

CONOSCENZA GEOCHIMICA DEL TERRITORIO

COLLANA DIRETTA DA BENEDETTO DE VIVO

Direttore

Benedetto DE VIVO
Università degli Studi di Napoli Federico II

Comitato scientifico

Annamaria LIMA
Università degli Studi di Napoli Federico II

Domenico CICCHELLA
Università degli Studi del Sannio

Stefano ALBANESE
Università degli Studi di Napoli Federico II

Alecos DEMETRIADES
Institute of Geology and Mineral Exploration

CONOSCENZA GEOCHIMICA DEL TERRITORIO

COLLANA DIRETTA DA BENEDETTO DE VIVO

La conoscenza geochemica del territorio si è resa indispensabile dal momento che la contaminazione degli ecosistemi terrestri con sostanze ed elementi chimici tossici è divenuto un problema a livello globale. L'assunzione attraverso il cibo, l'acqua e le vie respiratorie degli inquinanti ha un impatto sulla salute che può manifestarsi anche sul lungo termine e in modi diversi. L'incidenza e la distribuzione geografica delle malattie (epidemiologia) dovute ad inquinamento ambientale è ben documentata. Queste malattie comprendono, perdita di acutezza mentale e di controllo motorio, disfunzione di organi critici, cancro, malattie croniche, inabilità e, alla fine, anche morte. La conoscenza geochemica del territorio fornisce elementi indispensabili per valutare scientificamente come "gestire" le concentrazioni anomale di sostanze ed elementi chimici tossici, sia alla sorgente che in-situ, in modo da eliminare o comunque minimizzare il loro impatto negativo sulla salute degli esseri viventi; individuare le sorgenti dell'inquinamento e sviluppare modelli per il controllo fisico, chimico e biologico relativamente alla loro mobilitazione, interazione, deposizione e accumulo negli ecosistemi terrestri. Su queste basi geologi, geochemici, chimici, biologi, ingegneri ambientalisti collaborano per sviluppare metodi e tecnologie finalizzate a preservare gli ecosistemi globali.

La collana "Conoscenza geochemica del territorio" vuole offrire ad un pubblico attento, anche se non necessariamente specialistico, gli strumenti necessari per comprendere e trattare in modo innovativo problemi di grande attualità come quelli della contaminazione ambientale e della salvaguardia del territorio e dei suoi ecosistemi naturali.

I dati illustrati nel presente volume sono il risultato della collaborazione tra il gruppo di ricerca coordinato dal Prof. Benedetto De Vivo e l'Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Mezzogiorno (IZSM di Portici). Tali dati sono stati prodotti nell'ambito del "Programma Campania Trasparente-Attività di Monitoraggio Integrato per la Regione Campania". Progetto finanziato dalla Regione Campania, Fondo PAC III – Misura B4 "Terra dei Fuochi" D.G.R. 497/2013 Regione Campania – Misure anticicliche per la salvaguardia dell'occupazione e lo sviluppo delle imprese.

**ALBERTO FORTELLI, ILARIA GUAGLIARDI,
STEFANO ALBANESE, DOMENICO CICCHELLA, CHENGKAI QU, BENEDETTO DE VIVO**

MONITORAGGIO GEOCHIMICO AMBIENTALE DEL BACINO DEL FIUME SARNO

**DISTRIBUZIONE DI ELEMENTI CHIMICI E COMPOSTI
ORGANICI POTENZIALMENTE TOSSICI NELLE DIVERSE
MATRICI AMBIENTALI: SUOLI SUPERFICIALI, SEDIMENTI
FLUVIALI, ACQUE DI FALDA, ACQUE SUPERFICIALI,
ARIA, VEGETALI E CAPELLI**





©

ISBN
979-12-218-1813-0

PRIMA EDIZIONE
ROMA 4 GIUGNO 2025

9 Capitolo I

Cartografia geochimica ambientale

1.1 Stato dell'arte della cartografia geochimica ambientale, 9 – 1.2 Siti di Interesse Nazionale della Regione Campania e normativa ambientale, 10 – 1.3 Liste dell'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) per i cancerogeni certi e cancerogeni probabili per l'uomo, 12 – 1.4 Cartografia Geochimica del bacino del fiume Sarno, 13.

