

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 CICHELLA
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, DOMENICO CICHELLA, STEFANO ALBANESE, CHENGKAI QU
ANNALISE GUARINO, ALBERTO FORTELLI, MAURO ESPOSITO, PELLEGRINO CERINO
ANTONIO PIZZOLANTE, DAVID HOPE, PATRICK POND, ANNAMARIA LIMA

MONITORAGGIO GEOCHIMICO-AMBIENTALE DELLA MATRICE ARIA DELLA REGIONE CAMPANIA

PIANO CAMPANIA TRASPARENTE

VOLUME III

**IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA)
POLICLOROBIFENILI (PCB), PESTICIDI (OCP)
ETERI DI POLIBROMOBIFENILI (PBDE)
ELEMENTI POTENZIALMENTE TOSSICI (EPT)**

Con la collaborazione di

GIULIA MINOLFI, CARMELA REZZA, MATAR THIOMBANE, ATTILA PETRIK
ROBERTO ROLANDI, ANDREA SGROSSO, DAVIDE CARDINALE, GIUSEPPE ROFRANO
JACOPO D'AURIA, ALFONSO GALLO, ANDREA PIERRI, AMEDEO FERRO
PIO GALDI, ANTONIO DI STASIO, FEDERICO NICODEMO





ISBN
979-12-5944-733-8

PRIMA EDIZIONE
ROMA 29 GENNAIO 2022

9 Premessa

11 Capitolo I

Introduzione

17 Capitolo II

Campionature, Materiali e Metodi

2.1 Raccolta e preparazione dei campioni, 19 - 2.2 Analisi di laboratorio e controlli di qualità delle analisi, 24 - 2.3 Elaborazione statistica dei dati, 26 - 2.4 Elaborazione cartografica, 26

27 Capitolo III

Carte geochimiche degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) nella matrice aria

Filtri Passivi (PAS-PUF), 30

3.1 Stagione A: Estate 2015 (27/7/2015 - 10/10/2015), 30 - 3.2 Stagione B: Autunno 2015 (11/10/2015 - 31/1/2016), 45 - 3.3 Stagione C: Inverno 2015-2016 (1/2/2016 - 20/4/2016), 61 - 3.4 Stagione D: Primavera 2016 (21/4/2016 - 10/7/2016), 77 - 3.5 Stagione E: Estate 2016 (11/7/2016 - 10/10/2016), 94 - 3.6 Stagione F: Autunno 2016 (11/10/2016 - 31/1/2017), 111 - 3.7 Stagione G: Inverno 2016-2017 (1/2/2017 - 10/4/2017), 128

Deposimetri Passivi - Wet&Dry, 145

3.8 Stagione D: Primavera 2016 (21/4/2016 - 10/7/2016), 145 - 3.9 Stagione E: Estate 2016 (11/7/2016 - 10/10/2016), 161 - 3.10 Stagione F: Autunno 2016 (11/10/2016 - 31/1/2017), 177 - 3.11 Stagione G: Inverno 2017 (1/2/2017 - 10/4/2017), 193

209 Capitolo IV

Carte geochimiche dei Policlorobifenili (PCB) nell'atmosfera

Filtri Passivi (PAS-PUF), 213

4.1 Stagione A: Estate 2015 (27/7/2015 - 10/10/2015), 213 - 4.2 Stagione B: Autunno 2015 (11/10/2015 - 31/1/2016), 234 - 4.3 Stagione C: Inverno 2015-2016 (1/2/2016 - 20/4/2016), 255 - 4.4 Stagione D: Primavera 2016 (21/4/2016 - 10/7/2016), 277 - 4.5 Stagione E: Estate 2016 (11/7/2016 - 10/10/2016), 300 - 4.6 Stagione F: Autunno 2016 (11/10/2016 - 31/1/2017), 323 - 4.7 Stagione G: Inverno 2016-2017 (1/2/2017 - 10/4/2017), 346

Deposimetri Passivi - Wet&Dry, 369

4.8 Stagione D: Primavera 2016 (21/4/2016 - 10/7/2016), 369 - 4.9 Stagione E: Estate 2016 (11/7/2016 - 10/10/2016), 391 - 4.10 Stagione F: Autunno 2016 (11/10/2016 - 31/1/2017), 413 - 4.11 Stagione G: Inverno 2017 (1/2/2017 - 10/4/2017), 435

