

# ecoscienza

Rivista di Arpa  
Agenzia regionale  
prevenzione, ambiente ed energia  
dell'Emilia-Romagna  
N° 1 Marzo 2024, Anno XV

SOSTENIBILITÀ E CONTROLLO AMBIENTALE

## PROTEGGIAMO IL SUOLO

CONOSCENZA, GESTIONE  
E VALORIZZAZIONE  
DI UNA RISORSA DA TUTELARE.  
CONSUMO DI SUOLO, SITI  
CONTAMINATI, SUBSIDENZA

QUALITÀ DELL'ARIA  
SENSORI SMART E LOW COST,  
QUALE EFFICACIA

AMIANTO IN AMBIENTE  
ESTERNO, UNO STUDIO ARPAE

ECO-LOGOS  
L'ECOLOGIA PROFONDA  
COME NUOVO PARADIGMA



*Raccontare l'ambiente attraverso le parole più significative, spesso ritenute poco comprensibili e chiare. Termini scientifici che, invece di suscitare resistenze, prendono vita e costituiscono il punto di partenza per la narrazione di storie ambientali quotidiane e di attualità.*

I podcast sono disponibili **gratuitamente sulle principali piattaforme audio** (Spotify, Spreaker, Apple Podcasts, Google Podcasts) e sul **canale YouTube di Arpae**.

Ogni puntata affronta un tema ambientale, nella convinzione che anche argomenti complessi possano essere spiegati in maniera semplice ma rigorosa.

Episodi già disponibili:



# C'È BISOGNO DI UN NUOVO PENSIERO ECOLOGICO



Stefano Folli • Direttore responsabile Ecoscienza

Con il primo numero del 2024 della rivista *Ecoscienza* lanciamo la nuova rubrica *Eco-logos* (la trovate a pag. 62), nella quale pubblicheremo contributi che ci aiutino a riflettere sulla relazione di noi esseri umani con l'ambiente in cui viviamo. Il pensiero ecologico può essere fatto risalire anche a tempi molto antichi e lo sforzo di capire il ruolo della nostra specie nei confronti delle altre specie viventi e della Terra in generale è sempre stato un elemento importante della riflessione umana. Nel tempo (con un'accelerazione nell'ultimo secolo) la crescita della conoscenza scientifica ha fortemente influenzato questo pensiero, di pari passo con lo sviluppo di capacità tecniche che hanno da un lato permesso all'umanità di prosperare, dall'altro influenzato talmente tanto l'ambiente da alterare gli equilibri dell'ecosistema complessivo in cui trovano spazio le tante forme di vita che popolano il pianeta.

È notizia recente la decisione da parte dell'Unione internazionale di scienze

geologiche di rigettare la proposta di identificare il tempo in cui viviamo come una nuova era geologica denominata Antropocene, ma questo non significa che non venga riconosciuto il forte impatto della specie umana sull'ambiente. Il concetto di Antropocene rimarrà comunque nell'uso comune, nelle discussioni politiche ed economiche e probabilmente anche in ambito scientifico, considerate le sempre crescenti prove delle profonde modifiche che gli esseri umani stanno portando all'ambiente.

*Ecoscienza* ha sempre dedicato spazio e attenzione alle riflessioni sulla sostenibilità, agli aspetti etici, alla cultura del limite, insieme all'imprescindibile focus sull'avanzamento della conoscenza scientifica e all'approfondimento delle modalità operative del controllo e del monitoraggio ambientale.

*Eco-logos* fa riferimento alle radici di una cultura millenaria che si è plasmata sulla riflessione, sul pensiero, sul dibattito e anche sul confronto con le altre culture,

sull'integrazione di saperi di discipline diverse.

*Eco-logos* vuole esprimere la necessità di un pensiero che si fa parola e si fa azione, non restando limitato alla sola speculazione intellettuale e specialistica ma che si allarga alla totalità della vita, fatta anche di emozioni e di relazioni. Vogliamo quindi ospitare contributi che provengano da diversi ambiti di studio e di riflessione, anche apparentemente lontani da quelli strettamente collegati alla ricerca in campo ambientale, con l'obiettivo di contribuire a orientarsi in un contesto disordinato e in rapida evoluzione ed esplorando le contraddizioni del tempo presente. Abbiamo bisogno di una visione (del presente e del futuro) che sappia illuminare le prospettive della relazione tra uomo e natura, in questa epoca in cui riconosciamo a livello globale la necessità di riorientare le relazioni tra le persone, tra i popoli, tra le comunità e con gli ecosistemi. Un piccolo seme piantato nella terra, per contribuire alla riflessione e portare un messaggio di fiducia e speranza.



FOTO: EUROPEAN UNION, COPERNICUS SENTINEL-2 IMAGERY



ISSN 2039-0424

Rivista di Arpae  
 Agenzia regionale  
 prevenzione, ambiente ed  
 energia dell'Emilia-Romagna

Numero 1 • Anno XV  
 Marzo 2024



**DIRETTORE** Giuseppe Bortone  
**DIRETTORE RESPONSABILE** Stefano Folli

**Segreteria:** Daniela Merli  
 Ecoscienza, redazione  
 Via Po, 5 40139 - Bologna  
 Tel 051 6223887  
 ecoscienza@arpae.it

**COMITATO EDITORIALE**  
 Coordinatore  
 Eriberto De' Munari  
 Paola Angelini  
 Raffaella Angelini  
 Giuseppe Battarino  
 Vito Belladonna  
 Francesco Bertolini  
 Gianfranco Bologna  
 Giuseppe Bortone  
 Roberto Coizet  
 Nicola Dall'Olio  
 Paolo Ferrecchi  
 Matteo Mascia  
 Michele Munafò  
 Giancarlo Naldi  
 Giorgio Pineschi  
 Attilio Raimondi  
 Karl Ludwig Schibel  
 Andrea Segrè  
 Stefano Tibaldi  
 Alessandra Vaccari

Registrazione Trib. di Bologna  
 n. 7988 del 27-08-2009



Tutti gli articoli, se non altrimenti specificato,  
 sono rilasciati con licenza Creative Commons  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Chiuso in redazione: 28/03/2024

Stampa su carta  
 Cocoon Offset



# SOMMARIO

3 **Editoriale**  
**C'è bisogno di un nuovo pensiero ecologico**

Stefano Folli

38 **Il monitoraggio del consumo di suolo in Piemonte**

Gabriele Nicolò, Fulvio Raviola

41 **Il suolo a scuola: esperienze didattiche nella Giornata internazionale del suolo**

Francesco Malucelli, Riccardo Scalenghe

## Suolo

6 **Cresce il consumo di suolo in Italia**

Michele Munafò, Ines Marinosci

42 **Attualità**  
**Fibre di amianto in ambiente esterno, uno studio Arpae**

Tiziana Bacchi, Federica Paoli, Stefano Forti, Adriano Fava

12 **Siti contaminati, il sistema informativo mosaico**

Eugenia Bartolucci, Federico Araneo, Maria Pia Congi

46 **Qualità dell'aria e sensori smart, quale affidabilità**

Stefano Marchesi, Silvia Ferrari, Stefano Zauli

14 **Una nuova Carta dei suoli d'Italia in scala 1:100.000**

Giovanni L'Abate

50 **Uno studio sull'efficacia dei sensori low cost di PM<sub>10</sub>**

Silvia Rebeschini, Giovanna Marson, Luca Zagolin, Franco Sarto, Felice Cervellini

18 **Strumenti per la definizione dei valori di fondo nel suolo**

Alessandra Aprea, Rosalia Costantino, Giacomo Zaccanti

53 **L'individuazione del soggetto obbligato alla bonifica**

Luca Tomasetto

20 **Gestione semplificata delle terre e rocce da scavo**

Annamaria Benedetti, Rosalia Costantino, Giacomo Zaccanti

56 **Il progetto Circotronico e il recupero dei Raee**

Irene Sabbadini, Guido Croce, Marco Ottolenghi

22 **Monitoraggio subsidenza in Emilia-Romagna**

Marco Marcaccio, Marianna Mazzei

58 **Un termometro della salute organizzativa**

Giorgio Giacomelli, Marta Barbieri

26 **Come mantenere la sostanza organica nei suoli**

Carla Scotti, Stefania del Vecchio, Giovanni Nigro, Sofia Francesconi

60 **Confronto generazionale nella dinamica ambientale**

Stefano Martello

29 **Agriforester, conoscere e gestire i suoli forestali**

Carla Scotti, Livia Vittori Antisari

## Rubriche

62 **Eco-logos**

64 **Legislazione news**

65 **Osservatorio ecreati**

66 **Mediateca**

36 **Il consumo di suolo in Calabria: un'analisi**

Luigi Dattola, Francesco Fullone, Teresa Oranges, Michelangelo Iannone



# PROTEGGIAMO IL SUOLO

## Consumo, bonifiche e valorizzazione del supporto per la biosfera

**S**e prendiamo la Terra nel suo complesso, il suolo è una striscia molto sottile sulla sua superficie, ma (insieme all'altra sottilissima striscia dell'atmosfera) è il supporto dell'intera biosfera. Spesso tendiamo a dare per scontato che in gran parte la nostra vita ha come base il suolo, su cui – direttamente o indirettamente – poggiamo i piedi e da cui traiamo cibo e altre risorse fondamentali. Il suolo fornisce servizi ecosistemici essenziali, ha un ruolo chiave nella regimentazione e nella qualità delle acque, è il substrato essenziale alla vita di piante e animali.

Il suolo è però minacciato da molti fattori: la copertura della superficie con edifici e infrastrutture, la contaminazione derivante da attività inquinanti, lo sfruttamento eccessivo causato dalle attività agricole intensive, il degrado e l'impovertimento dovuto alla siccità, le modifiche legate agli effetti dei cambiamenti climatici. Il suolo è quindi una risorsa eterogenea che ha bisogno di una maggiore tutela, sia in

ottica di prevenzione sia con la prospettiva del ripristino e della rinaturalizzazione.

Nelle pagine seguenti pubblichiamo alcuni contributi relativi agli studi sulla conoscenza dello stato del suolo: dall'ultimo rapporto Snpa sul consumo di suolo in Italia alla banca dati sui siti contaminati, dalla nuova Carta nazionale dei suoli, base di riferimento per il monitoraggio, alla valutazione della subsidenza. Presentiamo poi alcuni strumenti per una migliore gestione (come il software sviluppato da Arpa per semplificare gli obblighi amministrativi per il riutilizzo delle terre e rocce da scavo) e i risultati di progetti specifici per il miglioramento della fertilità dei suoli agricoli, il mantenimento della sostanza organica e la valorizzazione dei suoli forestali. Concludiamo con le attività di tutela del suolo messe in campo da alcune Agenzie ambientali regionali e con un progetto di educazione ambientale per sensibilizzare le nuove generazioni alla tutela di questa fondamentale risorsa. *(DM, SF)*

# CRESCE IL CONSUMO DI SUOLO IN ITALIA

LE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO SONO ASSICURATE DAL SISTEMA NAZIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE (SNPA). L'ULTIMO RAPPORTO CERTIFICA CHE LA COPERTURA ARTIFICIALE DEL TERRENO CONTINUA AD AUMENTARE: NEL 2022 È PARI AL 7,14% DEL TERRITORIO, CONTRO IL 6,73% DEL 2006 E UNA MEDIA EUROPEA CHE SUPERA DI POCO IL 4%.

**I**l suolo è una risorsa ambientale fondamentale, fragile, limitata, non rinnovabile e non sostituibile<sup>1</sup>, ospita gran parte della biosfera e fornisce servizi necessari per l'esistenza umana e per la sopravvivenza degli ecosistemi. Suoli in buone condizioni assicurano la fornitura di cibo, biomassa e materie prime; rappresentano un elemento centrale del paesaggio e del patrimonio culturale e possono stoccare, filtrare e trasformare molte sostanze, tra le quali l'acqua, gli

elementi nutritivi e il carbonio. Queste caratteristiche, insieme alla capacità di ridurre il rischio di allagamenti e siccità e di mitigare le temperature, fanno del suolo un alleato indispensabile per la mitigazione e per l'adattamento ai cambiamenti climatici<sup>2</sup>.

Il consumo di suolo è dovuto alla costruzione di edifici, infrastrutture, cantieri o altre coperture artificiali realizzati su suoli naturali o seminaturali

(*figura 1*) e provoca la perdita di questa preziosa risorsa e delle sue funzioni. Il consumo di suolo è, quindi, definito come la variazione da una copertura non artificiale (suolo non consumato) a una copertura artificiale del suolo (suolo consumato) e può essere di tipo permanente (generalmente associato all'impermeabilizzazione del suolo) o reversibile (come nel caso di cantieri o altre aree che possono essere più facilmente ripristinate).



FIG. 1 CONSUMO DI SUOLO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO POLO LOGISTICO  
Intervento nel comune di Sala Bolognese (BO). A sinistra l'immagine satellitare relativa al 2021, a destra al 2022.

Il consumo di suolo netto è valutato attraverso il bilancio tra il nuovo consumo di suolo e l'aumento di superfici agricole, naturali e seminaturali dovuto a interventi di recupero, demolizione, deimpermeabilizzazione e conseguente rinaturalizzazione.

Le attività di monitoraggio del consumo di suolo in Italia sono assicurate dal Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente (Snpa), come previsto dalla legge 132/2016<sup>3</sup>, permettono di avere un quadro aggiornato annualmente delle dinamiche di trasformazione del territorio e della crescita urbana, in particolare, attraverso la produzione di cartografia tematica e l'elaborazione di indicatori specifici. Il Snpa si è, quindi, organizzato per assicurare le attività di monitoraggio, costituendo un'apposita rete tematica per il monitoraggio del territorio e del consumo di suolo, coordinata dall'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (Ispra), a cui partecipano le 21 Agenzie per la protezione dell'ambiente delle Regioni e delle Province autonome (Arpa-Appa).

Il monitoraggio avviene attraverso la produzione di una cartografia nazionale<sup>4</sup> del consumo di suolo utilizzando tecniche di *Earth observation* per la classificazione della copertura del suolo sulla base di un sistema comune (tabella 1) e di un esteso lavoro di fotointerpretazione di immagini satellitari a scala di dettaglio (1:5.000).

Gli ultimi dati pubblicati nell'edizione 2023 del Rapporto Snpa "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi

ecosistemici"<sup>5</sup> mostrano come la copertura artificiale del suolo continui a crescere in Italia con una velocità che, negli ultimi anni, sta aumentando. Infatti, non solo il rallentamento rispetto alle dinamiche esistenti prima della crisi economica, iniziato nel 2012, è ormai terminato, ma oggi si assiste a un'importante accelerazione che nel 2022 ha portato alla trasformazione del territorio agricolo e naturale in aree artificiali su 76,8 km<sup>2</sup>, il valore più alto degli ultimi 11 anni, il 10% in più di quello registrato l'anno precedente. Si tratta in media di più di 21 ettari al giorno o di quasi 2,5 metri quadrati al secondo. Si continuano così a perdere suoli agricoli o forestali e aree verdi, sostituendoli con asfalto e cemento, edifici e fabbricati, strade e altre infrastrutture, insediamenti commerciali, produttivi, logistici e di servizio, cantieri, piazzali, aree estrattive, impianti di produzione di energia, discariche ecc. inseguendo un modello di sviluppo insediativo che rende il nostro territorio sempre più fragile e poco attrezzato ad affrontare le grandi sfide ecologiche, climatiche e sociali e che continua a trasformare radicalmente il paesaggio, con pesanti impatti sul suolo, sui servizi ecosistemici e sulla biodiversità. Un impatto che è causa di "costi nascosti"<sup>6</sup> dovuti alla perdita dei servizi ecosistemici che in Italia, secondo i dati Snpa, sono stimati in quasi 9 miliardi di euro ogni anno a causa delle trasformazioni rilevate tra il 2006 e il 2022.

Le superfici artificiali in Italia sono così arrivate nel 2022 a coprire complessivamente oltre 21.500 km<sup>2</sup> di

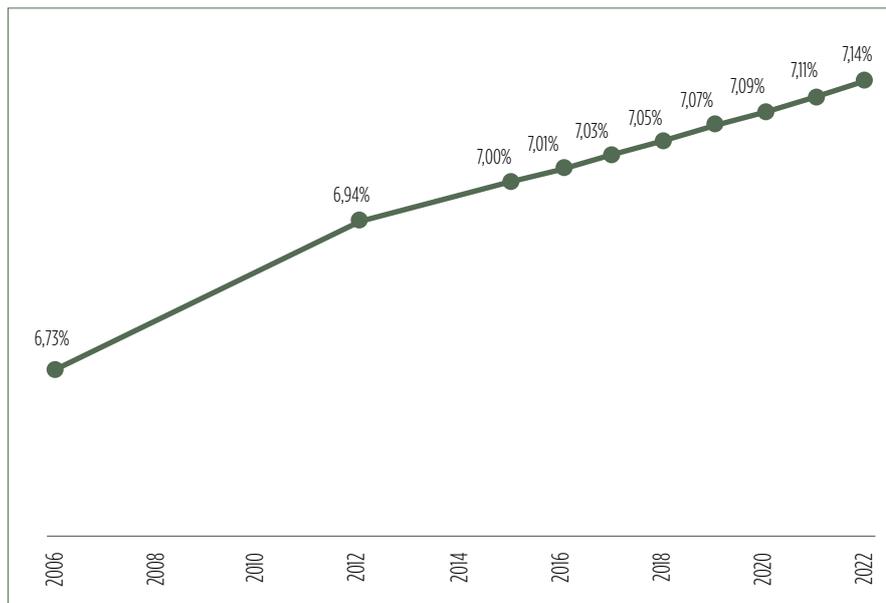
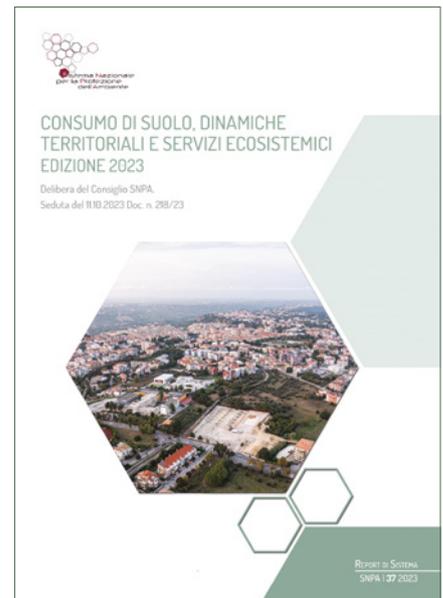


FIG. 2 ANDAMENTO DEL SUOLO CONSUMATO  
Percentuale di copertura artificiale rispetto al territorio complessivo a livello nazionale tra il 2006 e il 2022.



11. Consumo di suolo permanente	
111.	Edifici, fabbricati
112.	Strade pavimentate
113.	Sede ferroviaria
114.	Aeroporti (piste e aree di movimentazione impermeabili/pavimentate)
115.	Porti (banchine e aree di movimentazione impermeabili/pavimentate)
116.	Altre aree impermeabili/pavimentate non edificate (piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi ecc.)
117.	Serre permanenti pavimentate
118.	Discariche
12. Consumo di suolo reversibile	
121.	Strade non pavimentate
122.	Cantieri e altre aree in terra battuta (piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi, depositi permanenti di materiale ecc.)
123.	Aree estrattive non rinaturalizzate
124.	Cave in falda
125.	Impianti fotovoltaici a terra
126.	Altre coperture artificiali non connesse alle attività agricole la cui rimozione ripristini le condizioni iniziali del suolo
20. Altre forme di copertura non incluse nel consumo di suolo	
201.	Corpi idrici artificiali (escluse cave in falda)
202.	Aree permeabili intercluse tra svincoli e rotonde stradali, aree pertinenziali associate alle infrastrutture viarie
203.	Serre non pavimentate
204.	Ponti e viadotti su suolo non artificiale
205.	Impianti fotovoltaici a bassa densità

TAB. 1 CLASSIFICAZIONE DEL CONSUMO DI SUOLO IN ITALIA  
A cura del Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente.

superficie (il 7,14% del territorio, contro il 6,73% del 2006 e una media europea che supera di poco il 4%, *figura 2*). I valori percentuali più elevati si trovano in Lombardia (12,16%), Veneto (11,88%) e Campania (10,52%; *tabella 2*). Monza e Brianza è la provincia con la percentuale di suolo artificiale più alta, con circa il 41% di suolo consumato in rapporto alla superficie provinciale e un ulteriore incremento, nel 2022, di 48 ettari, dopo i quasi 11 dell'anno precedente. Sopra il 30% troviamo le province di Napoli (35%) e Milano (32%), mentre sopra al 20% ci sono Trieste (21%) e Varese (21%) e, poco al di sotto, Padova (19%) e Treviso (17%, *figura 3*). Più di un quinto (oltre 4.600 km<sup>2</sup>) del suolo artificiale nazionale è concentrato nel



FOTO: REGIONE EMILIA-ROMAGNA ANIG

Regione	Copertura artificiale (suolo consumato) 2022 (ha)	Copertura artificiale (suolo consumato) 2022 (%)	Aumento della copertura artificiale (consumo di suolo netto) 2021-2022 (ha)	Aumento della copertura artificiale (consumo di suolo netto) 2006-2022 (ha)	Densità del consumo di suolo netto 2006-2022 (m <sup>2</sup> /ha)
<b>Nord-Ovest</b>	506.830	8,74	1.580	25.129	43,35
Piemonte	170.199	6,70	617	9.445	37,18
Valle d'Aosta	7.025	2,15	22	226	6,93
Lombardia	290.278	12,16	908	14.642	61,32
Liguria	39.327	7,26	33	816	15,05
<b>Nord-Est</b>	522.439	8,38	1.661	28.842	46,25
Friuli-Venezia Giulia	63.528	8,02	156	2.888	36,47
Trentino-Alto Adige	41.061	3,02	130	1.866	13,71
Emilia-Romagna	200.025	8,89	635	11.009	48,93
Veneto	217.825	11,88	739	13.079	71,33
<b>Centro</b>	391.647	6,76	1.006	20.116	34,70
Umbria	44.434	5,26	65	2.584	30,56
Marche	64.940	6,96	218	3.962	42,49
Toscana	141.842	6,17	238	4.472	19,45
Lazio	140.430	8,16	485	9.098	52,88
<b>Sud</b>	482.257	6,58	1.682	33.068	45,13
Basilicata	31.825	3,19	100	2.356	23,58
Molise	17.489	3,94	80	812	18,30
Abruzzo	54.012	5,00	149	3.394	31,44
Calabria	76.451	5,07	78	4.591	30,44
Puglia	159.459	8,24	718	14.314	73,96
Campania	143.020	10,52	557	7.601	55,89
<b>Isole</b>	248.266	4,98	1.145	14.490	29,08
Sardegna	80.582	3,34	537	4.105	17,02
Sicilia	167.684	6,52	608	10.386	40,38
<b>Italia</b>	2.151.437	7,14	7.075	121.646	40,36

TAB. 2  
INDICATORI SUL  
CONSUMO DI SUOLO  
NELLE REGIONI

Al 2022 la copertura artificiale si estende per il 7,14% del suolo italiano.

territorio amministrato dalle 14 Città metropolitane. In alcuni comuni si riscontrano valori decisamente maggiori, come a Torino (oltre il 65%), Napoli (63,4%) e Milano (58,7%). Roma arriva a coprire il 23,7% del suo esteso territorio, ma è qui che si registrano gli aumenti più importanti, con 124 ettari in più negli ultimi dodici mesi (contro, ad esempio, i 37 di Venezia e i 26 di Milano). I cambiamenti del 2022 si concentrano in alcune aree del Paese: nella pianura Padana, nella parte lombarda e veneta e lungo la direttrice della via Emilia, nella costa adriatica, in particolare in alcuni tratti del litorale romagnolo, marchigiano e pugliese, nelle principali aree metropolitane (figura 4). A livello regionale (tabella 2), il consumo di suolo più elevato dell'ultimo anno si registra in Lombardia (con 908 ettari in più), Veneto (+739 ettari), Puglia (+718 ettari), Emilia-Romagna (+635) e Piemonte (+617).

In un territorio con una naturale propensione al dissesto, legata alle sue caratteristiche meteo-climatiche, topografiche, morfologiche e geologiche e con il 18,4% della superficie nazionale classificata a maggiore pericolosità per frane e alluvioni, gli strumenti della pianificazione territoriale troppo spesso non sono riusciti a governare e ad arginare la spinta edilizia e infrastrutturale in maniera efficace, portando così anche a un considerevole aumento degli elementi esposti a rischio. Il consumo di suolo e la conseguente perdita di superfici vegetate hanno ripercussioni dirette anche sulla qualità e sulle temperature dell'aria. Nelle aree urbane, la diminuzione dell'evapotraspirazione, in sinergia con il calore prodotto dal condizionamento dell'aria e dal traffico e con l'assorbimento di energia solare da parte di superfici in asfalto o calcestruzzo, contribuiscono ad aumentare l'impatto dei cambiamenti climatici a livello locale, causando l'effetto "isola di calore". In media, la differenza di temperatura del suolo nelle aree urbane di pianura rispetto al resto del territorio è di 4 °C d'estate con massime di 6 °C a Firenze e di oltre 8 °C a Milano. L'aumento delle superfici artificiali provoca, inoltre, la costante diminuzione della disponibilità di aree agricole, ridotte in 12 mesi di altri 4.500 ettari a causa del consumo di suolo, che per il 63% ha riguardato tali terreni.

Tra le principali cause di consumo di suolo si trovano la logistica e la grande distribuzione organizzata (506 ettari in

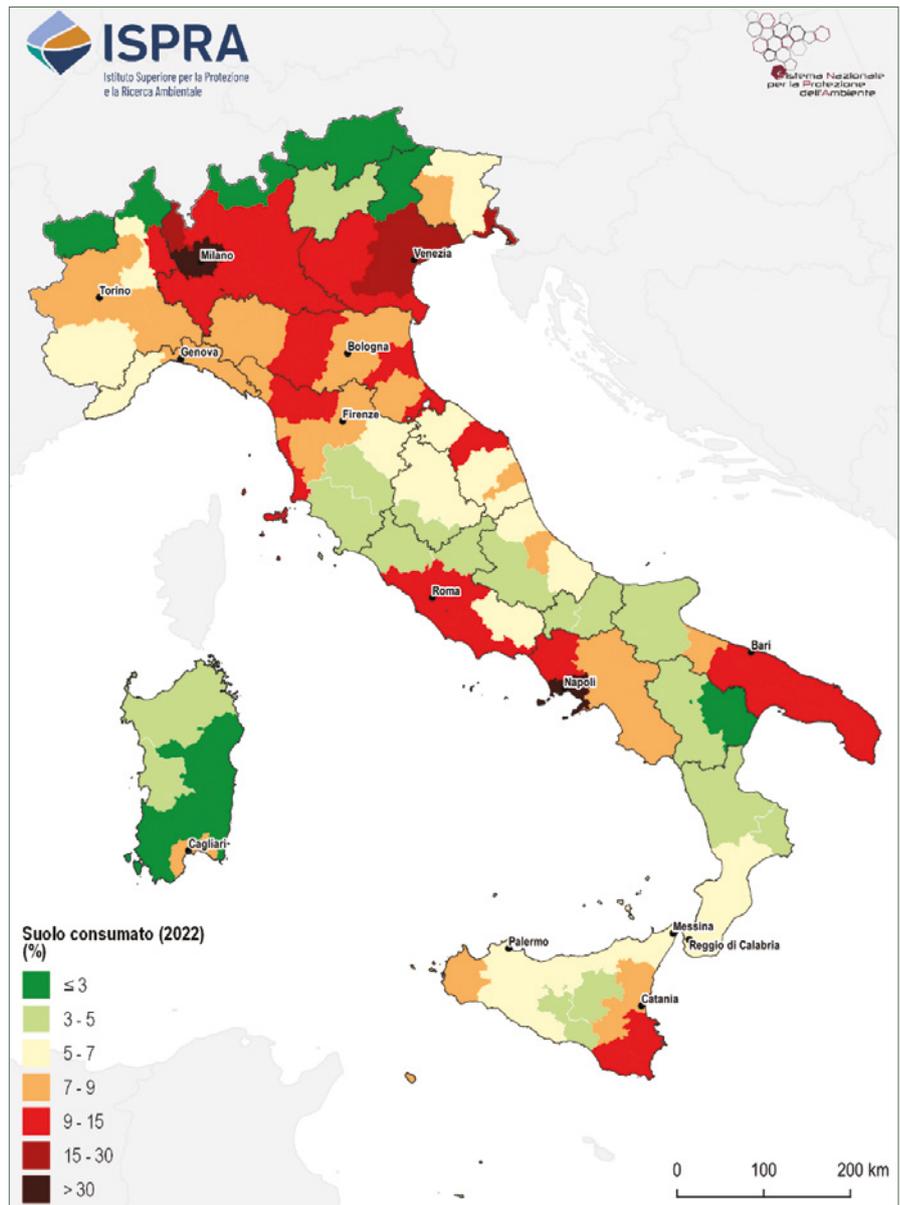


FIG. 3 SUOLO CONSUMATO RISPETTO AL TERRITORIO COMPLESSIVO  
Percentuale di copertura artificiale a livello provinciale nel 2022.

più nel 2022), le grandi infrastrutture (cresciute di 595 ettari in dodici mesi). I nuovi edifici realizzati in un anno coprono quasi 1.000 ettari, mentre 948 ettari sono stati dedicati a piazzali, parcheggi e altre aree pavimentate e 385 ettari ad aree estrattive. Il consumo di suolo dovuto all'installazione a terra di impianti fotovoltaici ha riguardato 243 ettari di terreno. Nel complesso, circa un quarto dell'intero suolo artificiale in Italia è rappresentato dagli edifici e si stima che oltre 30.000 ettari siano attualmente non utilizzati e degradati, una superficie pari all'estensione di Milano e Napoli che potrebbe essere riutilizzata, evitando di consumare nuovo suolo e riducendo allo stesso tempo situazioni di degrado. Non è un caso infatti che, confrontando l'andamento del consumo di suolo e la

dinamica demografica, si nota in Italia un completo disaccoppiamento tra i due fattori in cui alla crescita delle superfici artificiali si accompagna la stabilizzazione o, in molti casi, la riduzione della popolazione. A livello nazionale il suolo consumato pro-capite è di 364 metri quadrati per ogni abitante. Erano 348 m<sup>2</sup>/ab nel 2012 (figura 5).

È perciò sempre più evidente l'urgenza di raggiungere l'obiettivo dell'arresto del consumo di suolo e, allo stesso tempo, di intervenire sull'esistente anche per assicurare la riqualificazione degli edifici e delle aree degradate, per mettere in sicurezza le aree a rischio e per assicurare una rigenerazione urbana e del territorio che possano rappresentare una priorità per ripensare, in direzione di una sempre più necessaria e urgente transizione

ecologica, l'assetto del territorio e delle nostre città. La riqualificazione edilizia, la rigenerazione urbana e il ripristino della naturalità di aree degradate possono contribuire sostanzialmente a evitare questi impatti così significativi sul territorio con il riutilizzo delle tante aree abbandonate o dismesse, dei fabbricati e delle abitazioni non utilizzati, con azioni di rigenerazione a scala edilizia, di quartiere e urbana che potrebbero migliorare la qualità della vita e dell'ambiente nelle città e nei territori, evitando allo stesso tempo nuovo consumo di suolo e degrado del paesaggio.

**Michele Munafò, Ines Marinosci**

Ispra

**NOTE**

<sup>1</sup> Proposal for a directive of the European Parliament and of the Council on soil monitoring and resilience (Soil Monitoring Law), COM(2023) 416 final, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:52023PC0416&qid=1702046748000>.

<sup>2</sup> Commissione europea, 2021, *Strategia dell'Ue per il suolo per il 2030. Suoli sani a vantaggio delle persone, degli alimenti, della natura e del clima*, COM(2021) 699 final, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/ALL/?uri=CELEX%3A52021DC0699>.

<sup>3</sup> Legge 28 giugno 2016 n. 132, "Istituzione del Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente e disciplina dell'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (GU Serie Generale n.166 del 18-07-2016), [www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2016/07/18/16G00144/sg](http://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2016/07/18/16G00144/sg).

<sup>4</sup> I dati e la cartografia sono disponibili in formato aperto ([www.isprambiente.gov.it/attivita/suolo-e-territorio/suolo/il-consumo-di-suolo/i-dati-sul-consumo-di-suolo](http://www.isprambiente.gov.it/attivita/suolo-e-territorio/suolo/il-consumo-di-suolo/i-dati-sul-consumo-di-suolo)). Nel 2023, ad accompagnare il Rapporto, è stato pubblicato anche il primo Atlante nazionale del consumo di suolo con tavole cartografiche che rappresentano le trasformazioni rilevate tra il 2006 e il 2022 ([www.isprambiente.gov.it/publicazioni/publicazioni-di-pregio/atlante-nazionale-del-consumo-di-suolo-edizione-2023](http://www.isprambiente.gov.it/publicazioni/publicazioni-di-pregio/atlante-nazionale-del-consumo-di-suolo-edizione-2023)).

<sup>5</sup> Munafò M. (a cura di), 2023, *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2023*, Report Snpa, Roma, [www.snpambiente.it/snpa/consumo-di-suolo-dinamiche-territoriali-e-servizi-ecosistemici-edizione-2023/](http://www.snpambiente.it/snpa/consumo-di-suolo-dinamiche-territoriali-e-servizi-ecosistemici-edizione-2023/).

<sup>6</sup> Commissione europea, 2013, *Superfici impermeabili, costi nascosti. Alla ricerca di alternative all'occupazione e all'impermeabilizzazione dei suoli*, <https://op.europa.eu/it/publication-detail/-/publication/ff9e9346-f8c6-4bf1-af30-57c21ff5525a>.

