorio regionale.

Tale metodologia è stata definita con deliberazione n. 615 del 21.02.1996 e contiene i criteri per la redazione della cartografia di attitudine dei suoli allo spargimento di liquami zootecnici, derivante dall'incrocio dei risultati di due classificazioni a contenuto pedologico ed idrogeologico.

Tale approccio è stato sicuramente precursore di quello che emerge dal D. Lgs. 152/99 che prevede l'obbligo per le regioni di individuare le zone vulnerabili da nitrati di origine zootecnica utilizzando dei criteri molto simili a quelli a suo tempo definiti dalla Regione Veneto.

La logica evoluzione della situazione dovrebbe portare a positive sinergie fra i due approcci fino alla definizione di una sola cartografia che tenga in considerazione le problematiche legate all'utilizzo in agricoltura dei reflui zootecnici in particolare per l'aspetto di vulnerabilità da nitrati.

2. La metodologia per definire l'attitudine dei suoli allo spargimento di liquami zootecnici

La realizzazione della carta di attitudine dei suoli allo spargimento di liquami zootecnici prevede l'esecuzione delle seguenti attività:

1. realizzazione del censimento degli allevamenti zootecnici allo scopo di definire le priorità di intervento;



2. realizzazione della carta pedologica e della derivata carta di orientamento pedologico allo spargimento di liquami zootecnici mediante: fotointerpretazione, realizzazione della carta delle unità di paesaggio, rilevamento in campagna (comprensivi di trivellate e profili con prelievo ed analisi di un campione per orizzonte), elaborazione delle carte con stesura degli archivi delle unità tassonomiche e cartografiche;
3. realizzazione della carta geolitologica e della carta della vulnerabilità delle acque sotterranee;
4. stesura della carta di attitudine dei suoli allo spargimento di liquami zootecnici.

La carta pedologica

L'allegato 1 della “Metodica unificata per l'elaborazione della cartografia relativa all'attitudine dei suoli allo spargimento di liquami zootecnici” di cui alla DGRV 615/96, prevede la stesura di una carta pedologica secondo gli standard previsti per una carta in scala 1:50.000 (4 osservazioni/kmq) mediante uno studio preliminare, delle osservazioni in campo accompagnate da analisi di laboratorio ed una classificazione dei tipi di suolo secondo le metodologie Soil Taxonomy (USDA) e FAO-UNESCO.

Per la realizzazione della carta dei suoli vengono eseguite le seguenti attività:

- fotointerpretazione e realizzazione della carta delle unità di paesaggio;
- organizzazione ed esecuzione di osservazioni, suddivise in trivellate e profili (circa un profilo ogni 10 osservazioni);
- esecuzione delle analisi di campioni di suolo prelevati dai profili;
- interpretazione ed elaborazione dei dati;
- stesura della Carta dei Suoli;
- informatizzazione delle osservazioni;
- predisposizione dei seguenti archivi:
 1. archivio delle osservazioni di campagna;
 2. archivio delle unità tassonomiche;
 3. archivio delle unità cartografiche.

La carta di orientamento pedologico allo spargimento di liquami zootecnici

Lo stesso allegato 1 alla DGRV 615/96 riporta lo schema interpretativo che permette di ricavare la carta di orientamento utilizzando le informazioni contenute nella carta dei suoli (tabella 1).

La carta geolitologica e la carta della vulnerabilità delle acque sotterranee

Come previsto dall'allegato 2 della Metodica unificata di cui alla DGRV 615/96 la carta geolitologica viene realizzata mediante:

- raccolta dati e cartografie esistenti;
- fotointerpretazione;
- interpretazione dei dati disponibili secondo la metodologia CNR VAZAR;
- correlazione e verifica dei dati mediante sopralluoghi in campagna.

La necessità di utilizzare la metodologia CNR VAZAR comporta una serie di correlazioni per associare, dove possibile, le diverse litologie presenti sul territorio ai simboli previsti dalla Legenda Unificata per le Carte della Vulnerabilità.



