

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 geochimica 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 geochimica 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, geochimici, chimici, biologi, ingegneri ambientalisti collaborano per sviluppare metodi e tecnologie finalizzate a preservare gli ecosistemi globali.

La collana "Conoscenza geochimica 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.

Le Gouaches riportate all'interno del volume tra un capitolo e l'altro sono una riproduzione di opere originali di Adriana Pignatelli che ne detiene il copyright.

Benedetto De Vivo, Stefano Albanese, Annamaria Lima
Chengkai Qu, Alberto Fortelli, Annalise Guarino
Daniela Zuzolo, Mauro Esposito, Antonio Pizzolante
Pellegrino Cerino, David Hope, Pat Pond, Domenico Cicchella

Monitoraggio geochimico-ambientale dei suoli della Regione Campania

Progetto Campania trasparente

Volume II

Composti Organici Persistenti (POP):
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)
Policlorobifenili (PCB)
Pesticidi (OCP)

Con la collaborazione di

Giulia Minolfi, Carmela Rezza, Matar Thiombane, Attila Petrik, Antonio Cosenza
Davide Cardinale, Giuseppe Rofrano, Jacopo D'Auria, Alfonso Gallo, Andrea Pierri
Amedeo Ferro, Pio Galdi, Antonio Di Stasio, Federico Nicodemo





Aracne editrice

Copyright © MMXXI

ISBN 978-88-255-4107-6

*I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica,
di riproduzione e di adattamento anche parziale,
con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi.*

*Non sono assolutamente consentite le fotocopie
senza il permesso scritto dell'Editore.*

I edizione: **Roma**, aprile 2021

9 Premessa

11 Capitolo I

Introduzione

17 Capitolo II

Materiali, Metodi, Legislazione Ambientale

2.1 Raccolta e preparazione dei campioni, 17 - 2.2 Analisi di laboratorio e controlli di qualità delle analisi, 20 - 2.3 Elaborazione statistica dei dati, 22 - 2.4 Elaborazione cartografica, 22

27 Capitolo III

Cartografia geochimica degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) nei suoli superficiali (*top soils*)

3.1. Benzo(a)antracene, 30 - 3.2 Benzo(a)pirene, 34 - 3.3 Benzo(b)fluorantene, 38 - 3.4 Benzo(ghi)perilene, 42 - 3.5 Benzo(k)fluorantene, 46 - 3.6 Crisene, 50 - 3.7 Dibenzo(a,e)pirene, 54 - 3.8 Dibenzo(a,h)antracene, 58 - 3.9 Dibenzo(a,h)pirene, 62 - 3.10 Dibenzo(a,i)pirene, 66 - 3.11 Dibenzo(a,l)pirene, 70 - 3.12 Indeno(1,2,3-cd)pirene, 74 - 3.13 Pirene, 78 - 3.14 IPA Totali, 82 - 3.15 Acenaftene, 86 - 3.16 Acenaftilene, 89 - 3.17 Antracene, 92 - 3.18 Fenantrene, 95 - 3.19 Fluorantene, 98 - 3.20 Fluorene, 101 - 3.21 Naftalene, 104

107 Capitolo IV

Cartografia geochimica dei Policlorobifenili (PCB) nei suoli superficiali (*top soils*)

4.1 Monoclorobifenili, 112 - 4.2 Diclorobifenili, 115 - 4.3 Triclorobifenili, 119 - 4.4 Tetraclorobifenili, 121 - 4.5 Pentaclorobifenili, 124 - 4.6 Esaclorobifenili, 127 - 4.7 Eptaclorobifenili, 130 - 4.8 Octaclorobifenili, 133 - 4.9 Nonaclorobifenili, 136 - 4.10 Decaclorobifenili, 139 - 4.11. PCB Totali (Sommatoria dei 209 congeneri), 142 - 4.12 PCB-28 (2,4,4' triclوروبенzene) *marker*, 146 - 4.13 PCB-52 (2,2',5,5' tetraclorobenzene) *marker*, 149 - 4.14 PCB-101 (2,2',4,5,5'pentaclorobifenile) *marker*, 152 - 4.15 PCB-138 (2,2',3,4,4',5' esaclorobifenile) *marker*, 155 - 4.16 PCB-153 (2,2',4,4',5,5' esaclorobifenile) *marker*, 158 - 4.17 PCB-180 (2,2',3,4,4',5,5' eptaclorobifenile) *marker*, 161 - 4.18 PCB *Markers* totali, 164 - 4.19 PCB-77 (3,3',4,4' tetraclorobifenile) *dioxin like*, 167 - 4.20 PCB-81 (3,4,4',5 tetraclorobifenile) *dioxin like*, 170 - 4.21 PCB-105 (2,3,3',4,4' pentaclorobenzene) *dioxin like*, 173 - 4.22 PCB-114 (2,3,4,4',5 pentaclorobifenile) *dioxin like*, 176 - 4.23 PCB-118 (2,3',4,4',5 pentaclorobifenile) *dioxin like*, 179 - 4.24 PCB-123 (2',3,4,4',5 pentaclorobifenile) *dioxin like*, 182 - 4.25 PCB-126 (3,3',4,4',5 pentaclorobifenile) *dioxin like*, 185 - 4.26 PCB-156 (2,3,3',4,4',5 esaclorobenzene) *dioxin like*, 188 - 4.27 PCB-157 (2,3,3',4,4',5' esaclorobifenile) *dioxin like*, 191 - 4.28 PCB-167 (2,3',4,4',5,5' esaclorobifenile) *dioxin like*, 194 - 4.29 PCB-169 (3,3',4,4',5,5' esaclorobifenile) *dioxin like*, 197 - 4.30 PCB-189 (2,3,3',4,4',5,5' eptaclorobifenile) *dioxin like*, 200 - 4.31 PCB *dioxin-like* totali, 203