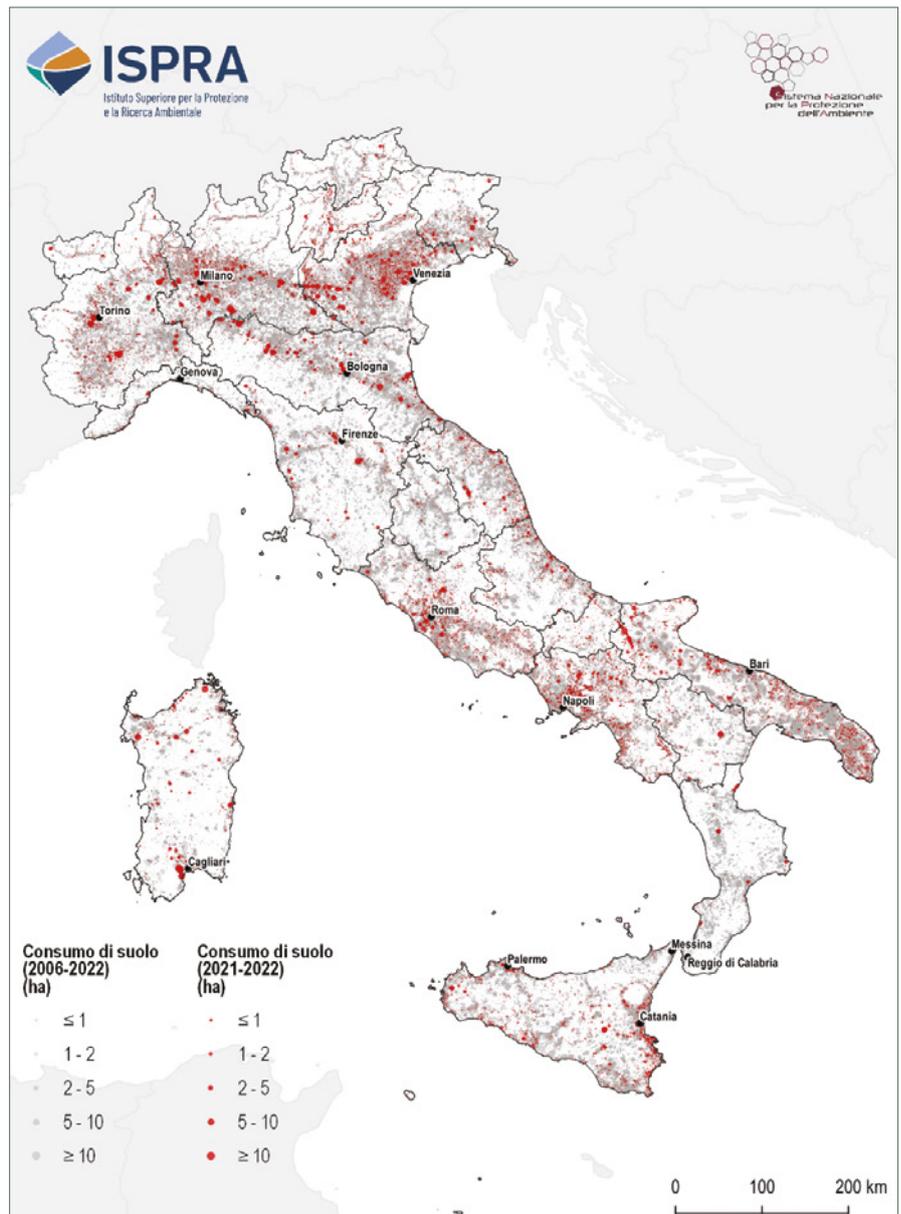


FIG. 4 LOCALIZZAZIONE DEL SUOLO CONSUMATO  
Localizzazione dei principali cambiamenti dovuti al consumo di suolo tra il 2006 e il 2022.

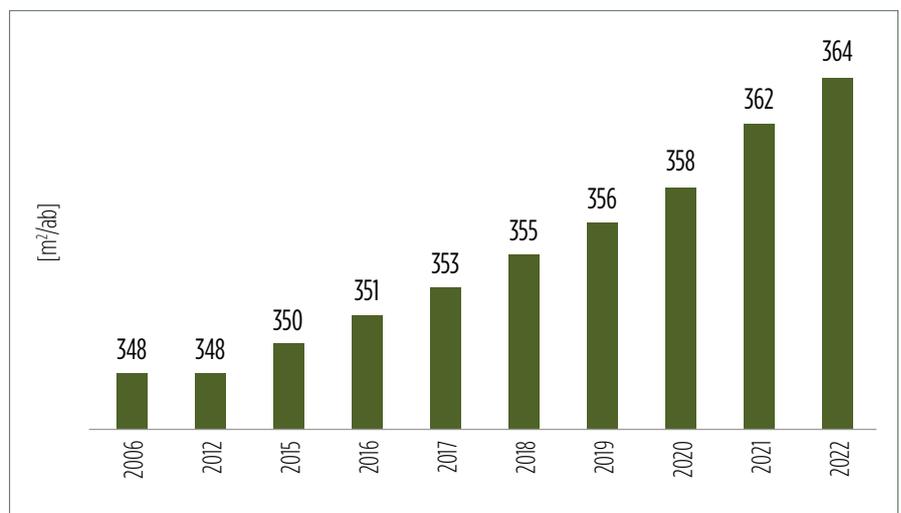


FIG. 5 COPERTURA ARTIFICIALE PRO-CAPITE  
A livello nazionale il suolo consumato pro-capite è di 364 metri quadrati per ogni abitante nel 2022. Era pari a 348 nel 2012.

## VERSO UNA NUOVA DIRETTIVA EUROPEA

## MONITORAGGIO E RESILIENZA DEL SUOLO, L'OBIETTIVO UE DI PERVENIRE A SUOLI SANI E GESTITI IN MODO SOSTENIBILE



Attualmente tra il 60 e il 70% dei suoli dell'Ue non è in buona salute. Inoltre, ogni anno un miliardo di tonnellate di suolo è portato via dall'erosione, il che significa che lo strato superficiale fertile rischia di scomparire rapidamente. Il consumo di suolo nelle principali aree urbane europee riguarda circa 450 km<sup>2</sup> all'anno. I costi connessi al degrado del suolo sono stimati in oltre 50 miliardi di euro all'anno. Suoli sani, monitorati e gestiti in modo sostenibile forniscono, invece, benefici ambientali, economici e sociali essenziali per la società. È questo il principio su cui si basa la nuova proposta di direttiva europea per il monitoraggio e la resilienza del suolo (*Proposal for a directive of the European Parliament and of the Council on Soil monitoring and resilience*, <https://environment.ec.europa.eu>), pubblicata il 5 luglio 2023, che prevede la raccolta di dati sulla salute dei suoli e la messa a disposizione di tali dati per agricoltori e per altri gestori dei suoli, con l'obiettivo di consentire all'Ue di pervenire a suoli sani entro il 2050. La proposta prevede anche che la gestione sostenibile del suolo diventi la norma, affronta i rischi per la salute e per l'ambiente dovuti alla contaminazione dei suoli e intende favorire la prosperità delle zone rurali, la sicurezza alimentare e, insieme ad altre iniziative adottate recentemente, lo sviluppo della bioeconomia, ponendo l'Unione europea all'avanguardia nell'innovazione e contribuendo a invertire la perdita di biodiversità e a preparare una risposta alle conseguenze dei cambiamenti climatici. La nuova direttiva fornisce un quadro normativo per affrontare le principali minacce al suolo nell'Ue, come l'erosione, la perdita di materia organica del suolo, la salinizzazione, la contaminazione, la compattazione, l'impermeabilizzazione, nonché la perdita di biodiversità del suolo. Lo farà mettendo in atto un sistema di monitoraggio solido e coerente per tutti i suoli dell'Ue in modo che gli Stati membri possano adottare misure per rigenerare i suoli degradati. Gli Stati membri dovranno in particolare assicurare il monitoraggio del consumo di suolo, identificare i siti potenzialmente contaminati, indagare su tali siti e affrontare di conseguenza i rischi per la salute umana e l'ambiente, contribuendo così all'obiettivo di un ambiente privo di sostanze tossiche entro il 2050. Un elemento fondante della proposta è la definizione armonizzata di salute del suolo e di un sistema comune di monitoraggio, anche grazie all'integrazione di diverse fonti di dati, combinando i dati di campionamento del suolo provenienti dal monitoraggio europeo (Lucas) con quelli satellitari di Copernicus e con i dati nazionali e privati. I dati sul suolo costituiranno una base per soluzioni innovative, tecnologiche e organizzative, in particolare nelle pratiche agricole. Tali dati aiuteranno gli agricoltori e gli altri proprietari terrieri ad applicare i metodi di trattamento più appropriati e li aiuteranno ad aumentare la fertilità e le rese del suolo,

riducendo al tempo stesso al minimo il consumo di acqua e di nutrienti. Inoltre, questi dati miglioreranno la comprensione delle tendenze in materia di siccità, ritenzione idrica ed erosione, rafforzando la prevenzione e la gestione delle catastrofi. Suoli più sani e dati di migliore qualità forniscono ulteriori opportunità di reddito agli agricoltori e ai gestori di terreni, che possono essere ricompensati per il sequestro del carbonio nei suoli agricoli o essere remunerati per i servizi ecosistemici o per l'incremento del valore di suoli sani e degli alimenti prodotti su tali suoli.

La proposta non impone obblighi diretti ai proprietari terrieri e ai gestori di terreni, compresi gli agricoltori. Gli Stati membri definiranno pratiche positive e negative per la gestione del suolo oltre a prevedere misure di rigenerazione per riportare i suoli degradati a una condizione di salute, sulla base di valutazioni sullo stato del suolo. Tali valutazioni avranno ricadute anche su altre politiche dell'Ue, come il settore *Land Use, Land-Use Change and Forestry* (LULUCF), la Pac e la gestione delle risorse idriche.

I descrittori della qualità del suolo scelti rivestono un ruolo cruciale nell'attuazione della direttiva e per valutare lo stato di salute del suolo.

Il monitoraggio dovrà avvenire su base almeno quinquennale utilizzando un insieme di indicatori per i diversi processi di degrado del suolo, come salinizzazione, erosione, perdita di carbonio organico e compattazione. Il valore di una serie di questi indicatori dovrà essere confrontato con specifici criteri di valutazione, alcuni dei quali definiti a livello europeo, mentre altri sono di responsabilità di ciascuno Stato membro.

Il monitoraggio dell'impermeabilizzazione e del consumo di suolo dovrà, invece, essere effettuato ogni anno sulla base di una metodologia condivisa a livello europeo e che si basa sulle stesse premesse di monitoraggio del sistema assicurato da Ispra e dal Snpa per l'Italia, che quindi si trova già in linea con quanto richiesto su questi temi significativi.

I dati del monitoraggio, costituiti sia da misure *in situ* sia da osservazioni satellitari, confluiranno in un portale digitale europeo dedicato alla salute del suolo, in cui saranno pubblicamente accessibili in formato georeferenziato. Ogni Paese membro deve inoltre definire un meccanismo accessibile a proprietari e gestori di terreni per la certificazione volontaria della salute dei suoli.

La proposta di direttiva entrerà in vigore poco dopo la sua adozione, ma è previsto un periodo di transizione di due anni per il recepimento negli Stati membri e per l'istituzione di una *governance* adeguata e di un rinnovato sistema di monitoraggio del suolo, compresa la determinazione dei punti di campionamento e l'adozione di metodologie per stabilire i distretti del suolo, nonché un periodo di quattro anni per istituire un registro dei siti potenzialmente contaminati. (MM)



FOTO: REGIONE EMILIA-ROMAGNA/ATC

# SITI CONTAMINATI, IL SISTEMA INFORMATIVO MOSAICO

ISPRA HA REALIZZATO UN SISTEMA ONLINE SUI SITI CONTAMINATI, CON L'OBIETTIVO DI FORNIRE UN QUADRO COMPLETO E OMOGENEO A LIVELLO NAZIONALE SUI DATI RELATIVI AI PROCEDIMENTI DI BONIFICA SULLA BASE DELLE ANAGRAFI E DELLE BANCHE DATI DI REGIONI, PROVINCE AUTONOME E AGENZIE AMBIENTALI.

**M**osaico è il sistema informativo nazionale sui siti contaminati, realizzato da Ispra nell'ambito del Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente (Snpa) con la partecipazione di Regioni e Province autonome. Esso ha l'obiettivo di fornire un quadro completo e omogeneo a livello nazionale attraverso la raccolta dei dati relativi ai procedimenti di bonifica residenti nelle anagrafi e banche dati delle Regioni, Province autonome e Agenzie per la protezione dell'ambiente. In Mosaico si possono reperire informazioni sullo stato di avanzamento tecnico e amministrativo dei procedimenti, sul territorio dove insiste il sito, sullo stato della contaminazione, sulle autorità e sui soggetti coinvolti. Nel settembre 2023 sono state rese disponibili alla consultazione pubblica tali informazioni con riferimento ai procedimenti di bonifica di competenza regionale. Il cuore della piattaforma è costituito dal database spaziale, vi sono poi un'applicazione web per il caricamento e controllo dei dati e applicazioni web-Gis per la visualizzazione dei dati con differenti livelli di accesso e funzionalità. La porta di accesso a Mosaico è il sito web dedicato [www.mosaicositicontaminati.isprambiente.it](http://www.mosaicositicontaminati.isprambiente.it) (figura 1): l'area riservata consente l'accesso, tramite autenticazione, all'applicazione web per il caricamento e controllo dei dati e alle applicazioni web-Gis per la visualizzazione dei dati dedicate alle pubbliche amministrazioni. La sezione di consultazione pubblica online è invece disponibile direttamente dal menù di navigazione.

L'entità principale della banca dati è il procedimento di bonifica. Per ciascun procedimento possono essere archiviate informazioni di tipo amministrativo-gestionale (tipo di procedimento, autorità competente, soggetti coinvolti, avanzamento della procedura ecc.), territoriale (ubicazione ed estensione del

sito), tecnico (matrici coinvolte, tipo e livello di contaminazione, tipologia di intervento ecc.) ed economico (costi degli interventi).

L'applicazione web per il caricamento dei dati è stata sviluppata per accogliere i dati estratti dalle banche dati/anagrafi di origine (comprensivi delle informazioni di tipo geografico) attraverso i più comuni formati di file di scambio. Prima dell'inserimento delle informazioni in banca dati i file caricati vengono sottoposti a procedure di verifica per il controllo della completezza delle informazioni, del rispetto dei domini dei campi e più in generale dei vincoli e delle regole specifiche di compilazione. A esito positivo della verifica i dati vengono caricati in banca dati, a esito negativo viene restituito un file con le informazioni sugli errori rilevati. Le applicazioni web-Gis per la visualizzazione dei dati sfruttano la possibilità di pubblicare *dataset* geografici attraverso lo standard Ogc (*Open Geospatial Consortium*) e consentono la consultazione online delle informazioni contenute in banca dati in conformità con lo standard nazionale Rndt (Repertorio nazionale dei dati territoriali) (figura 2 e 3).

Nella sezione pubblica è possibile consultare online i dati consolidati

(figura 3); il dataset è aggiornato periodicamente, contestualmente a ciascuna trasmissione di dati.

## Lo stato delle bonifiche dei siti contaminati in Italia

Allo stato attuale il popolamento di Mosaico è relativo esclusivamente ai procedimenti di bonifica di competenza delle Regioni o di enti da esse delegate e non riguarda pertanto i procedimenti relativi ai siti di interesse nazionale (Sin). I dati più recenti, aggiornati al 31/12/2021 a eccezione di quelli relativi alla Sardegna aggiornati al 31/12/2019, confermano e consolidano il quadro rappresentato nel primo [1] e secondo [2] rapporto Ispra sullo stato delle bonifiche in Italia.

Il numero totale dei siti oggetto di procedimento di bonifica regionale è 36.814, di cui 19.474 hanno concluso il procedimento e 17.340 hanno un procedimento in corso (figura 4).

In due casi su tre i procedimenti si sono conclusi senza intervento di bonifica o messa in sicurezza; le attività di indagine effettuate, infatti, hanno evidenziato l'assenza di contaminazione. Il progresso nella gestione dei

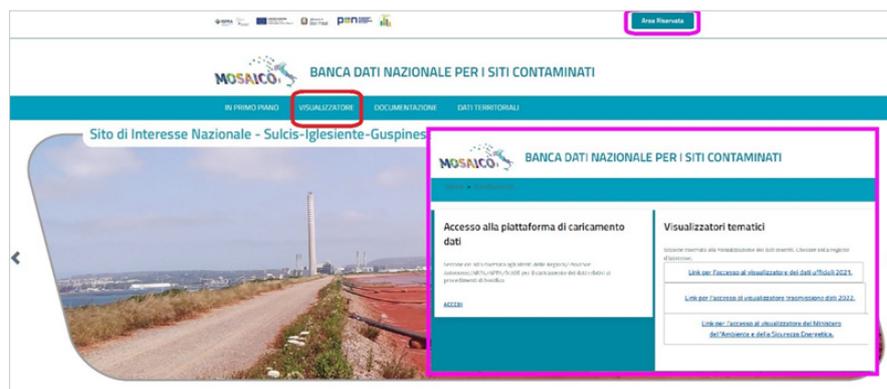


FIG. 1 MOSAICO

Sito web di Mosaico: accesso all'area riservata (riquadro fucsia) e alla sezione pubblica di visualizzazione dei dati (riquadro rosso).

procedimenti in corso per i dati aggiornati al 31/12/2021 evidenzia la predominanza della fase di attivazione del procedimento (60%) e la distribuzione equivalente nelle due successive fasi del procedimento: formulazione del modello concettuale (19%) e intervento (18%). I siti contaminati, infine, rappresentano circa il 20% dei siti con procedimento di bonifica in corso.

## Prospettive e sviluppi futuri

Mosaico, una volta compilato nelle diverse sezioni tecniche e gestionali, consentirà di avere un quadro complessivo sullo stato delle bonifiche in Italia relativo a tutti i procedimenti, in ambito locale e Sin. La georeferenziazione dei procedimenti sia in termini di localizzazione puntuale sia di superfici permetterà di effettuare valutazioni delle interazioni tra le aree interessate da procedimenti di bonifica e il territorio.

Non tutti i contenuti informativi previsti in Mosaico sono attualmente disponibili in tutte le anagrafi e banche dati. È necessario quindi un percorso di popolamento progressivo e selettivo secondo un ordine di priorità definito in maniera condivisa da tutti i soggetti coinvolti nell'alimentazione, che rappresenta un compromesso tra l'esigenza conoscitiva (aspetti procedurali, ambientali e tecnici), la disponibilità dei dati, le risorse necessarie e le tempistiche. In futuro sarà necessario e opportuno ampliare la partecipazione all'alimentazione di Mosaico ad altri attori coinvolti nei procedimenti di bonifica (Comuni, Province, Città Metropolitane, Mase) al fine di acquisire ulteriori dati specifici di competenza di ciascun ente.

L'ampliamento progressivo del set di dati omogeneo e consolidato a livello nazionale, alimentato sistematicamente, aggiornato con cadenza annuale, consentirà la produzione di un numero sempre maggiore di indicatori stabili, trasparenti e condivisi, necessari per la diffusione delle informazioni al cittadino e a supporto delle decisioni per il governo del territorio e per la promozione di politiche sui siti contaminati a livello nazionale o locale.

Lo scorso luglio la Commissione europea ha pubblicato la proposta di direttiva sul monitoraggio e la resilienza del suolo (v. box a pag. 11). Il capitolo 4, interamente dedicato alla gestione dei siti contaminati, prevede tra gli altri obblighi



FIG. 2 MOSAICO - AREA RISERVATA  
Visualizzatore dedicato alle pubbliche amministrazioni ad accesso riservato.

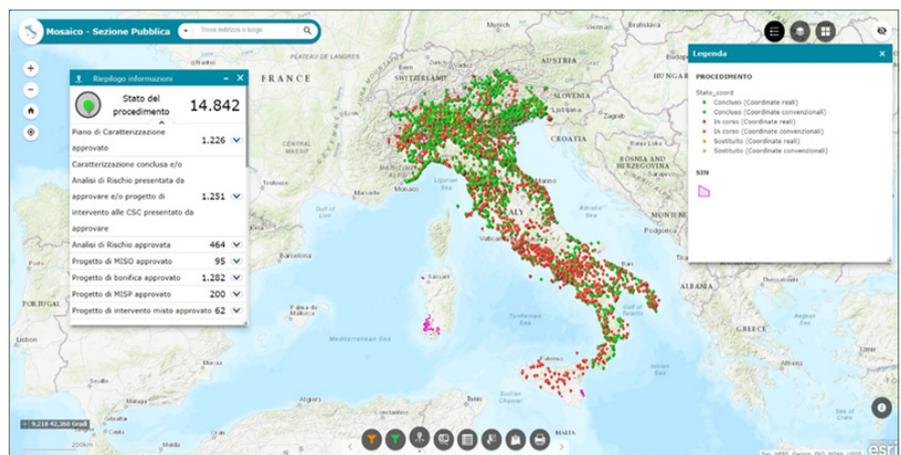


FIG. 3 MOSAICO - SEZIONE PUBBLICA  
Sezione pubblica di consultazione dei dati di Mosaico.

relativamente alla predisposizione dei registri nazionali dei siti potenzialmente contaminati e dei siti contaminati, nonché al reporting con i dati e le informazioni dei registri. Tali previsioni, qualora confermate nel testo finale, non troveranno l'Italia impreparata: Mosaico è già un buon punto di partenza.

**Eugenia Bartolucci, Federico Araneo, Maria Pia Congi**

Ispra

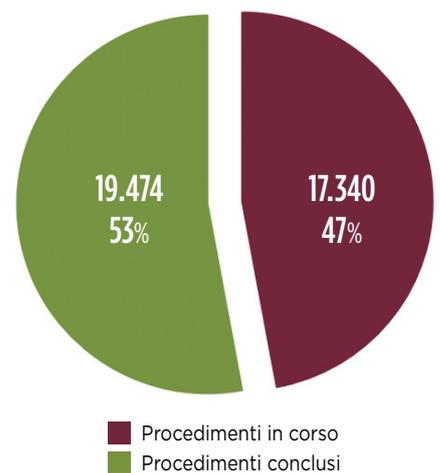


FIG. 4 PROCEDIMENTI DI BONIFICA  
Distribuzione tra procedimenti di bonifica in corso e conclusi.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Araneo F., Bartolucci E., 2021, *Lo stato delle bonifiche dei siti contaminati in Italia: i dati regionali*, Ispra, Rapporti 337/21.
- [2] Araneo F. et al., 2023, *Lo stato delle bonifiche dei siti contaminati in Italia: secondo rapporto sui dati regionali*, Ispra, Rapporti 387/23.

# UNA NUOVA CARTA DEI SUOLI D'ITALIA IN SCALA 1:100.000

LA MAPPA SARÀ UNA BASE DI RIFERIMENTO NELL'AMBITO DEL SISTEMA INTEGRATO DI MONITORAGGIO (SIM). PER LA SUA MESSA A PUNTO SONO PREVISTE UNA CAMPAGNA DI RILIEVI, CON IL DUPLICE OBIETTIVO DI COPRIRE AREE CARENTI DI INFORMAZIONI E DI AGGIORNARE I DATI. È ESSENZIALE L'INTEGRAZIONE DI TUTTE LE FONTI INFORMATIVE SULLA STESSA PIATTAFORMA.

**I**l Crea, con il supporto del Ministero dell'Agricoltura, della sovranità alimentare e delle foreste (Masaf), collabora da anni alla realizzazione di carte pedologiche, ultima delle quali, la Carta dei suoli d'Italia in scala 1:1.000.000 del 2012, con restituzione digitale alla scala 1:500.000 (figura 1 e 3). La carta costituiva un'opera di interesse generale a carattere scientifico, divulgativo e educativo, che aggiornava la precedente, datata 1966 (figura 2) sia in termini di conoscenze sia di metodologie utilizzate.

Nell'ambito del Sistema integrato di monitoraggio (Sim) e in particolare per lo svolgimento dell'azione "Agricoltura di precisione - Banche dati", è stato inserito tra i fabbisogni quello di una carta dei suoli d'Italia in scala 1:100.000. Tale strato informativo andrà ad aggiungersi a quelli già prodotti dal Crea a diverse scale di riferimento (1:10.000.000; 1:5.000.000; 1:1.000.000; 1:500.000). Si tratta, in questo caso, di uno strumento applicativo che potrà costituire la base di riferimento per la conoscenza dei suoli nell'ambito del Sim. Per la sua realizzazione sarà fondamentale l'integrazione di tutte le fonti informative sulla stessa piattaforma di monitoraggio, sia in termini di cartografie e mappe digitali di diversa scala, sia di osservazioni speditive rilevate tramite campagne nazionali o regionali, sia di profili completi di analisi e classificazione raccolti dal Crea e da altre istituzioni regionali o universitarie. Rappresenterà la distribuzione dei principali suoli presenti nel territorio nazionale e costituisce un approfondimento del percorso avviato nel 1999 nell'ambito del progetto Carta dei suoli d'Italia a scala 1: 250.000, finanziato all'epoca dal Mipaaf e realizzato in collaborazione con le istituzioni regionali. Per la sua messa a punto è previsto l'avvio di una campagna di rilievi con il duplice obiettivo di coprire aree carenti di informazione e aggiornare all'attuale i dati pregressi, comunque utili ma spesso

datati. Inoltre, sono in programma eventi dimostrativi volti all'armonizzazione dei metodi di rilevamento e campionamento del suolo. Si prevede l'aggiornamento della manualistica di riferimento per un

rilievo pedologico armonizzato a livello nazionale (Costantini, 2008), in vista di una sua ufficializzazione. Gli eventi dimostrativi saranno volti inoltre a fornire una base metodologica comune di



FIG. 1 CARTA DEI SUOLI D'ITALIA (2012)

La carta realizzata nel 2012 in scala 1: 1.000.000, [https://esdac.jrc.ec.europa.eu/images/Eudasm/11/2012Carta\\_Suoli\\_Italia.jpg](https://esdac.jrc.ec.europa.eu/images/Eudasm/11/2012Carta_Suoli_Italia.jpg).

Fonte: Costantini E.A.C., L'Abate G., Barbetti R., Fantappiè M., Lorenzetti R., Magini S., 2022, "The soil province geodatabase of Italy, storing information of soil typological units and broad soil regions at the 1:1,000,000 and 1:10,000,000 scales, Data set", *Geoderma*, vol. 271, 1 June 2016, pagg. 243-253, Zenodo, <https://doi.org/10.5281/zenodo.7072306>.

referimento per le metodiche analitiche e per la loro archiviazione in banca dati, e in ultimo per la gestione del software sviluppato dal Crea per catalogare i suoli campionati. Si tratta di un prodotto in fase di sviluppo nell'ambito del Programma congiunto di ricerca europea H2020 Ejpsoil (<https://ejpsoil.eu>), tramite il "Quadro software per un sistema condiviso di informazioni agricole sul suolo" (deliverable 6.4), che si basa sulle solide basi della direttiva Inspire, sfruttando gli ultimi sviluppi nel processo di modernizzazione e semplificazione dei suoi requisiti tecnici nel contesto più ampio della Strategia europea per i dati e del *Data space* del *Green deal*.

Sono previsti accordi con i referenti pedologici regionali e alcune università. Collabora al progetto il personale del Crea: Giuseppe Corti, Lorenzo D'Avino, Roberta Pastorelli, Giuseppe Valboa, Nadia Vignozzi, Stefano Mocali, Giovanni L'Abate, Roberto Barbetti, Chiara Piccini e Mario Finoia, oltre a ulteriori unità in corso di definizione.

## Retrospectiva sulla pedologia in Italia nell'ultimo quarto di secolo

Alla fine del secolo scorso, pochi erano i servizi regionali (Provincia di Trento, 1965; Sicilia, 1967 aggiornato al 1988; Sardegna, 1991; Emilia-Romagna, 1994) che avevano già prodotto e pubblicato una cartografia del suolo regionale (scala 1: 250.000). Purtroppo, la densità delle osservazioni, il dettaglio grafico, e soprattutto l'uso di classificazioni pedologiche e legende dimostravano una completa mancanza di armonizzazione. Nell'ambito del programma interregionale "Agricoltura e qualità" misura 5, il Ministero delle Politiche agricole (attualmente Masaf) ha avviato nel 1999 il progetto "Carta dei suoli d'Italia", con l'obiettivo di colmare il vuoto relativo alla disponibilità di una base di conoscenze pedologiche completa e uniforme del territorio italiano (scala 1: 250.000). La necessità di colmare questa lacuna era stata evidenziata a livello europeo come una priorità per affrontare i maggiori rischi di degrado del suolo e definire le politiche ambientali europee. La collaborazione tra l'allora Istituto sperimentale per lo studio e difesa del suolo Issds (poi confluito nel Consiglio per la ricerca in agricoltura Cra, in seguito Crea) e le istituzioni regionali impegnate in prima linea ha portato in circa dieci anni (dal 2003 al 2012) a raccogliere all'interno di un'unica

base dati informazioni pedologiche e mappe. Questo sistema informativo è tutt'ora mantenuto presso il Crea. È costituito da dati pedologici puntuali e poligonali, profili osservati e derivati, e fornisce mappe del suolo e dati a diverse scale di dettaglio.

Nonostante i tentativi di stabilire un'armonizzazione metodologica comune (Costantini, 2000; Costantini e D'Antonio, 2001), ogni Regione definì comunque i propri standard metodologici (sistema di proiezione, metodologie di indagine e descrizione delle osservazioni, tecniche di generalizzazione e report finale). Le mappe regionali non sono quindi risultate sufficientemente armonizzate, né geometricamente né semanticamente (Lupia e Laruccia, 2010).

Mentre le agenzie regionali erano attivamente coinvolte nell'indagine del suolo con l'obiettivo di elaborare il contributo regionale alla mappa del suolo



1: 250.000 dell'Italia, tra le prime azioni intraprese in questo settore dal Ministero italiano dell'Ambiente e del territorio (Mattm) può essere elencata la Carta ecopedologica d'Italia (2003; Angelini, 2006), alla stessa scala di riferimento, commissionata all'Ufficio europeo dei suoli, una struttura dell'Unione europea con sede presso il Centro comune di ricerca (Jrc) della Commissione europea. Risale al 2004 la pubblicazione di un documento tecnico che descrive le principali caratteristiche della rete per il monitoraggio ambientale del suolo (Apat, 2004). La monografia era



FIG. 2 CARTA DEI SUOLI D'ITALIA (1966)

La precedente carta dei suoli realizzata nel 1966 in scala 1: 1.000.000, <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/images/Eudasm/IT/ital23copy.jpg>.

Fonte: Mancini F. (a cura di), 1966, "Carta dei suoli d'Italia Scala 1:1,000,000", Comitato per la carta dei suoli d'Italia, Agaf e Soc. Geografica.

curata dal Centro tematico nazionale "Territorio e suolo", struttura promossa dall'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici (ora Ispra) in forma di rete tra Agenzie regionali, e stilava i primi elementi tecnici più importanti per la struttura di una rete nazionale per il monitoraggio del suolo, in collaborazione con istituti di ricerca, università e regioni. La stessa istituzione cura poi la monografia "Il suolo, la radice della vita" (Apat, 2008), con l'obiettivo di porre le basi della rete nazionale. Questo lavoro vede la luce successivamente al volume "Linee guida dei metodi di rilevamento e informazione dei dati pedologici", edito congiuntamente da Mipaaf, Siss (Società

italiana della scienza del suolo) e Cra (Costantini ed., 2007, aggiornato 2011). Solo grazie alla pubblicazione della Carta dei suoli d'Italia 1: 1.000.000 (Costantini et al., 2013; Dazzi ed., 2013; Costantini et al., 2022; Barbetti et al., 2022) fu raggiunta una vera armonizzazione nazionale. Ulteriori avanzamenti sono stati poi ottenuti tramite la fusione di mappe regionali del suolo in scala 1: 250.000 (Rivieccio, 2020); e la pubblicazione della "griglia di 500 metri di profili derivati del suolo (Dsp) per l'Italia-suoli cella 500" (Fantappiè et al., 2019; Fantappiè et al., 2023, figura 4). Nel 2019, il Ministero delle Politiche agricole alimentari e forestali ha avviato il progetto Soil Hub (19/11/2019 -

30/06/2024) con l'obiettivo di sviluppare conoscenze, strumenti per promuovere la gestione sostenibile del suolo agricolo e una comunità di ricerca integrata che possa interagire con il Programma congiunto europeo e il Partenariato globale del suolo, contribuendo a superare la frammentazione della ricerca e rafforzare le conoscenze al fine di mitigare gli impatti negativi dei cambiamenti climatici sul settore agricolo e sui servizi ecosistemici del suolo (Altobelli et al., 2023).

Il 30 aprile 2021 l'Italia ha presentato alla Commissione europea il Piano nazionale di ripresa e resilienza (Pnrr). La realizzazione della Mappa dei suoli d'Italia 1:100.000 si colloca nell'ambito

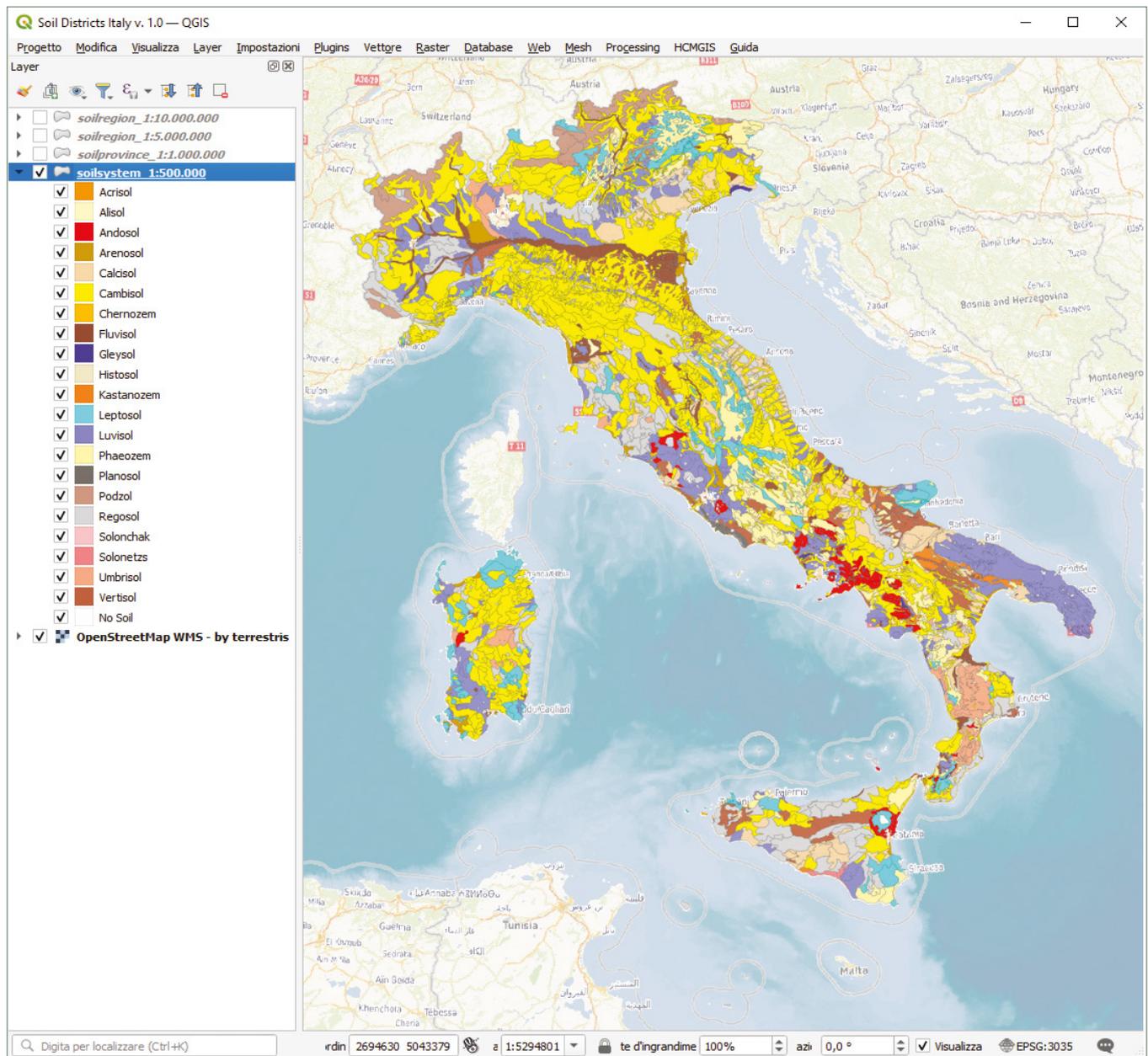


FIG. 3 SISTEMA INFORMATIVO DEI SUOLI ITALIANI  
Versione 3.0 (in corso di pubblicazione).

