

Indagine preliminare per la valutazione del rischio integrato in Sardegna

Felice Di Gregorio (*), Maria Francesca Lobina (**), Giuseppe Piras (***), Andrea Serreli (**)

(*) Dip. Scienze della Terra, Università di Cagliari – Centro Comp. Tecnol. APRAS, digregof@unica.it

(**) Geologo, Libero Professionista

(***) Progetto Giovani Ricercatori – PO Sardegna FSE 2007-2013 L.R. « Promozione della ricerca scientifica e dell'innovazione tecnologica in Sardegna »

Riassunto

L'indagine ha previsto l'individuazione delle fonti e dei processi di pericolosità ambientale da frana, inondazione, industria e contaminazione per la presenza di siti minerari dismessi in Sardegna. Il processo di elaborazione e di sintesi dei dati tematici, condotto in ambiente GIS, è stato sviluppato mediante l'uso di un modello concettuale che a partire dall'analisi e dalla valutazione della pericolosità specifica relativa alle diverse fonti si è concretizzato nella definizione e nella mappatura del rischio integrato, come risultante dall'intersezione dei singoli fattori di pericolosità ambientale e vulnerabilità territoriale. Quest'ultima è stata definita attraverso l'analisi degli insediamenti umani e valutata in base al numero di abitanti residenti in ogni centro individuato.

Abstract

The survey provided for the identification of sources and processes of environmental danger from landslides, flooding, industrial contamination and the presence of abandoned mining sites in Sardinia. The process of formulation and synthesis of thematic data, conducted in a GIS, was developed by the development of a conceptual model from the analysis and assessment of hazards on the different sources is reflected in the definition and mapping of the integrated risk, as evidenced by the intersection of the hazards and environmental vulnerability territorial. The latter was defined by the distribution of human settlements, and evaluated based on the number of inhabitants residing in each center identified.

Introduzione

Tra le attività svolte dal Centro di Competenza Tecnologica Impresambiente per la promozione tecnologica e della competitività delle imprese nell'ambito del Programma Operativo Nazionale per le regioni dell'Obiettivo 1 "Ricerca Scientifica, Sviluppo Tecnologico, Alta Formazione" 2000-2006, il presente documento contiene una sintesi dei risultati della ricerca "Indagine preliminare per la valutazione del rischio integrato in Sardegna", condotta dal Nodo regionale APRAS, che analizza, in particolare, il rischio legato alla presenza di siti minerari dismessi, di siti industriali e di fenomeni franosi e di alluvionamento.

Il processo di sintesi dei dati tematici, condotto in ambiente GIS, si è sviluppato partendo dalla modellizzazione concettuale dei *datasets* per concretizzarsi nella mappatura del rischio integrato, come derivante dall'intreccio delle diverse informazioni inerenti le varie fonti di pericolosità ambientale trattate e la vulnerabilità territoriale, individuata con l'estensione geografica dei centri abitati e valutata in base al numero di abitanti residenti in ogni centro individuato.

La pericolosità ambientale integrata viene intesa come pericolosità generata dalla presenza di più fattori specifici di pericolo, per lo più indipendenti tra loro, il cui manifestarsi simultaneo e concatenato determina una condizione di "effetto domino", con particolare compromissione per le

matrici ambientali coinvolte o in generale per gli elementi esposti, in relazione ai fattori di esposizione e di vulnerabilità del territorio in cui risultano inseriti.

La predisposizione e l'adattamento dei dati geografici al modello fisico progettato per l'applicazione ha consentito, previa conversione dei dati da vettoriali a *raster*, diverse elaborazioni di *overlay* aritmetico, così che i dati di pericolosità integrata e quelli della vulnerabilità del territorio sono stati confrontati per individuare le aree abitate della Sardegna soggette a diversi livelli di rischio ambientale integrato indotto da fonti di pericolosità derivanti dalla presenza di siti industriali, di siti minerari dismessi e di aree soggette a frane e/o alluvioni.

