



Cartografie di rischio d'inquinamento ambientale: l'area carsica di Prizzi (Monti Sicani, Sicilia)

ANTONIO CIMINO¹, EMANUELE SIRAGUSA²,
ROSARIO ABBATE³, ANTONIO OIENI⁴

¹ Dipartimento di Fisica, Università di Palermo

² EPAP, Roma

³ Geologo Professionista, ORG Sicilia

⁴ Legambiente, Messina

Abstract

This paper resumes an experience of evaluation, in a karst inland area of Sicily, of the danger contamination of groundwater characterizing the investigated territories, trying to connect them with the potential and real occurring menaces of pollution. A protection tool is conveniently represented by territory mapping performed in GIS environment, collecting also records of contamination sources spread in the territory and through the application of special standards for the estimation of the various risk elements.

The final proposal is to furnish a useful opportunity to local administrations (municipalities, provinces, regional governments) for a reliable policy and management of their territories: in fact, they can precautionarily select suitable zones to locate or also shift particular infrastructures or settlements (sewerage networks, landfills, industrial poles...), with reference to dangerous events potentially occurring close to water supply sources. In this paper, a Sicily test-site will be depicted, located in the mountainous Sicani belt, where karst aquifers show till now a relative good groundwater quality, together with a likely danger of an increasing contamination risk. In the selected zone, a mapping of territorial danger has been performed in GIS environment.

Keywords

Vulnerability, Karst Aquifer, Contamination Endangerment, Sicily

Riassunto

Il presente lavoro riporta uno studio eseguito in un'area della Sicilia, quella di Prizzi, inclusa nella regione geologica dei Monti Sicani, dove è stata redatta una cartografia di rischio d'inquinamento per acquiferi ancora poco contaminati. L'intendimento è quello di superare il concetto di vulnerabilità intrinseca ove applicato alle aree carsiche e di privilegiare così il pericolo di contaminazione degli acquiferi in relazione con le minacce d'inquinamento in ambiente carsico. Sono stati, di conseguenza, raccolti gli elementi di rischio legati alla presenza nel territorio dei centri di pericolo, redigendo un database ed elaborando un gruppo di mappe di pericolo territoriale. Queste, unitamente alle altre informazioni, possono fornire un'opportunità alle Pubbliche Amministrazioni al fine di poter indirizzare precauzionalmente la localizzazione o lo spostamento di infrastrutture o di insediamenti potenzialmente inquinanti (reti fognarie, discariche, aree industriali...). L'obiettivo finale, quindi, è quello di tener conto della possibilità di accadimento di incidenti o addirittura di catastrofi idrogeologiche, consentendo l'opportuna ubicazione delle stesse fonti di approvvigionamento idrico.

Parole Chiave

Vulnerabilità, acquifero carsico, pericolo di contaminazione, Sicilia

Introduzione

Le aree montane notoriamente possiedono, per le caratteristiche di fratturazione e carsismo, un'elevata suscettibilità a subire inquinamenti per opera di numerosi agenti, essenzialmente di natura antropica. Il problema riveste carattere di particolare gravità in prossimità della linea di costa, ma costituisce una reale minaccia anche per i sistemi calcarei più interni. Uno strumento di difesa a scala territoriale è dato dalle cartografie in ambiente GIS, attraverso l'applicazione di protocolli per la valutazione degli elementi del rischio d'inquinamento. Al riguardo, un posto di rilievo è occupato dallo studio del pericolo territoriale, sulla base dell'individuazione e del censimento dei centri di pericolo di contaminazione. Tali centri possono essere assimilati a vere e proprie sorgenti che possono immettere in falda contaminanti della più differente natura.

Il caso qui considerato riguarda l'area carsica di Prizzi, dove i soggetti a rischio sono costituiti da un importante bacino lacustre (il lago di Raia), dalle numerose sorgenti carsiche molto produttive, oltre che – naturalmente – dalle stesse popolazioni montane che ne usufruiscono.

Come si vedrà, i livelli di rischio e, simultaneamente, di pericolo territoriale si presentano alquanto contenuti, ma è proprio per questo che, precauzionalmente, gli Autori di questa nota vi hanno indirizzato il loro interesse al fine della preservazione delle risorse idriche (CIMINO & LUPO, 2004), così come si è di già proceduto per altre aree carsiche della Sicilia (SIRAGUSA et al., 2002), laddove sono pure state prodotte cartografie di rischio informatizzate (Fig. 1).