Fonte: l'Abate G., Barbetti R., Costantini E.A.C., Magini S., Fantappiè M., 2022, "Italian soil information system, 1.1, april 2011, Data set", Zenodo, <https://doi.org/10.5281/zenodo.7085005>.

della Missione 2 - Rivoluzione verde e transizione ecologica, Componente 4 (M2C4) - Protezione del territorio e delle risorse idriche, Misura 1 - Rafforzare la capacità di previsione degli effetti dei cambiamenti climatici, Investimenti 1.1 - Creazione di un sistema avanzato e integrato di monitoraggio e previsione, Applicazioni verticali-2. Agricoltura di precisione. Il progetto preliminare del sistema di monitoraggio è stato approvato nel maggio 2023 (Decreto dipartimentale n. 189 del 10 maggio 2023).

**Giovanni L'Abate**

Crea

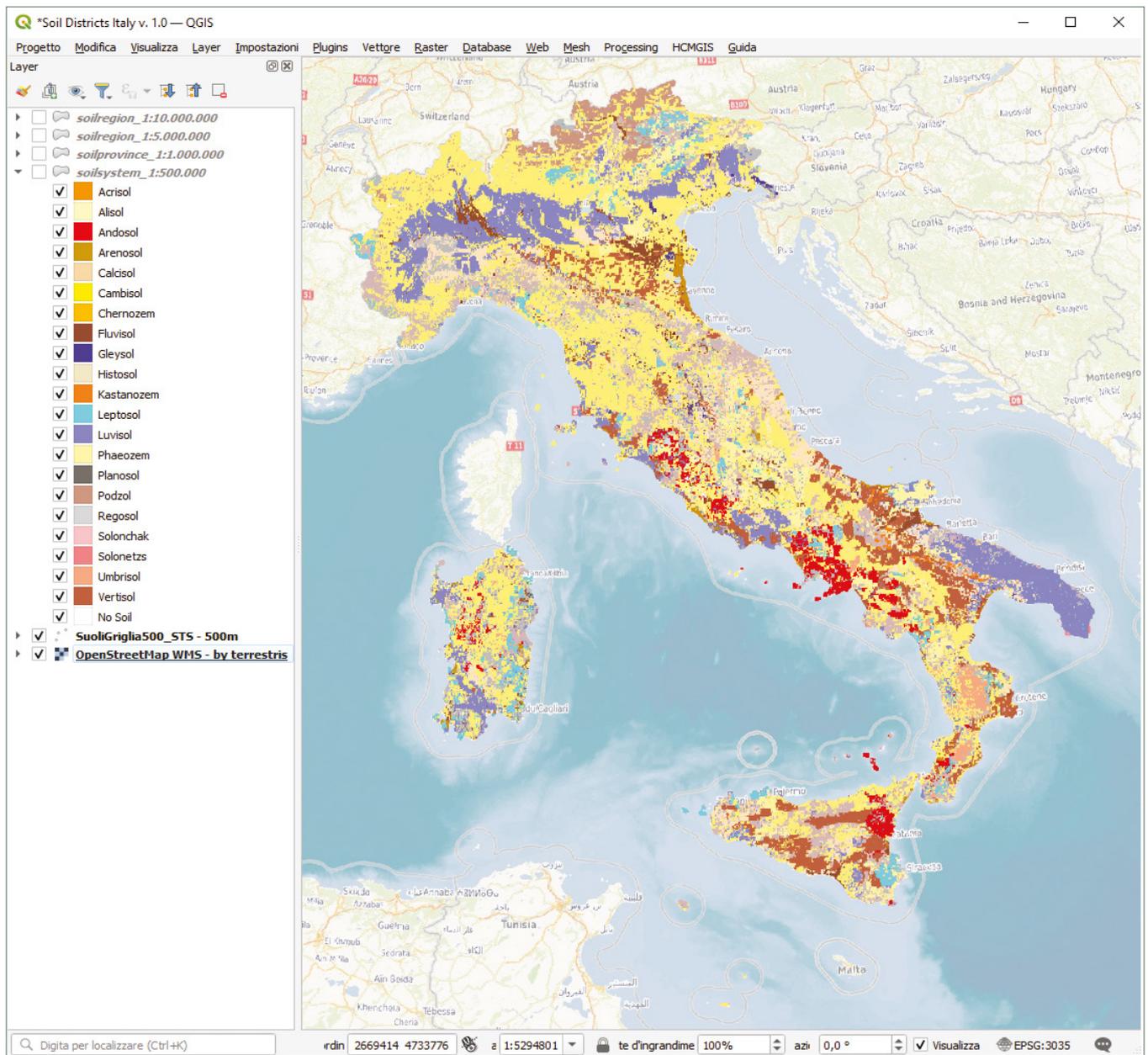


FIG. 4 SUOLI CELLA 500  
Versione 1.0, 29 giugno 2019.

Fonte: Fantappiè M., Costantini E.A.C., L'Abate G., 2019, "500-meter grid of derived soil profiles (Dsp) for Italy - SuoliCella500 (1.0) Data set", Zenodo, <https://doi.org/10.5281/zenodo.7105023>.

# STRUMENTI PER LA DEFINIZIONE DEI VALORI DI FONDO NEL SUOLO

IL DLGS 152/2006 SANCISCE LA NECESSITÀ DI DEFINIRE I VALORI DI FONDO DI UN SITO QUALORA GLI ARRICCHIMENTI SIANO RICONDUCIBILI A FENOMENI DI ORIGINE NATURALE O ANTROPICA. IN EMILIA-ROMAGNA SONO STATI REALIZZATI STUDI SPECIFICI SUL CONTENUTO E SULLA BIODISPONIBILITÀ DI METALLI NEI SUOLI AGRICOLI DI PIANURA.

La Commissione europea, attraverso la strategia tematica per la protezione del suolo (Com 2006/231), riconosce il suolo come una risorsa sostanzialmente non rinnovabile che svolge numerose funzioni essenziali per le attività umane e la sopravvivenza degli ecosistemi. Secondo la normativa nazionale, in un procedimento di bonifica di un sito contaminato, le Agenzie regionali di protezione ambientale territorialmente competenti, ai sensi dell'art. 242, comma 13-ter, del Dlgs 152/2006 così come modificato dall'art. 37 della legge 108/2021, devono definire il valore di fondo da assumere qualora un sito presenti, per fenomeni di origine naturale, concentrazioni rilevate superiori alle concentrazioni soglia di contaminazione (Csc), sulla base delle risultanze di uno specifico piano di indagine, nonché di altri dati disponibili per l'area di interesse. Il valore di fondo è un aspetto

imprescindibile per determinare lo stato di contaminazione del suolo, in particolare modo nel caso di metalli e metalloidi che, essendo contenuti naturalmente nei materiali di origine, sono sempre presenti, talora anche con concentrazioni significative.

In ottemperanza agli obblighi normativi Arpae ha istituito nel 2023 un gruppo di lavoro dedicato ai valori di fondo che, nell'ambito della gestione dei procedimenti di bonifica, ai sensi del titolo V del Dlgs 152/2006, supporta la fase di definizione dei valori di fondo, qualora vengano accertati dei superamenti delle Csc nel suolo o nelle acque sotterranee, in assenza di evidenza di eventi potenzialmente contaminanti. Per la definizione dei valori di fondo nei suoli, Arpae si avvale preliminarmente delle conoscenze e delle competenze fornite dall'area Geologia suoli e sismica della Regione Emilia-Romagna.

Nel 2004 la Regione ha avviato uno studio sulla conoscenza del contenuto di alcuni metalli nei suoli agricoli della pianura emiliano-romagnola, utilizzando la metodologia ISO 19258:2018 "Soil quality - Guidance on the determination of background values".

Nello specifico, sono stati prelevati 709 campioni (media di 1 campione ogni 16 km<sup>2</sup>), scelti effettuando un campionamento tipologico sulla base della carta dei suoli attraverso l'individuazione di gruppi omogenei per tessitura, provenienza e grado evolutivo, definendo così le unità genetiche funzionali (Ugf).

Dall'analisi di questi campioni sono state elaborate la *Carta del fondo naturale* e la *Carta del fondo naturale antropico*, strumenti conoscitivi e di supporto per la valutazione di fenomeni di contaminazione diffusa o puntuale del suolo, necessari a creare le premesse per corrette scelte di gestione territoriale.

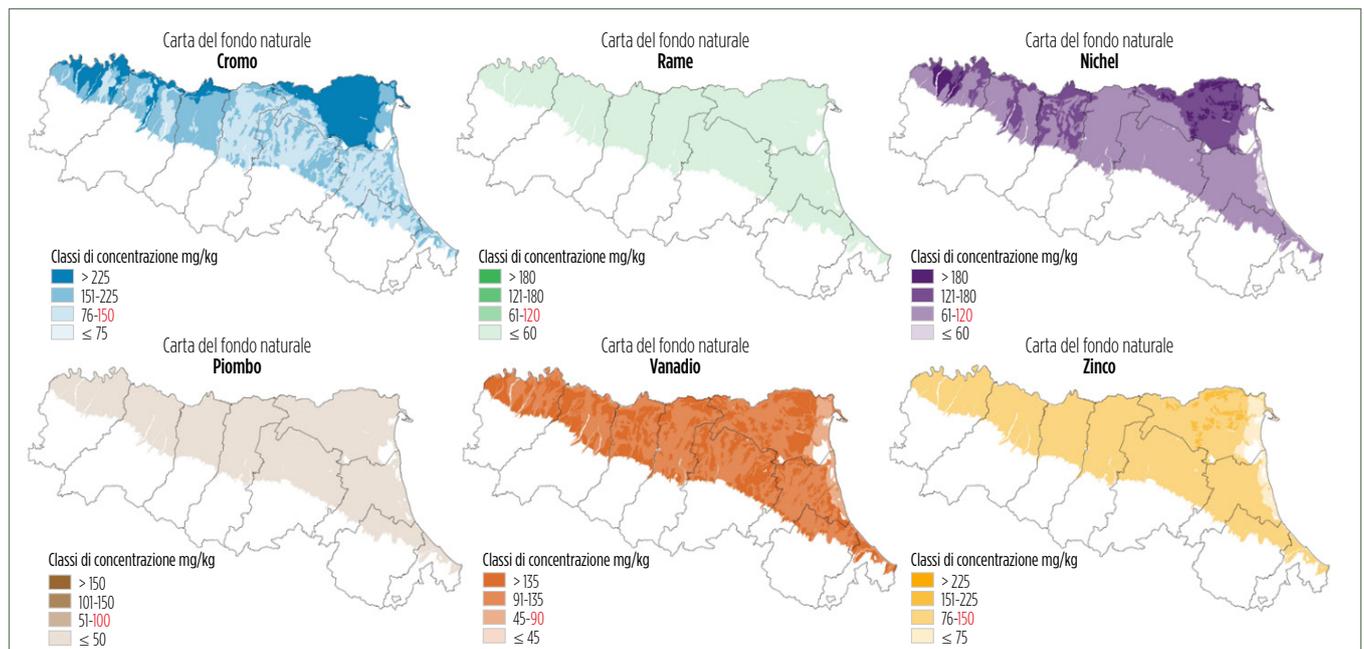


FIG. 1 FONDO NATURALE

Carte del fondo naturale messe a disposizione dalla Regione Emilia-Romagna. Il valore in legenda in rosso rappresenta il limite di legge secondo il Dlgs 152/2006 (<https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/suoli>).

La Carta del fondo naturale o "Pedogeochimica" dei metalli pesanti della pianura (2016, scala 1:250.000) stima la distribuzione areale di sei metalli (cromo, nichel, zinco, piombo, rame e vanadio) nell'orizzonte profondo (*sub soil* 90-140 cm), al fine di descrivere il contenuto naturale dei metalli pesanti dei suoli di pianura. Per realizzare la cartografia è stata effettuata una trattazione statistica dei dati, derivanti da un'analisi Xrf, a seguito dell'individuazione di Ugf in funzione della carta dei suoli, della carta dei bacini e della carta geologica.

La Carta del fondo naturale antropico della pianura (2019, scala 1:250.000) stima la concentrazione nell'orizzonte lavorato dei suoli agricoli (*top soil* 20-30 cm) di nove metalli (arsenico, cadmio, cromo, nichel, zinco, piombo, rame, stagno e vanadio), al fine di creare una *baseline* per la valutazione di eventuali fenomeni di contaminazione puntuale. Per realizzare la cartografia è stata effettuata un'analisi attacco in acqua regia e una lettura Icp-MS dei siti classificati in Ugf, in funzione dei distretti colturali, e successiva spazializzazione attraverso analisi geostatistica.

Inoltre la Regione Emilia-Romagna, a partire dai dati disponibili per i due range di profondità (*top soil* e *sub soil*) utilizzati per le cartografie del fondo naturale e del fondo naturale antropico, ha redatto la carta delle anomalie geo-chimiche, al fine di rappresentare lo "stato di salute generale" del suolo. La cartografia "per punti" è stata definita utilizzando l'indice di geoaccumulo che mette a confronto, in corrispondenza di ogni

sito di campionamento disponibile, le concentrazioni di metallo relative alle due differenti profondità.

L'analisi integrata di questi prodotti cartografici consente di individuare preliminarmente le aree potenzialmente soggette a maggiore vulnerabilità rispetto ad alcuni metalli.

Ad esempio, nel contesto geologico regionale, si osservano concentrazioni, riconducibili a cause naturali, di cromo e nichel nei sedimenti originati dall'alterazione dei corpi ofiolitici (*parental material*) affioranti nei bacini montani oppure arricchimenti nel top soil riconducibili a pratiche agricole e zootecniche peculiari, in cui vi è un maggiore apporto al suolo di zinco e rame dovuto alle deiezioni zootecniche e al trattamento agronomico con solfato di rame.

Attualmente la Regione Emilia-Romagna sta estendendo le carte del fondo naturale anche all'area appenninica ed elaborando delle analisi dei valori di fondo di altri metalli e inquinanti.

In generale, nella definizione di un valore di fondo in un suolo, la difficoltà principale è dover discriminare la componente naturale di una determinata concentrazione da quella antropica, nonché quella antropica diffusa da quella puntuale; a ciò si aggiunge anche il delicato aspetto riguardante la valutazione del quantitativo effettivamente mobilizzato verso il biota o le acque sotterranee di una determinata concentrazione rilevata.

Per tale ragione, nel 2017, è stata avviata una collaborazione tra Arpae e



Regione Emilia-Romagna finalizzata alla valutazione della biodisponibilità di alcuni metalli pesanti contenuti nel suolo, con l'obiettivo di valutare le quantità di metalli potenzialmente metabolizzabili da recettori umani, rese disponibili dall'interazione con il sistema biologico attraverso l'assorbimento da parte delle piante o a lisciviazione in profondità per azione dell'acqua piovana. Le risultanze di questo studio, dimostrano l'assenza di correlazione tra i contenuti totali di un metallo rispetto a quelli effettivamente biodisponibili, sia verso le acque sia verso le piante.

**Alessandra Aprea<sup>1</sup>, Rosalia Costantino<sup>2</sup>, Giacomo Zaccanti<sup>2</sup>**

1. Regione Emilia-Romagna  
2. Arpae Emilia-Romagna

## CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE

### RICOSTRUIRE LA STORIA DEL SITO CONTAMINATO PER COMPRENDERE L'IMPATTO SULLE MATRICI AMBIENTALI

Il procedimento per la caratterizzazione di un sito contaminato è fondamentale per prevedere e attuare le azioni più opportune al fine di mettere in sicurezza e bonificare l'area. La caratterizzazione di un sito è costituita da passaggi precisi:

- ricostruzione storica delle attività produttive svolte sul sito
- elaborazione del modello concettuale preliminare del sito e predisposizione di un piano di indagini ambientali finalizzato alla definizione dello stato ambientale del suolo, sottosuolo e acque sotterranee
- esecuzione del piano di indagini e di quelle eventualmente integrative e necessarie alla luce dei primi risultati raccolti
- elaborazione dei risultati delle indagini e dei dati storici e rappresentazione dello stato di contaminazione del suolo, sottosuolo e acque sotterranee
- elaborazione del modello concettuale definitivo
- identificazione dei livelli di concentrazione residua accettabili sui quali impostare gli eventuali interventi di messa in sicurezza o bonifica che si potrebbero rendere necessari a

seguito dell'analisi di rischio.

La caratterizzazione ambientale così elaborata deve essere approvata dalle pubbliche amministrazioni competenti. I parametri analitici da ricercare sia per il suolo sia per le acque sotterranee sono stabiliti sulla base del ciclo produttivo e sui dati storici, tutte informazioni contenute nel piano di indagine. Il documento deve inoltre riportare nel dettaglio le operazioni di prelievo e campionamento dei terreni e delle acque sotterranee. Le modalità di prelievo e campionamento descritte costituiscono l'unico protocollo applicabile per la caratterizzazione del sito. Le indagini effettuate servono per stabilire l'estensione dell'area da bonificare, i volumi di suolo contaminato, le caratteristiche rilevanti dell'ambiente naturale e costruito e il grado di inquinamento delle diverse matrici ambientali. (DM)

Fonte: allegato 2 titolo V parte quarta Dlgs 152/06.

# GESTIONE SEMPLIFICATA DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

PER SEMPLIFICARE GLI OBBLIGHI NORMATIVI A CARICO DEI PRODUTTORI DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO COME SOTTOPRODOTTI, AI SENSI DEL DPR 120/2017, NEL GENNAIO 2023 ARPAE HA RESO DISPONIBILE UN NUOVO APPLICATIVO INFORMATICO DEDICATO ALLA PRESENTAZIONE DELLE DICHIARAZIONI DI UTILIZZO.

**L**a normativa che attualmente disciplina le terre e rocce da scavo, qualificate come sottoprodotti, è il Dpr n. 120 del 13 giugno 2017 *“Riordino e semplificazione della disciplina sulla gestione delle terre e rocce da scavo”*.

Tra i vari adempimenti previsti, l'art. 21 del decreto prevede che il produttore di terre e rocce da scavo debba inviare all'Agenzia di protezione ambientale territorialmente competente e al Comune del luogo di produzione, la dichiarazione di utilizzo contenente caratteristiche e quantitativi destinati all'utilizzo dei materiali da scavare almeno 15 giorni prima dell'inizio delle attività di scavo. Per ottemperare a tale obbligo normativo e per gestire in maniera efficace e informatizzata i dati pervenuti, Arpa ha reso disponibile, a partire dal 16 gennaio 2023, un servizio online rivolto ai produttori di terre e rocce da scavo tramite il quale, previa autenticazione attraverso identità digitale (Spid), gli stessi possono compilare e inviare le dichiarazioni di utilizzo (allegato 6, Dpr 120/2017) e accedere a una sezione personale contenente le pratiche pregresse inviate.

Inoltre, il sistema di gestione informatizzata delle pratiche prevede l'attivazione di un automatismo di *warning* che invia, in prossimità della *“data di presunta ultimazione dell'attività di riutilizzo”* comunicata nella dichiarazione di utilizzo, un'email a titolo di promemoria al produttore delle terre e rocce da scavo per ricordare l'invio della presentazione della dichiarazione di avvenuto utilizzo (Dau, allegato 8, Dpr 120/2017) entro i termini previsti dalla normativa e non incorrere quindi in eventuali sanzioni.

Infine, è stato messo a disposizione degli utenti un indirizzo email per la segnalazione delle problematiche relative alla compilazione online della dichiarazione di utilizzo.

In sintesi, il nuovo sistema di gestione delle pratiche offre notevoli vantaggi, sia



ai produttori di terre e rocce da scavo sia ai tecnici di Arpae nello svolgimento delle attività di vigilanza e controllo:

- semplificazione per il produttore delle procedure di compilazione e invio ad Arpae delle dichiarazioni di utilizzo (nuova attività o modifica, allegato 6, Dpr 120/2017)
- disponibilità per il produttore di uno storico informatizzato, interrogabile e riutilizzabile delle dichiarazioni di utilizzo già trasmesse
- semplificazione dell'attività istruttoria e di vigilanza e controllo svolta dai tecnici di Arpae
- fruibilità immediata dei dati contenuti nelle dichiarazioni attraverso la loro informatizzazione
- acquisizione informatizzata dei dati analitici forniti dai produttori
- elaborazione facilitata degli indicatori ambientali
- facilitazione del rispetto della normativa, per il produttore, attraverso l'invio dei *warning* per ricordare la presentazione della Dau (allegato 8, Dpr 120/2017).

In riferimento all'informatizzazione dei dati acquisiti attraverso il nuovo sistema di gestione delle pratiche, si evidenzia la possibilità di monitorare il flusso delle terre e rocce movimentate

sul territorio regionale anche attraverso l'implementazione di una banca dati, associata a un visore cartografico (WebGis). La banca dati viene popolata, in maniera automatica, con i dati contenuti nelle dichiarazioni di utilizzo pervenute, inclusi i dati degli *screening* analitici forniti dai produttori. Tali dati vengono associati ai siti di produzione, di deposito intermedio e di destinazione, georeferenziati sul territorio regionale dai tecnici Arpae tramite un applicativo specifico e sono automaticamente visualizzati attraverso il visore cartografico dedicato.

L'associazione dei dati analitici alla localizzazione dei siti consente di verificare rapidamente la conformità alle normative ambientali, semplificando sia le attività di monitoraggio, vigilanza e controllo, anche in situazioni di emergenza o in presenza di particolari condizioni ambientali, sia la gestione dell'informazione verso i soggetti interessati poiché le rappresentazioni cartografiche costituiscono uno strumento efficace e immediato per condividere anche informazioni complesse.

Attualmente il WebGis delle terre e rocce da scavo viene utilizzato esclusivamente dai tecnici Arpae, ma si prevede, una volta terminata la fase di test, di renderlo

pubblico e quindi disponibile a tutti gli operatori del settore.

## La gestione delle terre e rocce da scavo in Emilia-Romagna

In Emilia-Romagna, dal 2013 al 2023, si è evidenziato un sempre più diffuso ricorso alla gestione delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti. Nel 2023 sono stati prodotti e gestiti come sottoprodotti oltre 2.300.000 metri cubi di terre e rocce da scavo provenienti principalmente da cantieri nei quali sono effettuate opere di edilizia industriale e civile (60%), opere di messa in posto di reti tecnologiche nelle aree urbanizzate (20%) o interventi sul territorio di miglioria fondiaria e ripristino idraulico (15%). La gestione delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti può contribuire allo sviluppo di un'economia circolare nel settore dei materiali inerti, estendendone il ciclo di vita e riducendo la produzione complessiva di rifiuti, nonché l'utilizzo di materie prime: infatti tali terre possono essere destinate a molteplici utilizzi ambientali e ingegneristici, quali la realizzazione di rilevati e riempimenti, compatibilmente con i requisiti ambientali e prestazionali richiesti. In tal senso, un possibile ulteriore sviluppo potrebbe essere quello già individuato per la gestione degli inerti riciclati da costruzione e demolizione

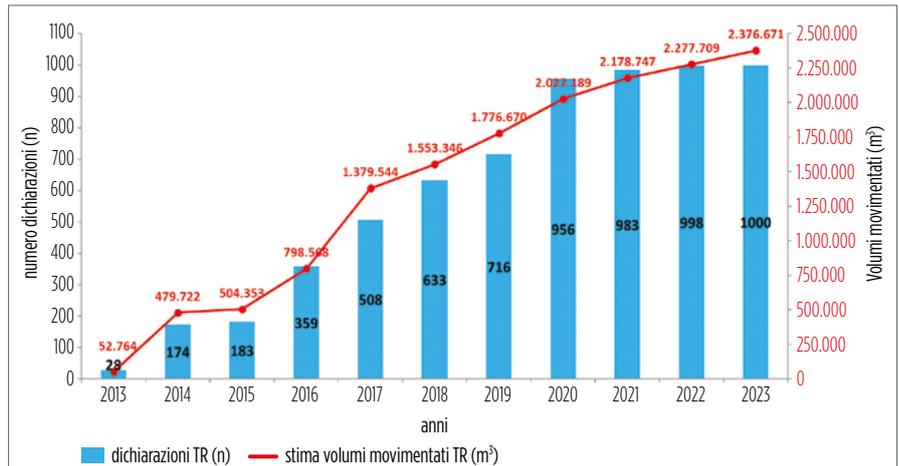


FIG. 1 DATI REGIONALI  
Dichiarazioni di utilizzo e volumi di terre e rocce da scavo gestite in Emilia-Romagna dal 2013 al 2023.

dalla Regione Emilia-Romagna che, con delibera n. 2203 del 18/12/2023, ha introdotto il "Market inerti" quale strumento per facilitare l'incontro tra domanda e offerta di questa particolare tipologia di materiali. Il nuovo sistema di gestione delle pratiche relative alle terre e rocce da scavo introdotto da Arpae, associato all'informatizzazione dei dati tecnici e amministrativi e delle caratteristiche qualitative dei materiali movimentati, pone quindi i presupposti per la creazione di un punto di incontro fra domanda e offerta anche per questa tipologia di materiali, che presentano una potenzialità di mercato ancora oggi da valorizzare. L'evoluzione dell'applicativo di Arpae

verso un futuro "Market terre e rocce da scavo" rappresenterebbe di fatto uno strumento concreto sia per l'applicazione di un modello di economia circolare, al fine di accrescere le sinergie tra un sistema economico rigenerativo e le politiche di sviluppo economico, territoriale, sociale e ambientale, sia per rispondere al principio della prossimità, legato allo sviluppo sostenibile, attraverso la minimizzazione degli impatti legati al trasporto.

**Annamaria Benedetti,  
Rosalia Costantino, Giacomo Zaccanti**  
Arpae Emilia-Romagna

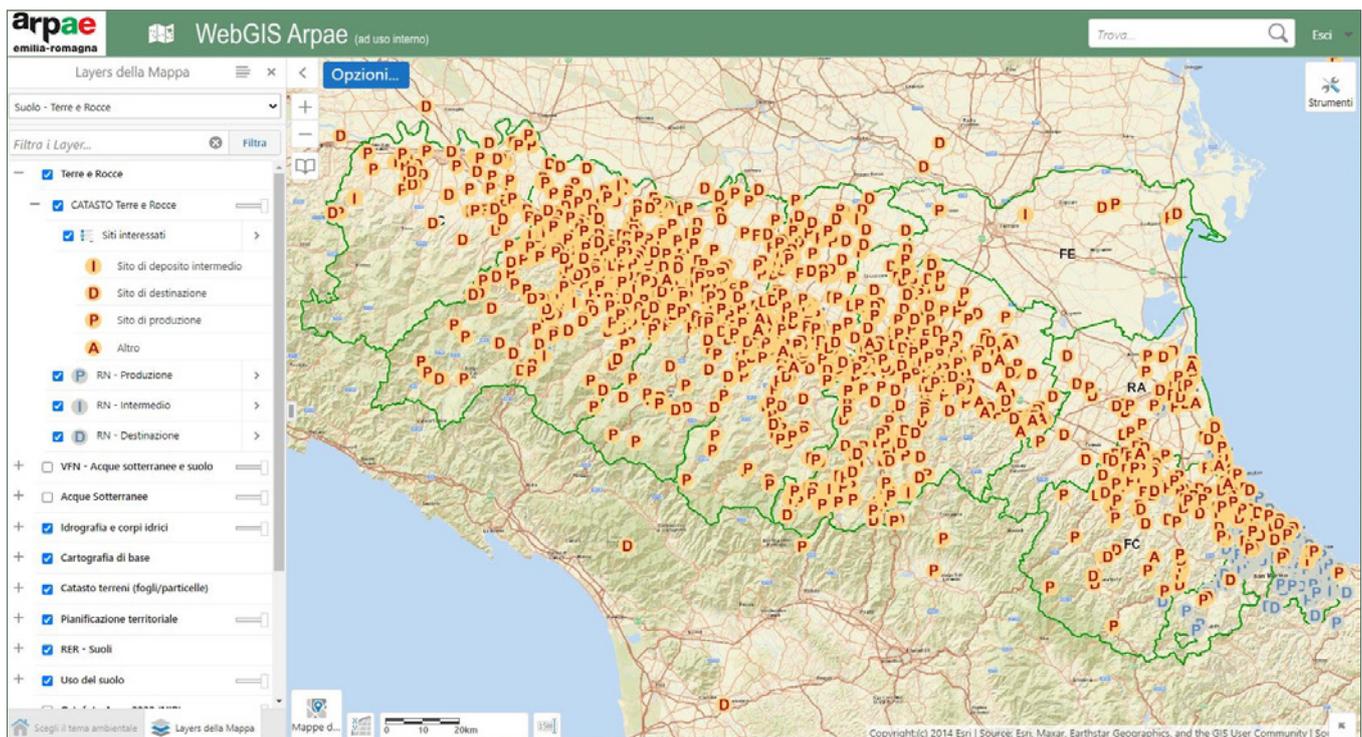


FIG. 2 WEB-GIS ARP AE  
Piattaforma utilizzata dall'Agenzia per l'ambiente per il proprio uso interno.

# MONITORAGGIO SUBSIDENZA IN EMILIA-ROMAGNA

LA VALUTAZIONE DELLA VELOCITÀ CON CUI IL SUOLO SI ABBASSA IN REGIONE È UN ASPETTO MOLTO IMPORTANTE PER LA GESTIONE E IL CONTROLLO DEL TERRITORIO. L'EVOLUZIONE NEL TEMPO DEL MONITORAGGIO DEI MOVIMENTI VERTICALI DEL SUOLO STA RESTITUENDO UN QUADRO DELLA SITUAZIONE SEMPRE PIÙ AFFIDABILE E COMPLETO.

Il monitoraggio dei movimenti verticali del suolo nella pianura dell'Emilia-Romagna viene svolto da oltre 20 anni con frequenza quinquennale e il recente aggiornamento della cartografia regionale di subsidenza ha riguardato il periodo 2016-2021. Principale obiettivo del monitoraggio è valutare l'evoluzione del fenomeno della subsidenza, ovvero delle velocità di abbassamento del suolo, per confronto con i risultati dei precedenti periodi di monitoraggio effettuati con la stessa tecnica a partire dal 2006, al fine di valutare le tendenze temporali degli ultimi 15 anni circa.

Le modalità di monitoraggio si sono infatti evolute nel tempo e in Emilia-Romagna si è passati da rilievi topografici effettuati fino all'anno 2005 tramite livellazione geometrica di alta e altissima precisione, utilizzando una rete di capisaldi nella zona di pianura del territorio regionale, all'elaborazione di dati interferometrici satellitari, a partire dall'anno 2005, che restituiscono, con opportune tecniche di elaborazione e calibrazione dei dati, una velocità media di movimento verticale del suolo con un dettaglio temporale e spaziale molto maggiore rispetto le tecniche tradizionali di monitoraggio.

Il monitoraggio dei movimenti verticali del suolo viene inoltre svolto anche in automatico, ad alta frequenza, in alcuni punti rappresentativi del territorio regionale, attraverso assestimetri che restituiscono 2 misure al giorno di spostamento del suolo riferite alle profondità a cui l'assestmetro è ancorato nel sottosuolo. Nel 2005 sono stati infatti posizionati a Castel Maggiore (BO) due assestimetri alle profondità rispettivamente di 100 m e 200 m per studiare come varia il fenomeno della subsidenza alle diverse profondità e nel tempo (Arpa Emilia-Romagna et al., 2005) e confrontare il risultato rispetto alla subsidenza totale misurata a scala regionale.