207 Capitolo V

Cartografia geochimica dei pesticidi organoclorurati (OCP) nei suoli superficiali (*top soils*)

5.1 OCP - Sottogruppo α - β - γ - δ -HCH, 211

5.1.1 α -HCH, 211 - 5.1.2 β -HCH, 215 - 5.1.3 γ -HCH (Lindano), 219 - 5.1.4 δ -HCH, 223

5.2 OCP - Sottogruppo Clordano-Nonacoloro, 226

5.2.1 α -Clordano, 226 - 5.2.2 γ -Clordano, 229 - 5.2.3 Clordano, 232 - 5.2.3 cis-Nonacoloro, 236 - 5.2.4 trans-Nonacoloro, 239

5.3 OCP - Sottogruppo DDD-DDE-DDT, 242

5.3.1 o,p'-DDD, 242 - 5.3.2 p,p'-DDD, 245 - 5.3.3 DDD, 248 - 5.3.4 o,p'-DDE, 252 - 5.3.5 p,p'-DDE, 255 - 5.3.6 DDE, 258 - 5.3.7 o,p'-DDT, 262 - 5.3.8 p,p'-DDT, 265 - 5.3.9 DDT, 268 - 5.3.10 DDD, DDE, DDT, 272

5.4 Sottogruppo Aldrin-Dieldrin-Endrin, 276

5.4.1 Aldrin, 276 - 5.4.2 Dieldrin, 280 - 5.4.3 Endrin, 284

5.5 Sottogruppo Endosulfano, 288

5.5.1 Endosulfano I, 288 - 5.5.2 Endosulfano II, 291 - 5.5.3 Endosulfano solfato, 294

5.6 Eptacoloro, 297

5.7 Esaclorobenzene, 300

5.8 Metoxycoloro, 303

5.9 Mirex, 306

309 Capitolo VI

Conclusioni sulla distribuzione dei POP nei suoli superficiali (*top soils*)

6.1 Premessa della ricerca, 309 - 6.2 Considerazioni finali, 310

313 Bibliografia

Premessa

Il piano Campania Trasparente

L'onda mediatica che ha colpito la Campania in questi anni, relativamente alle problematiche ambientali, ha posto all'attenzione della pubblica opinione una situazione di disagio che vede protagonista l'intero territorio regionale. Tale condizione si riverbera negativamente sulle condizioni socio-economiche della comunità, generando un largo disorientamento. La situazione, inoltre, resa particolarmente problematica da notizie a volte eccepibili nei contenuti e nelle forme, ha generato cittadini disinformati, tanto che le azioni poste in essere dalle autorità competenti non sempre assumono rilevanza informativa.

Campania Trasparente è un progetto che nasce per dare risposte concrete al territorio e che coinvolge il territorio. Un percorso virtuoso che racchiude un sistema di garanzia delle produzioni agricole e agroalimentari fino ad arrivare allo studio dei fenomeni di esposizione dell'uomo a potenziali inquinanti ambientali.

Il piano Campania Trasparente ha previsto un'attività di campionamento integrato, su scala regionale, su matrici alimentari, ambientali e biologiche umane ed animali, che rendono tale lavoro uno strumento utile al raggiungimento di numerosi obiettivi, tra i quali: la **garanzia delle produzioni agroalimentari** della Regione Campania; la **sensibilizzazione delle aziende produttrici** all'adozione di comportamenti virtuosi idonei a garantire la qualità dei prodotti e dell'ambiente in cui operano; l'**acquisizione di ulteriori dati utili** alla determinazione dei valori di fondo naturale per il suolo e le acque sotterranee sull'intero territorio regionale; l'**arricchimento del patrimonio di dati ambientali e sanitari** per la realizzazione di studi epidemiologici, finalizzati alla definizione di eventuali correlazioni tra stato dell'ambiente, qualità dei prodotti agricoli e stato di salute della popolazione; **fornire al decisore politico strumenti di supporto** per il coordinamento e l'integrazione tra politiche ambientali, agricole e sanitarie.