457 Capitolo V

Carte geochimiche dei Pesticidi (OCP) nella matrice aria

Filtri Passivi (PAS-PUF), 460

5.1 Stagione A: Estate 2015 (27/7/2015 - 10/10/2015), 460 - 5.2 Stagione B: Autunno 2015 (11/10/2015 - 31/1/2016), 479 - 5.3 Stagione C: Inverno 2015-2016 (1/2/2016 - 20/4/2016), 498 - 5.4 Stagione D: Primavera 2016 (21/4/2016 - 10/7/2016), 517 - 5.5 Stagione E: Estate 2016 (11/7/2016 - 10/10/2016), 537 - 5.6 Stagione F: Autunno 2016 (11/10/2016 - 31/1/2017), 557 - 5.7 Stagione G: Inverno 2016-2017 (1/2/2017 - 10/4/2017), 577

Deposimetri Passivi - Wet&Dry, 597

5.8 Stagione D: Primavera 2016 (21/4/2016 - 10/7/2016), 597 - 5.9 Stagione E: Estate 2016 (11/7/2016 - 10/10/2016), 616 – 5.10 Stagione F: Autunno 2016 (11/10/2016 - 31/1/2017), 635 - 5.11 Stagione G: Inverno 2017 (1/2/2017 - 10/4/2017), 654

673 Capitolo VI

Carte geochimiche di Eteri di Polibromobifenili (PBDE) nella matrice aria

Filtri Passivi (PAS-PUF), 674

6.1 Stagione D: Primavera 2016 (21/4/2016 - 10/7/2016), 674 – 6.2 Stagione E: Estate 2016 (11/7/2016 - 10/10/2016), 676 – 6.3 Stagione F: Autunno 2016 (11/10/2016 - 31/1/2017), 679 – 6.4 Stagione G: Inverno 2016-2017 (1/2/2017 - 10/4/2017), 681

Deposimetri Passivi - Wet&Dry, 684

6.5 Stagione D: Primavera 2016 (21/4/2016 - 10/7/2016), 684 – 6.6 Stagione E: Estate 2016 (11/7/2016 - 10/10/2016), 686 – 6.7 Stagione F: Autunno 2016 (11/10/2016 - 31/1/2017), 689 – 6.8 Stagione G: Inverno 2017 (1/2/2017 - 10/4/2017), 691

695 Capitolo VII

Carte geochimiche degli Elementi Potenzialmente Tossici (EPT) nella matrice aria

7.1 Distribuzione dell'arsenico nelle 4 stagioni, 696 - 7.2 Distribuzione del berillio nelle 4 stagioni, 697 - 7.3 Distribuzione del cadmio nelle 4 stagioni, 698 - 7.4 Distribuzione del cobalto nelle 4 stagioni, 699 - 7.5 Distribuzione del cromo nelle 4 stagioni, 700 - 7.6 Distribuzione del rame nelle 4 stagioni, 701 - 7.7 Distribuzione del mercurio nelle 4 stagioni, 702 - 7.8 Distribuzione del nickel nelle 4 stagioni, 703 - 7.9 Distribuzione del piombo nelle 4 stagioni, 704 - 7.10 Distribuzione dell'antimonio nelle 4 stagioni, 705 - 7.11 Distribuzione del selenio nelle 4 stagioni, 706 - 7.12 Distribuzione dello stagno nelle 4 stagioni, 707 - 7.13 Distribuzione del tallio nelle 4 stagioni, 708 - 7.14 Distribuzione del vanadio nelle 4 stagioni, 709 - 7.15 Distribuzione dello zinco nelle 4 Stagioni, 710

711 Capitolo VIII

Analisi della distribuzione nella matrice aria dei POP's (IPA - OCP - PCB - PBDE) lungo sezioni significative

