

METALLI PESANTI IN SARDEGNA E RISCHIO DA ESPOSIZIONE: STUDIO PRELIMINARE

Paolo VALERA (*), Elisabetta MUNTONI (*), Andrea DEIANA (*), Sandro MUNTONI (**)

(*) DIGITA – Dipartimento di Geoingegneria e Tecnologie Ambientali, Piazza D'Armi - Cagliari, tel. 070.6755508,
fax: 070.6755523, e-mail: pvalera@unica.it.

(**) Dipartimento di Tossicologia - Sezione Oncologia e Patologia Molecolare, via Ospedale 72 – Cagliari
tel. 070. 6758634, fax: 070.6755523, e-mail: smuntoni@unica.it.

Riassunto

Il Dipartimento di Geoingegneria e Tecnologie Ambientali della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Cagliari (DIGITA), da diversi anni è impegnato nella raccolta di campioni provenienti da diverse matrici (rocce, suoli e sedimenti) e nell'analisi dei relativi dati geochimici.

Da un esame dei dati raccolti si evince la presenza, in alcune aree della Sardegna, di alti tenori di alcuni elementi, considerati nella letteratura medica come nocivi (Cd, As, Pb, Hg, etc). Questo fatto ci ha suggerito di correlare i dati geochimici con i dati legati ad alcune patologie croniche potenzialmente associabili ad esposizione da metalli pesanti.

È apparso fin dal principio che lo studio di un modello di correlazione tra concentrazioni, anche naturali, di metalli pesanti e salute dell'uomo necessita di un approccio multidisciplinare, vista la complessità dell'argomento che comprende, sostanzialmente, tutto l'ecosistema.

La ricerca coinvolge la Facoltà di Medicina – Dipartimento di Tossicologia dell'Università di Cagliari e la Facoltà di Ingegneria – Dipartimento di Geoingegneria e Tecnologie Ambientali (DIGITA). Le metodologie d'indagine seguiranno le strade definite dalle diverse discipline coinvolte per poi convergere nella sovrapposizione e quindi nell'elaborazione dei dati finali. È comunque in atto, fin dalle prime fasi, una continua interazione tra i ricercatori coinvolti, in modo da caratterizzare le aree studiate con l'ausilio delle migliori informazioni ottenibili.

La ricerca si sta svolgendo secondo i seguenti punti fondamentali:

- scelta dell'area pilota;
- acquisizione e informatizzazione dei dati sanitari correlabili ad esposizione da metalli pesanti;
- studio di una metodologia per dare un significato geografico ai dati sanitari;
- una prospezione geochimica di dettaglio dell'area pilota e relativo studio geostatistico;
- correlazioni di verifica tra differenti matrici, come suoli, vegetali e insetti;
- speciazione di alcuni elementi analizzati, per valutarne la bio-disponibilità;
- sviluppo di un GIS, prevedibilmente open source, in cui saranno inseriti tutti i dati (sanitari, geochimici, litologici, ambientali, etc.);
- *overlaying*, elaborazione ed analisi dei dati;
- studio delle correlazioni statistiche e geostatistiche tra dati sanitari e dati geochimici, onde individuare coefficienti affidabili, che permettano di ottenere un Indice di Rischio per la salute
- utilizzo di *tecnologie GRID* per il calcolo parallelo distribuito.

La metodologia d'approccio utilizzata potrebbe suggerire un modello per lo studio di tematiche similari in altre aree geografiche, nonché uno strumento di valido aiuto per la caratterizzazione territoriale e quindi per la pianificazione del territorio.

Abstract

The Department of Geoengineering and Environmental Technologies (DIGITA), of the Faculty of Engineering - Cagliari University - since several years, is involved in sampling of several environmental matrix supports (rocks, soils and sediments) and their geochemical analysis.

In a preliminary analysis of the data we found high values of well known dangerous elements, such as Cd, As, Pb, Hg. These unexpected findings suggest us to set up a study on possible correlations between geochemical data and some chronic diseases existing in Sardinia compatible with heavy metals' presence.

From the beginning it's been clear that the study of a correlation model between human health and heavy metals' concentrations, even natural ones, needs a multidisciplinary approach in order to understand the complexity of the phenomena of interest, which practically involve the whole ecosystem.