Tabella 1: DGRV 615/96, Allegato 1 – Schema per la valutazione delle unità cartografiche definite nella carta pedologica e la loro assegnazione ad una determinata classe di attitudine dei suoli allo spargimento dei liquami zootecnici facendo riferimento al fattore più limitante.

| FATTORI LIMITANTI | CLASSI DI ATTITUDINE DEI SUOLI | | | |
|---|---|---|---|--|
| | ADATTI | MODERATAMENTE ADATTI | POCO ADATTI | NON ADATTI |
| CARATTERISTICHE AMBIENTALI | | | | |
| VEGETAZIONE ARBUSTIVA ARBOREA NATURALE SPONTANEA | | | | PRESENTE |
| INONDABILITÀ | ASSENTE | 1 VOLTA OGNI 5 ANNI | PIÙ DI 1 VOLTA OGNI 5 ANNI | 1 VOLTA L'ANNO |
| ROCCIOSITÀ (%) | | 0-2 | 2-10 | >10 |
| PIETROSITÀ (%) | 0-15 | 15-35 | 35-50 | >50 |
| PENDENZA (%) | 0-5 | 5-10 | 10-15 | >15 |
| MORFOLOGIA INFOSSATA | AREE FORTEMENTE INFOSSATE SLITTAMENTO IN DIFETTO DI 1 CLASSE | | | |
| CARATTERISTICHE DEL SUOLO | | | | |
| DRENAGGIO INTERNO | BUONO, MEDIOCRE, LENTO | LENTO (CON FALDA), MOLTO LENTO MOD. RAPIDO | MOD. RAPIDO (CON FALDA), MOLTO LENTO (CON FALDA), RAPIDO | IMPEDITO, RAPIDO (CON FALDA) |
| SCHELETRO (%) | <35 | 35-50 | 50-70 | >70 |
| CREPACCIATURE SUPERFICIALI | PRESENTI CON SUBSTRATO FINE O MODER. FINE | PRESENTI CON SUBSTRATO MODER. SCIOLTO ENTRO 100 cm | PRESENTI CON SUBSTRATO SCIOLTO ENTRO 100 cm | PRESENTI CON SUBSTRATO SCIOLTO ENTRO 100 cm CON FALDA |



Convegno Nazionale
 “ Le risorse idriche sotterranee: conoscerle per proteggerle”

| | | | | |
|---|--|----------------------------------|---------------------------------|---|
| PROFONDITÀ STRATO PERMEABILE (cm dal p.c.) | 80-100 | 50-80 | 30-50 | 30-50 CON FALDA ENTRO 150 cm |
| TESSITURA (INTERO PROFILO) | F – AS – FSA – FA FL - L – FLA – A - AL | FS | SF | S OPPURE SF CON FALDA ENTRO 150 cm |
| TORBA | ASSENTE | PRESENTE TRA 100 E 150 cm | PRESENTE TRA 50 E 100 cm | PRESENTE ENTRO 50 cm |

Definite, quindi, le categorie di appartenenza delle diverse litologie identificate, si procede alla determinazione e rappresentazione del loro grado di vulnerabilità.

Al fine di giungere ad una caratterizzazione il più rispondente possibile alla situazione reale, la correlazione tra le caratteristiche degli acquiferi ed il loro grado di vulnerabilità deve tenere in particolare conto la specificità della litologia, e il rispettivo grado di permeabilità.

Come previsto dal punto 6 della Metodica unificata le 6 classi di vulnerabilità previste dalla metodologia CNR VAZAR sono raggruppate in 4 classi ad ognuna delle quali corrisponde un giudizio sull'attitudine idrogeologica dei suoli allo spargimento dei liquami, simile a quello definito con la carta di orientamento pedologico (tabella 2).