Modellizzazione della pericolosità ambientale per presenza di siti minerari dismessi

A seguito del reperimento dei dati derivati dall'analisi e dalla sintesi delle informazioni geografiche contenute nel SITR (Sistema Informativo Territoriale Regionale), si è ritenuto opportuno strutturare un livello informativo geografico, con geometria poligonale, al quale sono direttamente collegate le informazioni geografiche e di riferimento essenziali per ogni sito dismesso, mentre indirettamente, tramite opportune relazioni logiche, alla stessa informazione spaziale sono collegate le informazioni alfanumeriche descrittive che risiedono nelle schede monografiche appositamente redatte per ogni sito.

L'elaborazione del *dataset* relazionale ha consentito la rappresentazione dei dati in forma di Carte tematiche con specifici riferimenti, mentre l'analisi condotta per la concettualizzazione dei livelli di pericolosità ha permesso di individuare diversi processi e fenomenologie che nell'ambito dei siti minerari dismessi sono fonte di pericolosità. Nello specifico, le diverse fonti di pericolosità ambientale sono state individuate nei fenomeni di collasso per erosione dei residui s.l., nei fenomeni di collasso per instabilità degli scavi o subsidenze e nei fenomeni di inquinamento geochimico.

Questi diversi aspetti, legati alle varie fonti di pericolosità individuate, combinati attraverso un opportuno ragionamento, hanno permesso di indicare le zone della Sardegna caratterizzate da vario livello di pericolosità.

La concettualizzazione dei diversi livelli di pericolosità si è basata sull'assegnazione di un valore numerico, connesso ad una valutazione qualitativa, a ciascuna fonte di pericolosità individuata.

Successivamente, operando per somma dei diversi valori associati alle varie fonti di pericolosità individuate, è stato possibile distinguere tre intervalli di valori con cui sono stati individuati tre livelli di pericolosità connessa ai fenomeni di collasso per erosione delle discariche minerarie, dei bacini di fanghi e degli abbancamenti dei fini, ai fenomeni di collasso per instabilità degli scavi, delle trincee o per subsidenze e ai fenomeni di inquinamento geochimica dei suoli, delle acque superficiali e sotterranee.

A seguito di questa analisi è stato possibile individuare per ogni sito minerario dismesso individuato, un valore caratteristico che ne contraddistingue la pericolosità ambientale. La Tab. 1 consente di riassumere l'analisi per intervalli di valori a cui sono associati dei livelli di pericolosità qualitativi e pertanto indicativi dell'interazione tra le diverse fonti di pericolosità esaminate.

Intervallo sommatoria valori assegnati	Livello di pericolosità ambientale
< 18	Basso
18 ÷ 54	Medio
> 54	Alto

Tab. 1 – Livello di pericolosità ambientale per i siti minerari dismessi, assegnato in funzione dell'intervallo di valori.

Modellizzazione della pericolosità ambientale per presenza di siti industriali

Per l'elaborazione delle informazioni geografiche ed alfanumeriche relative alla presenza di siti industriali, sono state prese in considerazione le attività che presentano condizioni di "pericolosità di incidente rilevante", le quali, per tale motivo, sono sottoposte alle norme e alle procedure previste dal D. Lgs. 334/99 e s.m.i. (con distinzione tra quelle sottoposte all'applicazione dell'art. 6 e 8, ossia

a medio o elevato pericolo di incidente rilevante), nonché i siti produttivi, attivi o inattivi, che potenzialmente rappresentano fonti di pericolosità di inquinamento e pertanto sono interessati dalle procedure previste dall'ex D.M. 471/99 (ora riviste nel D. Lgs. 152/06).

In questa ricerca rientrano anche quelle realtà industriali che, seppur non sottoposte alle procedure relative alle categorie sopra riportate, possono considerarsi fonti potenziali di incidenti e/o contaminazione (discariche di tipologia 2B e gli impianti di incenerimento per rifiuti speciali).

A seguito del reperimento dei dati (Regione Autonoma della Sardegna, 2003), per poter rappresentare le relazioni e poterle inserirle nel modello concettuale per la valutazione della pericolosità integrata, si è ritenuto opportuno strutturare un livello informativo geografico, con geometria puntuale, al quale sono direttamente collegate le informazioni geografiche e di riferimento essenziali per ogni sito industriale catalogato.