Le attività svolte nell'ambito del piano Campania Trasparente hanno interessato aziende agricole e zootecniche, all'interno delle quali sono stati effettuati i prelievi delle diverse matrici di origine ambientale (acqua, suolo e aria), animale e vegetale, sulle quali sono stati analizzati composti organici ed inorganici potenzialmente dannosi per l'uomo e caratteristiche chimico-fisiche utili ad una attendibile rappresentazione del territorio e delle produzioni campane ed alla valutazione dell'esposizione dell'uomo alle diverse fonti inquinanti presenti nell'ambiente sulla base dei risultati ottenuti dal biomonitoraggio umano (SPES).

Tale lavoro rappresenta un punto di riferimento fondamentale a diversi livelli istituzionali. Dai primi risultati, infatti, sono state avviate delle attività di coordinamento tra i diversi Enti campani e nazionali, volte alla definizione di politiche ambientali, agricole e sanitarie.

Tale lavoro è stato condotto nell'ambito del 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.

Gouache

Isola d'Ischia dal lago di Agnano



*L'immagine è una riproduzione di un'opera originale di **Adriana Pignatelli** che ne detiene il *copyright*

In questo volume, che fa seguito al Volume: De Vivo et al. 2021, *Monitoraggio geochimico-ambientale dei suoli della regione Campania. Progetto Campania Trasparente - Volume 1 - Elementi potenzialmente tossici e loro biodisponibilità. Elementi maggiori e in traccia (distribuzione in suoli superficiali e “profondi”)*, e del volume De Vivo et al., 2016 (*Atlante geochimico-ambientale dei suoli della Campania*), riportiamo la distribuzione dei Contaminanti Organici Persistenti (noti nella letteratura come POP - *PersistentOrganicPollutants*), nei suoli superficiali della Regione Campania.

I risultati, illustrati e discussi per tali contaminanti, sono stati conseguiti nell’ambito del Progetto “*Campania Trasparente - Attività di Monitoraggio Integrato per la Regione Campania*”, finanziato con *Del.G.R. n. 497/2013: Fondo per le Misure Anticicliche e la Salvaguardia dell’Occupazione - Azione B4 “Mappatura del Territorio”* approvato con il Decreto Esecutivo DG “Sviluppo Economico” n. 585, 14/09/2015 (Fig. 1.1). Le attività condotte nell’ambito della collaborazione scientifica tra l’Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Mezzogiorno ed il Dipartimento di Scienze della Terra dell’Ambiente e delle Risorse dell’Università di Napoli “Federico II”, coordinate dal Prof. B. De Vivo, hanno previsto sia il completamento della campionatura e dell’analisi dei suoli superficiali e “profondi” per gli elementi inorganici (già avviato con finanziamenti diversi da parte del gruppo di ricerca coordinato dal Prof. B. De Vivo, in anni precedenti al 2016) sia per il monitoraggio della matrice aria (attraverso Deposimetri Passivi - PUF e W&D). I risultati ottenuti nella matrice aria, sono riportati nel Volume 3.



Figura 11 In alto: la sede dell'IZSM di Portici; in basso: i loghi utilizzati per il progetto.

A fronte del finanziamento ricevuto da IZSM, l'Unità di Ricerca coordinata dal Prof. B. De Vivo, attiva presso l'Università di Napoli Federico II, ha conferito 6 Borse di Studio e Contratti di Prestazione Professionale fra il 2015 e il 2017, a laureati, dottorandi e dottori di Ricerca sia italiani (6) sia stranieri (2).

La contaminazione dell'ambiente con sostanze tossiche, determinata da attività antropiche per decenni e colpevolmente ignorata dalle istituzioni politiche dei paesi responsabili, è finalmente diventata un argomento cruciale sia nelle relazioni fra paesi industrializzati, sia all'interno dei singoli Stati. In questo quadro, si rende necessaria una conoscenza dettagliata dei fenomeni legati alle variazioni dell'ambiente naturale per effetto dell'inquinamento potenziale del territorio.

Nel Volume 1 abbiamo riportato i risultati e discusso la distribuzione degli elementi inorganici (maggiori, minori e in tracce tra i quali quelli potenzialmente tossici inseriti in Leggi ambientali - D.Lgs. 152/2006 e D.M. 46/2019) attraverso la produzione di varie tipologie di mappe, allo scopo di valutare le "condizioni di salute" del territorio. Tale approccio contribuisce, in maniera determinante, a che il risultato di una ricerca abbia una fondata validità scientifica e sia utile per individuare i pericoli dovuti alla presenza di sostanze nocive per la salute dell'uomo e per gli ecosistemi, evitando in questo modo di dare spazio a considerazioni emotive che di scientifico hanno ben poco.

Nell'ottica sopra esposta, esiste una ampia letteratura scientifica riguardante la caratterizzazione sistematica degli elementi inorganici nei suoli (si rimanda alla letteratura richiamata nel Volume 1), mentre per quanto riguarda la caratterizzazione dei Composti Organici Persistenti, quali Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), Policlorobifenili (PCB) e Pesticidi (OCP) (noti come POP – *Persistent Organic Pollutants*), non sono molti gli studi sistematici come per gli inorganici.