Tabella 2: relazione tra classi di vulnerabilità CNR VAZAR e classi utilizzate per l’attitudine allo spargimento di liquami zootecnici

| Classi di vulnerabilità CNR VAZAR | Classi di vulnerabilità | Classi di attitudine idrogeologica allo spargimento di liquami |
|-------------------------------------|-------------------------|--|
| bassissima o nulla bassa | bassa | adatto |
| media alta | media | moderatamente adatto |
| elevata | elevata | poco adatto |
| estremamente elevata | molto elevata | non adatto |

La carta di attitudine dei suoli allo spargimento dei liquami zootecnici

Come previsto al punto 7 della Metodica unificata, dall’incrocio dei risultati delle due classificazioni, pedologica e geologica, scaturisce il giudizio finale rispetto all’attitudine dei terreni allo spargimento dei liquami zootecnici: viene assegnata a ciascuna unità, derivante dalla sovrapposizione delle classi di attitudine su base pedologica e delle classi di attitudine su base idrogeologica, la classe più limitativa all’uso di liquami.

Per poter eseguire questo incrocio è necessario procedere all’informatizzazione delle carte, pedologica, di orientamento pedologico e di vulnerabilità degli acquiferi ed alla creazione di un Sistema Informativo Geografico (GIS) dei suoli dell’area indagata; in questo modo è possibile sovrapporre le due carte di attitudine, pedologica ed idrogeologica e classificare ciascuna delle aree determinate sulla base della classificazione più limitante.

Come descritto all’allegato 4 della Metodica unificata i quantitativi di liquami spargibili nelle 4 classi di attitudine sono individuati in rapporto al carico di azoto delle diverse specie animali:

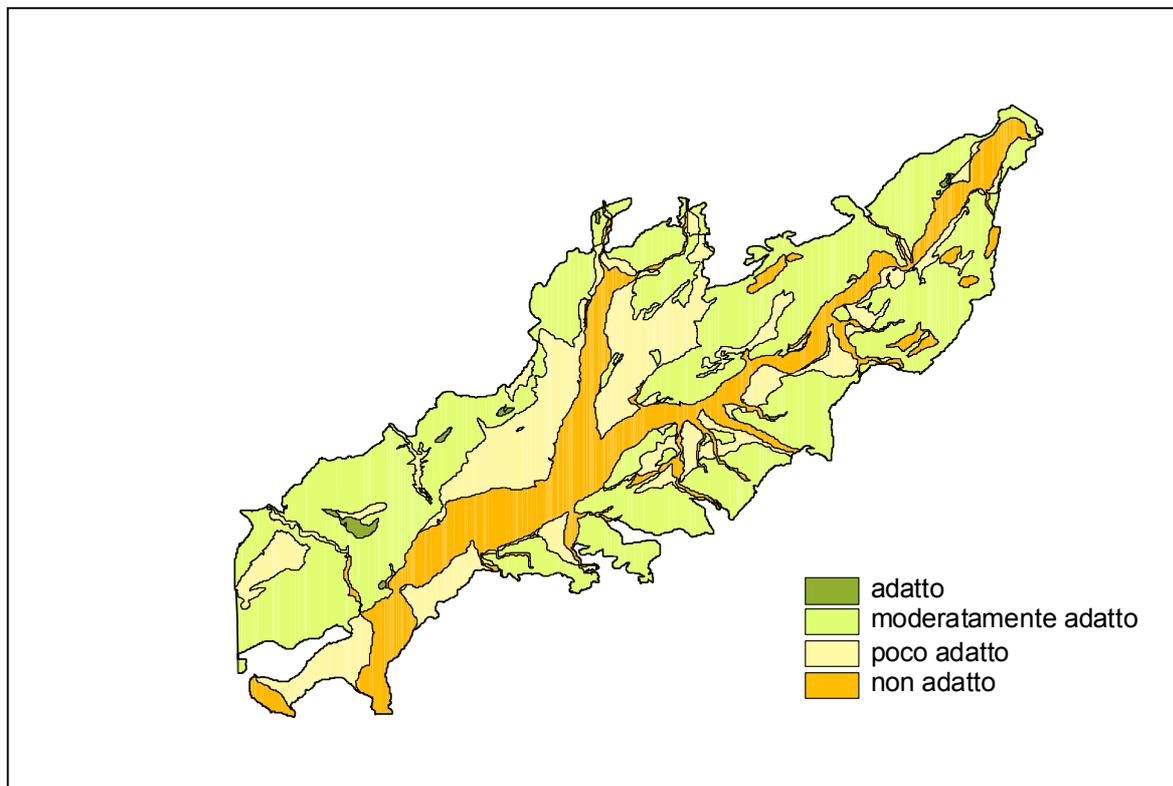
| Classe di attitudine | kg N/ha/anno | bovini q peso vivo/ha | suini q peso vivo/ha | avicunicoli q peso vivo/ha |
|-----------------------------|--------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| adatto | 340 | 37,8 | 28,3 | 18,9 |
| moderatamente adatto | 250 | 27,8 | 20,8 | 13,9 |
| poco adatto | 170 | 18,9 | 14,2 | 9,5 |
| non adatto | 0 | 0 | 0 | 0 |