La concettualizzazione dei diversi livelli di pericolosità per presenza di siti industriali si è basata su una valutazione qualitativa espressa su tre livelli, con l'assegnazione di un valore numerico, definito sulla base di possibili scenari incidentali, in funzione di fattori di pericolo con intensità crescente da bassa frequenza di accadimento ed alta magnitudo delle conseguenze.

Sulla base dei potenziali effetti della "perturbazione" indotta dalla specifica tipologia di pericolo individuato è stato, inoltre, definito un *buffer* di propagazione, ossia un'"area di danno" circoscritta attorno alla sorgente dell'eventuale evento perturbativo (Tab. 2).

Fonti di pericolosità industriale	Magnitudo	Buffer di propagazione
Siti industriali soggetti a notifica ai sensi dell'ex D.M. 471/99	3	1000
Attività industriali a rischio di incidente rilevante (inserite nell'elenco previsto dal D. Lgs. 334/99, Art. 6, aggiornato a Aprile 2009)	2	1000
Attività industriali a rischio di incidente rilevante (inserite nell'elenco previsto dal D. Lgs. 334/99, Art. 8, aggiornato a Aprile 2009)	3	2000
Siti industriali contaminati a priorità elevata di intervento ("Piano Ansaldo")	3	1000
Discariche di tipologia 2B in attività	2	1000
Impianti di incenerimento per rifiuti speciali in attività	3	2000
Altri siti industriali caratterizzati da potenziale inquinamento o pericolo incidentale.	1	300
Attività industriali in precedenza incluse nell'elenco degli stabilimenti a rischio di incidente rilevante (non più rispondenti ai requisiti previsti dal D. Lgs. 334/99)	1	500

Tab. 2 – Catalogazione delle fonti di pericolosità industriale, magnitudo o livello di pericolosità ambientale e buffer di propagazione o area di danno per i siti industriali.

Al fine di adattare le informazioni della Tab. 2 al modello concettuale e fisico predisposto per la valutazione della pericolosità integrata, sono state necessarie elaborazioni specifiche dei dati, svolte in ambiente GIS, indispensabili per la rappresentazione dei livelli di pericolosità così individuati.

Infatti il modello concettuale per la pericolosità integrata prevede l'adattamento fisico dei dati di *input* secondo una geometria di tipo poligonale, mentre, come anzidetto, le fonti di pericolosità individuate nei siti industriali sono state in origine rappresentate secondo una geometria puntuale.

L'attribuzione, ad ognuna delle realtà produttive, di un livello relativo di pericolo e dell'entità della possibile propagazione degli effetti incidentali, nelle modalità stabilite precedentemente, ha permesso di avere un quadro in ambito regionale del livello di pericolo a cui sono soggette le aree individuate.

Modellizzazione della pericolosità idrogeologica

La pericolosità idrogeologica, che si compone di due tematismi distinti, la pericolosità geomorfologica e la pericolosità idraulica, è stata valutata partendo dall'esame dei dati contenuti nel PAI (Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico; Regione Autonoma della Sardegna, 2004) e inserita nel modello concettuale di valutazione della pericolosità integrata nella forma originale con cui è stata acquisita, senza apportare modificazioni di tipo geometrico e/o topologico.

L'adattamento al modello concettuale preventivamente adottato per la valutazione della pericolosità integrata ha previsto invece l'assegnazione di valori specifici ad ogni classe di pericolosità, sia geomorfologica che idraulica, secondo la Tab. 3.

Classe di pericolosità'	Livello di pericolosità'	Valore associato
Hg1	Basso	1
Hg2		
Hg3	Elevato	2
Hg4	Molto elevato	3
Hi1	Basso	1
Hi2		
Hi3	Elevato	2
Hi4	Molto elevato	3

Tab. 3 – Associazione dei valori alle diverse classi di pericolosità geomorfologica e idraulica individuate dal PAI.

L'elaborazione dei dati geografici ha previsto l'estrapolazione delle tabelle di attributi dei *datasets* e quindi la riclassificazione delle informazioni collegate al fine di adattare i valori con quanto previsto per le altre aree tematiche trattate secondo il modello concettuale preventivato.