8.1 I percorsi, 711 - 8.2 La suddivisione stagionale della campagna di monitoraggio, 713 - 8.3 Percorso 1, 714 - 8.4 Percorso 2, 722 - 8.5 Percorso 3, 730 - 8.6 Percorso 4, 738 - 8.7 Percorso 5, 746 - 8.8 Percorso 6, 754

763 Capitolo IX

Conclusioni sulla distribuzione dei POPs (Contaminanti Organici Persistenti nella matrice aria

9.1 Idrocarburi Policiclici Aromatici – IPA, 764 - 9.2 Policlorobifenili – PCB, 764 - 9.3 Pesticidi Organo Clorurati – OCP, 764 -- 9.4 Eteri di Polibromodifenili – PBDE, 765 – 9.5 Elementi Inorganici Potenzialmente Tossici – EPT, 766

767 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 socioeconomiche della comunità, generando un largo disorientamento. La situazione, inoltre, resa particolarmente problematica da notizie a volte eccezionali nei contenuti e nelle forme, ha generato cittadini disinformati, tanto che le azioni attuate 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 ai volumi: De Vivo et al. 2021a, *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 De Vivo et al. 2021b, *Monitoraggio geochimico-ambientale dei Suoli della regione Campania. Progetto Campania Trasparente. Volume 2. Composti Organici Persistenti (POP): Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA); Policlorobifenili (PCB); Pesticidi (OCP) (Distribuzione in suoli superficiali)*, riportiamo la distribuzione di Contaminanti Organici Persistenti (POP - *Persistent Organic Pollutants*), raccolti con filtri passivi di poliuretano (PUF) e deposimetri passivi umido/secco (W&D), nella matrice aria 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 il monitoraggio della matrice aria (attraverso filtri passivi di poliuretano e deposimetri passivi - PUF e W&D). I risultati ottenuti per la matrice aria, sono riportati in questo Volume 3.

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.

Nei volumi 1 e 2 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) e composti organici persistenti (IPA, PCB, OCP) attraverso la produzione di varie tipolo-

gie 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.



Figura 1.1 In alto: la sede dell'IZSM di Portici; in basso: i loghi utilizzati per il progetto.

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 (vedi volume 2), quali Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), Policlorobifenili (PCB) e Pesticidi (OCP) (noti come OPC –*Persistent Organic Pollutants*), non sono molti gli studi sistematici come per gli inorganici. Questo è essenzialmente dovuto ad un costo analitico 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, ad una caratterizzazione sistematica anche della matrice aria, con la determinazione, oltreché di IPA, PCB e OCP, anche di Eteri di Polibromobifenili (PBDE) e di Esteri di Ftalati (PAE), attraverso l’utilizzo di 147 Filtri Passivi di Poliuretano (PUF) e di 43 deposimetri passivi umido/secco, a copertura dell’intera Regione Campania.

La cartografia sistematica della distribuzione di tali sostanze, prodotta sia per i suoli che per l’aria 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 di-

ventata 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 geochemiche 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 geochemica 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 geochemica 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, del bacino del fiume Sarno e della Bassa Irpinia. 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 indifferenziati e non, sia l'interramento illegale di rifiuti tossici di varia provenienza che hanno comunque causato contaminazioni per lo più circoscritte.

Precisiamo in questa sede che per quanto riguarda la delimitazione delle aree da noi richiamate, sia in questo Volume 3, sia nei Volumi 1 e 2 (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 Interministeriale, 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).

