Tre esempi di valutazione del rischio idrogeologico realizzati con un supporto GIS

Andrea Giacomelli
Laura Muscas

Settembre 1998

Nel periodo Gennaio–Aprile 1998 il gruppo Ambiente del **CRS4** ha ospitato tre laureande in Ingegneria Ambientale dell'Università degli Studi di Cagliari, che hanno studiato problematiche relative al dissesto idrogeologico realizzando delle mappe di rischio tramite un applicativo GIS [1].

Il presente rapporto contiene una descrizione generale dei tre lavori, con alcuni cenni più dettagliati sul ruolo avuto dal GIS negli stessi. La prima sezione è dedicata a una delle tre tesi di Laurea e riguarda lo studio della vulnerabilità degli acquiferi della zona di Flumini di Quartu. L'illustrazione delle altre due tesi, che affrontano il problema del rischio idrogeologico in termini di instabilità dei versanti, è stata accorpata in un unica sezione, data la sostanziale identità della metodologia adottata (seppure in siti diversi).

Per informazioni più dettagliate sui tre studi si rimanda alle Tesi di Laurea [3, 5, 6].

1 Valutazione della vulnerabilità degli acquiferi superficiali della zona di Flumini di Quartu

Obiettivo del lavoro era la realizzazione, con l'ausilio di un GIS, di una carta della vulnerabilità intrinseca all'inquinamento dell'acquifero superficiale sito

[1] È stato utilizzato GRASS, Geographic Resource Analysis and Support System, http://www.baylor.edu/~grass

nella zona costiera di Flumini di Quartu (Sardegna Meridionale). Con lo scopo di caratterizzare l'acquifero è stato inizialmente studiato l'assetto idrogeologico del sito. È stata poi scelta una delle metodologie esistenti per la valutazione della vulnerabilità intrinseca all'inquinamento, la cui applicazione ha portato alla realizzazione di una carta di vulnerabilità.

1.1 L'area in studio

L'area in studio è situata nella Sardegna meridionale ed è limitata a sud dal mare (golfo di Cagliari), a ovest dall'abitato di Flumini, a nord e ad est da rilievi paleozoici, per lo più granitici. Dal punto di vista idrogeologico nella zona sono presenti tre sistemi acquiferi: un acquifero superficiale situato in alluvioni terrazzate rimaneggiate composto da sedimenti permeabili e porosi recenti al di sopra di alluvioni terrazzate antiche; un acquifero confinato o semiconfinato situato in un complesso marnoso arenaceo; un acquifero profondo conglomeratico sottostante il complesso marnoso arenaceo.

Tali acquiferi presentano tutti concentrazioni saline elevate, che hanno determinato un peggioramento della qualità delle acque danneggiando seriamente alcuni tipi di colture, specie agrumicole, tradizionalmente fiorenti nella zona. La causa di tale fenomeno probabilmente non sempre è dovuta a fenomeni di intrusione marina ma anche alla interazione con le marne mioceniche o con sottili intercalari evaporitici lentiformi, presumibilmente presenti nelle marne stesse [2, 7].

1.2 Il metodo SINTACS

La metodologia utilizzata per la valutazione della vulnerabilità intrinseca all'inquinamento del sistema acquifero precedentemente descritto è il sistema a punteggi e pesi SINTACS [4], il cui acronimo rappresenta i sette parametri concorrenti ad attenuare l'effetto dannoso di eventuali sostanze idroveicolate. Tali parametri sono: la soggiacenza (S), cioè la profondità della superficie piezometrica misurata rispetto al piano di campagna; l'infiltrazione efficace (I); l'effetto di autodepurazione del non saturo (N); la tipologia della copertura (T); le caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero (A); la conducibilità idraulica (C) e l'acclività della superficie topografica (S, da *slope*). Per ciascun parametro, il metodo SINTACS fornisce un diagramma attraverso il quale il valore della grandezza fisica considerata viene convertito in un punteggio indicante il grado di vulnerabilità relativo al parametro stesso. I punteggi "parziali" vengono poi moltiplicati per stringhe di pesi indicanti la situazione di impatto presente e sommati, in modo da fornire un'indicazione complessiva della vulnerabilità.

Discretizzando la zona di studio in una serie di unità e applicando il metodo a ciascuna di queste, è possibile creare una mappa che rappresenta la distribuzione della vulnerabilità nel sito considerato.