L’esempio della Valbelluna

Nell’area della Val Belluna compresa fra Ponte nelle Alpi e Feltre il Centro Agroambientale ha realizzato la carta di attitudine dei suoli allo spargimento di liquami zootecnici (figura 1) su incarico della Provincia di Belluno. Nell’area di superficie pari a 21.315 ha sono stati eseguiti 65 profili e 580 trivellate.



Figura 1 – Carta di attitudine dei suoli allo spargimento di liquami zootecnici della Valbelluna



Applicando la Metodica di cui alla DGRV 615/96 nell'area indagata solo una minima parte della superficie risulta adatta allo spargimento di liquami zootecnici, mentre più della metà rientra nella classe “moderatamente adatto”; una quota significativa infine rientra nella classe “poco adatto” ed un’analoga parte, in cui rientrano le aree golenali e quelle a maggior vulnerabilità, in quella “non adatto” (tabella 3).

Tabella 3: Distribuzione dei suoli della Valbelluna fra le 4 classi di attitudine allo spargimento di liquami zootecnici definite dalla metodologia di cui alla DGRV 615/96.

| Classe di attitudine | Superficie (ha) | % |
|----------------------|-----------------|-------------|
| adatto | 121 | 0,6 |
| moderatamente adatto | 11.690 | 54,8 |
| poco adatto | 4.887 | 22,9 |
| non adatto | 4.617 | 21,7 |
| <i>TOTALE</i> | 21.315 | 100 |



3. Le problematiche connesse alla realizzazione delle carte di attitudine dei suoli allo spargimento di liquami zootecnici

Tempi e costi

La metodologia approvata dalla Regione Veneto è particolarmente complessa e richiede lunghi tempi di realizzazione con costi relativamente elevati; basti pensare che solo la stesura della carta pedologica ad una scala di semidettaglio (1:50.000) costa circa 4 €/ha oltre alle spese per l'esecuzione delle analisi di laboratorio.

Il costo della carta della vulnerabilità incide in misura minore sul costo totale, ma si deve comunque sottolineare che una buona carta della vulnerabilità probabilmente avrebbe costi anche superiori a quelli della carta pedologica; se però per la pedologia sono definiti dei precisi standard di rilevamento (4 osservazioni ogni 100 ha per una scala 1:50.000) per il rilevamento idrogeologico vi è una maggior discrezionalità non essendo definita una densità minima di sondaggi.

A causa probabilmente degli elevati costi imposti dagli standard fissati per la carta pedologica, a cinque anni e mezzo dall'approvazione della metodologia ancora nessuna provincia ha potuto concludere ed ufficializzare la cartografia, anche se alcune sono arrivate alle fasi conclusive del lavoro.

In tabella 4 viene riportata in sintesi la situazione delle varie province.

In tabella 5 è riportata la superficie regionale interessata finora da indagini pedologiche, le stesse necessarie per la stesura della carta di orientamento pedologico allo spargimento di liquami zootecnici; complessivamente sono già stati rilevati circa 6.000 kmq rispetto ai 18.000 complessivi, concentrati soprattutto in provincia di Padova e Venezia, che risultano coperte quasi completamente, quindi in provincia di Treviso e Rovigo, mentre le province di Belluno, Verona e Vicenza presentano solo alcune aree in cui sono stati completati studi pedologici.