Questo è essenzialmente dovuto ad un costo analitico molto maggiore rispetto agli elementi inorganici e anche al fatto che, per ottenere risultati che abbiano una vera validità scientifica, bisogna analiticamente operare con strumentazioni ad alta risoluzione, i cui costi sono più alti di quelli prodotti in bassa risoluzione.

Nel Progetto Campania Trasparente, per l'importanza di ottenere un quadro esaustivo delle condizioni di salute dell'ambiente, si è proceduto anche ad una caratterizzazione delle concentrazioni dei vari cogeneri di IPA, PCB e OCP, sui suoli superficiali dell'intero territorio campano, sebbene con una densità di campionatura ridotta rispetto ai campioni di suolo superficiali prelevati per le determinazioni analitiche degli elementi chimici.

La cartografia sistematica della distribuzione di IPA, PCB e OCP, prodotta sui suoli superficiali della Campania, rappresenta un caso unico non solo in Italia, ma a livello europeo.

L'acquisizione di conoscenze scientifiche di carattere geochimico, medico e nutrizionale è indispensabile per lo studio oggettivo per poter arrivare, possibilmente, alla definizione di causa-effetto fra ritrovamento di contaminanti in matrici ambientali e patologie specifiche. Anche se è purtroppo diventata una

moda, attribuire qualsiasi patologia si manifesti alla contaminazione ambientale, senza produrre alcuna dimostrazione dell'esistenza della contaminazione invocata. Da tempo sono note le relazioni fra salute umana e caratteristiche geochimiche locali per quanto riguarda carenze o eccessi di elementi chimici quali I, F, Se ed As. Milioni di persone soffrono per esempio di fluorosi dentaria e scheletrica in Cina per eccesso di F nelle acque (sotto forma di fluoruro) oppure mostrano sintomi di avvelenamento per eccessive concentrazioni di As nelle acque potabili (De Vivo *et al.*, 2004; Zuzolo *et al.*, 2020).

Pertanto la conoscenza geochimica del territorio nazionale, la valutazione delle eventuali variazioni dovute a inquinamento e la divulgazione di questi dati, sfruttando le moderne tecniche di rappresentazione grafica, costituiscono componenti indispensabili per la predisposizione di piani di monitoraggio e il controllo delle risorse territoriali, per lo sviluppo delle attività industriali e antropiche in generale, che tengano conto delle conseguenze gravi che queste ultime possono determinare per l'ambiente e per l'uomo.

Sulla base delle esigenze sopra riportate in risposta anche a tante notizie allarmanti senza alcuna base scientifica, la Regione Campania è stata messa al centro dell'attenzione internazionale per una presunta contaminazione diffusa nei suoli, soprattutto dei fertili territori del napoletano e del casertano, che ha portato all'attenzione mediatica mondiale il pezzo di territorio noto come la Terra dei Fuochi, distruggendone, spesso immotivatamente, il comparto agricolo.

Il gruppo di ricerca coordinato dal Prof. De Vivo è più volte intervenuto sul problema, proponendo che esso fosse affrontato su basi scientifiche nella sua completezza, con ricerche mirate a effettuare indagini per: 1) caratterizzare, prima di tutto, la composizione geochimica del suolo agrario dell'aria e delle acque di falda su base regionale e locale; 2) definire il livello di biodisponibilità degli elementi e composti tossici; 3) determinare i tassi di assorbimento da parte delle varie tipologie di colture vegetali dei diversi potenziali contaminanti chimici presenti nei suoli e nelle acque di falda; 4) cercare di dimostrare una relazione diretta fra presenza di contaminanti nei suoli, nell'aria, nelle acque, nei prodotti agricoli e infine nelle matrici umane (capelli, urine, sangue) attraverso metodologie innovative (Cicchella *et al.*, 2016).

Tutto ciò, a) per cercare di determinare su basi scientifiche, laddove possibile, i potenziali percorsi di migrazione seguiti dagli inquinanti dal comparto geologico-ambientale verso quello biologico e, da quest'ultimo, lungo l'intero percorso (catena trofica) verso l'apice rappresentato dall'uomo; b) per dimostrare scientificamente la tracciabilità dei prodotti agro-alimentari che arrivano ai consumatori, con l'obiettivo di caratterizzare (e possibilmente "certificare") la qualità delle produzioni agricole campane.

Tutto quanto sopra è stato recepito e realizzato dal Piano Campania Trasparente, finanziato dalla Regione Campania, attraverso l'Istituto Zooprofilattico Sperimentale per il Mezzogiorno, programma al quale ha partecipato attivamente il Gruppo di Ricerca coordinato dal Prof. De Vivo. Il programma, iniziato a Settembre 2015 e concluso nel 2018, prevedeva il prelievo di decine di migliaia di campioni, fra suoli, acque sotterranee, prodotti agricoli,

matrici biologiche animali e umane al fine di garantire la salute dei consumatori dei prodotti campani e valutare i fenomeni di esposizione dell'uomo attraverso lo studio di biomonitoraggio SPES (Studio di Esposizione nella Popolazione Suscettibile).