1.3 Realizzazione della mappa di vulnerabilità e ruolo del GIS

L'applicazione della metodologia SINTACS è stata svolta attraverso le seguenti fasi:

- Acquisizione dei dati
- Elaborazione dei dati
- Parametrizzazione e realizzazione della mappa di vulnerabilità

1.3.1 Acquisizione dei dati

La topografia, geologia, permeabilità e parte di uso del suolo erano già disponibili su supporto informatico in formato CAD, la mappa dei suoli irrigabili era disponibile solo su supporto cartaceo ed è stata quindi digitalizzata. Diverse campagne di misura hanno consentito di caratterizzare la geometria dell'acquifero attraverso misure del livello freatico e di avere un'indicazione sulla qualità delle acque attraverso misure di conducibiltà, pH e temperatura.

1.3.2 Elaborazione dei dati

Le carte di base, originariamente in formato CAD, sono state convertite in formato "GIS" vettoriale, portando alla definizione di vari tematismi, tra cui:

- pozzi, sorgenti (tematismi puntuali);
- fiumi, strade, curve di livello (tematismi lineari);
- formazioni geologiche omogenee, centri abitati, uso del suolo (tematismi areali)

Dall'elaborazione di questi strati informativi, si è giunti alla creazione dei sette tematismi richiesti per l'applicazione del metodo SINTACS, in formato raster. Per quanto riguarda la risoluzione di lavoro, avendo svolto prove a 25, 50 e 100 m, è stata scelta la risoluzione intermedia. Questa è stata ritenuta accettabile dal punto di vista modellistico, e ottimale da quello della rappresentazione cartografica e del dettaglio delle informazioni riportate. Si ritiene importante sottolineare il fatto che, nel rispetto dei vincoli imposti dal modello adottato, l'implementazione tramite GIS consente di variare la risoluzione con facilità in funzione di esigenze diverse (tempi di calcolo, occupazione di spazio disco, qualità dell'output).

1.3.3 Parametrizzazione e realizzazione della mappa di vulnerabilità

In questa fase sono stati individuati i punteggi per ogni parametro attraverso considerazioni e valutazioni sul contributo che ciascuno di essi da all'attenuazione dell'impatto inquinante, e permette di caratterizzarne, tramite un valore numerico, il comportamento nell'ambito del modello. A ciascun parametro sono stati assegnati dei pesi che permettono di esaltarli in misura maggiore o minore a seconda delle situazioni idrogeologiche o di impatto.

L'implementazione del modello in GRASS è stata svolta tramite uno script che ha consentito l'automatizzazione dei compiti complessi e ripetitivi richiesti dall'applicazione del metodo. In particolare, si sono usate le funzioni di *map algebra* per svolgere i calcoli richiesti. Per ciascuno dei tematismi, lo script esegue le seguenti operazioni:

1. riconoscimento della linea dei pesi da prendere in considerazione;
2. valutazione del punteggio attribuito a ciascun parametro;
3. calcolo dell'indice parziale;
4. il ciclo riprende dal punto 1 con un'altra linea di pesi (fino al loro esaurimento);

Infine, viene eseguita la somma pesata degli strati informativi così generati, portando alla carta rappresentante la distribuzione dell'indice SINTACS. La carta ottenuta è stata riclassificata in sei categorie di vulnerabilità (vedi figura 1).