The study involves Engineering Faculty - Department of Geoengineering and Environmental Technologies, and the Medicine Faculty – Department of Toxicology, both from Cagliari University. Investigation methodologies are going to follow the paths defined by different disciplines involved in the research and finally integrate in the resultant geodatasets overlaying and analysis. Involved researchers are living, from the first steps, a continuous and seamless interaction to characterize the areas of interest with the aid of best obtainable informations.

This study, is being carried out through the following steps:

- choice of pilot area;
- collection and digitalizing regional health data connected with heavy metals exposure;
- study of a methodology for health data georeferencing;
- a detailed geochemical prospection and geostatistical study of the pilot area;
- investigate the presence of the heavy metals in other matrices, like soil, vegetables and insects;
- speciation and biodisponibility analysis of some elements;
- GIS development, expectably open source, where all data will be analysed (medical, geochemical, lithological, ecc);
- data overlaying, processing and analysis;
- statistical analysis of correlations between morbidity /mortality and geochemical data, in order to identify reliable coefficients and to obtain a Risk Index for the human health;
- use of *GRID technologies* for distributed parallel computing.

In conclusion, this model can be considered not only an important source of information regarding gene-environment interactions in Sardinia, but also a validated method for further geochemical/medical analysis and territorial planning worldwide.

Introduzione

Il Dipartimento di Geoingegneria e Tecnologie Ambientali (DIGITA) della Facoltà di Ingegneria dell'Università Studi di Cagliari, ha di recente attivato uno studio, in collaborazione con il Dipartimento di Tossicologia dell'Università di Cagliari della Facoltà di Medicina, per l'individuazione delle correlazioni esistenti tra fluttuazioni nel tenore di metalli pesanti (Cd, As, Pb, Hg etc), in Sardegna e l'incidenza di particolari malattie croniche ad essi correlati. Tale studio nasce come "costola" dell'elaborazione della Nuova Serie delle Carte Geochimiche della Sardegna, attività in cui il DIGITA è impegnato già da alcuni anni e da cui sta emergendo che in differenti ed estese zone della Regione Sardegna, non solo in quelle aree ben note in cui è stato intensissimo lo sfruttamento geominerario, le concentrazioni di metalli pesanti sono spesso sensibilmente più elevate, a volte di alcuni ordini di grandezza, di quelle consentite dal D.Lgs 152/2006.

Questi valori elevati hanno suggerito studi più approfonditi e analisi critiche più complesse.

L'elaborazione della Nuova Cartografia Geochimica Ambientale della Sardegna si avvale di un gran numero di campioni di sedimenti da corrente (*stream sediment*), provenienti da una serie di campagne di prospezione mineraria effettuate in Sardegna dagli anni '70 in poi e custoditi presso il

DIGITA, nonché da una nuova campagna di campionamenti finalizzata a completare la raccolta di dati di aree che risultavano prive di notizie effettuate negli ultimi sette anni. L'archivio Geochimica *Stream Sediment* del DIGITA (AGSD) è attualmente composto da oltre 33.000 campioni.

Metodologia d'approccio

La ricerca, avviata ufficialmente nel febbraio 2007 ed in parte svolta nell'ambito di un dottorato di ricerca attivato presso il DIGITA, è basata su uno studio multidisciplinare che coinvolge molteplici competenze. Le metodologie d'indagine seguiranno le strade definite dalle diverse discipline coinvolte per poi convergere nella sovrapposizione e quindi nell'elaborazione dei dati finali.

È comunque in atto, fin dalle prime fasi, una continua interazione tra i ricercatori coinvolti, in modo da caratterizzare le aree studiate con l'ausilio delle migliori informazioni ottenibili.

Le fasi del progetto

In breve, i punti focali dello studio sono qui di seguito riassunti:

1. Scelta dell'area pilota

La scelta dell'area pilota su cui concentrare la nostra attenzione, onde poter effettuare prove e verifiche replicabili anche in altre parti del territorio, è il Foglio 549 – Muravera. Tale area è stata scelta per diversi motivi:

- è un'area in cui è presente l'Ospedale San Marcellino (per il reperimento dei dati della morbilità della popolazione) e in cui si ritiene che i dati sanitari siano abbondanti e facilmente reperibili;
- è un'area in cui gli studi di caratterizzazione geochimica finora svolti hanno evidenziato tenori di Arsenico, Cadmio, Piombo, Zinco etc di molto superiori a quelli massimi consentiti dal D.Lgs n.° 152/2006 per i siti contaminati.