I dati ottenuti, attraverso le diverse tipologie di campioni su tutta la Regione Campania in tempi molto veloci, confermano i risultati già ottenuti per attività pregresse sui suoli, analizzati per una suite di 52 elementi (maggiori minori e in tracce), di tutta la regione Campania dal Gruppo di Ricerca coordinato dal Prof. De Vivo. I risultati pregressi sono riportati in decine di pubblicazioni scientifiche internazionali (vedi bibliografia volume 1) e, a livello divulgativo, nell'Atlante Geochimico-Ambientale dei Suoli della Campania, Aracne Editrice, Roma (De Vivo *et al.*, 2016). Successivamente alle campionature dei suoli, si sono aggiunte quelle di altre matrici ambientali: aria, acqua, produzioni agricole e matrici biologiche che coprono l'intera Regione con elevata densità. I risultati conseguiti, complessivamente, indicano che le aree individuate come a rischio, sia per i metalli/metalloidi potenzialmente tossici sia per i composti organici (IPA, OCP, PCB), non sono ubicate genericamente nella Terra dei Fuochi (di questa è interessato, parzialmente, solo in parte il comprensorio Aversano e le aree comunali orientali ricadenti nell'Area Metropolitana di Napoli), bensì nei territori dell'area provinciale e metropolitana di Napoli e del bacino del fiume Sarno. Sulla Terra dei Fuochi e su relativo tam-tam mediatico sull'esistenza di patologie oncologiche, non entriamo nel merito, in quanto il nostro ruolo è stato quello di registrare lo stato dell'arte delle condizioni ambientali delle matrici suoli e aria di intera Regione Campania, effettuando il monitoraggio degli elementi inorganici e dei composti organici. Ben precisando in questa sede, che in ogni caso non possono essere giustificate in alcun modo le pratiche, gestite da attività illecite, sia di incendio in superficie di rifiuti urbani indefferezzanti e non, sia l'interramento illegale di rifiuti tossici di varia provenienza che hanno comunque causato contaminazioni per lo più circoscritte.

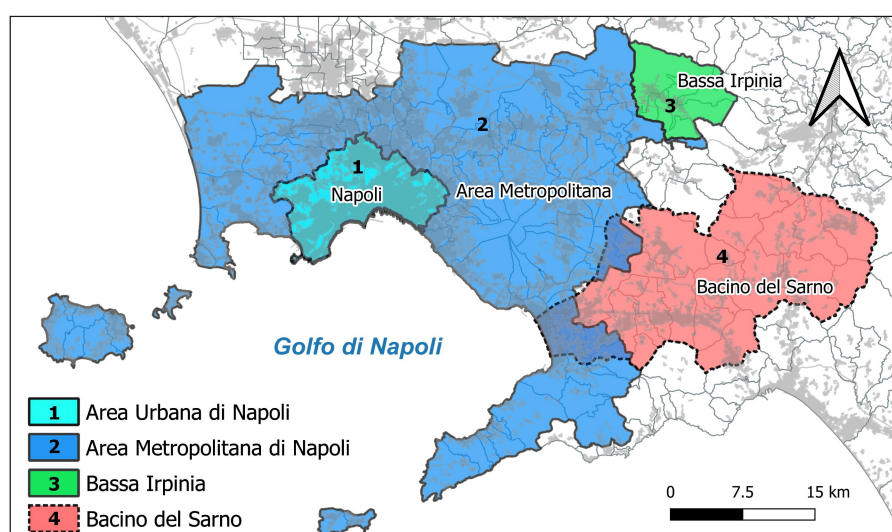


Figura 1.2 Area urbana e Metropolitana di Napoli; Bassa Irpinia e Bacino del fiume Sarno.

Precisiamo in questa sede che per quanto riguarda la delimitazione delle aree da noi richiamate, sia in questo Volume 2, sia nei Volumi 1 e 3 (De Vivo et al., 2021a, b), che intendiamo per Area Urbana di Napoli, l'ambito del territorio comunale di Napoli (Fig 1.2-1), per Area Metropolitana di Napoli, tutta la Provincia di Napoli (Fig 1.2-2), per Bassa Irpinia (Fig 1.2-3) e per Bacino del fiume Sarno (Fig 1.2-4).

Per "Terra dei Fuochi" si intende quel territorio, compreso tra la provincia di Napoli e l'area sud-occidentale della provincia di Caserta, interessato dal fenomeno delle discariche abusive e/o dell'abbandono incontrollato di rifiuti urbani e speciali, associato, spesso, alla combustione degli stessi. Nell'ambito dei suddetti Decreti, il Gruppo di Lavoro Inter-ministeriale, in applicazione alla Legge n. 6 del 06.02.2014 e della connessa Direttiva Interministeriale del 23.12.2013, ha provveduto alla classificazione delle aree preliminarmente individuate. I terreni agricoli sottoposti ad analisi sono stati individuati dal GdL mettendo a sistema le informazioni ambientali già disponibili: delle aree finora classificate i terreni con divieto di produzioni agroalimentari e silvo pastorali sono pari a circa 30 ettari prevalentemente distribuiti a Nord dell'area Nord metropolitana di Napoli. (fonte: <https://www.arpacampania.it/terra-dei-fuochi>).