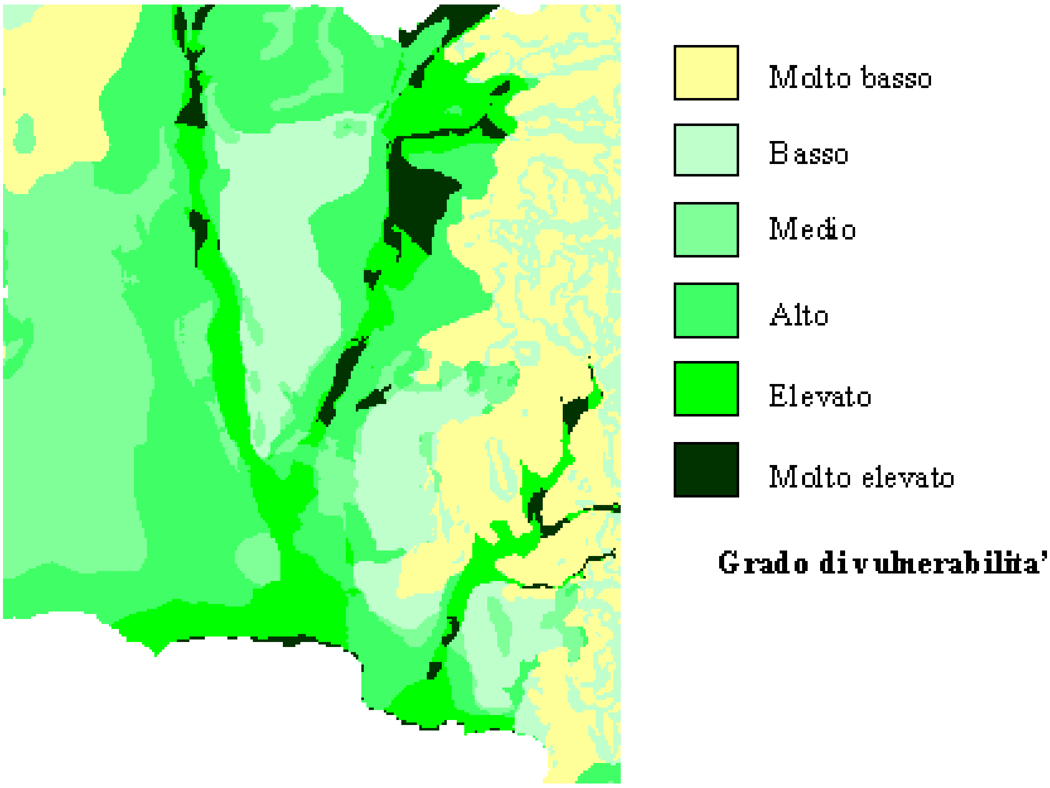

Figura 1: Carta della vulnerabilità intrinseca all'inquinamento.

2 Valutazione del rischio idrogeologico del territorio di Cuglieri e del bacino del riu Santu Barzolu.

Obiettivo dei due lavori era la caratterizzazione delle aree in studio dal punto di vista della propensione al dissesto idrogeologico, e in particolare ai fenomeni di dissesto legati alla instabilità dei versanti. Per ciascun sito si è arrivati all'elaborazione di una carta di instabilità, utilizzando una metodologia proposta dall'Ufficio Cartografico della Regione Emilia Romagna [1], che è stata applicata con l'ausilio di un GIS. Questo è stato utilizzato sia come strumento per l'analisi del modello digitale del terreno e per il calcolo di alcune caratteristiche morfometriche correlate con i fenomeni del dissesto (acclività, esposizione dei versanti, ecc.), sia per realizzare in modo automatico e facilmente riproducibile la sovrapposizione delle carte intermedie.

2.1 Le aree in studio

2.1.1 Il territorio di Cuglieri

È stato studiato il territorio circostante il paese di Cuglieri, situato nella Sardegna centro-occidentale in provincia di Oristano, questo sorge su un dosso basaltico e si sviluppa su due versanti appartenenti ai bacini idrografici del riu S'Abba Lughida e del riu Tuvu. Le due valli incidono le pendici occidentali dell'imponente massiccio vulcanico del Montiferro.

A Cuglieri erano e sono in atto fenomeni di instabilità del versante che attualmente appaiono abbastanza limitati ma che in passato hanno arrecato danni ad alcune abitazioni e che potrebbero aggravarsi in seguito a una non idonea gestione del territorio.

2.1.2 Il bacino del riu Santu Barzolu

Il bacino, situato in provincia di Cagliari, appartiene dal punto di vista amministrativo al territorio comunale di Sinnai e ricade, per la sua parte montuosa, nell'area parco del complesso Sette Fratelli - Monte Genis. Il territorio del bacino è molto eterogeneo: l'altimetria varia da circa 100 a circa 1000 metri, con una morfologia pianeggiante e subpianeggiante nella porzione valliva a sud del territorio, collinare procedendo verso nord fino ai rilievi montani, dove prevalgono le forme aspre ed accidentate con frequente rocciosità affiorante.

2.2 La metodologia utilizzata per la valutazione dell'instabilità

Per realizzare una zonazione delle aree in studio mediante la stesura di una carta in cui siano rappresentate le aree a diverso grado di instabilità è stata applicata una metodologia che prende spunto da quella proposta dall'Ufficio Cartografico della Regione Emilia Romagna introducendo alcune varianti ed adattamenti ai casi in studio.

In tale metodologia si considerano i fattori maggiormente rilevanti tra quelli predisponenti all' instabilità: la litologia, l'acclività dei versanti, la giacitura e l'uso del suolo. Per ogni fattore si procede alla stesura di una carta tematica nella quale sono rappresentate le aree considerate omogenee nei confronti della predisposizione al dissesto e si procede parallelamente ad una parametrizzazione ovvero all'attribuzione a ciascuna classe di un indice numerico o peso avente valore crescente con la stabilità. Analogamente al metodo SINTACS, la combinazione dei fattori, data dalla somma pesata dei tematismi parametrizzati, porta alla zonazione del territorio in classi di instabilità.