Per questa area sono stati estratti, oltre il database dei campioni stream sediments, anche i database relativi ai punti quotati (per un totale di punti quotati pari a 2.352.075) ed è stata realizzata una prima bozza di carta litologica. Complessivamente la superficie interessata è di circa 587 km² per un totale di oltre 2387 campioni stream sediments, con una densità altamente variabile, mediamente di circa 4 campioni/km².

2. Acquisizione e informatizzazione dei dati sanitari

- a. Dati di mortalità degli ultimi decenni (Rencam, ASL);
- b. Dati di morbilità (dimissioni ospedaliere, registri tumori, etc.).

Attualmente si stanno informatizzando e digitalizzando i dati epidemiologici dell'ultima pubblicazione ufficiale disponibile e pubblicati dall'Osservatorio Epidemiologico della Regione Sardegna. Si tratta di una pubblicazione relativa alle cause di morte rilevate in Sardegna tra gli anni 1981 e 1988.

Purtroppo in questo momento non sono disponibili pubblicazioni regionali ufficiali più recenti.

Il lavoro che si sta compiendo utilizzando i dati regionali cartacei a disposizione, è rivolto alla creazione di un database georeferenziato contenente le cause di morte di ogni comune, suddivise per sesso e per patologia, relative agli anni 1981 – 1988.

3. Prospezione geochimica di dettaglio dell'area pilota e relativo studio geostatistico

Visti le difficoltà nel reperire fondi per un ulteriore campionamento di dettaglio, ci si è avvalsi dei dati già a nostra disposizione. Attualmente sono in corso di attuazione delle simulazioni dell'area del Foglio Muravera, utilizzando, adattandole, tecniche proprie della prospezione geomineraria. Tali tecniche, trasferite al campo ambientale, permettono di individuare e delimitare, con notevole precisione, aree in cui si hanno tenori anomali degli elementi ricercati, attraverso l'identificazione del valore di fondo (*background*) di un dato elemento in una data area, anche quando sensibilmente obliterato dai fenomeni di antropizzazione.

4. Studio di una metodologia per dare un significato geografico ai dati sanitari

I dati sanitari sono stati georiferiti, in via preliminare, utilizzando come unità-base i limiti amministrativi comunali. Tale scelta si basa sulla necessità di dare un primo ordine geografico a dati originariamente raccolti per esigenze diverse, le cui priorità rendevano trascurabile l'importanza del loro legame con il territorio di provenienza, così come inteso nelle scienze naturali. Attualmente è in fase di studio l'incrocio dei dati sanitari con dati da telerilevamento, indagini sul campo e l'analisi del fenomeno antropico in generale.

5. Correlazioni di verifica tra differenti matrici

Si possono riassumere in:

- suoli – sedimenti da corrente: nonostante il lavoro sia ancora in fase di elaborazione, i primi risultati ci indicano la fondatezza dell'idea iniziale. Alcuni studi di carattere preliminare (Marcello A. et Alii, 2005) forniscono dati incoraggianti circa la possibile esistenza di coefficienti di correlazione che legano i dati dei tenori in campioni stream ai dati dei campioni di suoli.
- api e loro prodotti; insetti;
- vegetali: analisi di laboratorio direttamente sulle specie vegetali e copertura vegetazionale;
- informatica: tecnologia web-services ed architettura GRID, con possibilità di accesso ad altre banche dati;
- altro (latte, carni, ecc);
- uomo.

6. Speciazione e bio-disponibilità

Questa fase dello studio non è ancora stata attivata.

7. Sviluppo di un GIS, prevedibilmente open source, in cui saranno inseriti tutti i dati (sanitari, geochimici, litologici, ecc.)

È allo studio un sistema di rappresentazione grafica che fornisca un'idea dello stato geochimico dell'area in esame il più vicino possibile allo stato reale. Tale sistema è impostato sulle esperienze fatte durante la stesura della prima serie della cartografia geochimica regionale (Marcello et al., 2003) e conserva la stessa filosofia di base, ovvero la trasformazione dei dati analitici puntuali in dati areali. Tra le diverse metodologie, la più interessante e suscettibile di sviluppi appare quella basata sui bacini idrografici sottesi nel punto di campionamento stream, associando, ad ogni bacino, un cromatismo corrispondente ad un intervallo di valori, nel quale rientra il valore analitico del campione di chiusura del bacino (Manca M.G., et al., 2003; Marcello A. et al., 2005.; Valera P., 2005; Marcello et al., 2007).

I prototipi dei tematismi cartografici, in fase avanzata di realizzazione, serviranno per il controllo e la verifica dell'efficienza e della precisione delle applicazioni GIS che verranno sviluppate per la visualizzazione dei dati in automatico.