A valle, comunque, dei risultati ottenuti con il progetto "Campania Trasparente", che fa della Campania la Regione meglio caratterizzata dal punto di vista geochimico-ambientale d'Italia, si dovrebbero effettuare, nelle aree risultate maggiormente impattate, indagini sito-specifiche, caso per caso con maggiore densità di campionatura e con il prelievo di ulteriori campioni di suoli, acque, aria, colture agricole e matrici biologiche, con il coinvolgimento di Istituzioni sanitarie (es, Istituto Pascale, già in parte coinvolto, nelle indagini del progetto Campania Trasparente) per tutti gli aspetti potenziali che coinvolgono gli effetti sulla salute umana e la valutazione dell'esposizione dell'uomo alle diverse fonti inquinanti presenti nell'ambiente sulla base dei risultati ottenuti dal biomonitoraggio umano (SPES). Si dovrebbero altresì programmare interventi di risanamento (messa in sicurezza e/o bonifica) mirati in tutti i siti che presentano superamenti delle CSC (valutati, opportunamente, sulla base dei valori background/baseline) laddove necessari, su basi scientifiche solide e non sulla spinta di emozioni. Oggi, questo avviene nell'ambito del piano regionale di bonifica, redatto dalla Regione Campania, aggiornato al 2018, in cui vengono indicati tutti i siti (compresi quelli classificati nell'ambito del Decreto Terra dei Fuochi) che presentano situazioni di potenziale contaminazione.

In queste valutazioni va tenuto ben presente che la distribuzione degli Elementi inorganici Potenzialmente Tossici (EPT), è fortemente dipendente dalla natura delle rocce a spese delle quali si formano i suoli; viceversa l'origine dei contaminanti organici (POP: IPA, PCB, OCP) potenzialmente tossici, è prevalentemente antropica. Ne discende da ciò che, nella situazione di base della Campania, le CSC sono modificabili, caso per caso, per gli EPT, non lo sono, in generale, per i POP.

Gouache

Vesuvio e Castel dell'Ovo



*L'immagine è una riproduzione di un'opera originale di **Adriana Pignatelli** che ne detiene il *copyright*

In aree specifiche della Campania a maggiore impatto antropico, per la valutazione del livello di contaminazione e del rischio sanitario ambientale in relazione alla presenza degli Idrocarburi Policiclici Aromatici e Policlorobifenili, sono stati realizzati studi geochimico-ambientali, precedentemente al Progetto Campania Trasparente (Albanese *et al.*, 2014; Arienzo *et al.*, 2015). Tali studi hanno interessato anche i sedimenti marini dei Golfi di Napoli e di Salerno (Wang *et al.*, 2015).

In questo volume sono illustrati i risultati dei POP (Contaminanti Organici Persistenti), comprendenti IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici), PCB (Policlorobifenili) e OCP (Pesticidi), ottenuti nei suoli superficiali, con relative mappe di distribuzione.

Nella Tabella 2.1 riportiamo i valori di concentrazione soglia di contaminazione (CSC) per i composti organici potenzialmente tossici nel suolo e sottosuolo, riferiti alla specifica destinazione d'uso dei siti da bonificare (D.Lgs. 152/2006 e D.M. 46/2019).

2.1 Raccolta e preparazione dei campioni

Nell'ambito delle attività del Progetto Campania Trasparente, una componente di particolare interesse è stato il prelievo di campioni compositi superficiali (*topsoil*) su cui rilevare il contenuto di composti organici (IPA, PCB e OCP). Sono stati prelevati 801 campioni di suolo. Considerato che l'intero territorio della Campania ha una superficie di 13.595 km², la densità nominale di campionatura è stata di circa 1 campione per 17 km² (Fig. 2.1).

Per le modalità di campionatura è stato seguito il protocollo riportato nel Manuale FOREGS (Salminen *et al.*, 1998) al fine di limitare al minimo la contaminazione indotta dalle stesse operazioni di prelievo, di seguito elencate:

- ✓ utilizzo di utensili, ben puliti, in plastica o in acciaio inox 18/10, non smaltati, allo scopo di evitare contaminazione da metalli;
- ✓ utilizzo di guanti in plastica monouso, da cambiare al prelievo di ogni singolo campione;
- ✓ pre-decontaminazione degli strumenti ad ogni prelievo allo scopo di ridurre la presenza di elementi appartenenti al campione prelevato in precedenza;
- ✓ prima setacciatura, sul campo, allo scopo di ridurre la componente grossolana caratterizzata per lo più da ciottoli, radici, fogliame, etc. e trattenere la frazione più fine utile per le analisi;
- ✓ etichettatura accurata dei campioni;
- ✓ annotazioni di campo contenenti informazioni sulla vicinanza a possibili fonti di contaminazione antropica (strade, distributori di benzina, officine meccani-

che/nautiche, industrie, utilizzo di pesticidi, insetticidi, diserbanti, ecc.), la descrizione morfologica del sito, quella vegetazionale, il grado di umidità del campione e il suo contenuto organico;

- ✓ fotografie delle sezioni e del sito con utilizzo del metro come riferimento.