2.3 Realizzazione delle mappe di instabilità e ruolo del GIS

Le mappe di instabilità sono state ottenute attraverso differenti fasi:

- Acquisizione dei dati
- Elaborazione dei dati
- Valutazione dei fattori predisponenti al dissesto e realizzazione delle mappe di instabilità

2.3.1 Acquisizione dei dati

I dati di partenza necessari alle elaborazioni e immessi nel sistema sono stati le carte geologiche, le carte topografiche e quelle di uso del suolo. Tali dati erano disponibili in formato CAD e sono stati quindi convertiti in formato vettoriale GIS.

2.3.2 Elaborazione dei dati

In questa fase i dati sono stati convertiti in formato raster. Questo richiede tra le altre cose la scelta della risoluzione di lavoro (come visto anche nel precedente studio). Il valore scelto è stato per tutte e due le aree in studio di 20 m. A partire dalle curve di livello e dai punti quotati si sono ottenuti i DEM (digital elevation model) delle due aree, e da questi sono state generate altre mappe utili per la fase successiva del lavoro: le carte di acclività e quelle di esposizione dei versanti. Nelle prime ad ogni cella viene associato il valore di massima pendenza del terreno nel punto centrale della cella espresso in gradi od in percentuale; nelle seconde si trovano invece i valori espressi in gradi dell'angolo che il vettore di massima pendenza del versante in ciascun punto forma con la direzione Est (misurato in senso orario).

2.3.3 Valutazione dei fattori predisponenti al dissesto e realizzazione delle mappe di instabilità

Una delle funzioni GIS più utilizzate è stata quella di riclassificazione, che consente di modificare i valori degli attributi relativi agli oggetti rappresentati in una mappa ed eventualmente accorparli in classi omogenee secondo criteri predefiniti. Queste funzioni hanno consentito la sovrapposizione delle mappe intermedie e l'ottenimento delle carte finali. Anche in questi lavori, riscontrata una certa iteratività dei procedimenti da svolgere, sono stati creati degli appositi script che hanno consentito di realizzare le carte di instabilità con una certa celerità. Le figure 2 e 3 rappresentano le carte ottenute.

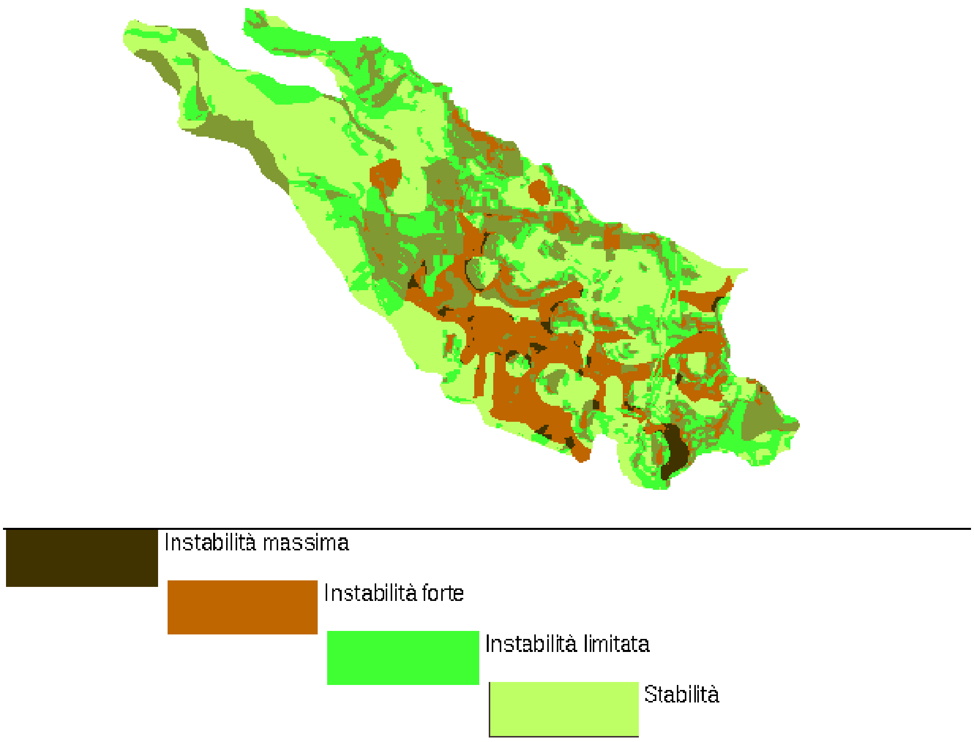

Figura 2: Carta dell' instabilità intrinseca del territorio di Cuglieri.