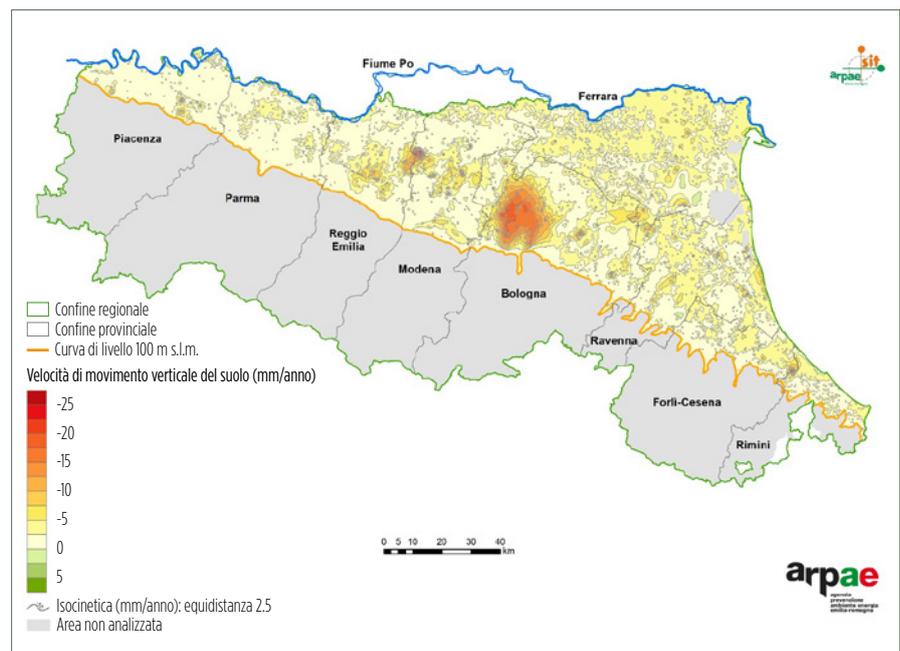


FIG. 1 CARTA DELLE VELOCITÀ  
Carta delle velocità di movimento verticale del suolo nel periodo 2016-2021.

## Novità del monitoraggio della subsidenza 2016-2021

Il monitoraggio dei movimenti verticali del suolo nel periodo 2016-2021 è stato effettuato attraverso l'elaborazione interferometrica dei dati satellitari Sar (*Synthetic aperture radar*), messi a disposizione dalla costellazione dei satelliti Sentinel-1 del programma europeo Copernicus ([www.copernicus.eu](http://www.copernicus.eu)), utilizzando la tecnica SqueeSAR™ e successiva calibrazione dei risultati tramite i dati di movimento verticale di stazioni permanenti Gns (*Global navigation satellite system*), ottenendo le velocità medie di spostamento annuo del suolo nel quinquennio. Le elaborazioni sono state effettuate da Tre Altamira - Telerilevamento Europa srl, con la collaborazione scientifica del Dipartimento di Ingegneria civile, chimica, ambientale e dei materiali dell'Università di Bologna.

Le attività sono state precedute da una verifica delle evoluzioni tecnologiche intervenute negli ultimi anni nell'ambito del rilievo satellitare e della tipologia di dati radar satellitari disponibili, al fine di disporre di una copertura omogenea dell'intero territorio regionale per il periodo 2016-2021, comprendendo, oltre la porzione di pianura storicamente studiata, anche l'elaborazione per la prima volta dei dati interferometrici nella porzione di territorio collinare-montano dell'Emilia-Romagna. Ulteriore novità metodologica rispetto al monitoraggio progressivo è quella di disporre di acquisizioni satellitari in doppia geometria (movimento dei satelliti nelle orbite ascendente e discendente rispetto all'equatore e polo nord), la cui combinazione permette di valutare oltre gli spostamenti verticali del suolo, come fatto nei rilievi precedenti, di calcolare per la prima volta anche gli spostamenti orizzontali del suolo nella direzione est-ovest.

## Elaborazioni svolte per la nuova cartografia di subsidenza 2016-2021

L'analisi interferometrica dei dati Sentinel-1 per il periodo 2016-2021 dell'intero territorio regionale di oltre 22.000 km<sup>2</sup>, ha restituito un dataset contenente i singoli spostamenti e la velocità media di spostamento lungo la linea di osservazione del satellite di 13.555.277 punti di misura a terra, tenendo conto delle zone di sovrapposizione delle 4 track di acquisizione del satellite che comprendono le geometrie ascendenti e discendenti. La combinazione dei dati ascendenti e discendenti ha consentito di ottenere la scomposizione del moto nella componente verticale e orizzontale (est-ovest), attraverso il ri-campionamento su una griglia regolare con maglia 50x50 metri, e restituendo queste informazioni per un totale di 704.444 punti di misura a scala regionale. Il dataset così ottenuto è stato poi calibrato utilizzando 21 stazioni permanenti Gnss e utilizzando ulteriori 7 stazioni Gnss per effettuare la validazione post-elaborazione della calibrazione stessa. I risultati ottenuti dalla validazione della calibrazione si possono considerare del tutto soddisfacenti, con una soglia di incertezza complessiva dell'intera analisi di velocità di spostamento effettuata di circa ±2 mm/anno, valore confrontabile con i precedenti periodi di monitoraggio (Arpae Emilia-Romagna e Regione Emilia-Romagna, 2023).

Il dataset così ottenuto è stato sottoposto a verifiche e validazione dei singoli punti di misura al fine di eliminare i dati ritenuti anomali (*outliers*) e non rappresentativi del fenomeno a scala regionale ma generalmente riconducibili

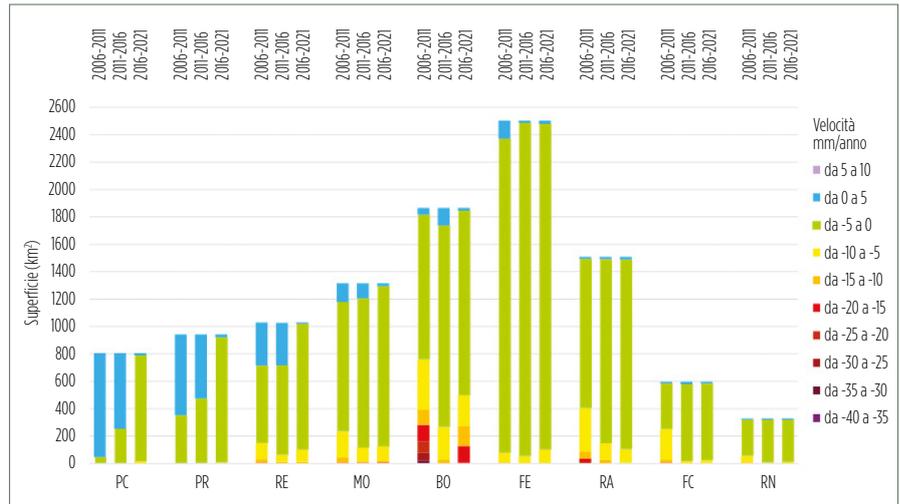


FIG. 2 CLASSI DI MOVIMENTO  
Superfici provinciali suddivise per classi di movimento (mm/anno) relative ai periodi 2006-2011, 2011-2016 e 2016-2021.

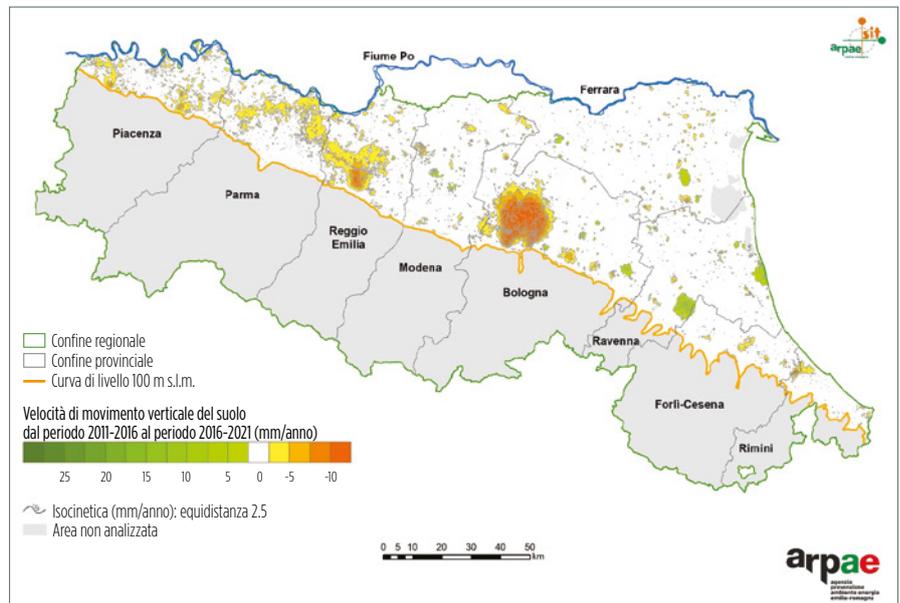


FIG. 3 VARIAZIONI VELOCITÀ  
Carta delle variazioni delle velocità di movimento verticale del suolo dal periodo 2011-2016 al periodo 2016-2021.

TAB. 1  
CLASSI DI VELOCITÀ DI MOVIMENTO

Superficie di pianura dell'Emilia-Romagna per classe di velocità di movimento verticale e relativa percentuale sul totale nei 3 periodi di monitoraggio dal 2006 al 2021.

Velocità di movimento verticale (mm/anno)	2006-2011		2011-2016		2016-2021	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
da 10 a 5	0,00	0,00%	2,470	0,02%	0,010	0,00%
da 5 a 0	2.014,34	18,49%	1.630,520	14,96%	155,320	1,43%
da 0 a -5	6.964,07	63,91%	8.605,210	78,97%	9.763,990	89,61%
da -5 a -10	1.324,76	12,16%	573,440	5,26%	660,700	6,06%
da -10 a -15	261,05	2,40%	76,710	0,70%	178,650	1,64%
da -15 a -20	159,65	1,47%	7,390	0,07%	131,180	1,20%
da -20 a -25	95,62	0,88%	0,540	0,00%	6,310	0,06%
da -25 a -30	54,92	0,50%	0,030	0,00%	0,170	0,00%
da -30 a -35	21,88	0,20%	0,000	0,00%	0,000	0,00%
da -35 a -40	0,02	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%
<b>TOTALE</b>	<b>10.896,31</b>	<b>100%</b>	<b>10.896,31</b>	<b>100%</b>	<b>10.896,31</b>	<b>100%</b>

ad attività antropiche di gestione del territorio e urbanizzazione. Questa attività ha consentito di ottenere il dataset finale che per la zona di pianura ha permesso di elaborare la cartografia dei movimenti verticali del suolo nel periodo 2016-2021 utilizzando un totale di 552.581 punti di misura. La cartografia finale di subsidenza (figura 1) è stata ottenuta attraverso la spazializzazione delle velocità medie annue di spostamento verticale nel quinquennio 2016-2021 del dataset calibrato e validato, utilizzando un grigliato, con maglia di dimensioni pari a 100x100 metri, co-registrato con i grigliati calcolati nei precedenti periodi di monitoraggio, al fine di supportare le comparazioni dei risultati in ambiente Gis ([www.arpae.it/it/dati-e-report/dati-ambientali/il-portale-cartografico-di-arpae](http://www.arpae.it/it/dati-e-report/dati-ambientali/il-portale-cartografico-di-arpae)). Sono state eliminate dalla cartografia finale le aree occupate dalle acque superficiali di transizione, come ad esempio le Valli di Comacchio, e sono state restituite le curve isocinetiche con passo di 2,5 mm/anno.

### Evoluzione del fenomeno della subsidenza a scala regionale

Nell'ultimo rapporto regionale sulla subsidenza [3] sono presentati i risultati degli ultimi 15 anni a scala regionale, per ambito provinciale e per la prima volta anche per ambito comunale. Nel periodo 2016-2021 risulta che la velocità media verticale del suolo nella porzione di pianura è compresa tra 0 e -5 mm/anno nell'89,6% del territorio, il 6,1% nella classe da -5 a -10 mm/anno e il 2,9% nelle classi con velocità inferiore a -10 mm/anno (tabella 1). A scala regionale, dal 2006 al 2021, è progressivamente diminuita la classe di velocità da 5 a 0 mm/anno (in sollevamento) aumentando contestualmente la classe di velocità da 0 a -5 mm/anno, e si sono ridotte progressivamente le classi con velocità di subsidenza più elevate, fino a dimezzare nell'ultimo periodo quella da -5 a -10 mm/anno rispetto al periodo 2006-2011.

Dal confronto delle velocità di movimento dell'ultimo periodo 2016-2021 con il precedente (2011-2016) emerge che l'85,47% del territorio di pianura non presenta variazioni di tendenza significative, l'11,17% è interessato da un incremento dell'abbassamento, mentre una tendenza alla riduzione degli abbassamenti si evidenzia per il 3,36% della superficie. Questi risultati a scala provinciale (figure 2 e 3) evidenziano che le province di Piacenza, Parma e Reggio Emilia presentano una diffusa variazione negativa, mentre in passato avevano sempre evidenziato tendenze medie alla risalita della superficie topografica. Bologna presenta l'ampio areale a nord della città con variazione negativa mentre a est di Bologna si evidenziano alcuni limitati areali in miglioramento e altri in peggioramento. Modena, Ravenna e Ferrara presentano anch'esse alcuni areali in miglioramento, come anche Ravenna che presenta le zone più estese in miglioramento, anche lungo la costa, e zone arealmente

Località	Velocità di abbassamento (mm/anno)				Abbassamento totale 1999-2021 (cm)
	1999-2005	2006-2011	2011-2016	2016-2021	
Foce del Po di Goro (FE)	9	9	4	6	-15
Goro (FE)	10	8	3	5	-14
Boscone della Mesola (FE)	7	5	3	6	-11
Lido delle Nazioni (FE)	10	2	3	5	-11
Porto Garibaldi (FE)	8	3	2	4	-9
Dosso degli Angeli (FE)	13	2	3	4	-12
Casalborsetti (RA)	10	3	2	4	-11
Porto Corsini (RA)	13	7	8	6	-18
Marina di Ravenna (RA)	8	5	4	4	-11
Punta Marina (RA)	10	5	4	4	-12
Lido Adriano (RA)	15	14	11	8	-25
Lido di Dante (RA)	19	21	17	9	-35
Foce Bevano (RA)	11	11	11	7	-22
Lido di Savio (RA)	10	6	5	5	-14
Milano Marittima (RA)	10	7	5	6	-15
Pinarella di Cervia (RA)	8	5	3	3	-10
Cesenatico (FC)	9	5	3	3	-11
Gatteo a Mare (FC)	10	6	3	3	-12
Bellaria (RN)	8	5	2	2	-10
Torre Pedrera (RN)	6	3	3	3	-8
Rimini	9	6	4	3	-12
Cattolica (RN)	4	4	3	3	-7

TAB. 2 VELOCITÀ

Andamento della velocità di movimento verticale del suolo dal 1999 al 2021 lungo il litorale dell'Emilia-Romagna.

molto limitate e frammentate in peggioramento. Infine al confine tra Cesena e Rimini si evidenzia una zona in peggioramento.

Nella provincia di Bologna, in particolare la zona di pianura a nord del capoluogo, ha registrato storicamente valori elevati di subsidenza che nel tempo sono sempre risultati in progressiva diminuzione, e nel precedente rilievo 2011-2016 sono risultati in forte diminuzione e in alcuni areali si sono registrate anche velocità positive (in sollevamento), le cui ragioni erano legate principalmente alla riduzione degli emungimenti di acque sotterranee e al favorevole regime climatico del periodo. La situazione attuale 2016-2021 fa registrare invece un incremento degli abbassamenti in tutto l'areale storicamente critico, ma con tassi meno elevati rispetto il passato.

Sul litorale continua la tendenza, già manifestatasi con il precedente rilievo, a una diminuzione della subsidenza, dove le velocità verticali non superano i 10 mm/anno che si raggiungono nella zona della foce dei Fiumi Uniti tra Lido Adriano e Lido di Dante (vedi *figura 1*). Le velocità riscontrate nell'ultimo periodo risultano in attenuazione rispetto a quelle del periodo 2011-2016, soprattutto da Ravenna a Rimini, dove le velocità di Lido di Dante si sono circa dimezzate (*tabella 2*).

Le velocità verticali e orizzontali calcolate per la prima volta nel territorio collinare e montano hanno permesso di fare solo alcune valutazioni molto preliminari in relazione all'inventario dei fenomeni franosi disponibile per l'Emilia-Romagna.

L'analisi infine dei prelievi da acque sotterranee ha evidenziato che dal 2010 al 2018 si è avuta una riduzione media del

6% dei prelievi che ha riguardato tutte le province, a parte un leggero incremento a Bologna per il settore industriale e acquedottistico.

Contestualmente però i livelli medi di falda nel periodo 2016-2021, coincidente con le elaborazioni interferometriche, sono in diminuzione in modo generalizzato in tutte le tipologie di corpi idrici sotterranei di pianura dell'Emilia-Romagna, al contrario di quanto era avvenuto nel periodo precedente 2010-2011 e 2014-2016, quando i livelli di falda avevano subito un significativo incremento prevalentemente per effetto della consistente ricarica meteorica (Arpae Emilia Romagna, 2021). Questo effetto è stato molto evidente nella conoide del Reno-Lavino a nord della città di Bologna, dove la falda era risalita in alcune zone di circa 15 metri, comportando una attenuazione significativa della subsidenza.

Una valutazione delle precipitazioni dal 2006 al 2021 evidenzia come siano diminuite in particolare nella zona ovest del territorio regionale, da Reggio Emilia a Piacenza, e abbia piovuto meno in generale in tutta la fascia della isolinea dei 100 m slm, che rappresenta la zona delle conoidi alluvionali appenniniche in cui avviene la ricarica degli acquiferi profondi di pianura. Le condizioni climatiche e in particolare l'entità e il regime delle precipitazioni, a parità di prelievi idrici da acque sotterranee, possono influire sul regime di ricarica naturale degli acquiferi e avere effetti sulle variazioni verticali del suolo, come evidenziato per l'area di conoide Reno-Lavino anche attraverso le valutazioni dei dati automatici ad alta frequenza degli assestimetri congiuntamente ai livelli di falda.

**Marco Marcaccio, Marianna Mazzei**

Arpae Emilia-Romagna

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

[1] Arpa Emilia-Romagna, Regione Emilia-Romagna, Autorità di Bacino del Reno, 2005, *Studio della conoide alluvionale del fiume Reno per la realizzazione di un modello idrogeologico per la gestione sostenibile delle risorse idriche*, Rapporto tecnico a cura di Marco Marcaccio e Andrea Chahoud, Arpa Emilia-Romagna, Bologna, 126 pp., [www.arpae.it/it/temi-ambientali/suolo/rapporti/rapporti-subsidenza/conoide-alluvionale-fiume-reno-modello-idrogeologico/view](http://www.arpae.it/it/temi-ambientali/suolo/rapporti/rapporti-subsidenza/conoide-alluvionale-fiume-reno-modello-idrogeologico/view)

[2] Arpae Emilia-Romagna, 2021, *Valutazione dello stato delle acque sotterranee 2014-2019*, Rapporto tecnico a cura di Marco Marcaccio e Daniela Lucchini, Bologna, 114 pp., [www.arpae.it/it/temi-ambientali/acqua/report-bollettini/acque-sotterranee/report\\_acque\\_sotterranee\\_er\\_2014-2019/view](http://www.arpae.it/it/temi-ambientali/acqua/report-bollettini/acque-sotterranee/report_acque_sotterranee_er_2014-2019/view)

Arpae Emilia-Romagna, Regione Emilia-Romagna, 2023, *Monitoraggio dei movimenti verticali del suolo e aggiornamento della cartografia di subsidenza nella pianura dell'Emilia-Romagna. Periodo 2016-2021*, Rapporto tecnico a cura di Marco Marcaccio e Marianna Mazzei, Arpae Emilia-Romagna, Bologna, 97 pp., [www.arpae.it/it/temi-ambientali/suolo/rapporti/rapporti-subsidenza/monitoraggio-movimenti-verticali-suolo-e-cartografia-subsidenza-emilia-romagna-2016-2021.zip](http://www.arpae.it/it/temi-ambientali/suolo/rapporti/rapporti-subsidenza/monitoraggio-movimenti-verticali-suolo-e-cartografia-subsidenza-emilia-romagna-2016-2021.zip)



FOTO: REGIONE EMILIA-ROMAGNA

# COME MANTENERE LA SOSTANZA ORGANICA NEI SUOLI

IL GRUPPO OPERATIVO SOSFERA HA STUDIATO, NEL CORSO DI TRE ANNI DI LAVORO, L'EFFETTO DI COMPOST E BIODIGESTATI SUI TERRENI E SUI PRODOTTI COLTIVATI. I RISULTATI DIMOSTRANO CHE L'APPORTO DI MATRICE ORGANICA COMPORTA IL MANTENIMENTO E IL MIGLIORAMENTO GENERICO DELLA STRUTTURA E DELLA FERTILITÀ.

**I**l cambiamento climatico favorisce il decremento della sostanza organica nei suoli. Infatti, nelle aree dell'Europa meridionale l'incremento delle temperature favorisce la decomposizione e la mineralizzazione della materia organica, riducendo il contenuto di carbonio organico, con gravi conseguenze sul suolo (processi di desertificazione) e sulla sua capacità produttiva. In Emilia-Romagna la carta della dotazione della sostanza organica evidenzia lo scarso contenuto di sostanza organica presente in buona parte dei suoli agricoli della pianura. Recentemente si è assistito a un considerevole interesse nell'utilizzo di compost e di biodigestato sia per la necessità di accrescere la sostanza organica nei terreni coltivati, sia per l'incremento della disponibilità di tali materie organiche. Rispetto al letame esse presentano notevoli vantaggi quali, ad esempio, la maggiore reperibilità, i minori costi di trasporto e spandimento, il minor volume, l'odore assente o poco percepibile e l'assenza di semi di infestanti. Inoltre, la reintegrazione e il ricircolo di biomasse ottenute da residui e sottoprodotti della filiera agroalimentare nonché il loro utilizzo razionale consentono di minimizzare il costo ambientale delle materie prime a monte della filiera produttiva, ampliandone contemporaneamente la disponibilità e alimentando un processo virtuoso in un'ottica di economia circolare.

## Una strategia di sostegno alla fertilità dei suoli

“L'utilizzo di matrici organiche residui da filiere di produzione agricola aiuta il mantenimento della sostanza organica e della fertilità dei suoli agricoli”: queste, in sintesi, sono le conclusioni del Gruppo operativo “Sosfera -Sostenere la sostanza organica, la fertilità e la qualità delle

### ANALISI CHIMICO-FISICA DEL SUOLO (prof. 0-40 CM) - TREBBIANO (Loc. TEBANO)

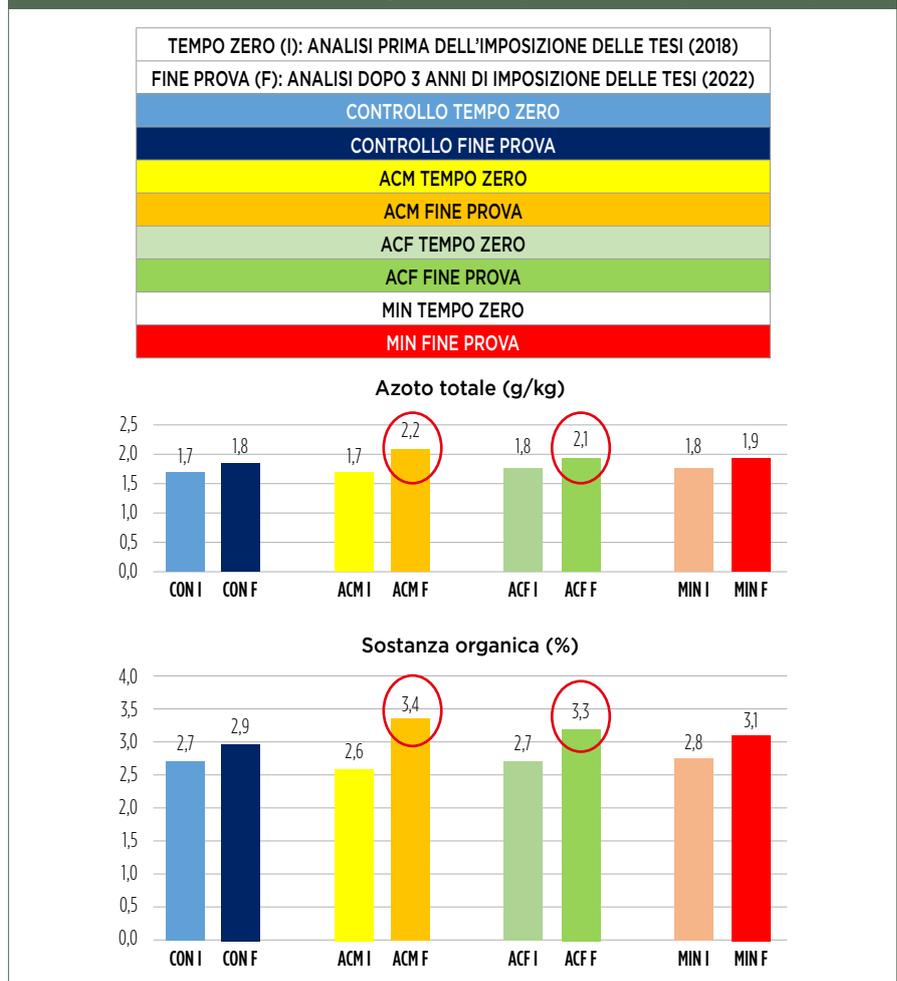


FIG. 1 SITO DIMOSTRATIVO TEBANO

I grafici evidenziano i risultati ottenuti per ciascuna tesi all'interno del sito di Tebano (RA) coltivato a vite.

acque nei suoli emiliano-romagnoli” che ha studiato e monitorato, nel corso di tre anni di lavoro, l'effetto di tali matrici sui suoli e sui prodotti coltivati. Partner di Sosfera sono gli enti di ricerca Astra (capofila), I.Ter, Crea, Rinova, l'azienda agricola Delta Bio e l'ente di formazione Dinamica.

Finanziato nell'ambito del Programma regionale di sviluppo rurale 2014-2020<sup>1</sup>, il Gruppo operativo è nato con l'intento di promuovere una strategia di sostegno

alla fertilità dei suoli dell'Emilia-Romagna basata su quattro punti centrali:

- favorire l'incremento della sostanza organica nei suoli agricoli utilizzando matrici organiche residui da filiere di produzione agricola
- dimostrare che l'utilizzo di matrici organiche derivanti da residui delle filiere agroalimentari può sostituire le concimazioni azotate
- massimizzare l'efficienza delle risorse microbiche dei suoli coltivati per

migliorarne funzionalità e sanità utile anche alla salute delle colture - mettere a disposizione degli agricoltori siti dimostrativi dell'utilizzo di matrici organiche residui della filiera agroalimentare e, nello specifico, biodigestato e compost che sono stati monitorati per verificarne gli effetti sul suolo e sulla risposta vegeto produttiva delle piante.

### Tre siti dimostrativi

Al fine di raccogliere dati tecnici e scientifici sull'effetto di compost e biodigestati di qualità sulle caratteristiche chimico-fisiche e microbiologiche dei suoli e sui prodotti coltivati sono stati attivati tre siti dimostrativi. Tali siti, opportunamente selezionati per essere rappresentativi di tipologie di suoli e usi del suolo diversi, hanno ospitato per tre anni diverse tesi di concimazione, impiegando, oltre alla concimazione tipica aziendale, le seguenti matrici organiche:

- a) digestato palabile ottenuto a seguito del processo di pressatura proveniente dal biodigestore di Conserve Italia (stabilimento di Codigoro), che tratta sottoprodotti della lavorazione di conserve vegetali, fanghi di depurazione e insilato di mais e che deve possedere le caratteristiche previste per legge (regolamento 3/2017)
- b) ammendante compostato fresco (Acf)

e ammendante compostato misto (Acm) Econat, compost di qualità certificata dal marchio qualità del Consorzio italiano compostatori, prodotti entrambi da Enomondo.

All'interno di ciascuna tesi è stato condotto lo studio pedologico fino a 120 cm di profondità, il monitoraggio della sostanza organica e della fertilità dei suoli prima della distribuzione delle diverse matrici organiche e dopo 2 anni di utilizzo, lo studio della componente microbica e le analisi quantitative e organolettiche sui prodotti coltivati. I risultati dimostrano che l'apporto di matrice organica tramite compost e biodigestato comporta il mantenimento e miglioramento generico delle caratteristiche chimico-fisiche del terreno (struttura e fertilità). La buona gestione di queste matrici richiede l'impostazione di un piano di fertilizzazione prima dell'uso al fine di non eccedere con le dosi e garantire la massima efficienza della concimazione. (figura 1).

### La localizzazione degli impianti a supporto degli agricoltori

Gli agricoltori che intendono applicare matrici organiche devono possibilmente fare riferimento a impianti vicini ai propri appezzamenti per contenere i costi di trasporto e le relative emissioni. Pertanto, possono consultare la "Carta

della localizzazione degli impianti di digestione anaerobica e degli impianti di compostaggio in relazione alla dotazione di sostanza organica dei suoli della pianura emiliano-romagnola, strato 0-30 cm" predisposta all'interno del Go Sosfera. Essa ha il duplice scopo di informare l'utente sulla dotazione di sostanza organica presente nei suoli della pianura emiliano-romagnola, oltre che indicare l'ubicazione dei siti (impianti di digestione anaerobica e impianti di compostaggio) a cui ci si può rivolgere per recuperare le matrici organiche utili alla fertilizzazione dei propri suoli. Nello specifico la carta riporta la localizzazione - fornita dal Servizio Osservatorio energia, rifiuti e siti contaminati di Arpa - di 194 impianti di digestione anaerobica e di 21 impianti di compostaggio sulla base cartografica della "Carta della dotazione in sostanza organica dei suoli di pianura emiliano-romagnola strato 0-30 cm" (scala 1:50.000) realizzata dal Servizio Geologico, sismico e dei suoli della Regione Emilia-Romagna. Il giudizio sulla dotazione di sostanza organica si fonda sul presupposto che la capacità di accumulare sostanza organica è suolo-specifica, ossia dipende non solo da fattori climatici e di gestione agronomica del suolo, ma anche dalle caratteristiche chimico-fisiche come il contenuto di argilla, limo e sabbia. Ad esempio, considera che i suoli sabbiosi hanno una minore capacità di accumulo rispetto ai suoli argillosi, tanto che un contenuto



di sostanza organica compreso tra 1,5 e 2% è giudicato nella classe di media dotazione diversamente dai suoli argillosi per cui lo stesso contenuto rientra in un giudizio di bassa dotazione.

La carta evidenzia che una buona parte dei suoli della pianura emiliano-romagnola ricade in un giudizio di scarsa dotazione di sostanza organica e che pertanto è necessario intervenire con buone pratiche di concimazione organica. Allegato alla cartografia è possibile consultare l'elenco che riporta gli indirizzi dei vari impianti siglati in carta per facilitare ulteriormente la loro localizzazione (figura 2).

La cartografia è disponibile in formato pdf e scaricabile nel sito web del Go Sosfera<sup>2</sup>.

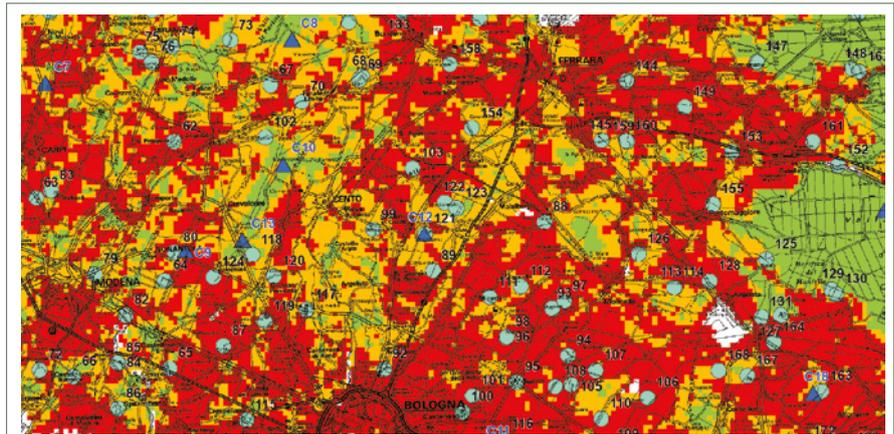
**Carla Scotti<sup>1</sup>, Stefania del Vecchio<sup>2</sup>, Giovanni Nigro<sup>2</sup>, Sofia Francesconi<sup>3</sup>**

1. I.Ter
2. Rinova
3. Astra

**NOTE**

<sup>1</sup> Psr 2014-2020, Gruppi operativi del partenariato europeo per l'innovazione: "produttività e sostenibilità dell'agricoltura" –Focus Area 4B – Progetto "Sostenere la sostanza organica, la fertilità e la qualità delle acque nei suoli emiliano-romagnoli".

<sup>2</sup> <https://bit.ly/sosfera>



Localizzazione degli impianti (fonte: Arpae, Servizio Osservatorio energia, rifiuti e siti contaminati)

- ▲ C12 Impianti di compostaggio (anno 2021)
- 12 Impianti di digestione anaerobica (anno 2020)

Dotazione di sostanza organica (fonte: Regione Emilia-Romagna, Settore Difesa del territorio, Area Geologia, suoli e sismica):

Giudizio	Dotazione di sostanza organica %			Classe di dotazione per schede standard
	Terreni sabbiosi (S-SF-FS)	Terreni medio impasto (F-FL-FA-FAS)	Terreni argillosi e limosi (A-AL-FLA-AS-L)	
Molto basso	<0,8	<1,0	<1,2	Scarsa
Basso	0,8-1,4	1,0-1,8	1,2-2,2	Normale
Medio	1,5-2,0	1,9-2,5	2,3-3,0	Elevata
Elevato	>2,0	>2,5	>3,0	Elevata

Schema di valutazione secondo Dpi - Norme generali

FIG. 2 STRALCIO DELLA CARTA DELLA DOTAZIONE DELLA SOSTANZA ORGANICA

Nella cartografia sono localizzati e siglati gli impianti che possono fornire matrici organiche; le sigle consentono di consultare l'elenco allegato in cui sono riportati gli indirizzi precisi di ubicazione.



# AGRIFORESTER, CONOSCERE E GESTIRE I SUOLI FORESTALI

IL BOSCO, RICCO DI BIODIVERSITÀ, SEQUESTRA IL CARBONIO, FORNISCE UNA GRANDE VARIETÀ DI SERVIZI ECOSISTEMICI E CONTRIBUISCE AL CONTRASTO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO. È INDISPENSABILE CHE SIA BEN GESTITO E CHE SIA RICONOSCIUTO L'IMPORTANTE RUOLO DELLE AZIENDE AGRICOLE E FORESTALI CHE LO CUSTODISCONO.