Valutazione della pericolosità integrata

A seguito della elaborazione dei dati di *input* provenienti dalla sintesi specifica delle aree tematiche individuate, si è proceduto alla valutazione della pericolosità ambientale integrata attraverso l'applicazione di un modello basato sull'*overlay* aritmetico su base *raster*. Questo procedimento ha previsto pertanto la conversione delle informazioni geografiche da formato vettoriale di acquisizione al formato *raster* con cella quadrata di lato 30 m e successivamente la loro somma aritmetica la semplificazione e la riclassificazione del risultato finale.

Infatti, la somma aritmetica dei quattro livelli *raster* di input ha dato come risultato un *raster* i cui valori variano tra 0 e 12, per ottenere una semplificazione e poter rappresentare il livello di pericolosità integrata su quattro classi, è stata apportata una semplificazione o riclassificazione dei valori del *raster* facendoli variare tra 0 e 4. In questo modo si sono ottenute quattro classi di valori raster a cui sono associati dei livelli pericolosità integrata secondo la Tab. 4 e la mappa seguente.

Intervallo valori raster	Livello di pericolosità integrata	Valore
0	Nulla	0
0,00001 – 3	Basso	1
3,00001 – 6	Medio	2
6,00001 – 9	Elevato	3
9,00001 – 12	Molto elevato	4

Tab. 4 – Classificazione dei valori raster, indicazione di una classificazione qualitativa per il livello di pericolosità e associazione del valore numerico di riclassificazione.

In base a quanto riassunto nella Tab. 8 è stata redatta la mappa della distribuzione delle aree soggette a pericolosità ambientale integrata.