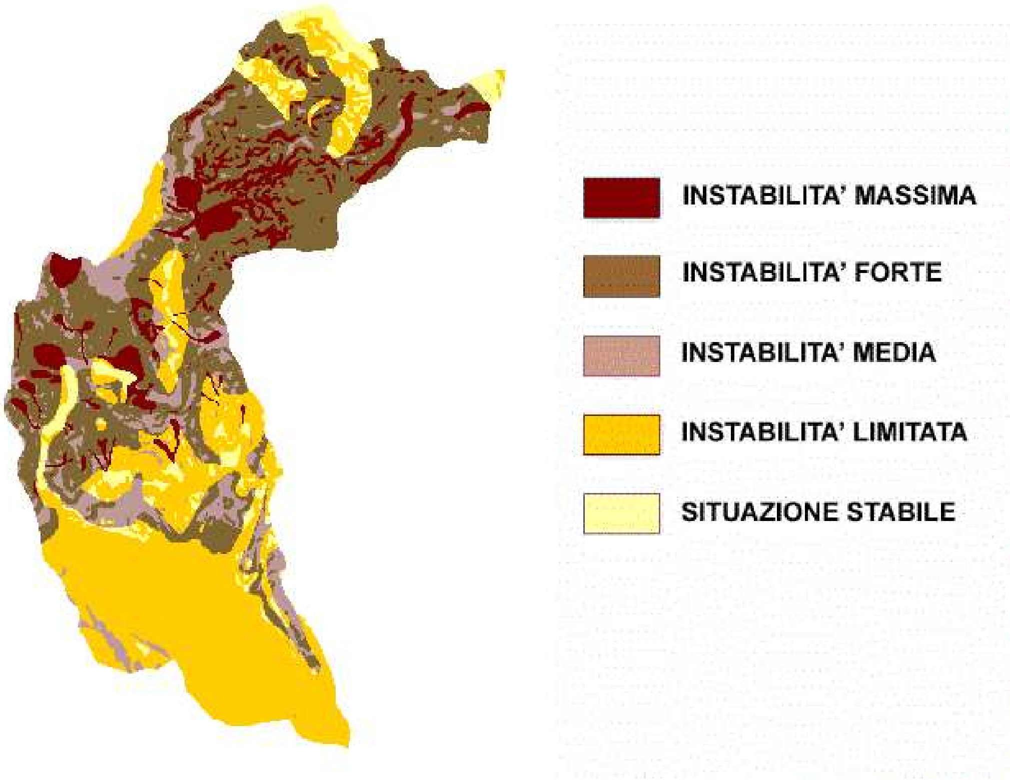

Figura 3: Carta dell' instabilità intrinseca del bacino del riu Santu Barzolu.

Riferimenti bibliografici

[1] E. Amadesi, G. Vianello, F. Bonfatti, R. Pignone, e D. Preti. *Guida alla realizzazione di una carta di stabilità dei versanti*. Regione Emilia Romagna, 1977.

[2] G. Barbieri, G. Barrocu, L. Muscas, H. Raes, G. Uras, e A. Vernier. La salinazione degli acquiferi nel Campidano Meridionale (Sardegna). In *Convegno sulla ricerca e protezione delle risorse idriche sotterranee in aree montuose*, volume II, pages 311–323, Brescia, Italy, 1991.

[3] M. Calabrese. *Valutazione della vulnerabilità degli acquiferi superficiali della zona costiera di Flumini di Quartu-S.Isidoro realizzata con tecnologie GIS*. Tesi di laurea, Università di Cagliari, 1998.

[4] M. Civita and M. De Maio. *SINTACS: un sistema parametrico per la valutazione e la cartografia della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento. Metodologia e automatizzazione.* Pitagora, 1997.

[5] M. Olivari. *Valutazione della propensione al dissesto idrogeologico del territorio circostante il paese di Cuglieri (Sardegna centro-occidentale). Realizzazione di una carta di pericolosità con l'ausilio di un sistema informativo geografico.* Tesi di laurea, Università di Cagliari, 1998.

[6] C. Pusceddu. *Valutazione e zonazione del dissesto idrogeologico del bacino del riu Santu Barzolu (Sardegna sud-orientale). Approccio metodologico con l'uso di un sistema informativo geografico (GIS).* Tesi di laurea, Università di Cagliari, 1998.

[7] H. Raes. *La salinizzazione degli acquiferi del settore di Maracalagonis-S.Isidoro (Campidano meridionale, Sardegna).* Tesi di dottorato, Università di Cagliari, 1995.