Lineamenti geologici, speleologici e idrogeologici

Nell'area in studio sono presenti cospicui affioramenti rocciosi, ampiamente descritti in letteratura (vedasi ad es. BROQUET, 1970; MASCLE, 1979; DI STEFANO & VITALE, 1993). Questi sono stati raggruppati in dipendenza della loro permeabilità, distinguendo tra complessi detritici ed alluvionali, sedi di falde idriche soggette a variazioni stagionali; complessi arenaceo argillosi, prevalentemente flyschoidi e poco permeabili; e complessi calcareo-marnosi e calcarei caratterizzati da circolazione idrica elevata per fratturazione e carsismo (Fig. 2).

La successione calcarea comprende livelli databili dal Trias al Miocene ricoperti da argille scagliose e da depositi post-miocenici. Nel particolare, essa è costituita da:

- dolomie e calcari dolomitici cristallini a stratificazione poco evidente, spesso fratturati e con cavità di dissoluzione;
- calcilutiti marnose e calcareniti a globorotalie e globotruncane in strati centi-decimetrici con sottili livelli di argilla;
- calcari grigiastri ben stratificati o massivi con liste e noduli di selce, passanti verso l'alto a megabrecce ben cementate ad elementi neritici;
- calcareniti silicizzate; calcilutiti biancastre compatte e ben stratificate;
- calcilutiti con radiolari e calcari dolomitici.

Tutta l'area sicana è dominata da processi che, operando una progressiva riduzione e disfaccimento dei rilievi, producono degradazione, erosione, franamenti e dissolu-

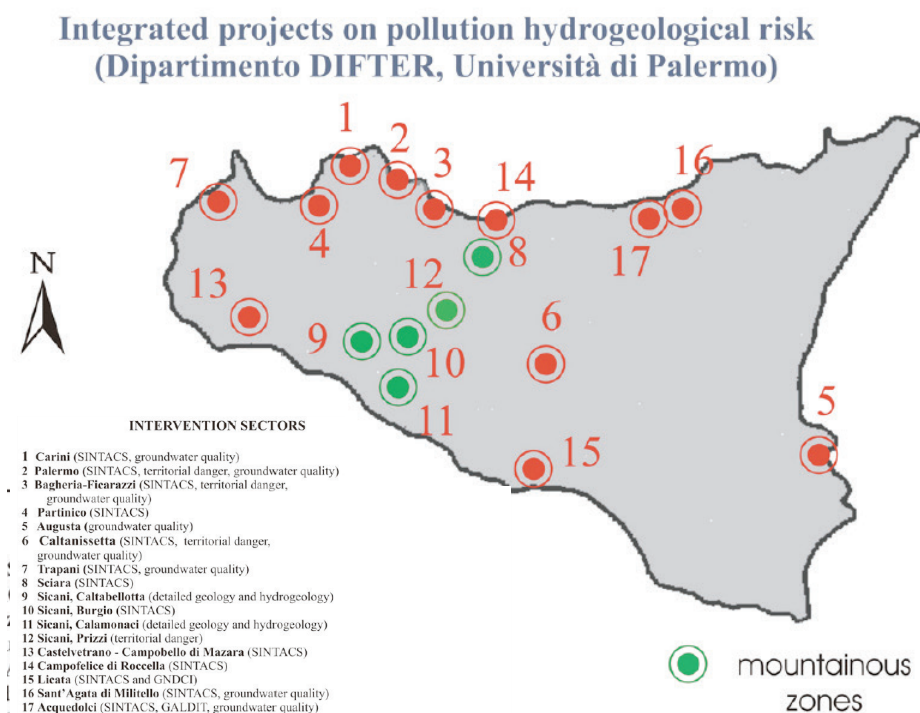


Fig. 1. Le zone investigate in Sicilia in ricerche miranti alla mitigazione del rischio di contaminazione degli acquiferi

Fig. 1. The investigated zones of Sicily pertinent to studies addressed to the mitigation of contamination risk assessment of aquifers

zione carsica delle rocce calcaree. La catena montuosa, infatti, è caratterizzata da rilievi morfologicamente irti e irregolari che si sviluppano con versanti abbastanza ripidi e strapiombanti, intervallati da conche, gole fluvio-carsiche e fondivalle stretti e incassati in coincidenza di torrenti dalla portata temporanea. In genere, alla forma aspra e scoscesa delle cime seguono in basso declivi deboli e terrazzamenti inclinati più o meno dolcemente.