17 Capitolo II

L'area oggetto di studio

2.1 Descrizione caratteristiche bacino del fiume Sarno, 17.

21 Capitolo III

Materiali e metodi

3.1 Campionatura di suoli, sedimenti fluviali, acque di falda, acque superficiali, vegetali e capelli, 21 – 3.2 Analisi di laboratorio e controlli di qualità delle analisi, 22 – 3.3 Elaborazione cartografica e statistica dei dati, 22.

22 Capitolo IV

Mappe della distribuzione degli elementi maggiori nelle matrici: suoli, sedimenti fluviali, acque di falda, acque superficiali, vegetali e capelli

4.1 Distribuzione degli elementi maggiori nei suoli superficiali, 22 - 4.2 Distribuzione degli elementi maggiori nei sedimenti fluviali, 33 - 4.3 Distribuzione degli Elementi Maggiori nelle Acque di falda, 38 - 4.4 Distribuzione degli Elementi Maggiori nelle Acque superficiali, 41 - 4.5 Distribuzione degli Elementi Maggiori nei Vegetali, 45 - 4.6 Distribuzione degli Elementi Maggiori nei capelli umani, 49.

55 Capitolo V

Mappe della distribuzione degli Elementi Potenzialmente Tossici, nelle matrici: Suoli, Sedimenti Fluviali, Acque di Falda, Acque Superficiali, Vegetali e Capelli umani

5.1 Distribuzione degli Elementi Potenzialmente Tossici nei Suoli superficiali, 55 - 5.2 Distribuzione degli Elementi Potenzialmente Tossici nei Sedimenti fluviali, 75 - 5.3 Distribuzione degli Elementi Potenzialmente Tossici nelle Acque di falda, 82 - 5.4 Distribuzione degli Elementi Potenzialmente Tossici nelle Acque superficiali, 88 - 5.5 Distribuzione degli Elementi Potenzialmente Tossici nei Vegetali, 94 - 5.6 Distribuzione degli Elementi Potenzialmente Tossici nei Capelli umani, 102.

111 Capitolo VI

Mappe della distribuzione degli Elementi Minori/in traccia nelle matrici: Suoli, Sedimenti Fluviali, Acque di Falda, Acque Superficiali, Vegetali e Capelli umani

- 6.1 Distribuzione degli Elementi Minori/in traccia nei Suoli superficiali, 111 -
- 6.2 Distribuzione degli Elementi Minori/in traccia nei Sedimenti fluviali, 131 -
- 6.3 Distribuzione degli Elementi Minori/in traccia nelle Acque di falda, 138 -
- 6.4 Distribuzione degli Elementi Minori/in traccia nelle Acque superficiali, 145 -
- 6.5 Distribuzione degli Elementi Minori/in traccia nei Vegetali, 153 -
- 6.6 Distribuzione degli Elementi Minori/in traccia nei Capelli umani, 167.

181 Capitolo VII

Mappe di distribuzione degli Elementi Nobili nelle matrici: Suoli, Sedimenti Fluviali, Acque di Falda, Acque Superficiali, Vegetali e Capelli umani.

- 7.1 Distribuzione degli Elementi Nobili nei Suoli superficiali, 181 -
- 7.2 Distribuzione degli Elementi Nobili nei Sedimenti fluviali, 183 -
- 7.3 Distribuzione degli Elementi Nobili nelle Acque di falda, 184 -
- 7.4 Distribuzione degli Elementi Nobili nei Vegetali, 184 -
- 7.5 Distribuzione degli Elementi Nobili nei Capelli umani, 185.

189 Capitolo VIII

Mappe della distribuzione dei POP (IPA, PCB, OCP) nei Suoli superficiali

- 8.1 Distribuzione degli IPA nei Suoli Superficiali, 187 -
- 8.2 Distribuzione dei PCB nei Suoli Superficiali, 198 -
- 8.3 Distribuzione degli OCP nei Suoli Superficiali, 214.