La realizzazione di una cartografia dei suoli alla scala 1:50.000 per tutto il territorio regionale richiederà ancora diversi anni di lavoro prima di poter avere elaborati omogenei e quindi applicabili senza il rischio di creare disparità fra una provincia e l'altra dovute a diversità di interpretazione dei dati rilevati, che comportano poi differenti limitazioni all'utilizzo di liquami.

Per garantire la confrontabilità degli elaborati cartografici è necessario che la stesura della carta dei suoli sia realizzata da un centro regionale di riferimento, come l'Osservatorio Regionale Pedologico che ha sede presso il Centro Agroambientale ARPAV.

Sarà senz'altro utile, per favorire lo sviluppo di tale lavoro, il completamento del progetto “Carta dei suoli del Veneto in scala 1:250.000” in corso di realizzazione presso il Centro Agroambientale, su incarico della Regione Veneto-Direzione Foreste ed Economia Montana e nell'ambito del progetto “Carta dei suoli d'Italia in scala 1:250.000”, la cui conclusione è prevista per giugno 2003; le attività che sono in corso permetteranno di inquadrare i principali tipi di suolo presenti in regione e di avere a disposizione la cartografia in scala 1:50.000 già realizzata nelle aree campione.



Tabella 4: Stato di realizzazione delle cartografie previste dalla Metodologia regionale approvata con DGRV 615/96 nelle province del Veneto.

| | BELLUNO | VERONA | VICENZA | TREVISO | PADOVA | VENEZIA | ROVIGO |
|---|--------------------------------------|---------------------------------|----------------|--|--|---|--------------------------------------|
| CARTOGRAFIA ZONE “A” in cui è vietato lo spargimento | Si, su tutto il territorio | Si | Si | Si | No | No | No |
| CARTA GEOLITOLOGICA | Si, solo nell’area della Val Belluna | Si | Si | Si | Si | Si | No |
| CARTA DELLA VULNERABILITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE | Si, solo nell’area della Val Belluna | Si | Si | Si | Si | Si | No |
| CARTA PEDOLOGICA | Si, solo nell’area della Val Belluna | Si circa il 10 % del territorio | No | Si circa 40% del territorio (Bacino Scolante, Area DOC Prosecco, Sinistra Piave) | Si, su tutto il territorio alla scala 1:100.000 ; per l’area del Bacino Scolante scala 1:50.000 in corso | Si per l’area centrale (scala 1:50.000) e meridionale (scala 1:100.000); area nord-orientale in corso | Si in 26 comuni alla scala 1:100.000 |
| CARTA DI ORIENTAMENTO PEDOLOGICO ALLO SPARGIMENTO DEI LIQUAMI ZOOTECNICI | Si, solo nell’area della Val Belluna | No | No | No | Si, su tutto il territorio alla scala 1:100.000 ; per l’area del Bacino Scolante scala 1:50.000 in corso | Si per l’area centrale (scala 1:50.000) e meridionale (scala 1:100.000); area nord-orientale in corso | No |



Convegno Nazionale
 “ Le risorse idriche sotterranee: conoscerle per proteggerle”

| | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|---|
| <p>CARTA DELL'ATTITUDINE DEI SUOLI ALLO SPARGIMENTO DI LIQUAMI ZOOTECNICI</p> | <p>Si, solo nell'area della Val Belluna</p> | <p>Si, utilizzando la carta della vulnerabilità</p> | <p>Si ma solo utilizzando la carta della vulnerabilità</p> | <p>No</p> | <p>Si</p> | <p>Si per l'area centrale e meridionale</p> | <p>No</p> |
| <p>CENSIMENTO ALLEVAMENTI</p> | <p>Elenco informatizzato degli allevamenti che hanno inviato la comunicazione preventiva di spargimento dei liquami zootecnici. Cartografia degli allevamenti e dei relativi terreni utilizzati</p> | <p>Elenco informatizzato degli allevamenti che hanno inviato la comunicazione preventiva di spargimento dei liquami zootecnici, ancora la cartografia relativa</p> | <p>Elenco informatizzato degli allevamenti che hanno inviato la comunicazione preventiva di spargimento dei liquami zootecnici</p> | <p>Elenco cartaceo degli allevamenti che hanno inviato la Comunicazione preventiva di spargimento dei liquami zootecnici</p> | <p>Elenco informatizzato degli allevamenti che hanno inviato la Comunicazione preventiva di spargimento dei liquami zootecnici</p> | <p>Censimento di tutti gli allevamenti (circa 2.000), non georeferenziati.</p> | <p>Censimento degli allevamenti georeferenziati e con i dati relativi al tipo e numero degli animali.</p> |



Tabella 5: Superfici sulle quali sono state eseguite indagini pedologiche a varia scala nel Veneto

| Rilevamenti conclusi alla scala 1:10.000 | | | | | |
|---|------------------|-------------|-------------------------------|-------------------|----------------------|
| Progetto | Provincia | Anno | Superficie totale (ha) | N° profili | N° trivellate |
| Lamon | Belluno | 2000 | 600 | 25 | 270 |
| Cartizze | Treviso | 2000 | 100 | 21 | 137 |
| Totale | | | 700 | 46 | 407 |
| Rilevamenti conclusi o in corso di realizzazione alla scala 1:25.000 | | | | | |
| Progetto | Provincia | Anno | Superficie totale (ha) | N° profili | N° trivellate |
| Piombino Dese e Trebaseleghe | Padova | 1995 | 6.026 | 12 | 355 |
| Colli Euganei | Padova | 2000 | 19.435 | 118 | 1.061 |
| DOC Piave | Treviso | 1996 | 13.645 | 80 | 715 |
| La Marca | Treviso | 1996 | 35.442 | 174 | 469 |
| DOC Prosecco | Treviso | 2000 | 9.038 | 40 | 400 |
| DOC Piave | Venezia | 1996 | 23.440 | 132 | 1.252 |
| DOC Lison | Venezia | 2001 | 21.628 | 110 | 1.100 |
| Bovolone | Verona | 1991 | 12.425 | 80 | 380 |
| Doc Soave | Verona | 2000 | 17.301 | 72 | 597 |
| Val d'Illasi | Verona | 1997 | 2.242 | 17 | 61 |
| Totale | | | 160.622 | 835 | 6.390 |
| Rilevamenti conclusi o in corso di realizzazione alla scala 1:50.000 | | | | | |
| Progetto | Provincia | Anno | Superficie totale (ha) | N° profili | N° trivellate |
| Valbelluna | Belluno | 2000 | 21.315 | 65 | 600 |
| BSL (centro nord) + Prov. Venezia (centro) | VE, TV, PD | 2000 | 125.619 | 361 | 3.313 |
| BSL (area meridionale) | VE, PD | 2001 | 63.551 | 200 | 1.800 |
| Totale | | | 210.485 | 626 | 5.713 |
| Rilevamenti conclusi alla scala 1:100.000 | | | | | |
| Progetto | Provincia | Anno | Superficie totale (ha) | N° profili | N° trivellate |
| Provincia di Padova | Padova | 1997 | 214.278 | 130 | 2.036 |
| Comuni 5b | Rovigo | 1995 | 73.475 | 76 | 345 |
| Provincia di Venezia (parte meridionale) | Venezia | 1989 | 21.000 | 32 | 200 |
| Totale | | | 308.753 | 238 | 2.581 |
| TOTALE GENERALE | | | 680.560 | 1.745 | 15.091 |



In attesa di avere a disposizione la cartografia dei suoli sarebbe probabilmente opportuno poter prevedere una progressione nell'applicazione delle cartografie previste dalla metodologia; quasi tutte le province infatti hanno provveduto alla stesura della carta della vulnerabilità delle acque sotterranee che potrebbe già da sola fornire delle prime indicazioni per stabilire i carichi massimi applicabili nelle diverse aree del territorio.