**L'**Italia è sempre più verde: boschi e foreste avanzano occupando le superfici agricole in abbandono. Lo conferma l'ultimo inventario forestale nazionale: oltre un terzo del Paese è coperto da boschi, la cui superficie è aumentata del 20% in circa 10 anni. Anche in Emilia-Romagna la superficie forestale si è espansa arrivando a coprire 611.000 ettari, un quarto dell'intero territorio regionale. Nello specifico va considerato che la maggior parte della superficie forestale regionale afferisce a proprietà privata caratterizzata da una notevole frammentazione e che circa 20.000 ettari sono localizzati in pianura mentre il resto ricopre l'Appennino. Il piano forestale regionale conferma che la causa principale dell'aumento della superficie boschiva è determinata dai processi naturali di espansione del bosco su ex coltivi e pascoli non più gestiti a causa del processo di continuo abbandono sia insediativo sia produttivo delle aziende agricole e forestali in collina e montagna. Quindi, se l'aumento della superficie occupata dalle foreste costituisce un elemento positivo non si può non tenere conto che la forte tendenza all'abbandono porta alla mancanza di presidio e tutela del territorio.

## La buona gestione preserva i servizi ecosistemici dei suoli forestali

La buona gestione forestale e del territorio consente di preservare, mantenere o migliorare i servizi ecosistemici forniti dal suolo:

- *servizi di supporto*: includono il sostegno alla vita delle piante, degli animali e delle attività umane e al ciclo degli elementi della fertilità (azoto, fosforo e potassio)
- *servizi di approvvigionamento*: comprendono la fornitura di alimenti, fibre, combustibile, legname e acqua, materie prime grezze

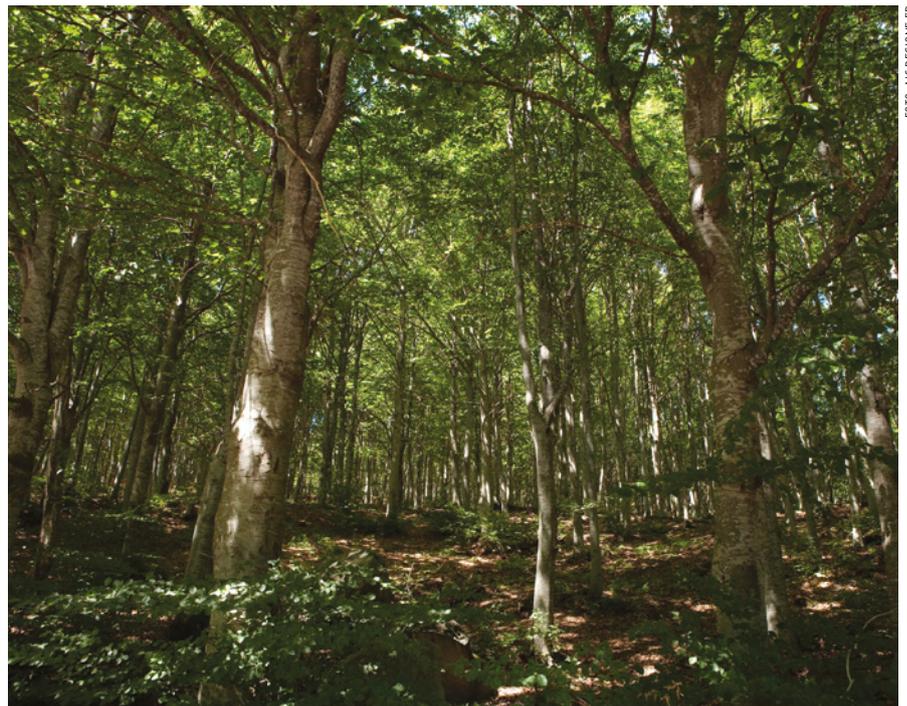


FOTO: A.C. REGIONE ER

- *servizi di regolamentazione*: riguardano il ciclo dell'acqua e la sua qualità, il sequestro di carbonio, la regolazione del clima, il controllo delle inondazioni e dell'erosione

- *servizi culturali*: benefici estetici e culturali, turistico ricreativi derivanti dall'utilizzo del suolo.

L'Ipcc (Gruppo intergovernativo sul cambiamento climatico) ritiene che la gestione forestale sostenibile rappresenti un importante strumento di mitigazione climatica, grazie alla capacità di immagazzinare carbonio attraverso la fotosintesi clorofilliana, che "cattura" anidride carbonica e accumula carbonio organico nei tessuti delle piante stesse e lo porta al suolo. In questo contesto a livello mondiale (Fao) è riconosciuto che nel suolo siano stoccate le maggiori riserve di carbonio: circa due terzi del carbonio organico degli ecosistemi terrestri, ovvero il doppio di quello contenuto in atmosfera e il triplo di

quello presente complessivamente nella biosfera epigea.

## I principali risultati del Gruppo operativo Agriforester

"Il bosco, come risaputo, è ricco di biodiversità, sequestra carbonio e fornisce una grande varietà di servizi ecosistemici: dalla difesa del suolo dall'erosione e dal dissesto idrogeologico, alla ritenzione delle riserve idriche, dalla custodia della flora al sostentamento e rifugio per la fauna, e contribuisce nel contrasto del cambiamento climatico. È però indispensabile e necessario che sia gestito nel rispetto delle norme vigenti e che sia riconosciuto l'importante ruolo delle aziende agricole e forestali che, con la buona gestione forestale, custodiscono il suolo e il territorio". Queste, in sintesi, sono le conclusioni del Gruppo operativo "Agriforester - linee guida per la gestione

sostenibile, la valorizzazione dei servizi ecosistemici e del sequestro di carbonio nel sistema forestale emiliano-romagnolo” che ha studiato e monitorato, nel corso di tre anni di lavoro, alcuni boschi di pianura, collina e montagna. Partner di Agriforester sono gli enti di ricerca I.Ter (capofila), l’Università di Bologna, quattro aziende agroforestali e l’ente di formazione Dinamica.

Finanziato nell’ambito del Programma regionale di sviluppo rurale 2014-2020, il Gruppo operativo è nato con l’intento di promuovere una strategia di sostegno alla buona gestione del suolo forestale basata sui seguenti punti focali:

- stimare l’immagazzinamento di carbonio organico nel suolo forestale
- conoscere la diversità funzionale e la diversità genetica delle comunità microbiche che vivono negli habitat dei suoli studiando i processi di formazione delle sostanze uniche e la loro qualità
- monitorare la presenza della microfauna nel suolo forestale (Indice di qualità biologica del suolo: Qbs-ar)
- monitorare e valorizzare i servizi ecosistemici
- valorizzare la buona gestione forestale condividendo con i partner le “Linee guida per la gestione sostenibile, la valorizzazione dei servizi ecosistemici e del sequestro di carbonio nel sistema forestale emiliano-romagnolo”.

### Il monitoraggio dei servizi ecosistemici dei suoli forestali

Al fine di raccogliere dati tecnici e scientifici sono stati attivati specifici monitoraggi per valorizzare i servizi ecosistemici dei suoli forestali presenti nei boschi delle quattro aziende partner collocate in diversi territori rappresentativi degli ambienti di pianura, collina e montagna. All’interno di ciascun sito è stato condotto lo studio pedologico fino a 120 cm di profondità o allo strato roccioso, il monitoraggio della sostanza organica e della sua qualità, valutazione dell’indice di fertilità biologica e dell’efficienza delle comunità microbiche, batteri e funghi, dell’indice di qualità biologica dei suoli Qbs-ar.

#### Sequestro di carbonio nei suoli forestali

Gli studi e le ricerche di Agriforester hanno confermato la buona capacità del suolo di immagazzinare carbonio. Essa dipende dalle caratteristiche dei suoli stessi, dalla posizione morfologica nel versante e dalla tipologia dei boschi.

In sintesi, i suoli di pianura utilizzati a bosco hanno una buona capacità di immagazzinamento in quanto non interessati dai processi di erosione che invece riguardano i suoli dell’Appennino. I suoli forestali dell’Appennino però evidenziano una sequenza di orizzonti organici (lettiera, organico emalterato e organico umificato) non presente nei suoli forestali di pianura a causa del clima più caldo e arido. Dall’analisi degli humus si è evidenziato che i suoli di pianura e quelli di montagna sottoposti a erosione generalmente non presentano l’orizzonte organico alterato. Questa frazione è molto importante per i processi di approfondimento lungo il profilo e di stabilizzazione della sostanza organica e quindi dei processi interessati al sequestro di carbonio organico nei suoli. I grafici illustrano la stima della capacità

dei suoli di immagazzinare carbonio nei primi 30 cm di suolo in diverse tipologie di ambienti forestali e la potenzialità complessiva di carbonio immagazzinato nei boschi regionali di pianura e dell’Appennino (figure 1 e 2).

#### Le funzioni ecologiche delle comunità microbiche e la biodiversità dei suoli

Le funzioni ecologiche e la valutazione dello stato di “stress” delle comunità microbiche sono state monitorate nelle diverse aziende attraverso la quantità di carbonio della componente microbica (carbonio microbico) e la sua attività potenziale di respirazione basale (emissione di CO<sub>2</sub>) e calcolando l’indice di Dilly che evidenzia l’efficienza dell’utilizzo del carbonio organico del suolo da parte delle comunità microbiche. I risultati hanno evidenziato una buona

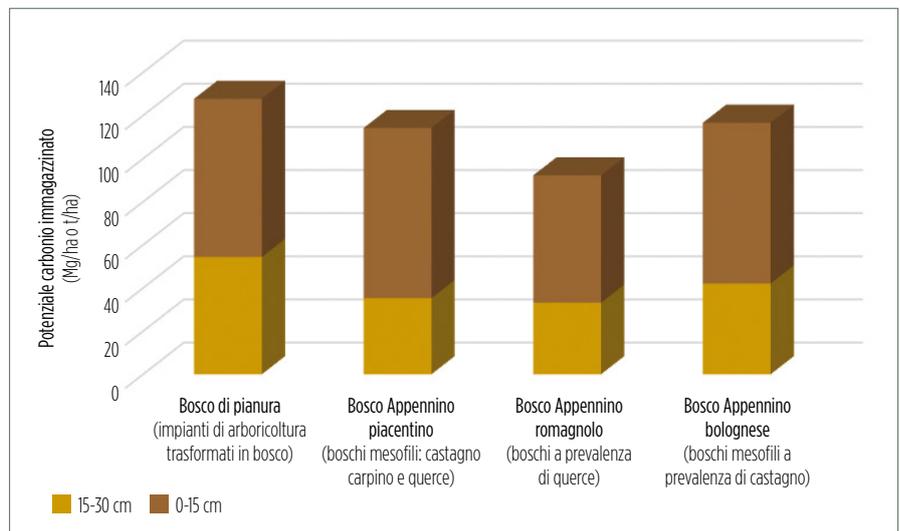


FIG. 1 CARBONIO IMMAGAZZINATO IN DIVERSE TIPOLOGIE DI AMBIENTI FORESTALI  
Stima della capacità media dei suoli dei siti monitorati di immagazzinare carbonio nei primi 30 cm.

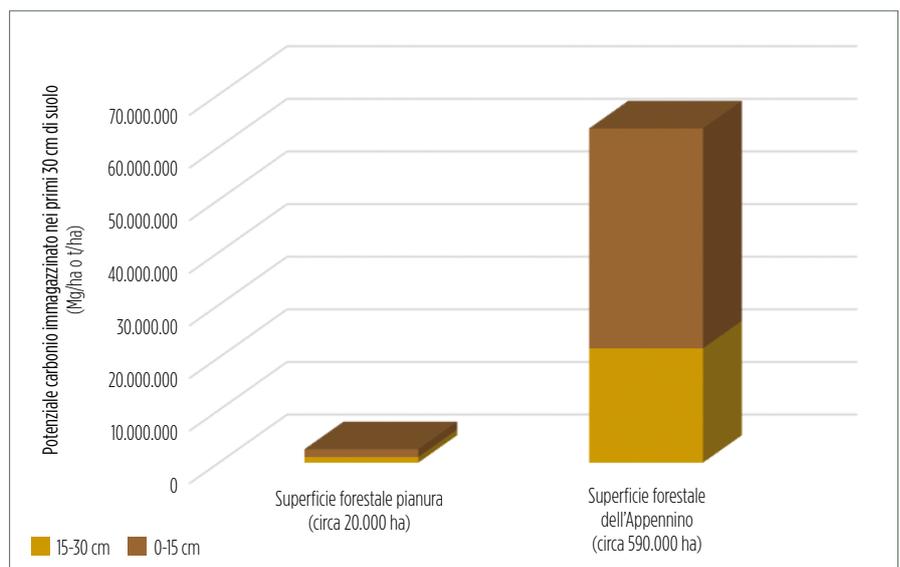


FIG. 2 SEQUESTRO DI CARBONIO NEL SISTEMA FORESTALE EMILIANO-ROMAGNOLO  
Potenzialità del sistema forestale emiliano-romagnolo di immagazzinare carbonio nei primi 30 cm di suolo.

efficienza (valori soglia <100 e compresi tra 100 e 200) nell'immagazzinare carbonio organico nel suolo forestale, anche se il suolo di pianura presenta comunità microbiche poste sotto stress e con una minore efficienza (indice di Dilly >200) probabilmente a causa degli aspetti climatici, come sopra evidenziato. I suoli dei boschi di castagno sono stati indagati per la valutazione della biodiversità delle strutture delle comunità microbiche, sia batteriche sia fungine, dei diversi orizzonti genetici, con estrazione di Dna. Si è potuto constatare come essi presentino elevati indici di diversità (Shannon) tra i diversi orizzonti e come gli strati profondi, a contatto litico, siano ricchi di popolazioni microbiche e fungine. Si sono individuati anche i diversi ruoli delle comunità fungine evidenziando una diversità funzionale del tipo di micorrizze presenti nel suolo (per esempio: micorrizze arbuscolari, ectomicorrizze e saprofiti del suolo). Queste comunità svolgono un ruolo determinante nei processi legati al sequestro di carbonio. La valutazione della biodiversità dei suoli è stata eseguita anche applicando l'indice di Qualità biologica del suolo (Q<sub>bs</sub>-ar), in due stagioni (primavera e autunno)



FIG. 3 ALCUNE FORME BIOLOGICHE RILEVATE NEI SUOLI FORESTALI

In a) Paupode; b) Proturo, c) Chilopode litobiomorfo, d) Sinfilo, e) Dipluro predatore. Foto e analisi di Fabio Gatti.

tramite lo studio delle comunità dei taxa degli artropodi, che vivono nei suoli dei boschi delle quattro aziende partner (figura 3). Gli organismi animali che vivono nel suolo sono particolarmente sensibili ad alterazioni di origine naturale o antropica degli equilibri chimico-fisici che caratterizzano il suolo; per questo motivo tali organismi si possono considerare buoni indicatori delle

condizioni ambientali. I valori registrati nelle varie aziende risultano superiori ai livelli osservabili in sistemi agricoli e in linea con i valori già riscontrati in aree a copertura boschiva (Menta et al., 2011).

**Carla Scotti<sup>1</sup>, Livia Vittori Antisari<sup>2</sup>**

1. I.Ter
2. Università di Bologna



FOTO: AIC REGIONE ER

# SUOLO, UNA RISORSA DA CONOSCERE E PROTEGGERE

NON UN SOLO SUOLO MA TANTI SUOLI, DIVERSI TRA LORO CON CARATTERISTICHE PECULIARI CHE INFLUENZANO GLI ECOSISTEMI E L'UTILIZZO DA PARTE DELL'UOMO E DELLE SPECIE ANIMALI E VEGETALI. SU QUESTI PRESUPPOSTI L'ARPA VENETO HA CRESCIUTO LA PROPRIA ESPERIENZA E CONOSCENZA PER LA TUTELA DI QUESTA IMPORTANTE RISORSA.

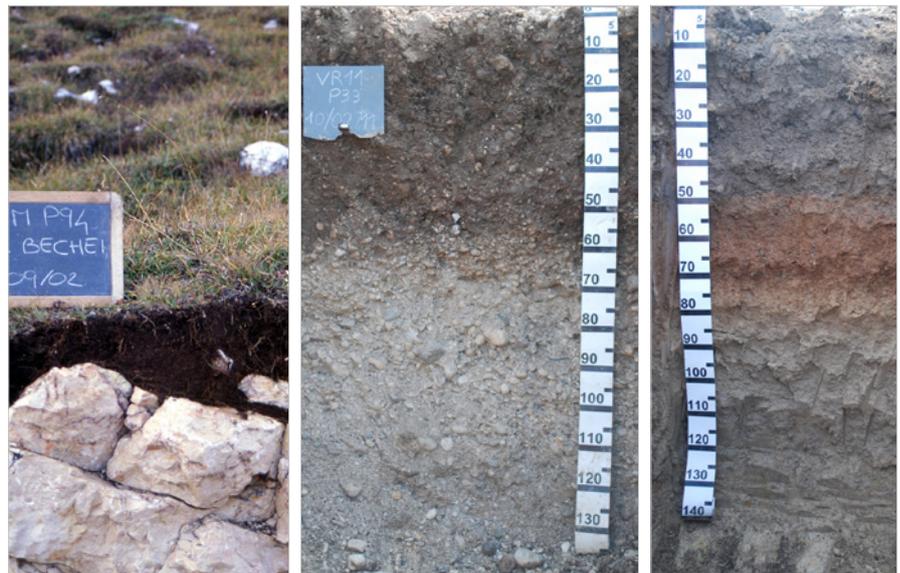
**I**l suolo è una risorsa limitata, un sistema in equilibrio la cui formazione richiede tempi molto lunghi e la cui alterazione influisce non solo sulla sua capacità produttiva, ma anche sulle dinamiche di erogazione di tutti i servizi ecosistemici che esso fornisce all'uomo e al pianeta, grazie alla complessità delle sue funzioni. I servizi ecosistemici attribuibili al suolo sono raggruppati in categorie principali tra cui:

- servizi di supporto per le attività di costruzione di infrastrutture e insediamenti umani
- servizi di regolazione di quantità e qualità dei flussi d'acqua, di carbonio e dei nutrienti, nella prevenzione dall'erosione ecc.
- servizi di produzione per l'alimentazione umana e animale e come fonte di materie prime
- servizi culturali e ricreativi come habitat di una grandissima varietà di specie animali e vegetali.

Questa complessità, non sempre percepita a sufficienza dal pubblico, unitamente all'importanza della matrice suolo per la vita e il sostentamento dell'uomo, meritano investimenti in termini di conoscenza finalizzata alla conservazione e al miglioramento di una risorsa finita e sostanzialmente non rinnovabile.

## Le attività di Arpav sul suolo

L'unità organizzativa Qualità del suolo di Arpa Veneto esegue da oltre vent'anni, su mandato della Regione, lo studio dei suoli e il controllo delle sue caratteristiche, attraverso attività di cartografia, monitoraggio e protezione. Il servizio gestisce la banca dati regionale dei suoli (figura 1) che raccoglie a oggi circa 39 mila osservazioni e i dati di oltre 20 mila campioni analizzati, dei quali oltre 17 mila sono conservati nella pedoteca di Arpav, nella sede di Treviso (foto 2).



1

Il servizio suoli si avvale per le determinazioni analitiche di un laboratorio interno ad Arpav accreditato da Accredia che fa riferimento principalmente ai metodi ufficiali di cui al Dm 13/09/1999 e smi (Mipaf, 1999; Mipaf, 2002). Lo studio sistematico dei suoli del Veneto da parte di Arpav sin dalla fine degli anni '90 ha portato all'elaborazione di carte pedologiche che forniscono la base di qualsiasi valutazione su minacce di degradazione e misure per ridurre il rischio, nonché per la definizione di attività di monitoraggio e di protezione della risorsa.

## Carta dei suoli

La carta dei suoli del Veneto in scala 1:250.000 pubblicata nel 2005 e aggiornata nel 2015 descrive 217 unità cartografiche (porzioni di territorio omogenee per distribuzione e tipi di suolo presenti) e 267 tipologie di suolo principali, fornisce un inquadramento armonizzato delle conoscenze pedologiche regionali acquisite nel tempo

e alle diverse scale ed è consultabile in maniera interattiva all'indirizzo <https://gaia.arpa.veneto.it/maps/271>. A maggior dettaglio (scala 1:50.000) è disponibile anche la cartografia interattiva dei suoli della pianura veneta (a esclusione di una parte della pianura veronese attualmente in elaborazione) e di parte delle fasce collinari e prealpina (figura 2) che rende consultabili online, cliccando sulle diverse località, descrizioni e fotografie di 551 unità cartografiche e 481 tipologie di suolo (<https://gaia.arpa.veneto.it/maps/778>).

La disponibilità di cartografia pedologica ha permesso l'elaborazione di numerose carte applicative (figura 3) a diversi livelli di dettaglio e complessità, il cui

- 1 I suoli sono molto diversi tra loro a seconda del paesaggio e dei fattori ambientali che ne determinano la formazione.
- 2 Pedoteca di Arpav dove sono conservati i campioni.
- 3 Campioni di suolo raccolti in ambienti di formazione diversi.
- 4 Laboratorio di analisi di Arpav.

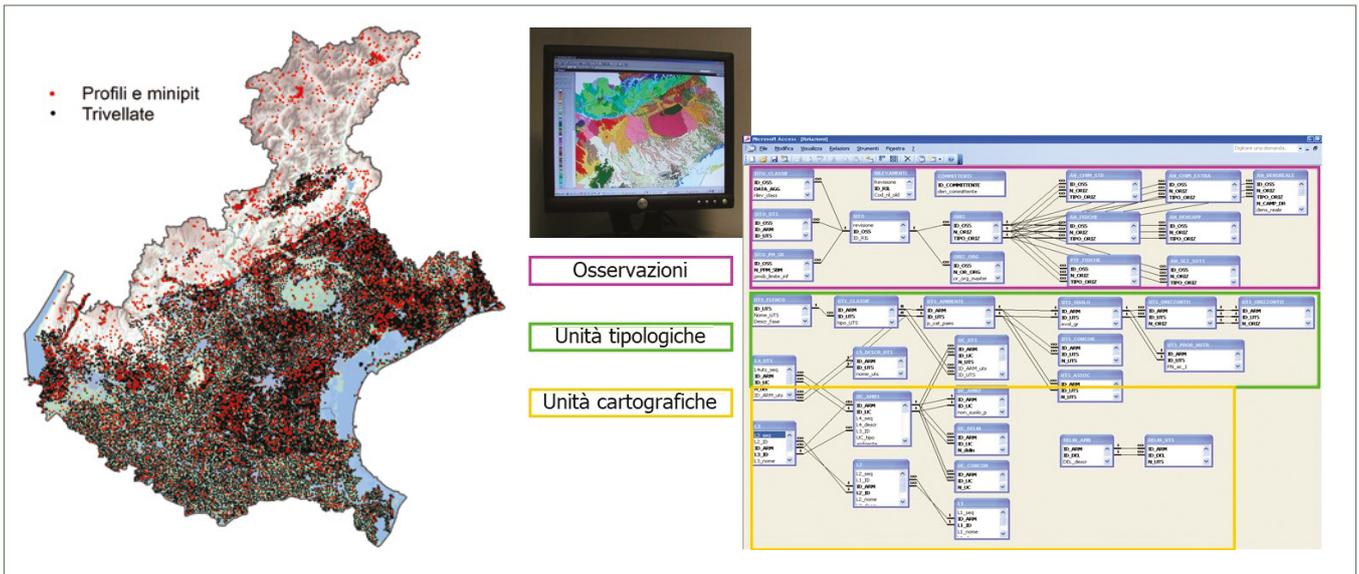


FIG. 1 BANCA DATI  
Osservazioni pedologiche (profili, trivellate) in Veneto (a sinistra) e relativa banca dati relazionale con sistema informativo geografico per la gestione della cartografia (a destra).

scopo è rappresentare la distribuzione spaziale di determinate caratteristiche del suolo, per scopi specifici. Queste carte tematiche risultano facilmente comprensibili e utilizzabili da parte di specialisti di varie discipline, a differenza delle carte pedologiche di base, caratterizzate da notevole mole informativa, spesso comprensibile solo agli esperti del settore. Alcune carte applicative rappresentano spazialmente proprietà del suolo (ad esempio carte della tessitura, permeabilità, salinità, contenuto in carbonio organico ecc.), altre vengono elaborate incrociando più strati informativi con l'impiego di schemi di valutazione (carta di capacità d'uso dei suoli o del gruppo idrologico) o ancora attraverso l'uso di modelli quantitativi, come avviene per la valutazione della capacità protettiva dei suoli o della vulnerabilità ad alcuni prodotti fitosanitari.

Carte pedologiche e carte applicative sono disponibili sul sito di Arpav ([www.arpav.veneto.it/temi-ambientali/soilo](http://www.arpav.veneto.it/temi-ambientali/soilo)) e sul geoportale Gaia (<https://bit.ly/gaia-arpav>) dove sono presenti, consultabili e scaricabili circa 40 strati cartografici diversi, 11 mappe e 18 documenti.

### Il monitoraggio del suolo

Sulla base della solida conoscenza dei suoli regionali si innestano le attività di monitoraggio di Arpav che diventano cruciali per fornire informazioni utili a comprendere le variazioni nel tempo delle caratteristiche più sensibili dei suoli e a sviluppare strumenti e strategie di protezione adeguati, in



2



3



4

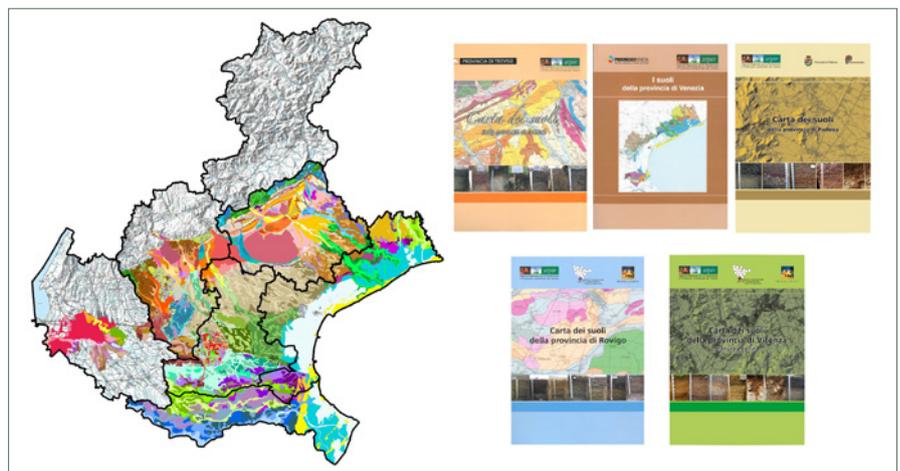


FIG. 2 CARTA DEI SUOLI  
A sinistra la carta dei suoli interattiva, in scala 1:50.000. A destra le singole carte dei suoli provinciali pubblicate da Arpav.

continuo approfondimento degli effetti delle attività antropiche e delle loro conseguenze sulla qualità dei suoli. Arpav ha in corso da oltre un decennio, diverse attività di monitoraggio del suolo, in particolare sui suoli agricoli interessati dallo spandimento di effluenti di origine zootecnica, sul contenuto in metalli e metalloidi e relativa definizione dei valori di fondo, sulla concentrazione di microinquinanti organici e sulla qualità biologica dei suoli. Negli ultimi anni, con l'emanazione della nuova strategia Ue per il suolo per il 2030 – Com 699 approvata il 17/11/202, Swd (2021) 323 – e successiva proposta di direttiva sul monitoraggio e la resilienza del suolo – Com 416 del 05/07/2023 –, si stanno mettendo a sistema tutte le menzionate attività di monitoraggio, costituendo una rete complessiva e organica, distribuita sul territorio regionale, che consideri le peculiarità dei diversi suoli, sulla base della conoscenza e dell'esperienza acquisite in passato. Arpav ha collaborato inoltre con il *Joint research centre* della Commissione europea sull'ultima campagna della rete di monitoraggio europea dei suoli (rete Lucas) 2022-23, quarto campionamento dopo quello iniziale del 2009.

Accanto alla costituenda rete di monitoraggio, le attività di Arpav volte alla protezione dei suoli, si concretizzano attraverso interventi per promuovere il contenimento dei carichi potenzialmente inquinanti (fanghi di depurazione, utilizzo degli effluenti di allevamento e dei digestati) e nella gestione delle dichiarazioni in materia di terre e rocce da scavo.

## Il consumo di suolo

La principale minaccia per il suolo, in particolare in aree pianeggianti e produttive come il Veneto è comunque il suo consumo. Dal 2015 ad Arpav è affidato l'aggiornamento annuale della carta del consumo di suolo, con il coordinamento dell'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (Ispra) e il coinvolgimento delle Agenzie regionali e provinciali per la protezione ambientale.

L'impermeabilizzazione (o *soil sealing*) rappresenta la principale causa di degrado del suolo, in quanto provoca la perdita pressoché totale delle sue

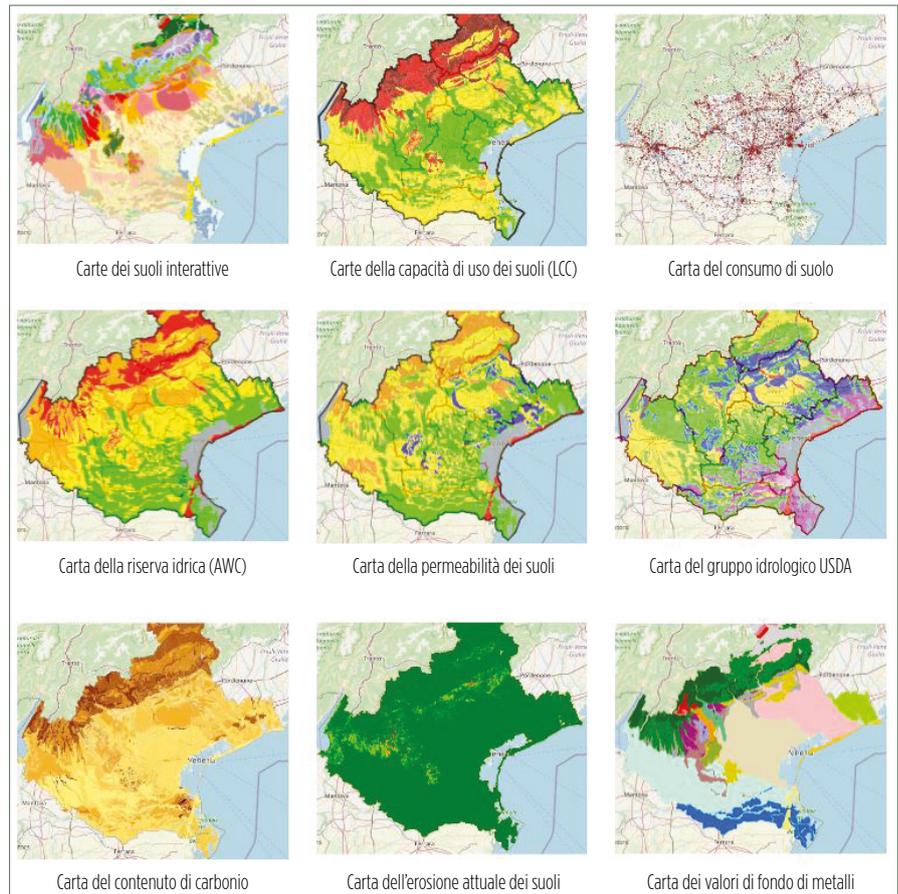
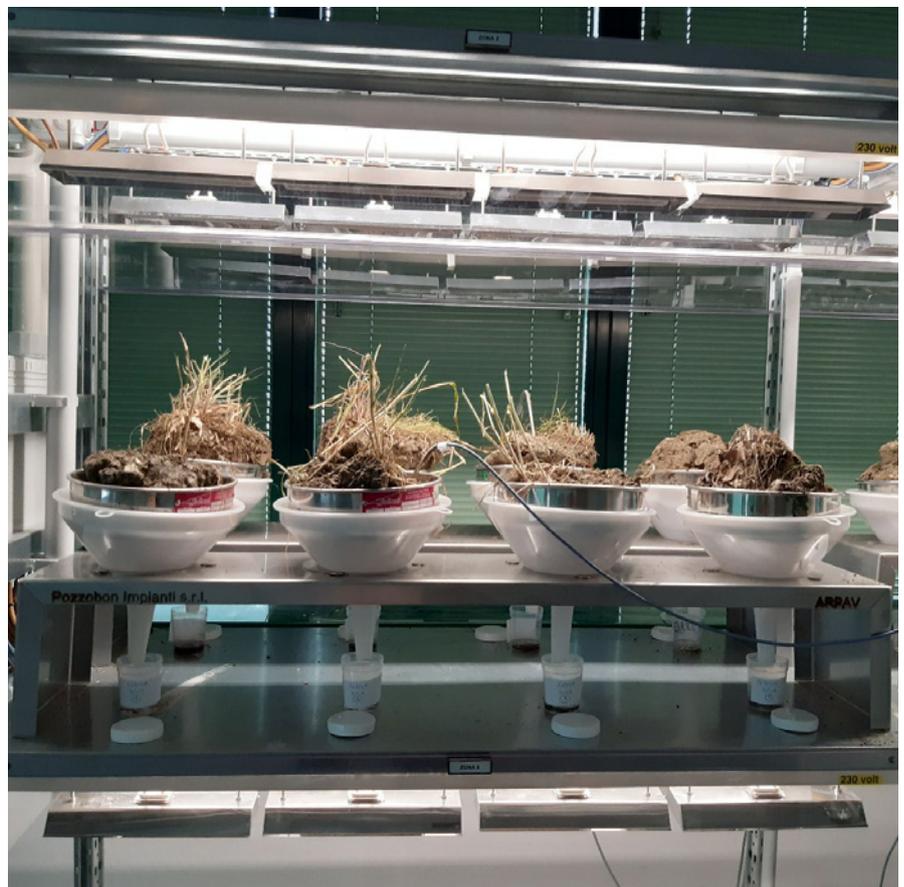


FIG. 3 CARTE APPLICATIVE  
Esempi di carte applicative disponibili sul sito e sul geoportale Arpav.



5 Estrattore per artropodi Berlese-Tullgren, per la valutazione dell'indice QBS-ar, monitorato annualmente dal 2012

funzioni ecosistemiche. La sensibilità e la consapevolezza sul tema sono sicuramente aumentate negli ultimi anni e diverse voci sanciscono la necessità di azzerare o perlomeno ridurre il consumo di suolo al 2050 (legge regionale 06 giugno 2017, n. 14; proposta di direttiva sul monitoraggio dei suoli Com 416, del 05/07/2023) ma a oggi l'entità del fenomeno è ancora considerevole e il Veneto continua negli anni a posizionarsi ai primi posti per suolo consumato (figura 5). Dopo il 2017, anno in cui spiccava a livello nazionale con un valore di consumo netto di oltre 1.100 ha, nel 2022 il Veneto si mantiene ancora a un ritmo superiore ai 700 ha di suolo consumato (Munafò et al., 2023).