Nell'area in esame, i fenomeni carsici epigei sono riferibili a quelli generalmente sviluppati nell'intero sistema sicano, contraddistinti da morfologie poco sviluppate, incompiute, cesellate grossolanamente e attribuibili sostanzialmente ad una genesi al di sotto della copertura vegetale, con microforme e macroforme di corrosione. Le microforme sono rappresentate da fori di dissoluzione, vaschette di corrosione, gruppi di scannellature con solchi stretti e poco profondi e piccoli canaletti paralleli ai giunti di stratificazione. Il macrocarsismo è, invece, rappresentato soltanto da doline e inghiottitoi per la maggior parte impostati lungo fratture, con il fondo riempito da accumuli di detriti crioclastici. Qui l'origine e lo sviluppo di queste strutture sono strettamente connesse in prevalenza con gli eventi tettonici che hanno deformato e smembrato le rocce carbonatiche; di fatto, nel territorio le doline più rappresentative si trovano nella zona di Cozzo Stagnataro (1328 m s.l.m.), una diecina di km a sud rispetto all'abitato di Prizzi. Per quanto riguarda poi il carsismo ipogeo, di apprezzabile interesse è la Grotta dell'Acqua Fitusa, che sorge nel territorio comunale di San Giovanni Gemini, a circa 25 km ad oriente rispetto al settore sicano qui indagato, precisamen-

te all'interno della Riserva Naturale della Montagnola, tra i più importanti siti archeologici e naturalistici dell'Isola.

La sequenza calcarea sopra descritta è, pertanto, di considerevole importanza ai fini idrogeologici per l'alto grado di permeabilità per fratturazione e carsismo che, associato all'ubicazione altimetrica, all'estensione ed alla sua potenza strutturale, si traduce in coefficienti molto elevati d'infiltrazione. Infatti, la circolazione idrica sotterranea nel territorio indagato, per le stesse caratteristiche di larga diffusione delle coperture carbonatiche carsificate e per gli evidenti contatti – spesso tettonici – di queste con le formazioni argilloso-marnose impermeabili, si evidenzia essenzialmente attraverso le numerose e cospicue manifestazioni sorgentizie, di rilevante valenza socio-economica per l'intera regione siciliana.

Segnatamente, i terreni di pertinenza dell'intera impalcatura idrogeologica interessano la parte meridionale del territorio e sono sede di acquiferi di notevole importanza, cui sono spesso collegate numerose sorgenti di significativo interesse idrogeologico. Il reticolo di fratture e le fenomenologie carsiche legati alle rocce carbonatiche costituiscono agevoli vie d'infiltrazione di possibili inquinanti idroveicolati, esponendo le falde sottostanti e le sorgenti all'attacco da parte di possibili centri di pericolo. Ed infatti le stesse sorgenti possono essere a rischio d'inquinamento nel caso di utilizzo di sostanze antiparassitarie, di diserbanti e di concimi chimici di vario genere impiegati senza alcun controllo nell'agricoltura.

Le principali emergenze idriche sono quelle comprese nell'importante gruppo sorgentizio di Montescuro, nel set-