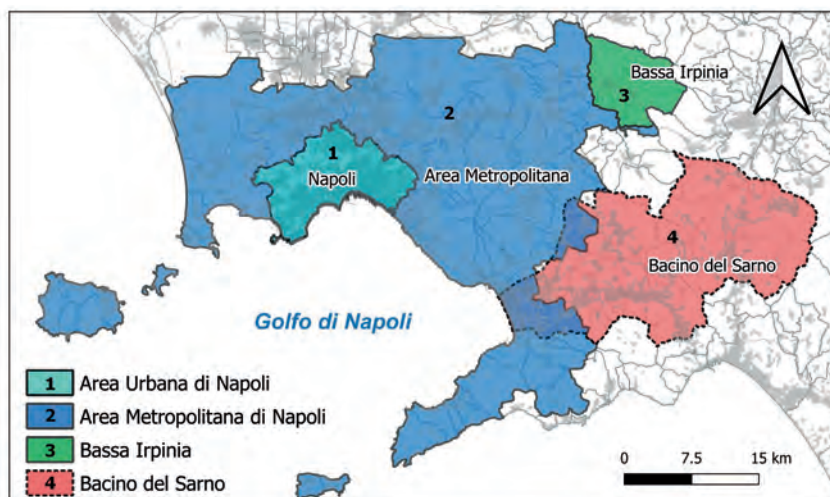


Figura 1.2 Area urbana e Metropolitana di Napoli; Bassa Irpinia e Bacino del fiume Sarno.

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. 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.

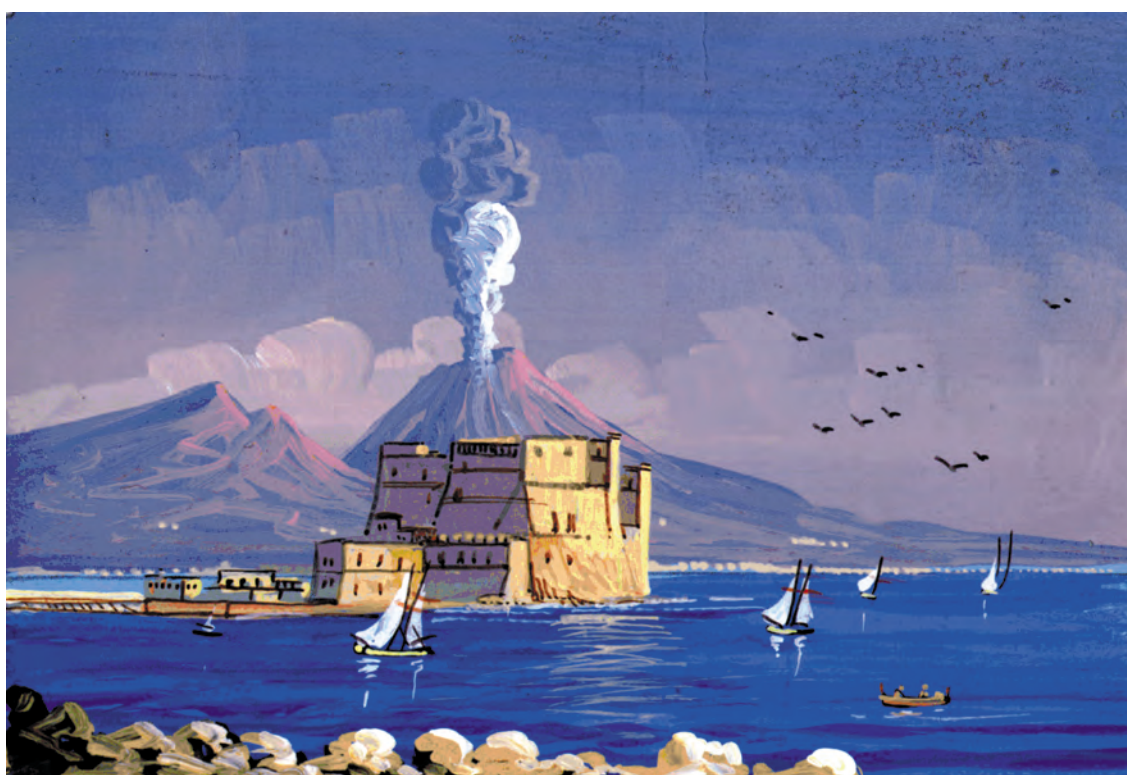
Nel contesto dei risultati ottenuti nella matrice aria, va tenuto ben presente che la distribuzione, soprattutto dei contaminanti Organici potenzialmente tossici (POP), rispetto a quella degli Elementi inorganici Potenzialmente Tossici (EPT), nei suoli, è prevalentemente di origine antropica. Viceversa, gli elementi inorganici (EPT) nei suoli, riflettono un'origine fortemente dipendente dalla natura delle rocce a spese delle quali i suoli stessi si formano.