Aspetti metodologici

Gli schemi di valutazione parametrici sono utilizzati nelle regioni del nord (Lombardia, Emilia Romagna, Piemonte, Friuli V.G.) per valutare la capacità protettiva dei suoli nei confronti dei liquami; dall'applicazione comparata dei diversi schemi utilizzabili (Michielutti et al., 2001) si evidenzia una sostanziale corrispondenza dovuta all'utilizzo di criteri abbastanza simili che fanno però riferimento agli aspetti sopra riportati.

Lo schema adottato dalla normativa regionale del Veneto presenta notevoli semplificazioni e lascia spazio a diverse interpretazioni; un esempio è costituito dalla pendenza che all'interno della stessa unità cartografica può assumere valori anche molto diversi in aree di montagna. Nel corso della realizzazione della carta di attitudine dei suoli allo spargimento dei liquami zootecnici da parte del Centro Agroambientale su incarico della Provincia di Belluno ci si è trovati di fronte a tale difficoltà che si è superata mediante l'uso di un DTM (Digital Terrain Model) fornito dalla Direzione Regionale Foreste ed Economia Montana del Veneto, che ha permesso, dopo aver verificato l'incidenza relativa delle quattro classi di pendenza (0-5, 5-10, 10-15 e >15%), l'attribuzione ad una sola classe con il seguente criterio:

- quando una classe occupa più del 50% della superficie dell'unità considerata, essa viene attribuita all'intera unità;
- quando sia la classe 1 (0-5%) che la classe 4 (>15%) occupano meno del 50% della superficie all'unità viene attribuita la classe 2 (5-10%) nel caso in cui la somma delle classi 1 e 2 supera il 50% del totale, oppure la classe 3 (10-15%) qualora la somma delle classi 3 e 4 superi il 50%.

Più complesso è il caso delle caratteristiche idrologiche del suolo che lo schema considerato dalla Metodologia regionale tiene in scarsa considerazione; l'unica voce specifica è rappresentata dal drenaggio interno, a cui viene attribuita una descrizione qualitativa, mentre altre voci sono collegate indirettamente (tessitura, crepacciature superficiali, scheletro, profondità strato permeabile).

Un approccio più efficace e scientificamente più corretto potrebbe prevedere di attribuire a ciascun tipo di suolo, e quindi a ciascuna unità cartografica, caratteristiche idrologiche misurabili (permeabilità, porosità, capacità di ritenzione idrica, ecc.), i cui valori vengono ricavati mediante l'utilizzo di pedofunzioni che mettono in relazione i parametri comunemente rilevati in campo e le caratteristiche idrologiche del suolo. La taratura delle pedofunzioni necessita però di un approfondimento su un certo numero di suoli rappresentativi per i quali vengono eseguite delle misure dirette in campagna ed in laboratorio.

Nel Veneto una prima applicazione di tale approccio si è avuta in via sperimentale nel 1998-2000 con la partecipazione al progetto interregionale SINA “Carta pedologica in aree a rischio ambientale” nel corso del quale sono stati analizzati due profili significativamente diversi e rappresentativi del territorio a nord e a sud della fascia delle risorgive; è in corso una campagna di misurazioni su dieci suoli rappresentativi dell'area del bacino scolante in laguna di Venezia in vista di una prima applicazione legata alla carta dei suoli dell'intera area che sarà disponibile a metà del 2002.



Un altro aspetto problematico che si è potuto evidenziare in questi primi anni di applicazione della metodologia regionale è la necessità di integrazione, più che di sovrapposizione, fra l'indagine pedologica e quella idrogeologica, soprattutto nelle aree di bassa pianura; infatti spesso in queste situazioni per la redazione della carta geolitologica e della vulnerabilità sono importanti i dati relativi ai primi metri che coincidono con quelli raccolti nel corso di rilevamenti pedologici. Sarebbe forse più opportuno che in tali aree la carta di attitudine fosse derivata direttamente dalla carta pedologica utilizzando strumenti validati per una migliore definizione delle caratteristiche idrologiche del suolo.