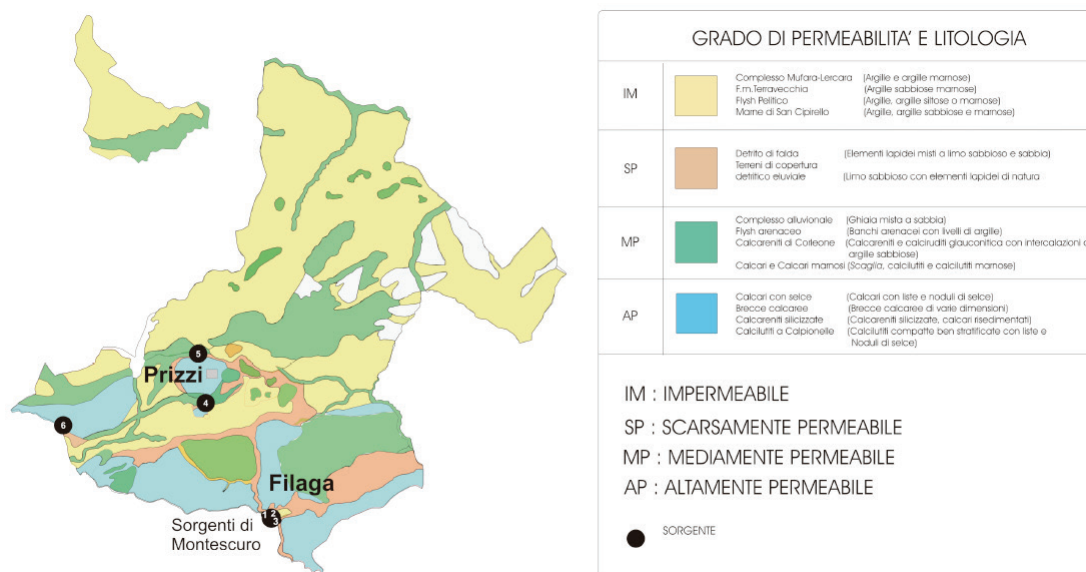


Fig. 2. Schema dei litotipi e delle permeabilità presenti nelle unità geologiche di Prizzi. È pure mostrata l'ubicazione delle principali sorgenti: 1, 2 e 3 sorgenti di Montescuro; 4 Fontana Grande; 5 Tre fontane; 6: Madonna della Scala

Fig. 2. Scheme of lithological and permeability features occurring in the geological units of the Prizzi territory. The location of the most important springs is also shown, see text: 1, 2 and 3 sorgenti di Montescuro springs; 4 Fontana Grande spring; 5 Tre Fontane spring; 6: Madonna della Scala spring

tore sud-orientale del comprensorio, il cui omonimo acquedotto, nella sua diramazione orientale (Montescuro Est), rappresenta la maggior fonte di approvvigionamento idrico del comune di Prizzi. Di notevole importanza sono anche le sorgenti Vigna Sparacio, San Cristoforo e Madonna della Scala. Per esse, nell'ultimo trentennio, si sono registrati, da parte dell'UIR (Ufficio Idrografico della Regione Sicilia), valori piuttosto variabili di portata: nel 2004 si sono misurati 46,2 L/s per quelle di Montescuro (Fig. 3), 11,1 L/s per Vigna Sparacio, 57 L/s per San Cristoforo e 50 L/s per Madonna della Scala. Tutte queste sorgenti sono localizzate, come si può desumere dalla carta della permeabilità (vedasi ancora la Fig. 2), a Sud del territorio di Prizzi.

Altre sorgenti, di minore importanza, sono presenti in Contrada Tagliarini, con portate intorno ai 2 L/s. Manifestazioni sorgentizie s'individuano pure in prossimità dell'abitato di Prizzi (Fontana Grande e Tre Fontane).

Nell'insieme, si tratta di fonti idriche essenziali che, generalmente, per l'elevata portata, alimentano diversi acquedotti; quelle limitate, invece, vengono addotte ad abbeveratoi, oppure utilizzate per scopi irrigui e domestici od, ancora, si disperdono nei terreni circostanti. Risulta evidente, allora, l'importanza di tutelare tutte queste risorse, impedendone la contaminazione con agenti di diversa natura, come sono per l'appunto i prodotti chimici di cui si fa un uso sconsiderato in agricoltura, settore ampiamente sviluppato nel territorio.

Dalla vulnerabilità al pericolo territoriale d'inquinamento

La vulnerabilità all'inquinamento è uno degli aspetti basilari del rischio passivo del territorio, il cui significato vede il suo completamento nel concetto di vulnerabilità integrata; locuzione che sottintende l'interazione tra la vulnerabilità intrinseca di un sistema idrogeologico ed i centri di pericolo, senza peraltro quantificare e classificare il pericolo medesimo ai fini di una sua specifica rappresentazione cartografica (AURELI, 1996).