I risultati ottenuti sui suoli e sull'aria dell'intera Regione Campania e che vengono riportati in questa serie di 3 Atlanti, rappresentano quindi un contributo concreto nello spirito del Progetto Campania Trasparente, meritoriamente finanziato dalla Regione Campania. La conoscenza scientifica dello stato di salute del territorio campano consente, a valle di questi risultati, di programmare interventi di risanamento (prevalentemente di messa in sicurezza e/o subordinatamente di

bonifica) mirati, laddove necessari sito-specifici, su basi scientifiche solide e non sulla spinta di emozioni.

Gouache

Vesuvio e Castel dell'Ovo



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

Ulteriori studi geochimici ambientali sono stati realizzati nel Progetto Campania Trasparente, attraverso il monitoraggio della matrice aria, con la determinazione di POPs (Contaminanti Organici Persistenti), comprendenti IPA-Idrocarburi Policiclici Aromatici, PCB-Policlorobifenili, OCP-Pesticidi, PBDE-Eteri di Polibromobifenili, PAE-Esteri di Ftalati (questi ultimi raccolti e determinati in numero limitato solo nella fase finale del Progetto, quindi in quantità non sufficiente per produrre una loro mappatura su diverse stagioni) e elementi inorganici, attraverso l'utilizzo di 147 Filtri Passivi di Poliuretano (PUF) e di 43 Deposimetri Passivi Wet & Dry (Umido/Secco), a copertura dell'intera Regione Campania.

La cartografia sistematica della distribuzione di IPA, PCB, OCP e PBDE e elementi inorganici, prodotta sia nei suoli che nell'aria della Campania, rappresenta un prodotto unico non solo in Italia, ma a livello europeo.

Il monitoraggio dei livelli di contaminazione della matrice ambientale "Aria" è una attività che si basa su fondamenti teorici completamente differenti da quelli che governano la contaminazione dei suoli e, in misura intermedia, delle falde e dei corsi d'acqua superficiali.

Il mezzo gassoso che compone l'atmosfera è soggetto alle dinamiche dell'evoluzione meteorologica, che possono portare ad una completa sostituzione della massa d'aria che sovrasta una determinata porzione di territorio, in tempi estremamente brevi, anche dell'ordine di poche ore. Questo significa che alla presenza di una massa di aria fortemente contaminata nelle ore del mattino può seguire un pomeriggio in cui le concentrazioni di inquinanti risultano drasticamente inferiori.

Nella Regione Campania questa completa sostituzione della massa d'aria avviene generalmente a seguito di fenomeni di avvezione d'aria provenienti dal mare, ove sono assenti fonti di contaminazione. Le concentrazioni di contaminanti nei bassi strati atmosferici, corrispondenti alla parte interna della Troposfera, oltre che alle fenomenologie meteorologiche sono soggetti a processi fisici di diffusione, di dispersione, di sedimentazione, che portano ad una riduzione della concentrazione dei contaminanti presenti. Questi processi di tipo fisico, ovviamente, non equivalgono ad un annullamento del carico inquinante presente in atmosfera ma ad una sua redistribuzione in volumi maggiori di atmosfera oppure una sua separazione dalla matrice aria (es.: massa precipitata al suolo per sedimentazione).

Questo complesso scenario suggerisce che il monitoraggio della qualità dell'aria non può limitarsi a pochi giorni di esposizione dei dispositivi in quanto è del tutto possibile che possa esserci una sequenza di 4-5 giorni in cui la presenza di vento forte impedisce la crescita delle concentrazioni per "asportazio-

ne/allontanamento” degli inquinanti dalla sede di immissione in atmosfera, diluendoli per dispersione e diffusione.

È quindi evidente la notevole diversità di comportamento tra il mezzo “aria” e il mezzo “suolo”: l’aria è priva di una memoria solida, come avviene invece nei suoli, nei quali si manifesta un processo, pressoché irreversibile, di accumulo nel tempo degli inquinanti.

Il monitoraggio della qualità dell’aria, per quanto detto sopra, rende strettamente necessario l’utilizzazione in continuo di dispositivi che provvedano ad un processo di accumulo nella loro struttura degli inquinanti che entrano nel loro raggio d’azione efficace. Un valore elevato di concentrazione di un certo inquinante può derivare sia da concentrazioni moderatamente elevate che si protraggono nel tempo, sia da un picco di concentrazioni molto elevate che dura solo per pochi giorni, o addirittura poche ore.