A questo proposito si è potuto verificare nelle aree già coperte da cartografia che il criterio della sovrapposizione con prevalenza della classe più limitante può comportare delle restrizioni eccessive, talvolta non giustificabili da un punto di vista tecnico; ad esempio in situazioni limitanti dal punto di vista idrogeologico potrebbero essere presenti dei suoli in grado di attenuare il rischio di percolazione.

L'importanza degli acquiferi e il livello di protezione

Il territorio regionale presenta problematiche molto diverse rispetto all'approvvigionamento idropotabile; ciò dovrebbe portare a considerare con un diverso grado di attenzione il rischio di inquinamento originato dai reflui zootecnici sui diversi corpi idrici sotterranei.

Le norme regionali non hanno stabilito una priorità di interventi in rapporto a questo importante aspetto, mentre sarebbe forse opportuno adottare approcci diversi tra l'area di ricarica degli acquiferi a nord della fascia delle risorgive soggetta a rischio di inquinamento dei corpi idrici sotterranei, in cui fra l'altro vi è spesso una elevata concentrazione di allevamenti, e l'area di media-bassa pianura in cui l'inquinamento della prima falda si trasferisce generalmente ai corpi idrici superficiali attraverso i canali di scolo, dando origine peraltro a carichi talvolta elevati di nutrienti allo scarico in laguna o in mare.

L'importanza dell'uso del suolo

Il suolo non è l'unico fattore in grado di influenzare la capacità protettiva in contesti in cui l'attività agricola e zootecnica è presente in modo significativo; molto importanti sono anche le colture praticate e le tecniche di gestione del terreno, dell'irrigazione e dei fertilizzanti (liquami compresi).

Per questo, soprattutto nelle aree che altrimenti potrebbero essere fortemente penalizzate, sarebbe opportuno prevedere alcune deroghe ai carichi massimi previsti dalla metodologia regionale in relazione all'impegno da parte del conduttore del terreno ad applicare determinate pratiche agronomiche.

In questo senso sarebbe importante dare attuazione alla D.Lgs. 152/99 per la parte relativa alla prevenzione dell'inquinamento da nitrati, che, in recepimento della Direttiva Nitrati, prevede nelle aree vulnerabili l'obbligo di applicazione del Codice di Buona Pratica Agricola attraverso gli specifici programmi d'azione per la tutela e il risanamento delle acque dall'inquinamento causato da nitrati di origine agricola così come previsto dall'art. 19.

In presenza di una cartografia, sarà sicuramente importante che tutti gli enti locali nell'ambito della programmazione territoriale possano prevedere l'incentivazione di pratiche più sostenibili nelle aree considerate vulnerabili e lo spostamento delle attività di allevamento verso zone a minor grado di vulnerabilità.



Bibliografia

Calzolari C., Ungaro F., Busoni E., Filippi N., Guermandi M., Tarocco P., Brenna S., Michielutti G., Piazzi M., Vinci I., 2001. The SINA Project in the Padano-Veneto basin. Bollettino della Società Italiana di Scienza del Suolo vol. 49 (1-2): 287-307 (2000).

Decreto Legislativo 11.05.1999, n. 152. 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.

Deliberazione della Giunta Regionale del Veneto 21.02.1996, n. 615. Metodica unificata per l'elaborazione della cartografia relativa all'attitudine dei suoli all'impiego agronomico di liquami zootecnici. Approvazione Piano Regionale di Risanamento delle Acque. Allegato D. L.R. n. 33/85 e successive modificazioni.

Michielutti G., Barbieri S., Zanolla S., Bruggianesi L., Franzoi M., 2001. Il contributo della regione Friuli Venezia Giulia al Progetto SINA “Carta pedologica in aree a rischio ambientale”. Atti del Seminario “Il progetto SINA Carta pedologica in aree a rischio ambientale, Bologna 10-11 aprile 2001.

in: www.regione.emilia-romagna.it/sigeografici/testi/car_suoli/doc_tecn/sina.htm