Per la valutazione della vulnerabilità intrinseca ci si riferisce spesso a protocolli a punteggi e pesi come il SINTACS (CIVITA & DE MAIO, 1997), che ha visto molteplici applicazioni non soltanto nelle aree costiere pianeggianti (CIMINO et al., 2000), ma anche in aree montane (CORNIELLO & DUCCI, 2000). V'è da notare, comunque, che i sistemi del tipo SINTACS non sono agevolmente applicabili agli acquiferi carsici, cui si confanno, invece, altri metodi: tra questi, annoveriamo il metodo EPIK e la sua evoluzione RISKE (DOERFLIGER & ZWHALEN, 1997; PETELET-GIRAUD et al., 2000), entrambi basati sull'analisi multi-criteriale di parametri tipici degli acquiferi carsici. Nel dettaglio, EPIK considera la diffusione delle manifestazioni epigee ed ipogee, lo spessore della copertura di protezione e l'infiltrazione (Epikarst, Protective cover, Infiltration, Karst network); RISKE, invece, esamina le caratteristiche della



Fig. 3. Particolare delle sorgenti Montescuro

Fig. 3. Detail of the Montescuro springs

roccia e del suolo, l'infiltrazione e lo sviluppo del sistema carsico nel suo insieme (*Rock characteristics, Infiltration, Soil, Karst development, Epikarst*).

Solitamente, il rischio d'inquinamento trae origine anche dalla presenza contemporanea di diversi centri di pericolo presenti nell'area indagata. A tal proposito, viene qui considerato il pericolo territoriale, che è associato alla distribuzione, in un determinato comprensorio, delle attività umane potenzialmente inquinanti. Del resto, nei centri di pericolo, che rappresentano la potenziale sorgente d'inquinamento, il contaminante si muove all'interno dell'acquifero (scenario passivo) fino a pervenire al target rappresentato da punti d'acqua destinati al consumo umano (CIVITA et al., 1999).

La cartografia di pericolo territoriale

Nell'area di Prizzi, dove gli affioramenti carsici rappresentano la sede più cospicua degli acquiferi dell'intero comprensorio, le caratteristiche di vulnerabilità intrinseca sono piuttosto elevate; nel complesso, però, le relative risorse idriche, che pure alimentano cospicue sorgenti, risultano poco contaminate. Pur nondimeno, per la cartografia di pericolo territoriale, i centri di pericolo (CDP) sono stati archiviati e georeferenziati in ambiente GIS. Per lo scopo, ci si è serviti della collaborazione della Camera di Commercio per la rilevazione delle aziende agricole largamente diffuse nel territorio; della Municipalità di Prizzi per l'analisi del piano PARF (Piani di Attuazione Rete

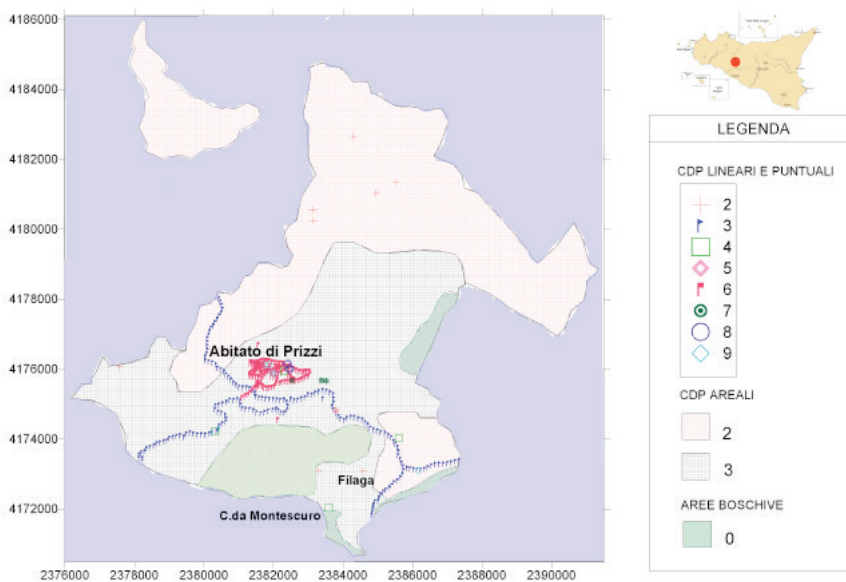


Fig. 4 . Ubicazione dei Centri di Pericolo CDP nel territorio comunale di Prizzi, distinti per Indice di Pericolo di Contaminazione IPC. Vedasi la Tab. 1