## Suolo, bene comune

Il consumo di suolo deve oggi essere inteso come costo ambientale che causa degrado o perdita di importanti servizi ecosistemici e sostanziale alterazione dell'equilibrio ecologico. La varietà delle funzioni svolte dal suolo fa sì che la percezione del suo valore possa essere variegata e molteplice, in relazione agli interessi prevalenti. Nonostante il crescente interesse nel quantificare anche economicamente i servizi resi dal suolo, alcuni di questi risultano "intangibili", come la salute dei cittadini, i valori emotivo-spirituale a esso legati, la funzione didattica ambientale, l'identità storico-paesaggistica, e sfuggono a qualsiasi quantificazione.

Il suolo quindi si configura anche come bene comune, non sempre riducibile a una valutazione puramente economica che spesso non tiene conto di tutti i costi indiretti ambientali e sociali. La molteplicità delle funzioni svolte dal suolo e la molteplicità di percezioni del valore a esse collegate possono generare conflitti e contraddizioni nel processo di pianificazione, soprattutto in aree come la pianura Padana che vede una grande concentrazione di attività produttive e di popolazione. Una pianificazione territoriale sostenibile non può quindi prescindere dalla conoscenza dei servizi svolti dai suoli, dal loro valore e dalla loro distribuzione.

**Silvia Obber, Ialina Vinci**

Arpa Veneto

FIG. 4  
MONITORAGGIO  
NITRATI

Punti di monitoraggio in base alla direttiva nitrati (piano 2020-2024).

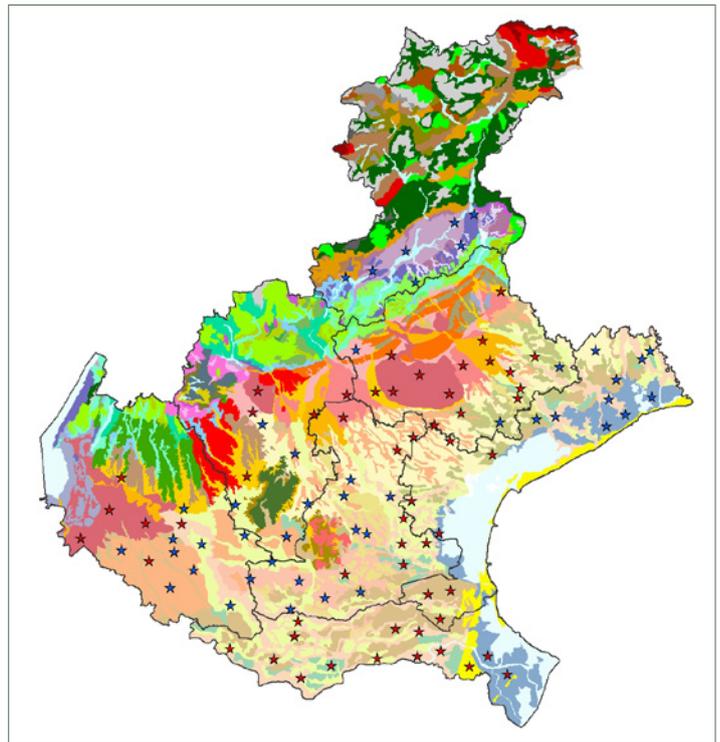
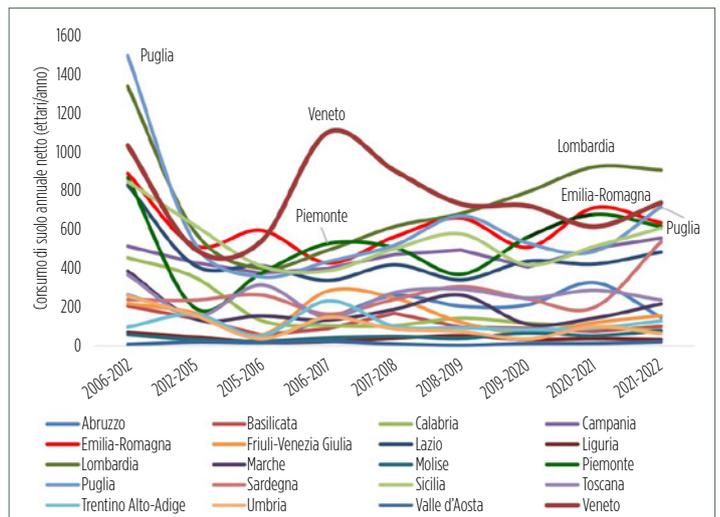


FIG. 5  
CONSUMO DI SUOLO

Andamento del consumo di suolo annuale netto a livello regionale dal 2006 al 2022.

Fonte: Report Snpa 37/2023, elaborazioni Ispra su cartografia Snpa.



## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Munafò M. (a cura di), 2023, *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2023*, Report Snpa 37/23, Isbn 978-88-448-1178-5, ottobre 2023.

Calzolari C., Ungaro F., Campeol A.M., Filippi N., Guermandi M., Malucelli F., Marchi N., Staffilani F., Tarocco P., 2015, "La valutazione dei servizi ecosistemici forniti dal suolo per la pianificazione del territorio", conferenza *Recuperiamo terreno. Politiche, azioni e misure per un uso sostenibile del suolo*, Milan, Italy, Vol. I, pp. 1381-50.

Calzolari C., Ungaro F., Filippi N., Guermandi M., Malucelli F., Marchi N., Staffilani F., Tarocco P., 2016, "A methodological framework to assess the multiplicity of ecosystem services of soils at regional scale", *Geoderma*, 261, 190-203.

### Link utili

Arpa Veneto, tema suolo: [www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/soilo](http://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/soilo)

Geoportale Arpa Veneto, tema suolo: [https://gaia.arpa.veneto.it/search/?limit=100&offset=0&category\\_\\_identifier\\_\\_in=Suolo](https://gaia.arpa.veneto.it/search/?limit=100&offset=0&category__identifier__in=Suolo)

Portale consumo di suolo: [www.consumosuolo.it](http://www.consumosuolo.it)

Alla scoperta del suolo, le attività di Arpav in due video: <https://bit.ly/video-suolo-arpav>

# IL CONSUMO DI SUOLO IN CALABRIA: UN'ANALISI

PER LA TUTELA DELLA RISORSA SUOLO, LA CALABRIA SI È POSTA L'OBIETTIVO DI RIQUALIFICARE STRUTTURE GIÀ ESISTENTI COSÌ DA NON CONSUMARE ULTERIORE TERRITORIO, CHE PER LE CARATTERISTICHE GEOGRAFICHE E MORFOLOGICHE HA FAVORITO L'URBANIZZAZIONE NELLE AREE ATTORNO ALLE CITTÀ E LUNGO LA COSTA.

**I**l monitoraggio del consumo del suolo è ritenuto oggi fondamentale al fine di fornire le informazioni necessarie per intraprendere le azioni utili all'uso sostenibile del territorio e alla salvaguardia dei servizi ecosistemici a esso connessi. Annualmente viene pubblicato il rapporto sul consumo del suolo, le dinamiche territoriali e i servizi ecosistemici (v. articolo di Munafò e Marinosci a p. 6). Il rapporto, frutto del lavoro svolto dall'intero Snpa con il coordinamento di Ispra, fornisce il quadro generale sul suolo consumato annualmente nel territorio italiano, suddiviso per regioni, province e comuni. Il documento, arricchito da tabelle, grafici e statistiche, consente di avere il quadro generale dell'evolversi del fenomeno. Il rapporto 2023 è stato presentato il 25 ottobre ed è risultato subito chiaro che in un anno (2022) si sono consumati circa 77 km<sup>2</sup> di suolo che equivalgono a un incremento di circa il 10% rispetto all'anno precedente (2021), nonostante la grande attenzione che si sta prestando all'argomento e le iniziative delle Regioni e amministrazioni locali che sembrano, al momento, incidere ancora troppo debolmente.

Si evince dal rapporto come, oltre alla perdita di suolo agricolo, direttamente connesso a fondamentali servizi ecosistemici che questo fornisce, si sta indebolendo il territorio, esponendo una frazione di popolazione sempre più ampia ai rischi indotti dal dissesto idrogeologico direttamente connesso all'impermeabilizzazione del suolo. Ancora, il suolo trasformato incide sempre più nell'aumento delle temperature delle aree urbanizzate, specificamente nella stagione estiva: non infrequenti sono ormai i lunghi periodi nei quali, indipendentemente dalle latitudini considerate, le temperature raggiungono e superano i 40°C.

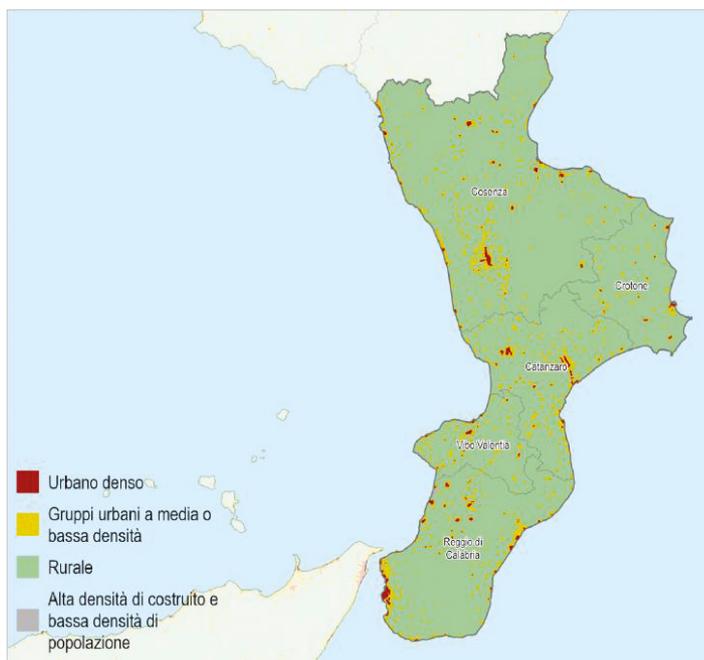


FIG. 1  
URBANIZZAZIONE

Grado di urbanizzazione della Calabria (suolo consumato 2022).



1 Polo logistico di Montalto Uffugo (CS), area di cantiere in fase di ultimazione. Immagine scattata in maggio 2023.

In questi contesti la Calabria, nonostante la presenza di ampie porzioni di territorio completamente libere da urbanizzazione, non è immune dal fenomeno: il suolo consumato rilevato al 2022 ammonta a circa 76.451 ettari, pari a poco più del 5% della superficie totale della regione. L'ultimo periodo trascorso ha fatto registrare un incremento del consumo del suolo di circa 78 ettari, pari a un valore medio di 0,52 m<sup>2</sup> per ogni ettaro di territorio nel solo anno preso in considerazione (tabella 4).

La Calabria, per le sue caratteristiche geografiche e morfologiche, ha un consumo del suolo che si concentra prevalentemente nelle aree urbane e lungo le aree costiere; secondariamente, in prossimità delle poche aree industriali prevalentemente di modeste dimensioni (figura 1).

Qualche parola va spesa sul caso di Reggio Calabria che, nonostante risulti la città capoluogo di provincia con la maggiore quantità di suolo consumato per la regione (tabella 1) se si fa riferimento alle sole 14 città metropolitane a livello nazionale, negli ultimi anni ha fatto registrare un consumo di suolo fra i più bassi. Per l'anno 2022 appena monitorato la graduatoria dei comuni con il maggior consumo di suolo annuo vede primeggiare il comune di Montalto Uffugo (CS) con 15,65 ettari (tabella 2). Dal controllo fatto tramite la serie storica delle immagini satellitari, il valore complessivo misurato, apparentemente anomalo, è quasi interamente da imputare alla realizzazione di una piattaforma logistica per una catena di supermercati (foto 1).

Compiendo valutazioni in termini percentuali, il territorio comunale con il consumo di suolo maggiore è Tropea (VV), nota meta turistica della regione, che fa rilevare complessivamente un valore del 35,2% (tabella 3).

Riassumendo, la Calabria ha avuto nell'ultimo anno monitorato un consumo di suolo netto pari a circa 78 ettari, ben al di sotto della media nazionale.

La provincia della Calabria più "virtuosa" risulta Crotona con un valore totale di suolo consumato pari a 6.503 ettari che rappresenta il 3,8% circa del territorio: quindi non solo in termini assoluti ma anche in quelli percentuali riferiti all'intera superficie è la provincia che al 2022 ha consumato meno suolo. Al contrario, la provincia che fa registrare il dato peggiore è quella di Cosenza nella quale il suolo consumato complessivo all'ultimo rilievo è valutato in 29.131 ettari pari a circa il 4,3% del suolo totale dell'intero territorio. Nonostante i valori di consumo del suolo misurati nell'ultimo periodo siano tendenzialmente in diminuzione, la Calabria ha un suolo complessivo consumato al 2022 pari a 412 m<sup>2</sup> per abitante, valore superiore alla media nazionale che fa registrare 364 m<sup>2</sup> per abitante (tabella 4).

Con la finalità di adeguarsi all'obiettivo europeo di azzerare il consumo del suolo, la regione Calabria ha promulgato nel 2022 la legge regionale 7 luglio 2022, n. 25 "Norme per la rigenerazione urbana e territoriale, la riqualificazione e il riuso". La norma, tra le altre cose, intende contribuire alle finalità di cui sopra, favorendo la rigenerazione urbana attraverso interventi mirati al recupero e riuso di strutture esistenti e conseguente azzeramento del consumo netto del suolo (art.1 comma 1, comma 2a e 2b). Sicuramente l'applicazione di questa norma e di eventuali altre che la seguiranno e integreranno contribuirà al raggiungimento degli obiettivi che l'Italia si è data in ambito europeo.

**Luigi Dattola<sup>1</sup>, Francesco Fullone<sup>1</sup>, Teresa Oranges<sup>1</sup>, Michelangelo Iannone<sup>1,2</sup>**

1. Arpa Calabria  
2. Cnr-Irib

Comune	Suolo consumato (ha)
Reggio di Calabria	3.394
Corigliano-Rossano (CS)	2.718
Lamezia Terme (CZ)	2.384

TAB. 1 SUOLO CONSUMATO NEI COMUNI

I comuni in Calabria che hanno il maggior suolo complessivo consumato.

Fonte: Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2023, Report Snpa 31/23.

Comune	Suolo consumato (ha/anno)
Montalto Uffugo (CS)	15,65
Trebisacce (CS)	12,08
Gioia Tauro (RC)	9,14

TAB. 2 SUOLO ANNUO CONSUMATO

I comuni in Calabria con il maggior suolo annuo consumato.

Fonte: Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2023, Report Snpa 31/23.

Comune	Suolo consumato (%)
Tropea (VV)	35,2
Villa San Giovanni (RC)	27,9
Soverato (CZ)	27,3

TAB. 3 SUOLO CONSUMATO IN PERCENTUALE

I comuni in Calabria con il maggior suolo consumato in percentuale.

Fonte: Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2023, Report Snpa 31/23.

TAB. 4 INDICI

Indici del consumo di suolo su base provinciale.

Fonte: Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2023, Report Snpa 31/23.

Provincia	Suolo consumato 2022 (ha)	Suolo consumato 2022 (%)	Suolo consumato pro capite 2022 (m <sup>2</sup> /ab)	Consumo di suolo 2021-2022 (ha)	Cons. di suolo pro capite 2021-2022 (m <sup>2</sup> /ab/anno)	Densità consumo di suolo 2021-2022 (m <sup>2</sup> /ha)
Catanzaro	15.679	6,55	456,23	15	0,45	0,64
Cosenza	29.131	4,38	431,86	41	0,60	0,61
Crotona	6.503	3,79	397,59	7	0,44	0,42
Reggio di Calabria	18.478	5,81	353,90	11	0,21	0,35
Vibo Valentia	6.660	5,84	439,41	4	0,26	0,35
Regione Calabria	76.451	5,07	412,03	78	0,42	0,52
Italia	2.151.437	7,14	364,00	7.076	1,20	2,35

# IL MONITORAGGIO DEL CONSUMO DI SUOLO IN PIEMONTE

I DATI DELL'ULTIMO RAPPORTO 2021-2022 RACCONTANO UN TERRITORIO NAZIONALE CHE CONTINUA A ESSERE TRASFORMATO A RITMI CHE NON SEMBRANO RALLENTARE. IL PIEMONTE È TRA LE REGIONI IN CUI, IN TERMINI DI NUOVI CONSUMI, IL FENOMENO RISULTA PIÙ MARCATO, CON VALORI PERALTRO DISALLINEATI RISPETTO ALLE DINAMICHE DEMOGRAFICHE.

La legge 132/2016 istituisce il Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente (Snpa) e ne definisce le funzioni, tra le quali il monitoraggio dello stato dell'ambiente, del consumo di suolo, delle risorse ambientali. Ogni anno Snpa pubblica uno specifico rapporto sul consumo di suolo [1], che fornisce il quadro aggiornato dei processi di trasformazione della copertura del suolo, del degrado del territorio e dell'impatto del consumo di suolo sul paesaggio e sui servizi ecosistemici. Per il Piemonte l'attività di monitoraggio è curata dalla struttura Sistema informativo ambientale e geografico ed educazione ambientale dell'Agenzia regionale per la protezione ambientale del Piemonte (Arpa Piemonte).

I dati dell'ultimo rapporto relativi al periodo di osservazione 2021-2022 [1] raccontano un territorio nazionale che continua a essere trasformato a ritmi che non sembrano rallentare, nonostante gli obiettivi definiti a livello globale, europeo e nazionale<sup>1</sup> (v. articolo di Munafò e Marinosci a p. 6). La copertura artificiale copre a oggi complessivamente oltre 21.500 km<sup>2</sup>, il 7,14 % del suolo italiano. I consumi dell'ultimo anno, pari a 76,8 km<sup>2</sup> di nuova superficie artificializzata, sono localizzati principalmente in alcune aree del paese quali la pianura Padana e la costa adriatica. Di questi consumi il 13% ricade nelle aree classificate a pericolosità idraulica media, che risultano a oggi impermeabilizzate per l'11% della loro estensione, valore significativamente superiore alla media nazionale, mentre oltre il 35% ha interessato aree a pericolosità sismica alta e molto alta e il 7,5% sono in aree a pericolosità di frana. A questo quadro si aggiunge inoltre un'evidente contraddizione: i nuovi consumi si registrano in una fase generale di decrescita della popolazione, ovvero in assenza di quei presupposti di domanda che generalmente sono il motore del consumo di suolo.

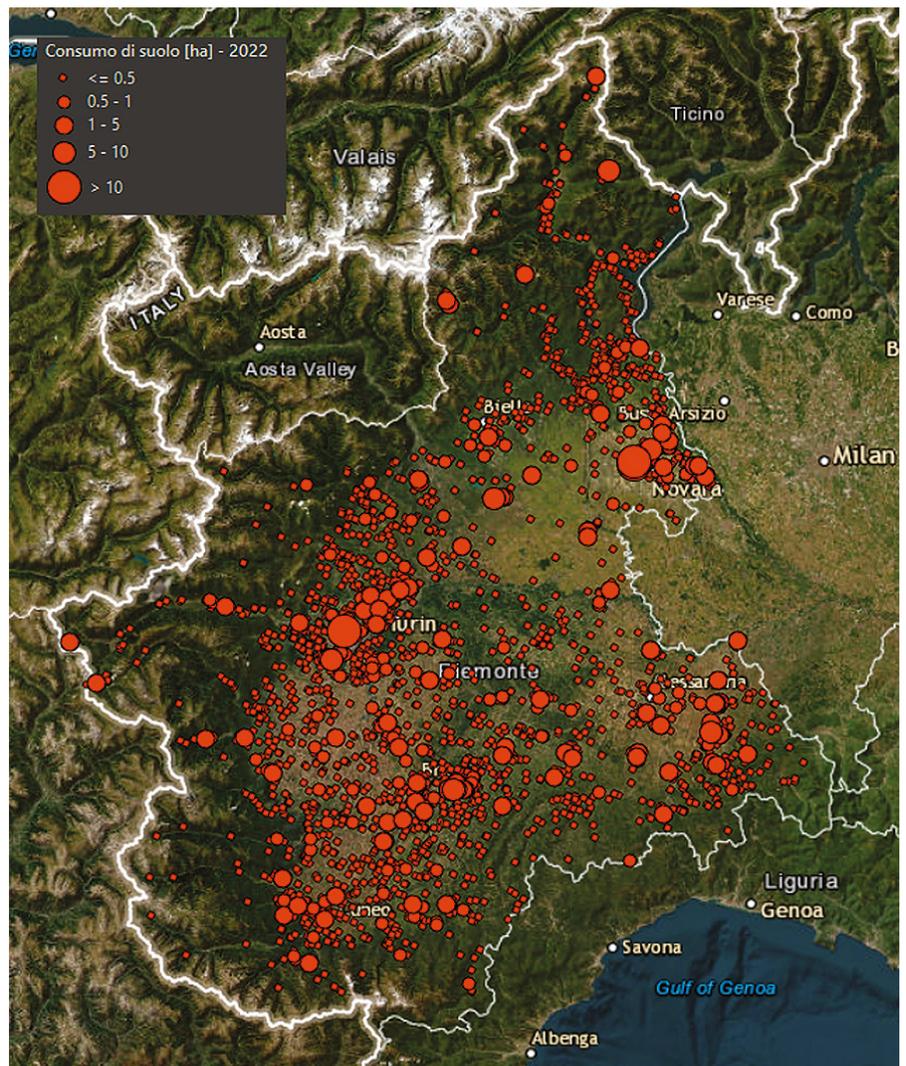


FIG. 1 CONSUMO DI SUOLO IN PIEMONTE PER L'ANNO 2022 TEMATIZZATI PER AREA (HA) DELL'INTERVENTO  
Consumo di suolo in Piemonte per l'anno 2022, tematizzato per area dell'intervento. Dall'immagine appare evidente il fenomeno di clusterizzazione degli interventi maggiori in corrispondenza dei poli di Torino, Novara, sulla direttrice Cuneo-Bra-Alba e l'alessandrino.

Fonte: elaborazioni Ispra su cartografia Arpa Piemonte. Mappa di base: World Imagery (Attribuzione: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community).

## Il monitoraggio 2022 in Piemonte

Tra il 2021 e il 2022 in Piemonte si sono consumati altri 617 ettari netti di suolo, per un totale di suolo occupato da superfici artificiali di 170.199 ettari, il 6,70 % dell'intera area regionale. Il valore è il secondo più alto della serie storica

2006-2022, inferiore al solo periodo di osservazione 2020-2021 in cui il consumo si era attestato a 679 ettari. Per dare un'idea del consumo di suolo del 2022, è come se ogni giorno fosse stata artificializzata una superficie equivalente a 2,4 campi da calcio. In termini assoluti, il valore del 2022 proietta il Piemonte al quinto posto

a livello nazionale, dopo Lombardia, Veneto, Puglia ed Emilia-Romagna; in termini di aumento percentuale rispetto alla superficie artificiale dell'anno precedente, con il valore dello 0,36 % il Piemonte si attesta al primo posto in nord Italia, sopra la media nazionale pari a 0,33%.

Il Piemonte è quindi tra le regioni italiane in cui, in termini di nuovi consumi, il fenomeno risulta più marcato, con valori peraltro disallineati rispetto alle dinamiche demografiche; per ogni abitante in meno in Piemonte, negli ultimi dodici mesi si sono infatti consumati 332 m<sup>2</sup> di suolo, valore in linea con il dato nazionale di 343 m<sup>2</sup>.

In termini di suolo consumato rispetto all'area totale, il valore del 6,70% rimane invece inferiore al dato medio nazionale, che si colloca al 7,14 % e risulta tra i più bassi del nord Italia, in particolare rispetto alle regioni confinanti di Lombardia (12,16%), Emilia-Romagna (8,89%) e Liguria (7,26), ma anche rispetto alle regioni del nord est di Veneto (11,88%) e Friuli Venezia Giulia (8,02%).

### Le cause del consumo di suolo

Il processo di consumo di suolo in Piemonte continua a seguire l'espansione delle aree urbanizzate, dalle aree dense della conurbazione di Torino e cintura alle periferie dei capoluoghi di provincia e dei centri contigui in cui prosegue l'espansione di alcuni poli logistici che

Province	Suolo consumato 2022 (ha)	Suolo consumato 2022 (%)	Consumo di suolo 2021-2022 (ha)	Densità consumo di suolo 2021-2022 (m <sup>2</sup> /ha)
Alessandria	25.241	7,09	71	2,01
Asti	10.963	7,25	27	1,80
Biella	7.241	7,92	17	1,81
Cuneo	36.659	5,31	179	2,59
Novara	14.946	11,14	99	7,39
Torino	58.483	8,56	168	2,46
VCO	6.313	2,79	18	0,78
Vercelli	10.354	4,97	38	1,84
<b>Regione</b>	<b>170.199</b>	<b>6,70</b>	<b>617</b>	<b>2,43</b>

TAB. 1 INDICATORI CONSUMO DI SUOLO A LIVELLO PROVINCIALE  
Elaborazioni Ispra su cartografia Snpa.

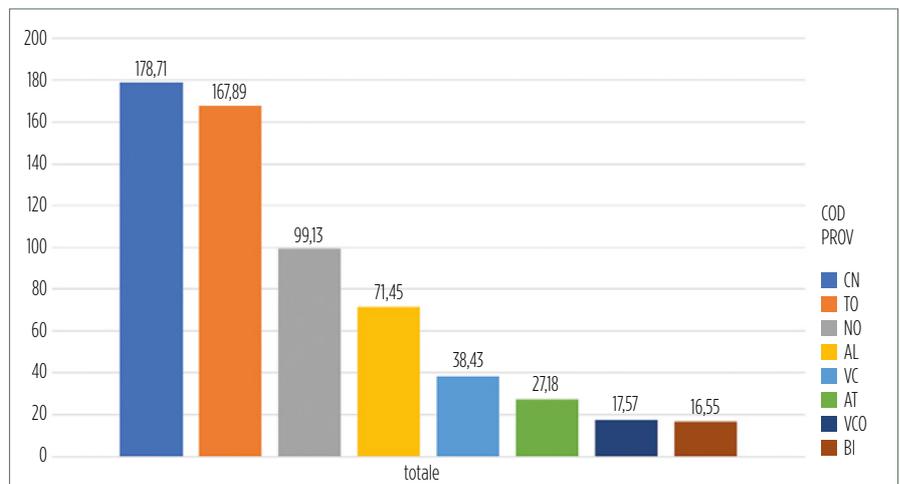


FIG. 2 CONSUMI PER PROVINCIA  
Consumi netti di suolo per provincia in Piemonte (ha). Periodo di osservazione 2021-2022.  
Fonte: elaborazioni Ispra su cartografia Snpa.



FOTO: FULVIO RAVIOLA

quest'anno hanno complessivamente interessato altri 60 ettari. Al processo di consumo contribuiscono in maniera rilevante anche l'adeguamento della rete di trasporti con importanti opere che toccano sia il sud del Piemonte (Autostrada Asti-Cuneo A33, opera che da sola incide per oltre 47 ettari), sia il nord (tangenziale di Novara, circa 14 ettari) e le attività estrattive (59 ettari). A ciò si aggiunge un fenomeno meno evidente in quanto più distribuito sul territorio, che potremmo definire endemico, ma nel complesso consistente, con opere di piccola o media estensione che interessano un po' ovunque i piccoli centri urbani di pianura, i territori collinari e gli assi delle principali valli alpine (figura 1).

A livello provinciale (tabella 1 e figura 2) quest'anno emerge il dato di Cuneo che con 179 ettari risulta la provincia con i consumi maggiori, superando sia Torino (168 ha) sia Novara (99 ha). Sul dato provinciale di Cuneo incidono le opere connesse ai cantieri dell'autostrada A33, nel tratto compreso tra Alba e Roddi, ma anche la nuova tangenziale di Cherasco e il polo logistico in area Miac (Mercato ingrosso agroalimentare Cuneo) nel capoluogo.

Nella Città metropolitana di Torino i consumi sono trainati principalmente dalla nuova Città delle scienze e dell'ambiente, il polo universitario in costruzione a Grugliasco, e dal centro logistico in costruzione a Orbassano. Altre opere di rilievo riguardano l'ex scalo merci Vanchiglia nel capoluogo, nonché i lavori connessi al nodo idraulico di Ivrea sul torrente Chiusella a Pavone Canavese. A Novara i consumi si concentrano nell'area a ovest del capoluogo di provincia, dove continua l'espansione del polo logistico di San Pietro Mosezzo, mentre a nord proseguono i lavori della tangenziale. Novara si caratterizza peraltro per l'alto valore di densità di consumo di suolo, a indicare un elevato rapporto tra consumo di suolo e la superficie totale dell'unità amministrativa rispetto alle altre realtà provinciali.

A livello comunale (figura 3) il territorio con il consumo di suolo netto più elevato nel 2022 è Roddi (32,80 ettari), seguito da Novara (27,73 ettari) e Tortona (19,26 ettari), comune per il quale incidono le opere connesse al Terzo valico dei Giovi. Sopra i 10 ettari abbiamo Cherasco (18,79 ha), Orbassano (18,64 ha), Grugliasco (17,89 ha), San Pietro Mosezzo (14,92 ha), Alba (13,94 ha), Vercelli (12,6 ha), Settimo Torinese (11,55 ha), Torino (10,69 ha) e Trecate (10,04 ha).

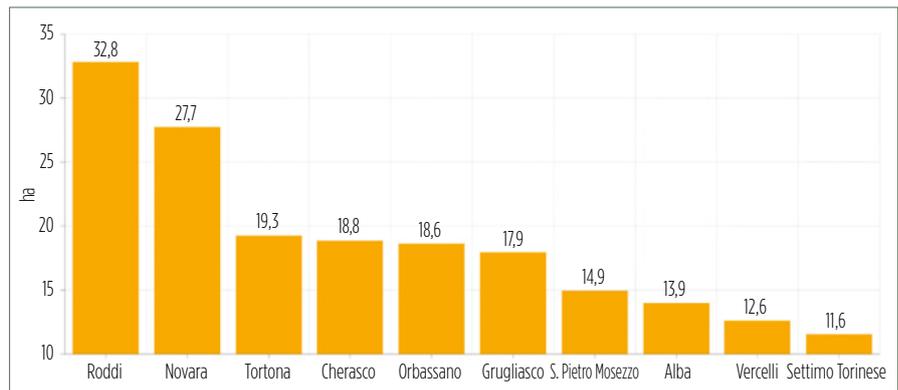


FIG. 3 CONSUMI PER COMUNE (HA)  
Consumi netti per i primi dieci comuni (ha). Periodo di osservazione 2021-2022.  
Fonte: elaborazioni Ispra su cartografia Snpa

### I costi del consumo di suolo

Dai dati illustrati per il 2022 emerge un fenomeno che non tende a rallentare e che risulta ben lontano anche in Piemonte dagli obiettivi di sostenibilità dell'Agenda 2030 che, sulla base delle previsioni demografiche, imporrebbero addirittura un saldo negativo del consumo di suolo. Considerando i costi annuali medi dovuti alla perdita di servizi ecosistemici, si può stimare che a livello nazionale, se fosse confermata la velocità media 2012-2022 anche nei prossimi nove anni, un costo cumulato complessivo tra il 2012 e il 2030, compreso tra 80,2 e 98,7 miliardi di euro [1]. Perdita di servizi ecosistemici che non si traduce solamente in costi economici nascosti, ma impatta direttamente sulla qualità della vita della popolazione. Tra i servizi ecosistemici offerti dal suolo sono infatti da annoverare, a titolo di esempio, quelli ascrivibili alla regolazione del regime idrologico, per aumento del deflusso superficiale prodotto direttamente dalle attività di impermeabilizzazione, e quelli di regolazione della temperatura: a rendere i nostri territori più vulnerabili agli eventi alluvionali e le città sempre più calde non sono solo i cambiamenti climatici, ma contribuisce anche in larga parte proprio il consumo di suolo.

Per approfondire la conoscenza sul tema suolo e sull'attività di monitoraggio si rimanda alle pagine del portale nazionale sul consumo di suolo in Italia, disponibile online all'indirizzo [www.consumosuolo.it](http://www.consumosuolo.it). Il portale, realizzato da Arpa Piemonte e Ispra e ospitato sull'infrastruttura dell'Agenzia regionale, mette a disposizione dati, cartografie, indicatori a scala nazionale, regionale e per singolo comune riferiti all'arco temporale di osservazione dal 2012 al 2022. I dati completi degli indicatori sono invece scaricabili dal portale [www.isprambiente.gov.it](http://www.isprambiente.gov.it) [5] insieme all'ultima edizione del rapporto nazionale.

**Gabriele Nicolò, Fulvio Raviola**

Arpa Piemonte

#### NOTE

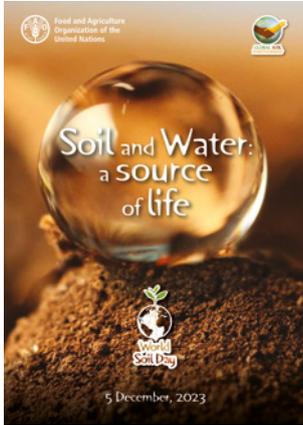
<sup>1</sup> A livello globale L'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile delle Nazioni unite (2015) [2] chiede di riallineare il consumo di suolo alle dinamiche demografiche entro il 2030 mentre a livello europeo la Strategia del suolo per il 2030 (2021) [3] ha posto l'obiettivo di azzerare il consumo netto entro il 2050. A livello nazionale il Piano di transizione ecologica (2022) [4] anticipa al 2030 l'obiettivo di azzeramento del consumo netto allineandosi di fatto all'Agenda 2030.