233 Capitolo IX

Mappe della distribuzione dei POP (IPA, PCB, OCP) e PBDE nell'Atmosfera (7 Stagioni)

- 9.1 Distribuzione degli IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici) in Atmosfera, 233
- 9.2 Distribuzione dei PCB (Policlorobifenili) nell'Atmosfera, 252 -
- 9.3 Distribuzione dei Pesticidi (OCP) nell'Atmosfera, 280 -
- 9.4 Distribuzione di PBDE (Eteri di Polibromobifenili) nell'Atmosfera, 306.

309 Capitolo X

Conclusioni, 308

312 Bibliografia

Cartografia geochimica ambientale

La cartografia geochimica ambientale consente di individuare le aree interessate da concentrazioni anomale di elementi potenzialmente tossici per la vita delle piante e degli animali e permette, inoltre, di salvaguardare l'uomo da inevitabili ripercussioni legate agli equilibri della catena alimentare. Essa costituisce un valido strumento di controllo del territorio, consente di stabilire un comune *database* a livello nazionale, regionale e locale in modo da fornire un quadro di riferimento per l'adozione di metodi standardizzati in vista di studi più localizzati e specialistici per dare risposta a problemi di carattere economico e/o ambientale che riguardano l'agricoltura, il comparto forestale, l'approvvigionamento di acqua e l'irrigazione, lo smaltimento dei rifiuti, il reperimento di risorse minerarie e il loro sfruttamento, le indagini epidemiologiche, la salute degli animali e degli uomini, l'inquinamento industriale nonché, in generale, l'uso del suolo. Può svolgere, inoltre, un ruolo fondamentale nel contribuire a incentivare la produttività del territorio mediante una più corretta gestione dell'ambiente (Darnley et al., 1995; Plant et al., 2001).

1.1 Stato dell'arte della cartografia geochimica ambientale

Da diversi anni, in questo settore, sono attivi vari Progetti internazionali inseriti nel contesto europeo e mondiale. Nell'ambito di uno di questi primi progetti, denominato FOREGS (*Forum of European Geological Surveys*), al quale partecipavano i Servizi Geologici Nazionali di 25 Paesi, un gruppo di ricercatori delle Università di Napoli "Federico II", di Padova, di Siena e del Sannio, con a capo il Prof. Benedetto De Vivo, ha rappresentato l'Italia e ha contribuito alla realizzazione dell'Atlante Geochimico Ambientale dell'Europa (Salminen et al. 1998; 2005; De Vos et al., 2006) e diversi altri lavori interpretativi (Lima et al., 2008, Fedele et al., 2008a). Un gruppo delle Università di Napoli Federico II, di Bologna, di Cagliari e del Sannio, coordinato sempre dal Prof. Benedetto De Vivo, dal 2007 ha proseguito le attività FOREGS nell'ambito dell'*EuroGeoSurveys Geochemistry Expert Group*, e poi a partire dal 2011, autonomamente nell'ambito delle attività europee come *GEMAS e URGE Project Teams*. Anche se nell'ambito dell'*EuroGeoSurveys Geochemistry Expert Group*, l'Italia dal 2007 veniva rappresentata ufficialmente dall'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), le attività sono state effettuate dal Gruppo di Ricercatori Universitari coordinato dal Prof. De Vivo (su mandato ISPRA). In tale contesto europeo sono stati realizzati svariati atlanti geochimico-ambientali, riportanti i risultati del monitoraggio dei suoli e dell'aria della Regione Campania (De Vivo et al., 2021a, b; 2022a, b).