Il lavoro di campionamento è stato preceduto da un attento studio preparatorio che ha tenuto conto sia dei risultati geochimico-ambientali di lavori pregressi in diverse aree della regione (De Vivo et al., 2016), sia di uno studio del territorio regionale sulla base dei principali indicatori economici, sociali e dell'uso del suolo per evidenziare le aree a maggior potenziale di incidenza antropica. Per l'esatta ubicazione dei siti di campionamento sono state utilizzate le tavole topografiche I.G.M. in scala 1:25.000, mediante supporto informatico. I campioni sono stati raccolti durante più campagne di campionamento, l'ultima delle quali è stata eseguita nel 2016. Il vasto database utilizzato per questo volume è stato realizzato, fra il 2015 e il 2017, da Ricercatori del Gruppo di Ricerca del prof. B. De Vivo e dal personale tecnico dell'IZSM.

Nei siti di campionatura, opportunamente individuati, sono stati prelevati dei campioni di suolo composito secondo le seguenti modalità:

- **Prelievo campione composito:**
 - ✓ Nel campionamento di aree con estensione inferiore a 10.000 mq, si sono prelevati cinque campioni rimaneggiati nei vertici e nel centro di un quadrato di lato noto, a formare un campione composito rappresentativo dell'area in esame;
 - ✓ Nel campionamento di aree con estensione maggiore di 10.000 mq, si sono prelevati nove campioni rimaneggiati ai vertici e al centro della suddetta area nonché ai quattro vertici del quadrato inferiore di lato noto, a formare un campione composito rappresentativo dell'area in esame.
- In presenza di diverse tipologie di suolo, sono state individuate zone omogenee da campionare, anche se di superficie complessiva inferiore all'ettaro. Inoltre, sono state escluse zone in cui sono state riscontrate situazioni anomale, ad esempio:
 - ✓ dove siano stati effettuati riporti;
 - ✓ dove vi siano affioramenti del sottosuolo, differenze di pietrosità superficiale, ristagni di acqua ecc;
 - ✓ nelle vicinanze dei bordi e delle strade;
 - ✓ dove non sussistono le condizioni di omogeneità che caratterizzano la zona di campionamento.

Tabella 2.1. Valori di concentrazione soglia di contaminazione (CSC), per i composti organici potenzialmente tossici, nel suolo e nel sottosuolo riferiti alla specifica destinazione d'uso dei siti da bonificare (D.Lgs. 152/2006 e D.M. 46/2019).

Composti	Siti ad uso residenziale/verde pubblico	Siti ad uso agricolo	Siti ad uso commerciale/industriale
Benzo(a)antracene	0,5	1	10
Benzo(a)pirene	0,1	0,1	10
Benzo(b)fluorantene	0,5	1	10
Benzo(k)fluorantene	0,5	1	10
Benzo(g,h,i)perilene	0,1	5	10
Crisene	5	1	50
Dibenzo(a,h)antracene	0,1	0,1	10
Indenopirene	0,1	1	5
IPA Sommatoria	10	-	100
Aldrin	0,01	0,01	1
Alfa-esacloroetano	0,01	0,01	0,5
Beta-esacloroetano	0,01	0,01	0,5
Gamma-esacloroetano	0,01	0,01	0,5
Clordano	0,01	0,01	0,1
DDD	0,01	0,01	0,1
DDT	0,01	0,01	0,1
DDE	0,01	0,01	0,1
Dieldrin	0,01	0,01	0,1
Endrin	0,01	0,01	2
PCB-non DL*	0,06	0,02	5
Esteri Acido Ftalico	10	10	60

*28, 52, 95, 99, 101, 110, 128, 146, 149, 151, 153, 170, 177, 180, 183, 187

In tutti i siti individuati per il prelievo di suoli superficiali (*topsoil*) il campione è stato raccolto alla profondità di 10-40 cm dal piano campagna in funzione del tipo e dell'uso del suolo.

- Caratteristiche del campione tal quale:

700-1000 g in barattolo di vetro (volume di 1 litro). Il barattolo è stato poi avvolto in fogli di alluminio e conservato in un frigo portatile a temperatura <4°C.