L’analisi dell’andamento spazio-temporale delle concentrazioni deve, pertanto, essere effettuata da persone con esperienza nel settore, per evitare di incriminare una certa area geografica, giudicandola estremamente inquinata quando essa non lo è in maniera strutturale e può apparire tale a seguito di un evento accidentale avvenuto in zona. I dispositivi utilizzati nella presente campagna di monitoraggio dell’aria rispondono alle specifiche necessità tecniche: infatti sia i PAS-PUF (filtri passivi poliuretanici) che i deposimetri Wet & Dry sono caratterizzati da un funzionamento continuo e da una capacità di accumulo progressivo degli inquinanti “catturati”. I dispositivi utilizzati non sono alimentati elettricamente e ciò azzerà il rischio di blackout funzionali, evenienza sempre possibile.

I deposimetri passivi Wet & Dry sfruttano il processo della “deposizione atmosferica”, che consiste nella precipitazione verso il suolo dell’insieme delle particelle sotto la spinta della loro maggiore densità rispetto a quella dell’aria nella quale sono sospese. Tale processo porta tali particelle ad accumularsi su una superficie orizzontale (processo di sedimentazione gravimetrica).

I deposimetri atmosferici passivi sono dispositivi di monitoraggio ambientale costituiti da un imbuto aperto verso l’alto, nel quale si raccoglie (per precipitazione) il particolato atmosferico. Tali deposimetri sono da posizionare lontano da ostacoli (mura, alberature, altro) che possano ridurre o comunque modificare la quantità di particelle catturata.

Con il termine “Deposizione bulk” si intende l’insieme delle particelle che per gravità precipitano verso il basso (componente Dry) alle quali si aggiunge la componente umida (Wet), in ogni possibile forma di manifestazione (pioggia, neve, rugiada ed altre idrometeorie atmosferiche).

2.1 Raccolta e preparazione dei campioni

Per il monitoraggio dell’aria della Regione Campania sono stati installati 147 Filtri Passivi (PAS-PUF) e 43 deposimetri Wet & Dry (Fig. 2.1). E’ da evidenziare che i 43 deposimetri W&D sono stati installati tutti in affiancamento ad un PAS-PUF, quindi i siti in cui è avvenuto il monitoraggio sono stati 147, alcuni con solo PAS-PUF, altri con entrambi i tipi di dispositivi.

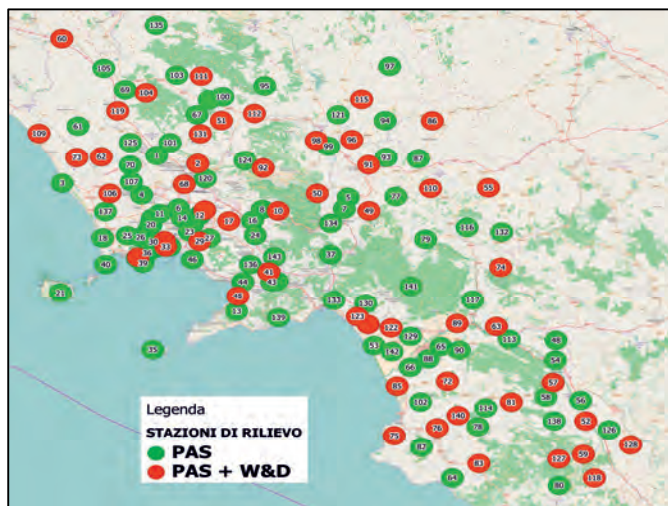


Figura 2.1. Distribuzione dei siti campionati con PAS-PUF e con W&D

Le attività hanno riguardato le seguenti stagioni: A-Estate 2015 (27/7/2015 - 10/10/2015), B-Autunno 2015 (11/10/2015 - 31/1/2016), C-Inverno 2016 (1/2/2016 - 20/4/2016), D-Primavera 2016 (21/4/2016 - 10/7/2016), E-Estate 2016 (11/7/2016 - 10/10/2016), F-Autunno 2016 (11/10/2016 - 31/1/2017), G-Inverno 2017 (1/2/2017 - 10/4/2017).