Fig. 4. Location of the potential contamination danger points in the Prizzi territory, classified according their contamination danger index. See Tab. 1

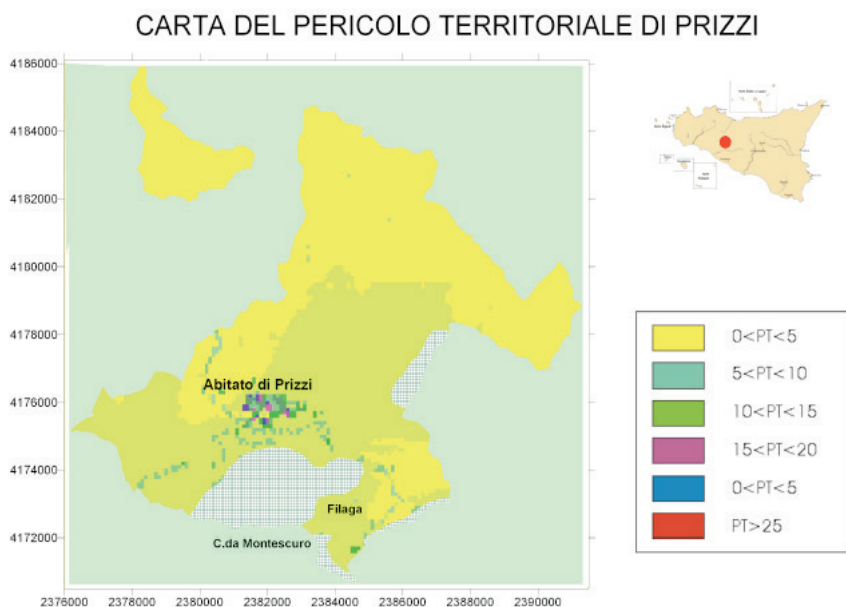


Fig. 5. Carta del Pericolo Territoriale PT dell'area comunale di Prizzi

Fig. 5. Map of the territorial contamination danger of the Prizzi territory



Fognaria); delle Pagine Gialle Telecom per il censimento delle attività commerciali presenti nell'area. Ci si è avvalsi, infine, di sopralluoghi per le piccole attività non dichiarate. Con questo censimento si sono classificati, per l'area esaminata estesa circa 100 Km², oltre 8.000 centri di pericolo di contaminazione (BARBARIA, 2004-2005).

I CDP sono stati raggruppati, sulla base della loro estensione e geometria, in puntuali, lineari ed areali. Nello specifico, i CDP puntuali sono definiti da singoli punti di possibile contaminazione, come può essere un distributore di carburante; quelli lineari possono essere le strade a grande traffico o le reti fognarie; i CDP areali sono rappresentabili, infine, da discariche, aree agricole a coltivazione intensiva, cimiteri (Fig. 4). Nella tipologia di CDP lineari sono compresi, con riferimento all'area esaminata, la Strada Statale 118 (Corleonese Agrigentina), la Strada Statale 188 (Centro-Occidentale Sicula), un canale di scolo delle acque che si diparte dal paese di Prizzi e, naturalmente, la rete fognaria.

L'ulteriore procedura ha previsto l'assegnazione a ciascun CDP di un indice di pericolo di contaminazione (IPC), dipendente dalla tipologia (Tab. 1), allo stesso modo di quanto realizzato nell'area di Palermo (CIMINO, 2008). Nel dettaglio, il pericolo territoriale viene calcolato moltiplicando l'indice IPC di ciascun centro di pericolo per il loro numero, ottenendo così la creazione della mappa del pericolo territoriale PT (Fig. 5). Una siffatta mappa deve essere considerata dinamica, suscettibile, quindi, di modifiche ed integrazioni. Questo può avvenire, ad esempio, per

l'apertura o la chiusura di attività commerciali e industriali che possono produrre potenziali sostanze inquinanti, ovvero per la costruzione di nuovi stabilimenti industriali o insediamenti agricoli intensivi.