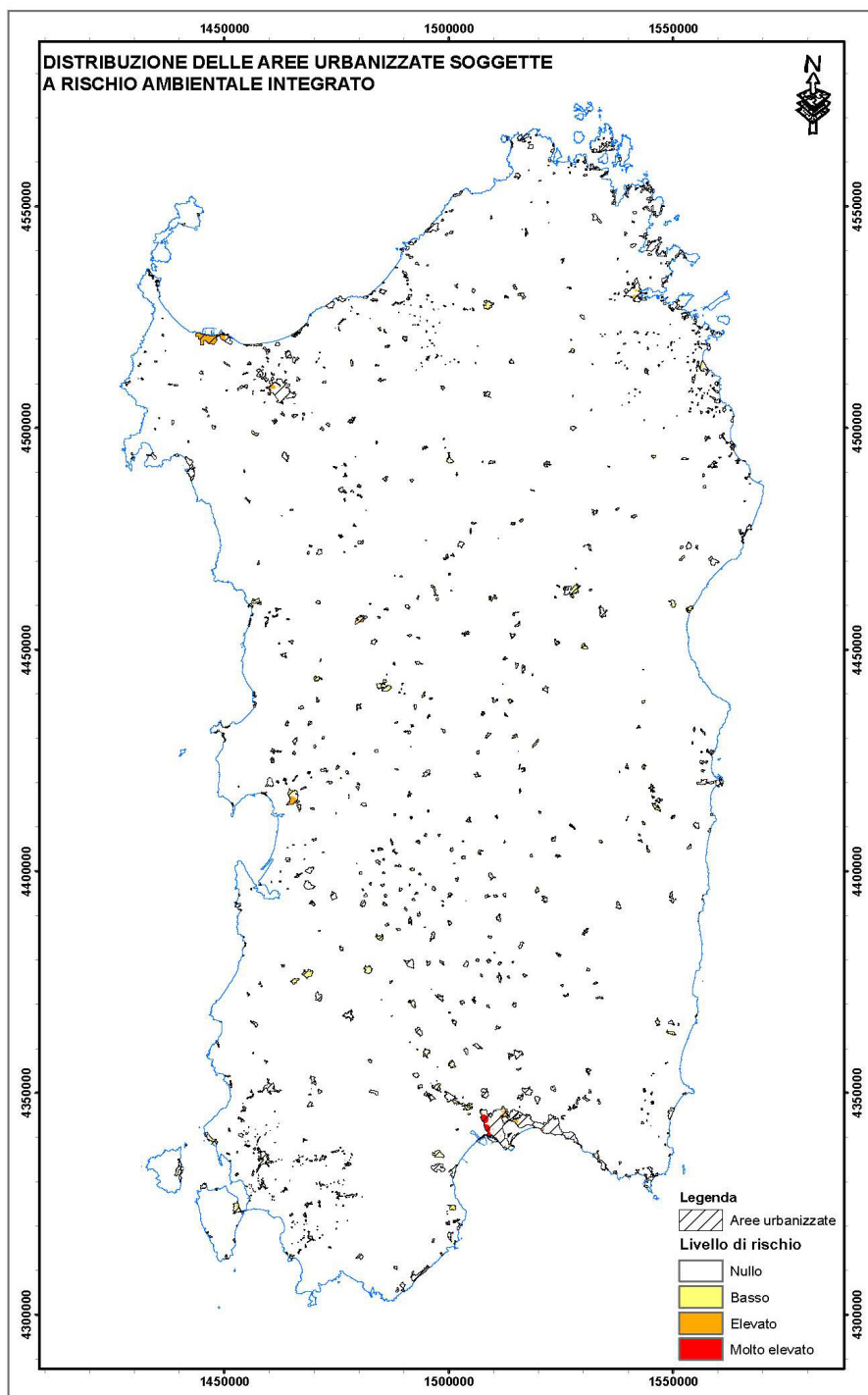


Fig. 1 – Distribuzione delle aree urbanizzate soggette a rischio ambientale integrato.

Valutazione della vulnerabilità territoriale

Come detto in precedenza, nel presente studio rivolto alla scala regionale, la vulnerabilità territoriale è stata individuata nelle aree abitate della Sardegna e tenendo conto anche in questo caso e per omogeneità delle fonti, dei dati originari del SITR.

Da ciò si evince chiaramente che gli elementi a rischio sono sostanzialmente individuati con l'estensione geografica dei centri abitati e degli insediamenti umani, mentre l'associazione del valore agli elementi a rischio viene predisposta in funzione del numero di abitanti residenti in ogni centro abitato individuato, sempre attraverso la consultazione dei dati geografici del SITR.

Classi per n° abitanti	Livello di vulnerabilità ²	Valore
0	Nulla	0
0 - 1000	Molto basso	1
1000 - 10000	Basso	2
10000 - 30000	Medio	3
30000 - 50000	Elevato	4
> 50000	Molto elevato	5

Tab. 5 – Classificazione dei valori raster, indicazione di una classificazione qualitativa per il livello di pericolosità e associazione del valore numerico di riclassificazione.

Valutazione del rischio integrato

Il rischio viene valutato come il prodotto tra la pericolosità e la vulnerabilità (considerata come valore degli elementi a rischio) di conseguenza si deve evidentemente considerare che laddove non esistono fonti di pericolosità il rischio non esiste e tanto meno laddove non sono presenti elementi a rischio il rischio non esiste, pertanto il valore di rischio nullo non comporta l'esclusione dell'uno o dell'altro parametro di input.

Il prodotto tra la pericolosità integrata e la vulnerabilità territoriale ha dato come risultato un raster i cui valori variano tra 0 e 15 (Tab. 6), ove zero significa assenza di rischio integrato e 15 massimo livello di rischio integrato; per ottenere una semplificazione e poter rappresentare il livello di rischio integrato su quattro classi è stata apportata una riclassificazione dei valori del raster accorpandoli appunto in quattro classi.

Intervallo valori raster	Livello di rischio integrato	Valore
0	Nulla	0
1 - 3	Basso	1
4 - 6	Elevato	2
8 - 15	Molto elevato	3

Tab. 6 – Riclassificazione dei valori raster legata al prodotto tra la pericolosità integrata e la vulnerabilità territoriale.

Nella Fig. 1, che rappresenta l'elaborato grafico di sintesi del Progetto "Indagine preliminare per la valutazione del rischio integrato in Sardegna", presentato nella sessione Poster della 14^o Conferenza Nazionale ASITA, viene rappresentata la distribuzione delle aree urbanizzate soggette a rischio ambientale integrato in Sardegna.

Riferimenti bibliografici

Regione Autonoma della Sardegna (2003), *Piano Regionale di Gestione dei Rifiuti – Piano di Bonifica Siti Inquinati*.

Regione Autonoma della Sardegna (2004), *Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) - Interventi sulla rete idrografica e sui versanti. Legge 18 maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6, ter D.L. 180/98 e successive modifiche ed integrazioni*.