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Munafò M. (a cura di), 2023, *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2023*, Report Snpa 37/23.
- [2] Un General assembly, *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*, 21 October 2015, A/RES/70/1.
- [3] *Eu soil strategy for 2030*, 17th november 2021, [https://environment.ec.europa.eu/publications/eu-soil-strategy-2030\\_en](https://environment.ec.europa.eu/publications/eu-soil-strategy-2030_en)
- [4] "Piano per la transizione ecologica", delibera Cite 8 marzo 2022
- [5] I dati sul consumo di suolo: [www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/suolo/il-consumo-di-suolo/i-dati-sul-consumo-di-suolo](http://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/suolo/il-consumo-di-suolo/i-dati-sul-consumo-di-suolo)

EDUCAZIONE ALLA SOSTENIBILITÀ

# IL SUOLO A SCUOLA: ESPERIENZE DIDATTICHE NELLA GIORNATA INTERNAZIONALE DEL SUOLO



Il suolo, componente cruciale dei sistemi naturali e antropici, generatore del benessere umano quale fornitore di cibo, dell'acqua che conserva e depura, dell'energia che trasferisce viene celebrato nella Giornata mondiale del suolo, il 5 dicembre, data di nascita di sua maestà Rama IX il Grande, re di Thailandia, che nel 2002 ospitò il congresso mondiale della Iuss (*International union of soil science*).

Il 5 dicembre 2023 ha assunto un significato particolare per i bambini e

le bambine di cinque scuole primarie italiane, i quali hanno avuto l'opportunità di partecipare a un'iniziativa educativa nell'ambito delle attività dei progetti Curiosoil, Loess<sup>1</sup> e Soils4Med<sup>2</sup> coordinati con il Ctr Educazione alla sostenibilità di Arpae Emilia-Romagna<sup>3</sup>.

L'obiettivo era quello di avvicinare i bambini in modo attivo e coinvolgente al tema del suolo, un elemento fondamentale degli ecosistemi terrestri. L'attività ha mirato a stimolare la consapevolezza ambientale nei giovani studenti, facendo leva sull'importanza del suolo.

In questa giornata speciale, i bambini e le bambine di scuole delle province di Brescia, Cesena, Palermo, Piacenza e Sassari<sup>4</sup> hanno partecipato a un progetto educativo, il cui obiettivo principale era quello di aumentare la consapevolezza delle nuove generazioni riguardo all'importanza cruciale del suolo per il nostro pianeta.

I bambini sono stati coinvolti in un'attività sperimentale incentrata sulla capacità del suolo di trattenere l'acqua. Guidati dagli insegnanti e da esperti del settore, hanno raccolto campioni di suolo, acquisendo così l'opportunità di osservare e confrontare diverse caratteristiche come la consistenza, la granulometria e soprattutto la capacità di assorbimento dell'acqua, un fattore chiave per la salute degli ecosistemi.

Un elemento innovativo dell'iniziativa è stato l'uso di collegamenti video tra le scuole, che ha permesso ai bambini di condividere le loro scoperte in un dialogo educativo e vivace. Ogni classe, rappresentando il proprio ambiente, ha presentato i risultati del proprio esperimento, offrendo così una visione ampia sulla varietà dei suoli italiani e su come questi influenzano l'ambiente circostante.

L'iniziativa ha adottato un approccio esperienziale, mettendo i bambini al centro dell'attività di apprendimento. La manipolazione diretta dei campioni di suolo e la realizzazione dell'esperimento hanno offerto un apprendimento basato sull'azione pratica. Questo metodo di "ricerca-azione" ha rafforzato l'importanza della sperimentazione e dell'osservazione diretta nel processo di apprendimento

scientifico e ha favorito un approccio critico.

Durante l'esperimento, i bambini hanno potuto comprendere il ruolo vitale del suolo come risorsa naturale, apprezzando come influenzi la disponibilità dell'acqua e operi in tutti gli ecosistemi, acquisendo una specifica importanza nella sostenibilità ambientale.

I giovani studenti hanno capito come diversi tipi di suolo abbiano diverse capacità di filtrare e purificare l'acqua, apprezzando l'importanza di preservare i suoli per il bene dell'ambiente.

L'effetto dell'iniziativa non si è limitato all'aspetto educativo; ha anche generato un'eco significativa in termini di consapevolezza ambientale. Ha stimolato una curiosità già innata in loro, cercando di motivare l'interesse per la scienza e l'ambiente, promuovendo al tempo stesso una maggiore consapevolezza della sostenibilità e dell'importanza della conservazione del suolo. L'apprendimento attivo e coinvolgente dovrebbe essere implementato nelle scuole, fornendo agli studenti una base per un futuro più consapevole e rispettoso dell'ambiente. Ciò ispirerà in loro un cambiamento positivo nella percezione e nel trattamento del suolo, promuovendo un futuro più sostenibile che dia priorità al mantenimento delle condizioni di abitabilità del pianeta.

**Francesco Malucelli<sup>1</sup>, Riccardo Scalenghe<sup>2</sup>**

1. Centro tematico regionale Educazione alla sostenibilità, Arpae Emilia-Romagna
2. Dipartimento di Scienze agrarie, alimentari e forestali, Università degli studi di Palermo

**NOTE**

<sup>1</sup> Curiosoil (*Awakening soil curiosity to catalyse soil literacy*) e Loess (*Literacy boost through an operational educational ecosystem of societal actors on soil health*) sono progetti finanziati dalla Commissione europea nell'ambito della Eu Mission "A soil deal for Europe".

<sup>2</sup> Soils4Med (*Soil health monitoring and information systems for sustainable soil management in the Mediterranean region*) è un progetto finanziato dal programma Prima, su un bando collegato alla *European soil mission*.

<sup>3</sup> Il Centro tematico regionale Educazione alla sostenibilità di Arpae Emilia-Romagna coordina la rete dei Ceas, i Centri di educazione alla sostenibilità dell'Emilia-Romagna (Rete Res). Arpae ha collaborato alla realizzazione dell'evento assieme al Ceas Infoambiente di Piacenza.

<sup>4</sup> All'evento hanno partecipato bambine e bambini di quarta e quinta primaria delle scuole: I.C. Perez - Madre Teresa di Calcutta di Palermo; I.C. Brigata Sassari di Sassari; scuola primaria "Dante Alighieri" di Cesena (FC); scuola primaria Pietro Giordani di Piacenza e I.C. Statale di Adro (BS).



FOTO: A. BONONINI



FOTO: R. SCALENGHE

# FIBRE DI AMIANTO IN AMBIENTE ESTERNO, UNO STUDIO ARPAE

IN ASSENZA DI RIFERIMENTI NORMATIVI SEPCIFICI SUL MONITORAGGIO DELLE FIBRE DI AMIANTO IN AMBIENTE OUTDOOR, ARPAE EMILIA-ROMAGNA HA CONDOTTO UNO STUDIO PER VALUTARE E MISURARE L'EVENTUALE PRESENZA DEL PERICOLOSO INQUINANTE IN ATMOSFERA, STABILENDO MODALITÀ DI PRELIEVO E PARAMETRI STRUMENTALI E ANALITICI.

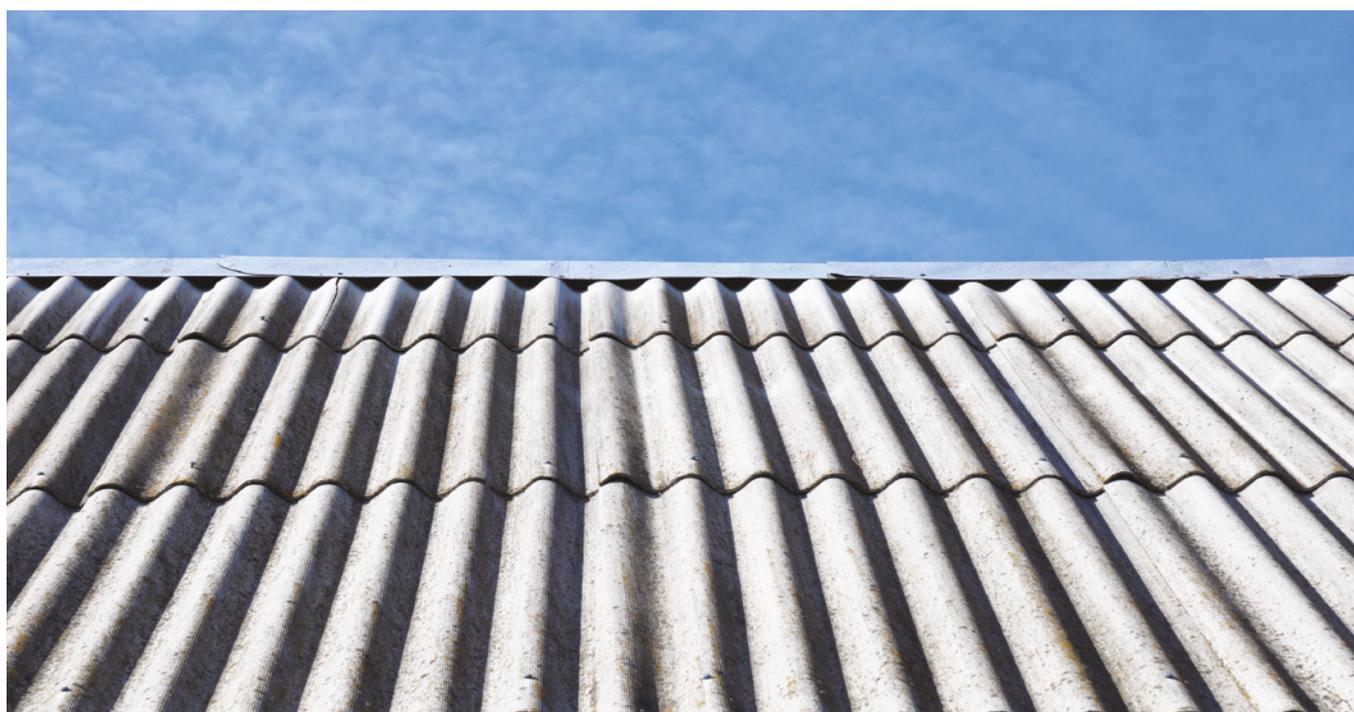
**L**e fibre di amianto rilevate nell'aria possono avere origine da sorgenti naturali sia antropiche. La presenza di amianto può derivare infatti da operazioni quali la rimozione, trasporto e stoccaggio di materiali contenenti amianto, siti contaminati e discariche, cave e movimentazione di materiali naturali estratti o da situazioni straordinarie come incendi, eventi atmosferici estremi, terremoti ecc. In tutti questi casi può accadere che le fibre di amianto si disperdano nell'aria.

## Piano regionale di protezione dall'amianto

La Regione Emilia-Romagna ha acquisito una conoscenza complessiva del proprio rischio amianto grazie al Piano regionale di protezione dall'amianto del 1996, integrato con l'attuazione del progetto "Mappatura amianto" adottato con Dgr n. 1302 del 2004. È infatti noto che in Emilia-



FIG. 1 STAZIONI DI MONITORAGGIO A REGGIO EMILIA  
Ubicazione delle centraline per la qualità dell'aria a Reggio Emilia utilizzate per il prelievo per l'analisi delle fibre di amianto in ambiente outdoor.



Romagna, come peraltro in molte zone d'Italia, è presente una notevole quantità di manufatti contenenti amianto (Mca) che con l'uso e l'invecchiamento possono rilasciare fibre nell'ambiente. Tuttavia a oggi non esistono specifiche norme europee o nazionali che indichino concentrazioni limite, né che definiscano la procedura di campionamento e analisi dei livelli di fibre di amianto in aria *outdoor*. Una valutazione può essere effettuata per confronto con il valore consigliato dall'Organizzazione mondiale della sanità, che dovrebbe essere inferiore a 0,1-1 fibra/litro (Who, *Air quality guidelines for Europe, 2nd edition*, 2000, [www.who.int/publications/item/9789289013581](http://www.who.int/publications/item/9789289013581)), valore tratto da studi di esposizione.

## Studio sulle fibre di amianto in ambiente outdoor

Sulla scorta di quanto sopra, il laboratorio di Arpa Emilia-Romagna che si occupa di misurare la presenza delle fibre di amianto in varie matrici ambientali e anche aria-ambiente ha svolto uno studio basato su 2 campagne nel periodo maggio-giugno 2015 con prelievi di fibre aerodisperse in aria di durata settimanale (24 ore al giorno per l'intera settimana)



TAB. 1  
MODALITÀ DI  
CAMPIONAMENTO

Specifiche tecniche degli strumenti e delle modalità di campionamento delle fibre amianto in ambiente outdoor.

Strumenti	Specifiche tecniche
Filtri di prelievo	membrana in polycarbonato da 0,8 microm di porosità, 47 mm di diametro (per il deposito usare la faccia più lucida)
Portafiltri	portafiltri a 47 mm con supporto metallico filtrante
Preparazione del filtro	è altamente consigliato il posizionamento del filtro nel portafiltri in laboratorio
Pompa	deve essere in grado di garantire un flusso costante
Flusso di prelievo	Il flusso di prelievo è stato impostato a 10 l/m e mantenuto costante grazie a un controllo elettronico operato dallo strumento stesso con una incertezza non superiore al 2%, grazie al controllo continuo della variazione di pressione che avviene sul filtro ( <i>pressure drop on filter</i> ) oltre che della pressione atmosferica, temperatura e umidità
Volume di aria da prelevare	il metodo prevede un volume minimo di campionamento pari a circa 14.000 litri, su di un'area effettiva di 1.256 mm <sup>2</sup> (diametro effettivo di 40 mm). Per evitare l'eccessivo intasamento della membrana che potrebbe verificarsi nel periodo invernale in territori caratterizzati da elevate concentrazioni di particolato atmosferico come in pianura Padana si consiglia infatti di campionare non più di 14.000 - 15.000 l
Tempo di campionamento	Campionamento sequenziale continuativo di 24 ore per 7 giorni
Geometria di campionamento	Testa di prelievo senza taglio dimensionale a una altezza di 1,80 metri

Data	Velocità del vento (m/s)	Umidità relativa (%)	Temperatura (°C)	Precipitazione (mm)
12/05/2015	1,69	47,58	22,11	0
13/05/2015	1,49	39,88	23,31	0
14/05/2015	1,65	43,71	23,55	0,2
15/05/2015	2,62	80,71	18,07	7,6
16/05/2015	1,64	77,50	17,45	1,6
17/05/2015	1,30	60,25	22,06	0
18/05/2015	1,53	57,71	22,49	0
19/05/2015	1,65	49,96	22,97	0

TAB. 2 PRIMA CAMPAGNA  
Dati meteo rilevati durante la prima campagna di campionamento.

Data	Velocità del vento (m/s)	Umidità relativa (%)	Temperatura (°C)	Precipitazione (mm)
27/06/2015	1,78	48,79	25	0
28/06/2015	1,58	53,54	25,16	0
29/06/2015	1,86	51,42	24,88	0
30/06/2015	1,83	48,75	25,62	0
01/07/2015	1,55	45,96	27,19	0
02/07/2015	1,53	44,79	28,41	0
03/07/2015	1,77	47,5	29,08	0
04/07/2015	1,50	45	29,8	0

TAB. 3 SECONDA CAMPAGNA  
Dati meteo rilevati durante la seconda campagna di campionamento.

ciascuno. Le indagini sono state effettuate a Reggio Emilia campionando presso le stazioni di monitoraggio per la qualità dell'aria di "S. Lazzaro" e "Viale Timavo", indicate rispettivamente come stazione di fondo urbano e stazione di traffico (figura 1). La scelta di utilizzare le stazioni di monitoraggio per la qualità dell'aria è stata fatta per poter paragonare il livello di esposizione negli stessi luoghi in cui sono analizzati gli inquinanti tipici per la qualità dell'aria e dove si rilevano anche i parametri meteorologici. Scopo dello studio è stato innanzitutto definire il limite di rilevabilità e incertezza di misura del metodo analitico, nonché valutare il potenziale livello di esposizione in base al limite di rilevabilità fissato a una concentrazione inferiore a 0,1 fibre/litro (ff/l). Il limite di rilevabilità (*detection limit*) corrisponde al valore minimo rilevabile con lo strumento o sensibilità strumentale. Quando il risultato dell'analisi su un campione è inferiore al limite di rilevabilità, il dato è indicato con concentrazione <0,09 ff/l. È

importante che il limite di rilevabilità sia determinato per ogni singola analisi in funzione dei volumi di aria campionati, anche quando non si rilevi la presenza di fibre. Oltre al limite di rilevabilità è importante che sia indicata l'incertezza di misura espressa all'interno di un intervallo di confidenza prestabilito. Il calcolo dei limiti fiduciari della tecnica Sem è stato effettuato secondo la UNI EN ISO 16000 - 7:2008.

### Le campagne di monitoraggio a Reggio Emilia

In mancanza di un supporto normativo specifico per il monitoraggio in aria ambiente dell'amianto è stato preso a riferimento l'allegato 2 metodo B del Dm 6 settembre 1994 - *microscopia elettronica su campionamenti indoor di breve durata*. Per eseguire i prelievi di aria ambiente, 24 ore al giorno su sette giorni consecutivi, è stata utilizzata la

strumentazione presente in una stazione di misura per esterni per il monitoraggio continuo del particolato atmosferico con membrana filtrante (diametro 47 mm). Nella *tabella 1* sono indicate le modalità di campionamento.

Il prelievo è stato impostato in modo tale da raccogliere il volume di aria campionabile il più elevato possibile, compatibilmente con le condizioni di polverosità ambientale. Questo è stato stabilito sulla base del fatto che verosimilmente la concentrazione di fibre aerodisperse sia piuttosto bassa. I campioni ottenuti sono stati osservati con la tecnica della microscopia elettronica a scansione (Sem) e dotata di microanalisi Edx per valutare la composizione delle particelle prelevate presso il laboratorio di Arpae. L'indagine è stata condotta tenendo conto anche dei dati meteo rilevati dalle stazioni meteorologiche dell'Agenzia per l'ambiente emiliano-romagnolo. Il campionamento è stato eseguito in postazioni di fondo ambientale in modo da restituire dati affidabili per una valutazione dell'esposizione della popolazione in assenza di sorgenti note nelle immediate vicinanze. Per il progetto sono stati campionati in media 14.400 litri di aria su filtri con area effettiva di prelievo di 1.256 mm<sup>2</sup> che corrispondono a circa 11,5 l/mm<sup>2</sup>. Insieme al valore calcolato è infine stata fornita l'incertezza complessiva della metodica adottata espressa come intervallo di confidenza del 95% che rappresenta un indice della variabilità statistica della misura.

### Inquadramento meteo

Per lo studio condotto sulla determinazione delle fibre di amianto sospese in aria, il parametro meteorologico di maggior interesse è la velocità del vento, poiché può agire sul risolleamento di fibre solide sospese dal sistema di campionamento utilizzato durante il prelievo. Nelle *tabelle 2 e 3* si riportano i dati meteorologici rilevati nelle settimane di campionamento (velocità del vento, umidità relativa, temperatura e precipitazioni). Si precisa che l'influenza della pioggia su questa tipologia di rilevamenti non è ancora sufficientemente documentata: precipitazioni abbondanti sono spesso favorevoli alla diminuzione delle polveri sospese, ma da alcuni recenti studi è emersa l'ipotesi che la pioggia produca un'azione meccanica sulla superficie del materiale contenente amianto favorendone la disgregazione.

Data	Concentrazione ff/mm <sup>2</sup>	Concentrazione ff/l	Limite di quantificazione ff/l	Intervallo fiduciario* ff/mm <sup>2</sup>	Intervallo fiduciario ff/l
12/05/2015	0	<0,09	0,09	0-2,99	0-0,26
13/05/2015	<b>0,5</b>	<b>0,04</b>	0,09	<b>0-4,66</b>	<b>0-0,41</b>
14/05/2015	0	<0,09	0,09	0-2,99	0-0,26
15/05/2015	0	<0,09	0,09	0-2,99	0-0,26
16/05/2015	0	<0,09	0,09	0-2,99	0-0,26
17/05/2015	0	<0,09	0,09	0-2,99	0-0,26
18/05/2015	0	<0,09	0,09	0-2,99	0-0,26
19/05/2015	0	<0,09	0,09	0-2,99	0-0,26

\* Il calcolo dei limiti fiduciari della tecnica Sem è stato effettuato secondo la UNI EN ISO 16000-7:2008

TAB. 4 S. LAZZARO

Dati concentrazione fibre di amianto nella stazione di fondo urbano S. Lazzaro.

Data	Concentrazione ff/mm <sup>2</sup>	Concentrazione ff/l	Limite di quantificazione ff/l	Intervallo fiduciario* ff/mm <sup>2</sup>	Intervallo fiduciario ff/l
27/06/2015	<b>0,3</b>	<b>0,03</b>	0,09	<b>0-4,34</b>	<b>0-0,38</b>
28/06/2015	0	<0,09	0,09	0-2,99	0-0,26
29/06/2015	0	<0,09	0,09	0-2,99	0-0,26
30/06/2015	0	<0,09	0,09	0-2,99	0-0,26
01/07/2015	0	<0,09	0,09	0-2,99	0-0,26
02/07/2015	0	<0,09	0,09	0-2,99	0-0,26
03/07/2015	0	<0,09	0,09	0-2,99	0-0,26
04/07/2015	0	<0,09	0,09	0-2,99	0-0,26

\* Il calcolo dei limiti fiduciari della tecnica Sem è stato effettuato secondo la UNI EN ISO 16000-7:2008

TAB. 5 VIALE TIMAVO

Dati concentrazione fibre di amianto nella stazione di traffico V.le Timavo.

## Analisi della concentrazione in aria di fibre di amianto normate

In tutto sono stati letti con il microscopio elettronico a scansione 300 campi a 3.000 ingrandimenti. Il risultato finale viene espresso in termini di numero di fibre per unità di volume di aria e l'unità di misura utilizzata per esprimere la concentrazione in aria delle fibre di amianto aerodisperse è fibre/litro.

Nelle *tabelle 4 e 5* sono riportati i risultati delle concentrazioni di fibre amianto disperse in ambiente rilevate durante lo studio. Per entrambe le due stazioni di monitoraggio prese a riferimento si è rilevata la presenza di fibre superiore al *detection limit* ma inferiore al limite stabilito dall'Organizzazione mondiale della sanità.

**Tiziana Bacci, Federica Paoli,  
Stefano Forti, Adriano Fava<sup>1</sup>**

Arpae Emilia-Romagna

1. Già responsabile laboratorio multisito sede secondaria Reggio Emilia

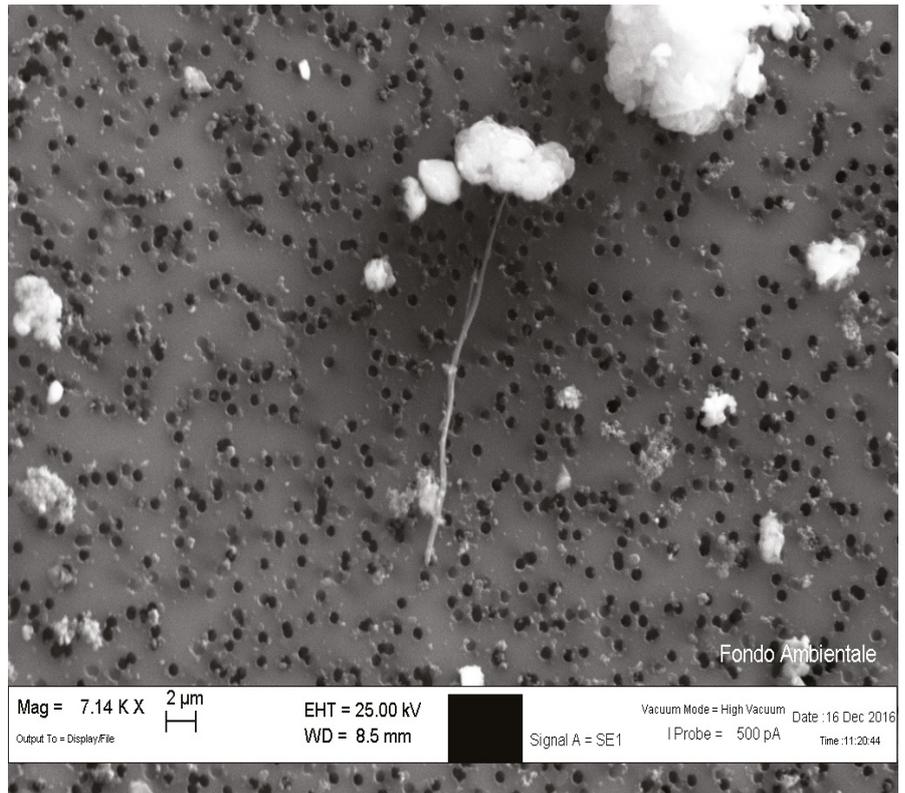


FIG. 2 SEM/EDX  
Fibre di amianto visibili al microscopio a scansione elettronica.



# QUALITÀ DELL'ARIA E SENSORI SMART, QUALE AFFIDABILITÀ

NELL'ULTIMO DECENNIO SONO COMPARI SUL MERCATO STRUMENTI PER LA MISURAZIONE DI INQUINANTI NELL'ARIA A BASSO COSTO E DI SEMPLICE UTILIZZO, IMPIEGATI SOPRATTUTTO IN PROGETTI DI RICERCA E ATTIVITÀ DI CITIZEN SCIENCE. TUTTAVIA I RISULTATI DEVONO ESSERE OPPORTUNAMENTE CONFRONTATI E TARATI RISPETTO A STRUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.

**I**l monitoraggio della qualità dell'aria è regolato dalla direttiva europea 2008/50/CE, con le successive modifiche e recepimenti da parte degli Stati membri, che definiscono anche i metodi di misura di riferimento che devono essere utilizzati, basati su norme tecniche internazionali emanate dagli enti di standardizzazione.

Nell'ultimo decennio sono comparsi sul mercato strumenti basati su metodologie alternative che, essendo a costo largamente inferiore a quelli di riferimento, sono stati impiegati in progetti di ricerca e attività di *citizen science* che hanno coinvolto istituti di ricerca, associazioni ambientaliste e cittadini, con ampia produzione di rapporti e di lavori di letteratura scientifica. Questi sensori, chiamati *smart sensor* (Ss) presentano anche ulteriori vantaggi, quali le dimensioni e il peso contenuti, il basso consumo di energia necessaria al funzionamento e l'apparente facilità di uso, che ne ha consentito l'utilizzo anche alle persone non esperte di tali tecnologie né di monitoraggio della qualità dell'aria o delle relative analisi dei dati.

Tuttavia l'uso di tali sensori presenta anche degli svantaggi. Nonostante il dispositivo di rilevazione, cuore dello *smart sensor*, sia il medesimo impiegato da diverse case produttrici, i risultati non sono confrontabili a causa della differenza dei metodi di taratura e degli algoritmi per l'elaborazione del risultato. Questo limite non permette di estendere le *performance* dimostrate tra tipologie di dispositivi di produttori di diverse aziende. Altre limitazioni riportate nella letteratura sono la modifica della risposta strumentale in funzione di variazioni di temperatura e di umidità atmosferica nella camera di rivelazione, scarsa selettività, deriva della misura e effetti dell'invecchiamento del sensore. Anche l'ampia quantità di sensori disponibili si ripercuote sulla qualità delle misurazioni effettuate, richiedendo



1

una verifica puntuale dell'adeguatezza dello strumento agli obiettivi dello studio della qualità dell'aria che si deve affrontare. Quindi diventa fondamentale la valutazione della *performance* del sensore impiegato, effettuata attraverso il confronto con gli analizzatori di riferimento.

Le tarature eseguite in condizioni controllate di laboratorio producono migliori prestazioni analitiche tra sensori e strumenti di riferimento rispetto a quelli ottenuti in campo dove la composizione atmosferica varia continuamente. La taratura in laboratorio non è sufficiente, il confronto in campo è considerato il metodo più appropriato per confrontare le diverse tipologie di sensori in situazioni reali, tenendo conto che la risposta analitica del sensore può variare da sito a sito. È fondamentale pertanto approntare le misure di taratura e le relative misure di monitoraggio in aree di studio della medesima tipologia.

Le attività svolte da Arpa Emilia-Romagna nell'ambito dell'utilizzo degli *smart sensor* hanno avuto come obiettivo

principale la valutazione della possibilità di utilizzo di tali strumenti per il monitoraggio ad alta risoluzione spaziale e temporale della qualità dell'aria sul territorio.

Tale valutazione è stata fatta confrontando le *performance* di questi strumenti rispetto agli strumenti di riferimento presenti nelle stazioni appartenenti alla Rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria (Rrqa) gestita da Arpa. Nello specifico, per valutare l'accuratezza, la precisione e la stabilità della misura nel tempo, è stata effettuata una serie di campagne di misura durante le quali gli *smart sensor* sono stati posizionati presso una o più stazioni Rrqa e si è cercato di definire le migliori funzioni di taratura basate su questi periodi di interconfronto. Le attività descritte nel seguito sono state svolte nell'ambito dei progetti europei Interreg-Ce Awair e Dynaxibility.

1 Sensore smart: punto 14 - San Romualdo.

## Verifiche in campo della performance degli smart sensor

Le prime analisi di precisione e di accuratezza condotte da Arpa su quattro smart sensor per la misura di ozono - O<sub>3</sub> (tipologia Ss1) e di biossido di azoto - NO<sub>2</sub> (tipologia Ss2) basati sul metodo elettrochimico sono relative al progetto Awair.

Durante questo progetto sono state realizzate alcune campagne di misura nel periodo invernale e nel periodo estivo con l'obiettivo di verificare l'affidabilità di una procedura basata sulla taratura in campo di questi strumenti e sul loro successivo spostamento e utilizzo in altre aree con caratteristiche simili.

Le campagne di misura sono state condotte presso le stazioni Rrqa nelle province di Parma e di Modena. Più precisamente ciascuno smart sensor, Ss1-Ss2, è stato lasciato per due settimane nella provincia di Parma presso le

stazioni di Cittadella (fondo urbano) e Montebello (traffico) nel comune di Parma, Badia (fondo rurale) nel comune di Langhirano e Saragat (fondo suburbano) nel comune di Colorno. I dati raccolti durante questa prima parte di attività sono stati usati per definire le funzioni di taratura di ciascuno smart sensor Ss1-Ss2. L'approccio statistico usato è basato su una regressione lineare ortogonale, considerata più appropriata rispetto alla classica regressione ai minimi quadrati, dato che sia le misure di tali sensori sia quelle delle stazioni di riferimento sono affette da errori.

## Attività nell'ambito del progetto Dynaxibility

Un'altra serie di attività nell'ambito dell'uso di strumenti basati su sensori a basso costo è stata condotta durante il progetto Dynaxibility, che può essere

considerato a tutti gli effetti come una prosecuzione di numerose attività intraprese durante il precedente progetto Awair.

In questo nuovo progetto è stato impiegato un numero maggiore di strumenti (la maggior parte è stata acquisita proprio grazie ai finanziamenti legati a Dynaxibility) in particolare 19 smart sensor di tipologia Ss3-Ss4-Ss5 e 8 smart sensor di tipologia Ss6-Ss7-Ss2. Entrambi i tipi di strumenti sono equipaggiati con sensori Opc (Optical particle counter) per la misura del particolato atmosferico (PM<sub>i</sub>), mentre per la misura di NO<sub>2</sub> sono equipaggiati con lo stesso sensore elettrochimico.

Le campagne di misura sono state condotte presso le stazioni di riferimento della provincia di Parma (Cittadella, Montebello, Saragat e Badia): in particolare sono state effettuate 3 campagne di misura nel periodo invernale che hanno coperto un periodo di circa quattro mesi tra il 2021 e il 2022

Inquinante	Marca	Numero	Periodo 1 (10/12/2021-9/1/2022)		Periodo 2 (29/1/2022-9/2/2022)		Periodo 3 (2/3/2022-21/3/2022)	
			R <sup>2</sup>	Rmse	R <sup>2</sup>	Rmse	R <sup>2</sup>	Rmse
			media (min;max)	media (min;max)	media (min;max)	media (min;max)	media (min;max)	media (min;max)
PM <sub>10</sub>	Ss6	4	0,887 (0,835;0,936)	3,55	0,794 (0,644;0,962)	4,675	0,896 (0,783;0,935)	2,85
	Ss4	17	0,899 (0,872;0,919)	4,3 (3,8;4,8)	0,726 (0,581;0,797)	7,3 (5,9;8,4)	0,88 (0,847;0,922)	2,9 (2,6;3,1)
	Opc Monitor	1	0,904	4,3	0,974	2,3	0,964	1,8
	Palas	1	0,963	5,2	0,959	3,1	0,972	4
PM <sub>2,5</sub>	Ss7	3	0,904 (0,828;0,971)	2,8 (1,6;3,7)	0,828 (0,741;0,984)	2,6 (1,3;3,5)	0,901 (0,886;0,909)	2 (1,8;2,3)
	Ss3	17	0,894	4,4 (4,4;9)	0,889 (0,808;0,967)	3,9 (1,9;5,1)	0,936 (0,878;0,977)	1,5 (0,9;2)
	Opc Monitor	1	0,892	4,6	0,878	4,2	0,767	2,9
	Palas	1	0,946	3,4	0,985	1,6	0,953	3,9

TAB. 1 DATI GIORNALIERI PM<sub>10</sub> E PM<sub>2,5</sub>  
Statistiche descrittive calcolate sui dati giornalieri di PM<sub>10</sub> e di PM<sub>2,5</sub> misurati dai diversi strumenti rispetto allo strumento di riferimento Skypost nei siti di Parma relativamente al progetto Dynaxibility.

Inquinante	Marca	Numero	Periodo 1 (10/12/2021-9/1/2022)		Periodo 2 (29/1/2022-9/2/2022)		Periodo 3 (2/3/2022-21/3/2022)	
			R <sup>2</sup>	Rmse	R <sup>2</sup>	Rmse	R <sup>2</sup>	Rmse
			media (min;max)	media (min;max)	media (min;max)	media (min;max)	media (min;max)	media (min;max)
PM <sub>10</sub>	Ss6	1	0,604	10,2	0,597	11,1	0,715	8,3
	Ss4	17	0,839 (0,815;0,854)	6,7 (6,4;7,2)	0,796	7,8	0,712 (0,684;0,761)	8,2 (7,8;8,5)
	Opc Monitor	1	0,969	3	0,881	6	0,857	5,9
PM <sub>2,5</sub>	Ss7	1	0,777	7,3	0,771	8,6	0,837	5,2
	Ss3	17	0,855 (0,836;0,878)	6,2 (5,7;6,6)	0,856	6,7	0,887 (0,868;0,902)	3,9 (3,5;4,6)
	Opc Monitor	1	0,968	2,9	0,82	7,5	0,832	5,1
NO <sub>2</sub>	Ss2	8	0,808 (0,577;0,902)	6,5 (4,3;13)	0,727 (0,524;0,852)	14,4 (8,6;22,9)	0,683 (0,154;0,835)	10,2 (8;16,1)
	Ss5	17	0,688 (0,279;0,826)	4,9 (3,7;7,6)	0,540 (0,147;0,759)	16,7 (9,8;22,8)	0,710 (0,578;0,857)	8 (5,7;9,2)

TAB. 2 DATI ORARI PM<sub>10</sub> PM<sub>2,5</sub> NO<sub>2</sub>  
Statistiche descrittive calcolate sui dati orari di PM<sub>10</sub>, di PM<sub>2,5</sub> misurati dai diversi strumenti rispetto al Palas e di NO<sub>2</sub> rispetto allo strumento di riferimento in cabina nei siti di Parma relativamente al progetto Dynaxibility.