I periodi di rilevamento dati non hanno una perfetta corrispondenza con inizio e fine di ogni stagione astronomica, a causa di difficoltà logistiche conseguenza del numero rilevante e della disseminazione spaziale spinta dei dispositivi di monitoraggio.

La rete di monitoraggio è stata realizzata, come già detto, con dispositivi **PAS-PUF** (PAS: Passive Air Sampler - campionatore passivo di aria; PUF: *Poly-Urethane Filter* - Filtro di poliuretano) e **Deposimetri Wet & Dry** (deposimetri di matrici Umide/Asciutte).

L'implementazione del progetto è stata suddivisa in due fasi: la prima fase-pilota è stata eseguita nell'area metropolitana di Napoli e aree circostanti, estesa poi, in seconda fase, all'intero territorio della Regione Campania. L'intera campagna di monitoraggio è durata da Luglio 2015 ad aprile 2017 (circa 3 mesi per ogni stagione). Il campionamento ha interessato 3 stagioni nella prima fase (Estate 2015, Autunno 2015, Inverno 2015/2016) e le successive quattro stagioni (Primavera 2016, Estate 2016, Autunno 2016, Inverno 2016/2017) nella seconda fase. Dieci giorni prima del campionamento, i dischi PUF sono stati estratti da soxhlet con diclorometano (DCM) per 48 ore, essiccati in un essiccatore pulito e successivamente arricchiti con composti di depurazione (DCs). I cogeneri PCB 54, 104 e 188 sono stati usati come DC per calibrare la frequenza di campionamento specifica del sito (Rs) nella prima stagione della prima fase e 13C12 PCB cogeneri 31, 70, 95, 153 e 180 sono stati utilizzati nella successiva fase di campionamento. Dopo il recupero, i campioni di PUF sono stati inviati al Laboratorio Pacific Rim Lam (Vancouver, Canada) per le analisi.

I campionatori d'aria passivi a base di schiuma poliuretanica (PAS-PUF) sono i dispositivi più efficaci per il monitoraggio dei POPs su scala regionale e sono eccellenti per la generazione di dati spazialmente e stagionalmente risolti.

2.1.1 Campionatori Passivi di Aria (PAS-PUF)

Il PAS è costituito da una coppia di coppe realizzate in acciaio inox, fissate su un asse filettato, che nel loro *asset* installativo vengono a creare un volume protetto dalla pioggia ma nel quale è assicurata la libera circolazione dell'aria, garantendo un intimo contatto tra aria e PUF (vedi figura 2.2).

Il principio fisico sul quale si basa la cattura dei composti organici da parte del filtro è quello dell'adsorbimento: l'aria, nel suo processo dinamico di spostamento (vento), entra in contatto con il disco poliuretanico adsorbente e quest'ultimo cattura e fissa le molecole in essa presenti.



Figura 2.2. Sopra: PAS-PUF installato. A sinistra il PAS-PUF, chiuso, e a destra, il PAS-PUF con il PUF (disco bianco) in sede. Sotto: schema funzionale di PAS-PUF.

2.1.2 Campionatori Passivi di Secco/Umido con Deposimetri Wet & Dry

Un dispositivo che procede alla raccolta sia della deposizione secca (Dry) sia di quella umida (Wet), è detto deposimetro passivo Wet & Dry.

I deposimetri Wet & Dry (*bulk deposition*) sono utilizzati per il campionamento del particolato atmosferico soggetto a sedimentazione gravimetrica “secca” nonché degli afflussi meteorici. I W&D, sfruttando l'effetto di dilavamento dell'atmosfera operato dalle idrometeore, pioggia in particolare, raccolgono anche aliquote di particelle, più sottili, presenti in strati dell'atmosfera posizionati a maggiore distanza dalla superficie terrestre e che, stante questa maggiore distanza e minore velocità di sedimentazione, non avrebbero raggiunto la superficie terrestre e, quindi, del deposimetro. La base delle nubi apportatrici di precipita-