Anche l'archiviazione costituisce, così, un processo in continua evoluzione, che può subire variazioni in funzione dei predetti possibili mutamenti territoriali nella distribuzione e nella tipologia delle differenti attività antropiche. I circa 8.000 centri di pericolo censiti e inventariati nell'area di Prizzi formano, infine, un ricco catalogo in evoluzione.

La carta della distribuzione dei CDP, assieme a quella del pericolo territoriale, assume così l'importante funzione di strumento di prevenzione. Dalla loro osservazione si nota immediatamente che nel territorio cadono, per la maggior parte, centri di pericolo con basso indice, corrispondenti ad aree ad utilizzazione agricola non intensiva, come pure si rileva che la maggior parte dei centri con più elevato indice ricadono all'interno dell'abitato di Prizzi.

Tra i centri di pericolo più rappresentativi del comprensorio, ubicati al di fuori del centro abitato, annoveriamo il Foro Boario (Fig. 6), localizzato in Contrada Zarchia. Si tratta di una struttura prevista per accogliere l'esposizione di numerosi capi di bestiame. Altro singolare centro di pericolo è rappresentato dalla Fungaiia, localizzata nella frazione di Filaga: si tratta di una coltivazione intensiva di funghi collocata all'interno di una galleria anticamente progettata per una linea ferroviaria mai in esercizio. Sono anche presenti, nel settore occidentale, alcune discariche controllate e depositi per la raccolta differenziata di RSU (Fig. 7).



Fig. 6. Foro Boario
Fig. 6. "Foro Boario" cattle-breeding



Fig. 7. Deposito per la raccolta differenziata
Fig. 7. Deposit for differentiated waste collecting

Tab. 1. Tipologia dei centri di pericolo di contaminazione, con relativi indici, effettivamente presenti nell'area di Prizzi**Tab. 1. Classification of the contamination danger points, with relevant indexes, really occurring in the Prizzi area**

| Indice pericolo contaminazione (IPC) | Centri di pericolo CDP |
|--------------------------------------|---|
| 9 | Farmacie – Distributori di carburanti |
| 8 | Metalmeccanici – Lavorazione metalli ed alluminio |
| 7 | Cimitero – Discariche RSU non controllate – Stoccaggio di materiali edili, calcestruzzi e laterizi |
| 6 | Mattatoio – Falegnamerie – Guardia medica – Discariche RSU controllate – Depuratori – Vivai – Collettori F.- Cave – Fungaia |
| 5 | Caseificio |
| 4 | Allevamenti intensivi di bovini, ovini, caprini ed equini con più di 50 capi – Foro Boario – Oleifici |
| 3 | Strade con traffico pesante – Allevamenti intensivi di bestiame con meno di 50 capi – Coltivazioni eterogenee |
| 2 | Fattorie generiche – Seminativi |

contaminato. A compendio, appare opportuno rimarcare che, a tutela di un sistema idrico tanto importante, dovrebbe essere giusto compito delle autorità competenti – ovvero già sensibili nei confronti di questo problema – il chiedere di integrare qualsiasi attività di ricerca, gestione ed utilizzo delle risorse idriche con cartografie computerizzate ed aggiornabili, quali sono quelle proposte nel corso di questo studio.

Ringraziamenti

Lavoro condotto con fondi ex 60 % dell'Università di Palermo.

Considerazioni conclusive

I prodotti finali dello studio condotto nel presente lavoro sono costituiti dall'archiviazione delle informazioni territoriali sui centri di pericolo d'inquinamento (database) e dagli elaborati cartografici (IPC e PT) realizzati in ambiente GIS. Questi possono senz'altro proporsi come strumenti applicativi ai fini della previsione e prevenzione delle emergenze idrogeologiche legate all'inquinamento oltre che, naturalmente, al sovrasfruttamento delle risorse idriche sotterranee, anche se tali risultati sono riferiti ad un'area montana ancora poco contaminata. È da notare come la distribuzione dei centri di pericolo appaia più fitta in corrispondenza del centro abitato, dove il pericolo territoriale raggiunge i valori più elevati, a testimonianza della presenza di numerose attività antropiche potenzialmente pericolose, anche se si è in settori montani. Tutto ciò per suggerire, in linea precauzionale, la localizzazione in ambiti idonei delle attività potenzialmente pericolose e, quindi, per stabilire delle vere e proprie aree di salvaguardia a protezione degli acquiferi carsici e delle loro emergenze sorgentizie.