Ulteriori studi geochimico-ambientali sono stati realizzati in aree specifiche della Campania a maggiore impatto antropico. In particolare, nel bacino del fiume Sarno (Albanese et al., 2012; Cicchella et al., 2014b) sono stati condotti studi sulla biodisponibilità e sul trasferimento dei contaminanti dal suolo agricolo alle piante (Adamo et al., 2014). In aggiunta, per la valutazione del livello di contaminazione in relazione alla presenza degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) e Policlorobifenili (PCB) sono stati eseguiti test di ecotossicità attraverso indagini su *Daphnia magna* (Arienzo et al., 2015), e studi sulla distribuzione dei rapporti isotopici del Pb, utilizzati come traccianti, per

comprendere come avviene il trasferimento dei contaminanti dalle matrici ambientali (acqua, suoli, sedimenti, aria, colture) all'uomo (Cicchella et al., 2016).

1.2. Siti di Interesse Nazionale della Regione Campania e normativa ambientale

A partire dal 1998 il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha individuato, con la Legge n. 426, quindici S.I.N. (Siti di Interesse Nazionale), localizzati su tutto il territorio italiano. Negli anni seguenti, con l'emissione di ulteriori Leggi (388/00, 468/01, 179/02, 266/05 e 152/06), il numero di questi siti è aumentato fino a 54. In questa lista di siti rientrano tutte quelle aree altamente inquinate che, sia per la loro estensione che per il loro utilizzo, vengono considerate particolarmente a rischio per la salute dell'uomo. La Legge italiana sancisce che per queste aree si rende necessaria una speciale attenzione ed una specifica attività di bonifica.

Molti di questi siti sono stati in passato sede di attività industriali ad alto impatto ambientale (industrie petrolchimiche, lavorazione dell'amianto), ma anche vecchi distretti minerari o grandi sversatoi di rifiuti, spesso illegali.

Quattro dei 54 S.I.N. sono ubicati nella Regione Campania:

1. Napoli Orientale
2. Napoli Bagnoli-Coroglio
3. Litorale Vesuviano
4. Litorale Domizio-Flegreo e Agro Aversano.

Il D.Lgs. 152/2006 "Norme in materia ambientale" ha come obiettivo primario la promozione dei livelli di qualità della vita umana, da realizzare attraverso la salvaguardia ed il miglioramento delle condizioni dell'ambiente e l'utilizzazione accorta e razionale delle risorse naturali. Tale decreto disciplina, le procedure per la valutazione ambientale strategica (VAS), per la valutazione d'impatto ambientale (VIA) e per l'autorizzazione ambientale integrata (IPPC), la difesa del suolo e la lotta alla desertificazione, la tutela delle acque dall'inquinamento e la gestione delle risorse idriche, la gestione dei rifiuti e la bonifica dei siti contaminati, la tutela dell'aria e la riduzione delle emissioni in atmosfera, la tutela risarcitoria contro i danni all'ambiente. La Tabella 1 dell'Allegato 5 al Titolo V, del suddetto decreto, riporta le concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) per suolo e sottosuolo riferite alla specifica destinazione d'uso rispettivamente dei siti residenziali e industriali. Recentemente, col il DM n.46 del 1° marzo 2019 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), alle due sopramenzionate categorie di siti ne è stata aggiunta una terza, le aree agricole, dove i valori di CSC indicati sono compresi tra quelli fissati per aree residenziali e industriali (Tabelle 1.1 e 1.2). Per definire un sito contaminato è necessario uno studio approfondito sito-specifico, sul quale effettuare, dopo la fase di monitoraggio, analisi di rischio. Sulla base di detta analisi si possono definire le "Concentrazioni Soglia di Rischio" (CSR), valide esclusivamente per il sito investigato. Le soglie così individuate diventano poi l'obiettivo degli eventuali interventi di bonifica.

Il ricorso all'analisi di rischio è una strategia condivisa in ambito europeo e perseguita da molti paesi sicuramente sensibili alla tutela dell'ambiente. La distanza fra i valori CSC e i CSR rappresenta in qualche misura la capacità del territorio di sopportare le pressioni ambientali esercitate dall'uomo: aree più vulnerabili avranno le CSC molto vicine alle CSR mentre quelle meno vulnerabili avranno un discreto margine fra CSC e CSR. Il D.L.136/2013 (Ministero dell'Ambiente, 2013) "Disposizioni urgenti dirette a