Le metodologie operative attualmente applicate per la realizzazione dei prototipi delle carte, sono state sviluppate durante varie fasi. Innanzitutto sono stati riportati, su base vettoriale in scala 1:10.000, tramite GIS, i punti di campionamento, verificando posizione e campagna di campionamento. Successivamente, sono state realizzate:

- la base litologica, ancora in fase di correzione e aggiornamento;
- un DEM dell'area di Muravera, realizzato sulla base di un programma di estrazione dei punti scritto dal personale DIGITA (Mazzella A. et al., 2004, Valera P., 2005), per un totale di punti quotati pari a 2.352.075. La metodologia di estrazione è in fase di revisione, per poter ottenere una maggior quantità di punti e quindi di precisione;

- la carta vettorializzata dei bacini idrografici che, data la scala, ha comportato delle scelte obbligate. Infatti, la base topografica non era sufficientemente dettagliata, soprattutto in certe aree in cui il campionamento risultava molto fitto ed in cui i valori di concentrazione degli elementi variano sensibilmente. Questo punto è attualmente in fase di studio. Finora i bacini digitalizzati sono oltre 1.300.

Tutti i dati dell'area di Muravera sopra riportati, oltre ad essere presenti nell'AGSD ed in altri database geografici in forma numerica (bacini, analisi, DEM, litologia, ecc..) o alfanumerica (*key*), sono stati trasformati in formato *shapefile* per le prime osservazioni su GIS.

8. Analisi dei dati

Al momento opportuno saranno verificati i dati acquisiti, sia attraverso la sovrapposizione dei vari strati informativi, sia attraverso l'incrocio dei dati (ad esempio suoli-stream) per una caratterizzazione più affidabile dell'area attraverso i migliori dati ottenibili.

9. Studio delle correlazioni statistiche e geostatistiche tra dati sanitari e dati geochimici, onde individuare coefficienti affidabili, che permettano di ottenere un Indice di Rischio per la salute

Alcune tipologie di malattia e cause di morte potranno essere auspicabilmente correlate statisticamente con la presenza nel territorio di concentrazioni anomale degli elementi considerati: le correlazioni biostatistiche potranno essere svolte in collaborazione con i Dipartimenti della Facoltà di Medicina, per l'individuazione delle procedure di calcolo statistico più idonee al caso in esame (analisi multivariata, correlazioni lineari etc).

Conclusioni

Una volta descritto il fenomeno, si potrà procedere alla definizione di una “mappa del rischio” delle aree obiettivo, che descriva il rischio da esposizione ambientale di un dato elemento chimico nell'area in esame e rappresenti le aree a differente pericolosità. Questa operazione può essere svolta studiando un apposito Indice di Rischio, ottenuto sulla base anche di studi e procedure internazionali già assodati, attribuendo dei pesi alle variabili che concorrono alla definizione del rischio e che risulteranno significative dall'analisi statistica condotta.

Lo studio in oggetto si propone pertanto di accertare l'esistenza di una metodologia capace di individuare eventuali correlazioni tra concentrazioni di metalli e patologie croniche al fine di rappresentare le mappe del rischio per la salute umana e di fornire uno strumento di supporto alle decisioni per le Amministrazioni Pubbliche. Il modello implementato potrebbe costituire infine un modello per lo studio di tematiche similari in altre aree geografiche, nonché uno strumento di valido aiuto per la pianificazione ottimale dell'utilizzo del territorio e delle risorse destinate al consumo umano.

Bibliografia

Mazzella A., Pretti S., Valera R. (1983), “Valutazione dei giacimenti e geostatistica: rischi e prospettive”, *Industria Mineraria*, 6: 23 – 27

Mazzella A., Pretti S., Valera R. (1984), “Valutazione dei giacimenti e geostatistica”, *Industria Mineraria*, 2: 15 – 18

Grillo S. M., Mazzella A., Melis F., Porcu R., Pretti S., Rivoldini S., Uras I., Carcangiu G., Fadda S., Fiori M., Paolomba M., Marini C. (1986), “Nota I: primi risultati della prospezione dell'area di Perdaxius. Rendiconti Società Italiana di Mineralogia e Petrografia” *Mineralizzazioni a solfuri associate alle vulcaniti terziarie della Sardegna*, 41 (2): 369 - 383