In considerazione dell'importanza degli acquiferi carsici come quelli qui trattati e della loro vulnerabilità, appare quindi evidente come sia quanto poco opportuno programmare comunque, senza alcun controllo, un'espansione delle attività antropiche e, quindi, dei centri di pericolo d'inquinamento in un territorio ancora così poco



BIBLIOGRAFIA

- AURELI A. (1996) – *Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi: bacino termale di Sciacca (Sicilia S.O.). Caratteristiche idrogeologiche e vulnerabilità*. Quaderni di Tecniche di Protezione Ambientale, 9 (59), Pitagora Editrice Bologna, 152 pp.
- BARBARIA R., 2004-2005 – *Il pericolo d'inquinamento delle acque sotterranee nel territorio di Prizzi (Palermo)*, Tesi sperimentale di laurea, Università di Palermo A. A. 2004-2005.
- BROQUET P., 1970 – *Carte géologique des Madonies et des Sicani orientaux*, Scala 1:100.000.
- CIMINO A., LO BRUTTO M., MARTORANA R., SCIORTINO A., 2000 – *Groundwater quality and aquifer vulnerability in the metropolitan area of Palermo*, Mem. Soc. Geol. It., 55: 463-471
- CIMINO A., LUPO M.M., 2004 – *I rischi ambientali in aree siciliane e i nuovi metodi di rappresentazione cartografica: prospettive di realizzazione in aree montane*, Convegno "Le problematiche ambientali in Sicilia con riferimento alle aree dell'entroterra. Le acquisizioni scientifiche, gli scenari di previsione e le prospettive d'intervento", Prizzi (PA), 17 Aprile 2004
- CIMINO A., 2008 – *The territorial contamination danger in the great urban area of Palermo: the eastern aquifers between Ficcarazzi and Misilmeri*, Rend. online Soc. Geol. It., 3: 232-233
- CIVITA M. & DE MAIO M. 1997 – *SINTACS – Un sistema parametrico per la valutazione e la cartografia della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento*, Pitagora Ed. Bologna
- CIVITA M., GARGINI A., PRANZINI G., 1999 – *Metodologia di redazione della carta della vulnerabilità intrinseca e del rischio di inquinamento degli acquiferi del Valdarno Medio*, Atti del 3° Convegno Nazionale sulla Protezione e Gestione delle Acque Sotterranee per il III Millennio, Parma, 13-15 ott. 1999, Quaderni di Geologia applicata, 2: 59-73
- CORNIELLO A., DUCCI D., 2000 – *Pollution vulnerability assessment in karstic aquifers: A case study of the Matese Mountains, Southern Italy*, Dipartimento di Ingegneria Geotecnica, Sezione di Geologia Applicata, Università di Napoli, 725-731
- DI STEFANO P., VITALE F. P., 1993 – *Carta Geologica dei Monti Sicani Occidentali*, scala 1:50.000, Dipartimento di Geologia e Geodesia, Università di Palermo
- DOERFLIGER N., ZWHALEN F., 1997 – *EPIK, méthode de cartographie de la vulnérabilité des aquifères karstiques pour la délimitation des zones de protection*. *Proced. 12th Int. Congr. of Speleology*, La Chaux-De-Fonds, Switzerland, 10-17 August, 1997, 2, 209-212
- MASCLE G., 1979 – *Etude géologique des Monts Sicani*, Riv. It. di Paleont. e Strat., XVI
- PETELET-GIRAUD E., DOERFLIGER N., CROCHET P., 2000 – *RISKE: Méthode d'évaluation multicritère de la vulnérabilité des aquifères karstiques. Application aux systèmes des Fontanilles et Cent-Fonts (Hérault, Sud de la France)*, Hydrogéologie, 4: 71-88
- SIRAGUSA E., ANDOLINA F., CIMINO A., 2002 – *La vulnerabilità all'inquinamento delle risorse idriche sotterranee. L'area di Burgio (Agrigento)*, Geologi di Sicilia, 10, 4: 9-24