Una volta raccolti, i campioni sono stati portati in laboratorio per essere seccati alla frazione <2 mm e poi spediti al laboratorio canadese Pacific Rim Lab (Vancouver, Canada), per essere analizzati con Gas-Cromatografo ad Alta Risoluzione. I contenitori di vetro, con le aliquote di suolo per le analisi dei composti organici, sono state corredate di etichetta identificativa (adesiva e indelebile) riportante il codice a barre identificativo ID e la data di prelievo del campione. La conservazione e il trasporto di queste aliquote da analizzare è avvenuto mediante contenitori refrigerati con una temperatura uguale o inferiore a 4°C.

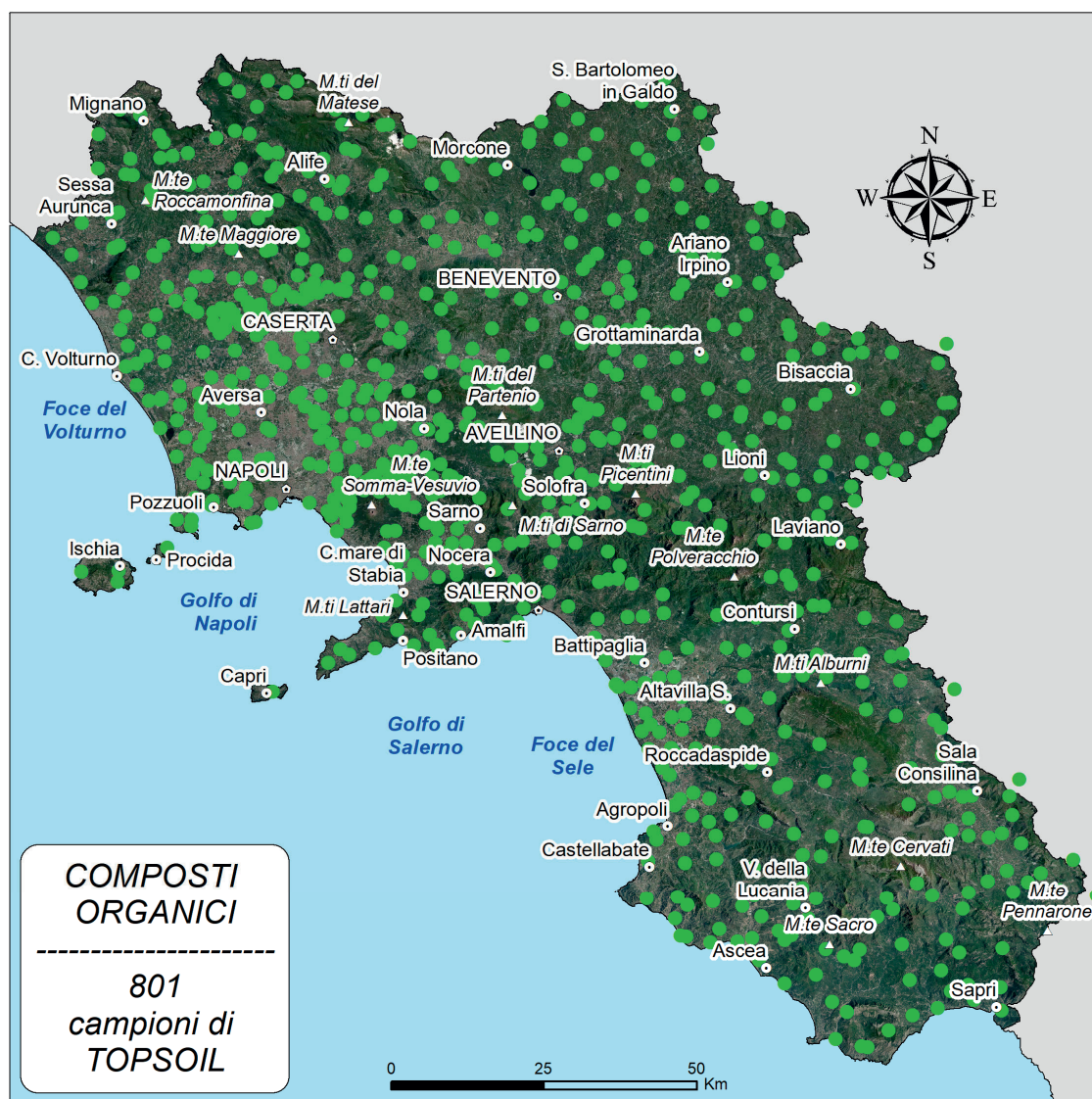


Figura 2.1. Carta dei siti campionati.

2.2 Analisi di laboratorio e controlli di qualità delle analisi

Le analisi chimiche, eseguite presso i laboratori Pacific Rim Lab (Vancouver, Canada) hanno interessato Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), Policlorobifenili (PCB) e Pesticidi (OCP).

2.2.1 Estrazione

I campioni di suolo (15 g di peso umido) sono stati miscelati con solfato di sodio anidro e addizionati con standard interni marcati ^{13}C (27 PCB - 5 ng ciascuno, 18 OCP - 25 ng ciascuno, e 11 IPA - 500 ng ciascuno). La miscela è stata