Maccioni L., Marchi M., Padalino G., Pretti S. (1992), “Preliminary geochemical exploration in semiarid climate: the case of a porphyry – type occurrence in Sardinia (Italy)”, *Journal of Geochemical Exploration*, Elsevier Science Publishers B.V., 42: 261-272

- Manca M.G., Matzuzzi C., Muscas F., Valera P. (2003) "Example of Geochemical Environmental Cartography: Sheet IGMI 546 - Guspini In Scale 1: 50.000", *Proceedings of the 4th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information System, June 17th/20th Bologna, Italy*, Vol. II, pag. 651
- Marcello A., Pretti S., Valera P. (2003), "The Cagliari, Nuoro, and Sassari sheets of the geochemical map of Italy: explanatory notes", *Geochemical Baselines of Italy*, Pacini Editore S.p.A., Ospedaletto (Pisa), 261-285 (ISBN 88-7781-532-9)
- Mazzella A., Valera P. (2004), "3D Map Extractor (a 3D mapping software)", *Abstracts - Part 1 of the 32nd International Geological Congress, Firenze, 20-28 Agosto 2004*, 305-306
- Valera P. (2005), "Paolocon: un software per la cartografia tematica in tre dimensioni", *WAU: I Workshop degli Assegnisti UNICA - XV Settimana della Cultura Scientifica e Tecnologica, 16, 17 e 18 Marzo 2005, Cittadella Universitaria di Monserrato, Cagliari*, 187
- Valera P. (2005), "Distribuzione dei metalli pesanti nel reticolo idrografico della Sardegna: risultati e prospettive d'indagine", *WAU: I Workshop degli Assegnisti UNICA - XV Settimana della Cultura Scientifica e Tecnologica, 16, 17 e 18 Marzo 2005, Cittadella Universitaria di Monserrato, Cagliari*, 187
- Marcello A., Mazzella A., Pretti S., Valera P., Fiori M. (2005), "Sedimenti fluviali (stream sediments) e suoli: analisi delle correlazioni esistenti fra le due tipologie di campioni. Primi risultati", *Rendiconti Associazione Mineraria Sarda A CX*, 49-57
- Fadda S., Fiori M., Matzuzzi C., Pretti S., Valera P. (2006), "Volcanic - Sedimentary Metal Deposition in Paleomargin Environment: the Protore of Castello Medusa, Central Sardinia, Italy", *Program and Short Abstracts of the 12th Quadrennial IAGOD Symposium 2006 - Understanding The Genesis of Ore Deposits to Meet the Demands of the 21st Century, Moscow, Russia, 21-24 August 2006*, 44
- Valera R.G., Valera P.G. (2006), "Georesources In Bronze Age -Sardinia", *Instrumentum n° 23, Juin 2006*, Éditions Monique Mergoil, Montagnac, pp. 37-39
- Marras G., Valera P.G., Roberto G., Valera (2007) "Metal Supply, and Domestic Metal Trade in Nuragic Sardinia", *Archaeometallurgy in Europe 2007, Aquileia 17-21 Giugno 2007, CD-ROM*
- Deiana A., Valera P., Muntoni E., Mazzella A., Demontis R., Lorrai E., Muscas L. (2007), "Spatial Dataset Infrastructure for Geochemical Hazard Analysis and Forecast: AGISGRID", *13th EC-GI&GIS Workshop - INSPIRE Time: ESDI for the Environment - Parallel and Poster Session Abstracts - Session: Posters I - Portugal 4-6 July 2007*, European Commission Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability, 190 (EUR 22792 EN; ISBN 978-92-79-06045-8; ISSN 1018-5593)
- Deiana A., Valera P., Muntoni E., Mazzella A., Demontis R., Lorrai E., Muscas L. (2007), "AGISGRID: A Spatial Dataset Infrastructure for Environment Modelling", *13th EC-GI&GIS Workshop - INSPIRE Time: ESDI for the Environment - Parallel and Poster Session Abstracts - Session: SDI Technology II - Porto, Portugal 4-6 July 2007*, European Commission Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability, 48-49 (EUR 22792 EN; ISBN 978-92-79-06045-8; ISSN 1018-5593)
- Marcello A., Muscas F., Pretti S., Valera P. (2007), "Foglio 549 - Muravera: inquadramento dell'area", *Progetto GEOBASI*, in stampa
- Marcello A., Muscas F., Pretti S., Valera P. (2007), "Geochimica ambientale mediante gli stream sediments", *Progetto GEOBASI*, in stampa