(10/12/2021-9/1/2022, 29/1-9/2/2022 e 2-21/3/2022).

La stazione di riferimento della Rrqa Saragat (comune di Colorno) ha avuto un ruolo centrale durante le campagne di misura. Infatti in questo sito, oltre al valore giornaliero della concentrazione di particolato atmosferico ottenuto con la strumentazione automatica ad assorbimento beta Swam, sono disponibili anche i dati gravimetrici giornalieri ottenuti con Skypost della ditta Tecora e i dati orari misurati da strumenti ottici, quali l'Opc Monitor della ditta Fai e il Palas della ditta Fidas. Questa varietà di strumenti nello stesso sito permette un'ampia comparazione tra i dati ottenuti con i diversi strumenti di riferimento primario (gravimetrici per PMx - Skypost - e chemiluminescenza per NO<sub>2</sub>) o secondario.

Per quanto riguarda il dato giornaliero di PM<sub>10</sub> e di PM<sub>2,5</sub> il riferimento è stato considerato il dato gravimetrico Skypost, rispetto al quale è stata fatta l'analisi statistica descrittiva relativa agli *smart sensor* mostrata nella *tabella 1*. Il confronto del Palas, strumento certificato sul dato giornaliero, rispetto allo Skypost raggiunge i risultati migliori per entrambe le dimensioni di particolato atmosferico in tutte e tre le campagne. Anche lo strumento Opc Monitor mostra correlazioni molto simili, mentre gli *smart sensor* di tipo Ss6-Ss7 e Ss3-Ss4 mostrano valori di correlazioni generalmente inferiori rispetto ai dati di riferimento soprattutto nella seconda campagna.

Un'analoga analisi è stata condotta per i dati orari di PM<sub>10</sub> e di PM<sub>2,5</sub> misurati dall'Opc Monitor e dagli *smart sensor* Ss6-Ss7 e Ss3-Ss4 rispetto al Palas (*tabella 2*).

Per il PM<sub>10</sub> lo strumento Opc Monitor ha mostrato i valori più elevati del coefficiente R<sup>2</sup> e valori inferiori di Rmse, mentre sia gli *smart sensor* Ss4 che quelli di tipo Ss6 hanno mostrato correlazioni sensibilmente inferiori e Rmse più elevati rispetto al Palas. Anche per il PM<sub>2,5</sub> lo strumento Opc Monitor mostra una buona correlazione, anche se in modo meno evidente rispetto al PM<sub>10</sub>. In ogni caso le *performance* degli *smart sensor* Ss3 rispetto a quelli di tipo Ss7 sono nel complesso più vicine a quelle ottenute dall'Opc Monitor, soprattutto in termini di R<sup>2</sup>.

Nella terza campagna tutte e tre le tipologie di strumenti hanno mostrato affidabilità completamente confrontabili. Il dato relativo alle misure orarie di NO<sub>2</sub> presso le varie centraline Rrqa di



FOTO: C. MACCONE - ARPAE

2

riferimento ha permesso un confronto tra gli *smart sensor* Ss2 e Ss5: i valori del coefficiente di determinazione nei tre periodi delle campagne di misura è generalmente inferiore a quello che si ottiene per i PM e gli errori quadratici medi sono generalmente più elevati. Il confronto relativo tra le due tipologie di strumenti mostra valori di R<sup>2</sup> decisamente superiori per gli *smart sensor* Ss2 nelle prime due campagne e valori leggermente superiori per gli *smart sensor* Ss5 nel terzo periodo. Particolarmente soddisfacenti sono stati i risultati ottenuti dagli *smart sensor* Ss2 nei siti urbani, mentre le differenze maggiori rispetto agli strumenti di riferimento sono state riscontrate a Colorno e ancora di più nel fondo remoto di Badia.

### La stabilità delle calibrazioni nel tempo e nello spazio

Un aspetto essenziale legato alla possibilità di utilizzare effettivamente gli *smart sensor* per monitorare la qualità dell'aria dipende in larga misura dalla stabilità delle funzioni di taratura nel tempo: per questa ragione, parte delle attività realizzate nelle campagne di

misura durante i progetti Awair e Dynaxibility hanno avuto proprio questo focus.

Durante il progetto Awair è stata realizzata una campagna di misura prolungata (periodo 1/3-15/5/2019) per verificare la stabilità nel tempo delle tarature presso la centralina Rrqa di Parco Ferrari (fondo urbano della provincia di Modena). Gli andamenti dei valori di R<sup>2</sup> e del Rmse hanno messo in evidenza nel tempo una leggera tendenza alla diminuzione della correlazione con le centraline di riferimento: in ogni caso, nei limiti del periodo tardo-invernale e primaverile in cui è stata fatta questa campagna, i parametri di taratura sono risultati ragionevolmente stabili nel tempo su scale temporali fino a 45 giorni. Per quanto riguarda invece le campagne di misura effettuate durante il progetto Dynaxibility, la valutazione della stabilità nel tempo della taratura è stata basata sul confronto di uno *smart sensor* Ss3-Ss4-Ss5 lasciato presso la centralina di Colorno e quattro *smart sensor* di tipo Ss6-Ss7-Ss2 presso le stazioni Rrqa

2 Sensore smart: punto 8 - Polynt Porto.

3 Sensore smart: punto 7 - Bunge Teodora Porto.

di Cittadella, Montebello, Colorno e Badia per un periodo di oltre tre mesi (10/12/2021-21/3/2022).

Lo *smart sensor* Ss6-Ss7 mostra una buona stabilità delle *performance* fino a oltre un mese per il PM, ma nel periodo successivo compare un *bias* rispetto al valore di riferimento, in particolare una sovrastima. Un comportamento simile si ricava dall'andamento nel tempo della differenza tra il dato orario di NO<sub>2</sub> del riferimento e lo *smart sensor* Ss2: per questo inquinante, però, nell'ultima fase del periodo di interconfronto lo strumento non mostra *bias*, ma variazioni casuali senza un andamento definito di deriva o intensità della misura. La misura di NO<sub>2</sub> degli *smart sensor* di tipo Ss2, posizionati presso le quattro stazioni di riferimento, mostra un degrado nel tempo della prestazione per tutti gli strumenti e un aumento progressivo del *bias*. Dal punto di vista della stabilità delle calibrazioni nello spazio le campagne Dynaxibility non sono state caratterizzate dalla pianificazione rigorosa definita per le attività durante il progetto Awair. Sulla base di alcune analisi esplorative comunque è emersa una buona correlazione per i dati orari di NO<sub>2</sub> misurati dagli *smart sensor* Ss2, calibrati a Montebello (centralina da traffico), e spostati circa un mese dopo a Cittadella (stazione di fondo urbano), pur in presenza di un *bias* piuttosto rilevante, che sembra difficile poter addebitare soltanto al progressivo peggioramento nel tempo della *performance*, ma anche a un funzionamento non ottimale. Un'analoga analisi condotta per gli *smart sensor* di tipo Ss5 (tutti calibrati a Colorno, cinque dei quali ricollocati a Montebello e undici a Cittadella) ha messo in evidenza una procedura di taratura meno efficace, con bassi valori di R<sup>2</sup> e valori relativamente alti di Rmse, che si ripercuote negativamente sulle prestazioni nei siti in cui gli *smart sensor* sono stati ricollocati.

## La rete di sensori a Parma durante il progetto Dynaxibility

La disponibilità di un numero rilevante di *smart sensor* ha reso possibile l'implementazione di una rete della qualità dell'aria usando questa tipologia di strumenti. Questa attività ha rappresentato un esperimento pilota nell'area di Parma per testare un possibile utilizzo e avere indicazioni degli andamenti della qualità dell'aria a scala urbana e suburbana. Due campagne di misura sono state



FOTO: C. MACCONE - ARPAE

3

eseguite rispettivamente nei periodi 12-26/1/2022 e 12-27/2/2022; ciascuna campagna è stata preceduta e seguita da un periodo di interconfronto durante il quale gli strumenti sono stati posizionati presso una stazione Rrqa nella provincia di Parma. Questi periodi sono stati utilizzati per effettuare la taratura degli *smart sensor*, mantenendo la corrispondenza della tipologia del sito sia durante i periodi di interconfronto che durante la campagna di misura vera e propria.

I valori medi della concentrazione di NO<sub>2</sub> nei due periodi dedicati alle campagne di misura hanno mostrato una rilevante variabilità spaziale, con valori compresi nel range 25-70 µg/m<sup>3</sup>, e gradienti pronunciati all'interno dell'area urbana, anche fra siti distanti solo qualche decina di metri. I siti di traffico sono generalmente quelli in cui si sono riscontrate le concentrazioni medie più alte, come era prevedibile, essendo il traffico la forzante principale di questo inquinante, mentre nei siti rurali le concentrazioni sono state mediamente inferiori. Una generale lieve sovrastima

del valore medio dei due periodi di campagna rispetto alle stazioni Rrqa è presente sia per i siti di traffico che per quelli nelle zone verdi dell'area urbana. La variabilità spaziale del PM<sub>10</sub> è decisamente meno pronunciata, con concentrazioni medie comprese tra 39 e 55 µg/m<sup>3</sup> nella prima campagna di misura e tra 35 e 42 µg/m<sup>3</sup> nella seconda. Inoltre le concentrazioni associate agli *smart sensor* posizionati nelle strade più trafficate rispetto ai siti nelle aree residenziali e nelle aree verdi sono solo leggermente più alte. Infine è presente un'ottima corrispondenza del valore medio degli *smart sensor* rispetto a quello delle stazioni di riferimento.

**Stefano Marchesi, Silvia Ferrari, Stefano Zauli**

Arpae Emilia-Romagna

### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Zauli Sajani S., Marchesi S. et al., "Assessment of air quality sensor system performance after relocation", *Atmospheric Pollution Research*, 12 (2021), 282-291.

# UNO STUDIO SULL'EFFICACIA DEI SENSORI LOW COST DI PM<sub>10</sub>

IL CIRCOLO DI LEGAMBIENTE ALTA PADOVANA E ARPA VENETO HANNO CONDOTTO UNO STUDIO PER VALUTARE L'EFFICACIA TECNICA DEL MONITORAGGIO DEL PM<sub>10</sub> CON I SENSORI LOW COST, STRUMENTI DI MISURA PER LA QUALITÀ DELL'ARIA, ACCESSIBILI ALLA CITTADINANZA. IMPORTANTI SONO LA TEMPERATURA E L'UMIDITÀ RELATIVA.

Una pratica sempre più diffusa di *citizen science*, promossa anche dall'Agenzia europea per l'ambiente [1] riguarda la misura di alcuni parametri della qualità dell'aria mediante l'impiego di sensori a basso costo. Tali iniziative, sempre più numerose in ambito nazionale ed europeo, rappresentano un utile strumento informativo di integrazione dei dati ufficiali di qualità dell'aria, nonché un mezzo di sensibilizzazione dei cittadini al tema ambientale attraverso la partecipazione diretta.

Tra i sensori a basso costo più diffusi per la matrice aria vi sono certamente quelli deputati alla misura del particolato atmosferico (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>), basati su principi ottici e i cui dati sono spesso visibili in rete in piattaforme dedicate alla *citizen science*.

Uno dei limiti di questo tipo di sensori per il particolato riguarda la tendenza alla sovrastima delle misure quando l'umidità dell'aria supera il 75% [2], condizione piuttosto frequente nei mesi invernali in pianura Padana.

Il presente articolo riporta gli esiti della sperimentazione condotta da Legambiente circolo Alta padovana con l'Unità organizzativa monitoraggio aria dell'Arpav per valutare l'efficacia di alcuni accorgimenti tecnici, in particolare legati al controllo dell'umidità relativa in ingresso al sensore, finalizzati al miglioramento delle prestazioni di questi monitor *low cost*. I dati di tali sensori, basati sul principio ottico del laser *scattering*, sono stati confrontati con uno strumento di riferimento certificato ai sensi del Dlgs 155/2010, e attivo in una centralina della rete di monitoraggio regionale di Arpav.

Per la valutazione dei risultati ci si è avvalsi anche degli esiti dello studio condotto da Arpav [3] su sensori *low cost* della stessa



1

tipologia di quelli impiegati nella presente sperimentazione.

## Materiali e metodi

Ai fini della presente sperimentazione sono stati utilizzati come sensori *low cost* per la determinazione delle polveri PM<sub>10</sub>, alcuni dispositivi molto diffusi nelle piattaforme di *citizen science*. Ogni sensore è stato accoppiato a un misuratore di temperatura e umidità relativa.

I sensori, acquistati e gestiti da Legambiente, a seguito di un accordo stipulato con Arpav, sono stati affiancati a un campionario sequenziale Tecora Skypost che utilizza il metodo di riferimento per la determinazione del particolato previsto dal Dlgs 155/2010, ovvero il metodo EN 12341:2014 (metodo gravimetrico).

Nel presente studio, per migliorare le prestazioni dei sensori, riducendo l'umidità in prossimità della camera di misura, sono stati utilizzati due dispositivi uguali, equipaggiati uno con



2

un riscaldatore standard (costituito da un Ptc5 volt 40 °C, da ora in poi sensore sonda riscaldata 1) e l'altro munito di un riscaldatore "pilotato", in grado di mantenere l'umidità relativa approssimativamente al di sotto del 70% (Nettigo Air Monitor versione Nam 0.3.2, da ora in poi sensore sonda riscaldata 2).

Dopo una prima fase di controllo, per verificare il funzionamento e la risposta in concentrazione dei sensori, si è proceduto con la campagna di misura, effettuata dal

1 Stazione di monitoraggio della qualità dell'aria di Alta Padovana dove si è svolta la sperimentazione.

2 Il sensore di polveri acquistato da Legambiente.

26 ottobre 2021 al 31 dicembre 2022, che ha visto impiegati in parallelo lo strumento gravimetrico Tecora e i sensori *low cost* (equipaggiamento standard e con sistema riscaldante). La sperimentazione è stata effettuata presso la stazione Arpav di “Alta Padovana” ubicata nel comune di Santa Giustina in Colle (PD).

di umidità relativa dei sensori con sonda riscaldata, rispetto al sensore standard. Quest’ultimo infatti fa registrare, in circa 3 giorni su 4, un massimo di umidità relativa maggiore del 75%, cioè al di fuori del range ottimale di misura dello strumento. Al contrario, nei due sensori muniti di sonda riscaldata, in oltre 3 giorni su 4 si misura una umidità relativa

percentuale di picco inferiore al 75%. L’efficienza delle due sonde riscaldate è quindi buona e piuttosto comparabile tra i due strumenti in parallelo poiché le distribuzioni relative ai due sensori con la sonda riscaldata sono confrontabili. Per quanto concerne le misure, effettuate dai sensori ogni 5 minuti, si è anche indagato sulla possibilità che la sonda

## Risultati

La prima verifica in campo è stata quindi relativa alla effettiva capacità dei due sensori equipaggiati con la sonda riscaldata di abbassare l’umidità relativa dell’aria all’ingresso della camera di misura, rispetto a un sensore dello stesso tipo, sprovvisto di tale accessorio (cioè nella sua configurazione di base, come viene venduto sul mercato). Il grafico in *figura 1* evidenzia, per ciascun monitor, la distribuzione dei valori di umidità relativa massima giornaliera determinati nel corso della campagna.

Dal grafico in *figura 1* è possibile osservare una differenza, piuttosto marcata, tra le distribuzioni dei massimi

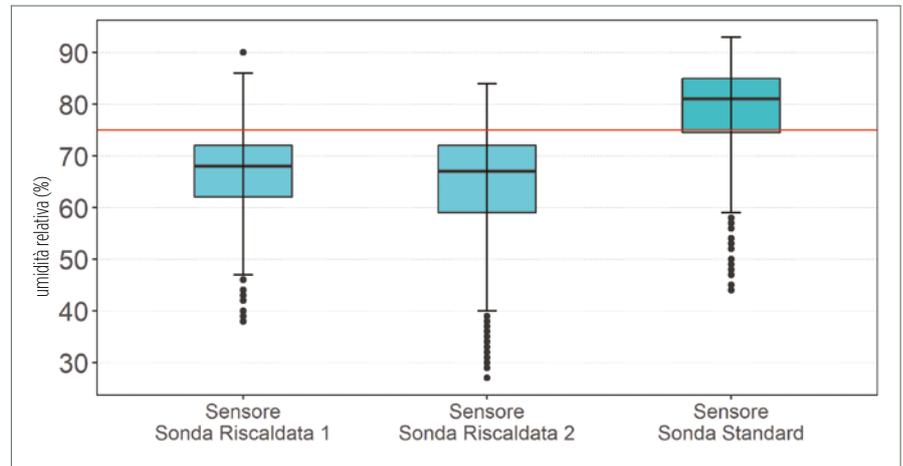


FIG. 1 UMIDITÀ RELATIVA  
Confronto tra le diverse sonde di prelievo, distribuzione dei massimi giornalieri di umidità relativa misurata da tre diversi sensori, uno standard e due con sonda riscaldata.

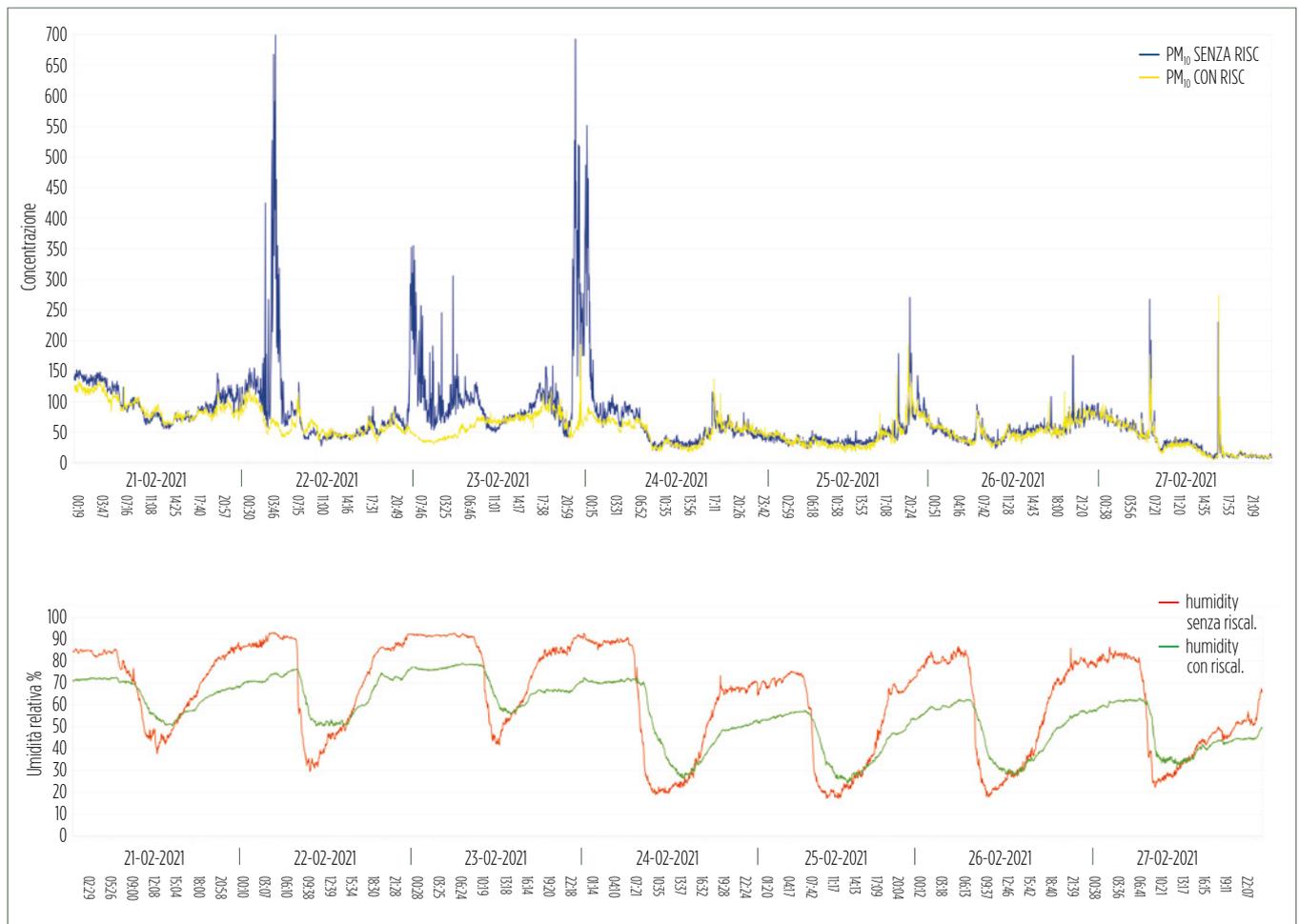


FIG. 2 PM<sub>10</sub> E UMIDITÀ RELATIVA  
Andamenti del PM<sub>10</sub> (sopra) e dell’umidità relativa (sotto) misurati dal sensore con sonda riscaldata (linea gialla in alto, linea verde in basso) e da quello non riscaldata (linea blu in alto, linea rossa in basso).

riscaldata potesse ridurre la sovrastima del  $PM_{10}$  in corrispondenza di valori di umidità molto elevati. In figura 2, nella parte superiore, sono riportate le concentrazioni di  $PM_{10}$  registrate in un periodo di circa una settimana da due sensori in parallelo, uno con sonda riscaldata (linea gialla) e uno senza (linea blu). Nella parte bassa della figura sono riportati i valori di umidità relativa misurati rispettivamente dal sensore con sonda riscaldata (in verde) e senza sonda riscaldata (in rosso).

Nel grafico si possono osservare, nei primi giorni di misura, in corrispondenza con valori di umidità ambientale vicini al 90%, dei picchi di concentrazione di  $PM_{10}$  fino a diverse centinaia di  $\mu g/m^3$ , rilevati dal sensore senza sonda riscaldata. Tali picchi di  $PM_{10}$  sono praticamente assenti nelle rilevazioni del monitor con sonda riscaldata, che ha mantenuto l'umidità in entrata alla camera di misura sempre sotto l'80%. Nei giorni successivi, come si può vedere nella parte destra della figura, quando l'umidità relativa massima ambientale era leggermente più bassa, il fenomeno dei picchi elevati è sostanzialmente assente e i due monitor hanno avuto un andamento quasi totalmente sovrapponibile. Questo fa supporre che la sovrastima del  $PM_{10}$  si possa rilevare per valori effettivamente molto elevati di umidità, oltre l'80%, e che, in questi casi, l'utilizzo della sonda riscaldata sia efficace. Al contrario, per valori inferiori di umidità la presenza o l'assenza della sonda riscaldata non sembra incidere le performance di misura dei sensori.

Un ulteriore obiettivo della sperimentazione era indagare se i monitor con sonda riscaldata, tenendo conto dei dati mediati sulle 24 ore, presentassero delle distribuzioni di concentrazione significativamente diverse dal monitor senza sonda riscaldata; inoltre è stato verificato se tutti e tre i monitor mostrassero delle distribuzioni del dato medio giornaliero confrontabili con lo strumento certificato di Arpav. Il grafico in figura 3 mostra il confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni medie giornaliere misurate per circa un anno di funzionamento in parallelo dei 3 sensori *low cost*, rispetto a quella dello strumento certificato di riferimento.

I tre monitor *low cost*, indipendentemente dal tipo di sonda, mostrano una distribuzione dei dati piuttosto confrontabile. Si osserva tuttavia che, in particolare i due sensori con la sonda riscaldata, hanno distribuzioni sovrapponibili, mentre il sensore con la sonda standard (non riscaldata) presenta

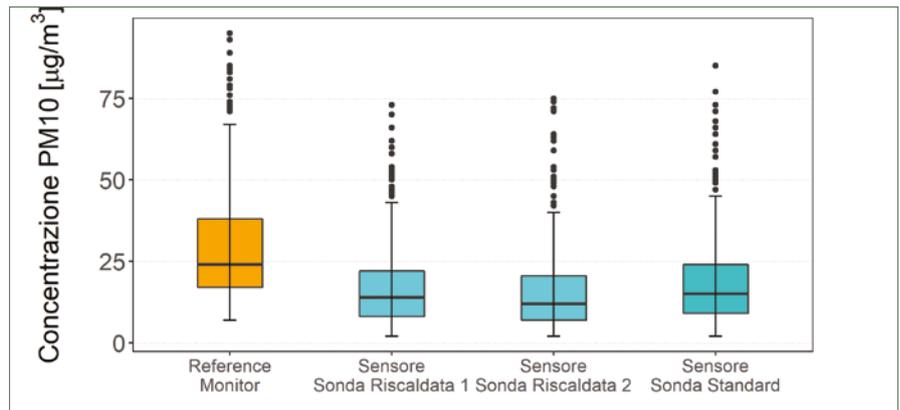


FIG. 3  $PM_{10}$   
Distribuzione delle concentrazioni medie giornaliere di  $PM_{10}$ , confronto tra i diversi monitor.

una distribuzione lievemente spostata verso valori più alti.

Se si confrontano i dati dei sensori *low cost* con quelli del campionatore gravimetrico di riferimento, si osserva invece una significativa differenza nelle distribuzioni: le misure secondo il metodo certificato del campionatore gravimetrico mostrano indicatori statistici visibilmente più elevati di quelli dei sensori. Dal presente studio emerge quindi, per tutti i sensori *low cost* utilizzati in campo, con e senza sonda riscaldata, una sottostima delle concentrazioni di  $PM_{10}$  rispetto allo strumento di riferimento, pur mantenendo, nel breve periodo, una buona potenzialità nel monitorare gli andamenti (incrementi e diminuzioni) delle concentrazioni del particolato.

## Conclusioni

La sperimentazione ha previsto l'uso di tre sensori *low cost*, di cui due equipaggiati con sonda di prelievo riscaldata con il fine di abbassare l'umidità atmosferica del campione e migliorare la lettura del laser *scattering*, impiegato come principio di funzionamento di tali sensori.

Nel corso del presente studio, è stata innanzitutto verificata e confermata

l'efficacia della sonda riscaldata nel mantenere l'umidità dell'aria all'interno dell'intervallo di funzionamento ottimale dei sensori. Questi ultimi hanno dimostrato delle buone potenzialità nel monitorare gli andamenti delle concentrazioni di  $PM_{10}$ , mentre hanno presentato ancora delle criticità nell'accuratezza delle misure, la quale risente, significativamente, delle condizioni di elevata umidità relativa. I sensori con la sonda riscaldata, mantenendo l'umidità relativa controllata (<75%), possono presentare, in ogni caso, delle potenzialità nella misura di fenomeni di breve durata. Inoltre, l'utilizzo di un numero elevato di tali sensori in una stessa area può contribuire a incrementare le informazioni riguardo i livelli di inquinanti in situazioni specifiche, per emissioni localizzate e per comprendere meglio le fluttuazioni delle concentrazioni di particolato nell'arco delle 24 ore (variazioni giorno/notte).

Silvia Rebeschini<sup>1</sup>, Giovanna Marson<sup>1</sup>,  
Luca Zagolin<sup>1</sup>, Franco Sarto<sup>2</sup>,  
Felice Cervellin<sup>2</sup>

1. Arpa Veneto

2. Legambiente Circolo Alta Padovana

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

[1] Eea, European environment agency, *Assessing air quality through citizen science*, Eea Report No. 19/2019, [www.eea.europa.eu/publications/assessing-air-quality-through-citizen-science](http://www.eea.europa.eu/publications/assessing-air-quality-through-citizen-science).

[2] Wang Y., Li J., Jing H., Zhang Q., Jiang J., Biswas P., "Laboratory evaluation and calibration of three low-cost particle sensors for particulate matter measurement", *Aerosol Science and Technology*, vol. 49, no. 11, pp. 1063-1077, 2015.

[3] Zagolin L., Marson G., De Bortoli A., "Potenzialità e limiti nell'utilizzo di sensori *low-cost* per la misura del particolato atmosferico  $PM_{10}$  in aria ambiente", Arpav - Servizio Osservatorio regionale aria, novembre 2020, [www.snpambiente.it/wp-content/uploads/2020/12/Aria-Sensori-lowcost\\_Report-2020.pdf](http://www.snpambiente.it/wp-content/uploads/2020/12/Aria-Sensori-lowcost_Report-2020.pdf)

# L'INDIVIDUAZIONE DEL SOGGETTO OBBLIGATO ALLA BONIFICA

L'IMPORTANZA DELLA CORRETTA INDIVIDUAZIONE DEL RESPONSABILE DELLA CONTAMINAZIONE E IL CANONE DEL "PIÙ PROBABILE CHE NON" ALLA LUCE DELLA RECENTE GIURISPRUDENZA E DEL PRINCIPIO EUROPEO "CHI INQUINA PAGA". IL RUOLO E L'INTERVENTO DELLE PROVINCE PER GARANTIRE UNA CORRETTA GESTIONE DELLE RISORSE PUBBLICHE.

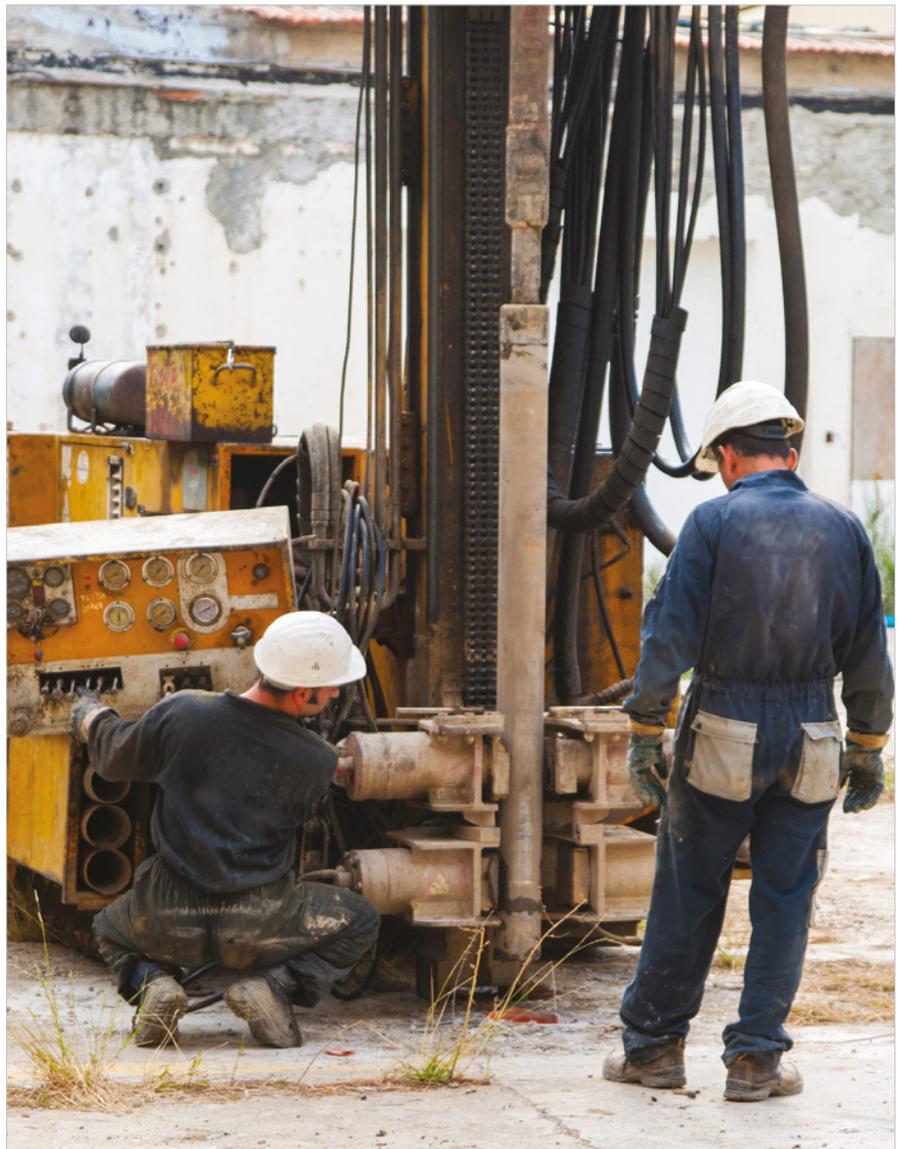
**L'**intero sistema di responsabilità ambientale delineato dalla normativa eurounitaria e statale è imperniato sul principio "chi inquina paga", che implica che sia lo stesso soggetto al quale è imputabile l'inquinamento a dover sopportare i costi per la relativa eliminazione. L'intervento in via sostitutiva dell'amministrazione deve rappresentare una *extrema ratio* poiché, in tal caso, le esternalità negative dell'inquinamento ricadrebbero sulla collettività.

Pertanto, assume fondamentale rilevanza nel procedimento di bonifica la corretta individuazione del responsabile della contaminazione, ovvero sia quel soggetto alla cui condotta attiva od omissiva è da attribuire eziologicamente la contaminazione di un sito. Tale incombenza – a cui è tenuta l'amministrazione provinciale, con il coinvolgimento degli enti preposti all'accertamento – non è esente da difficoltà operative: una su tutte la dimostrazione del nesso di causalità tra contaminazione e condotta.

Sul livello probatorio richiesto per l'individuazione del responsabile della contaminazione si possono riscontrare negli ultimi anni orientamenti consolidati da parte della giurisprudenza. Non sono mancate, tuttavia, alcune oscillazioni.

## Responsabile della contaminazione e proprietario incolpevole

La bonifica di un sito – alla cui disciplina è dedicato il titolo V della parte IV del Dlgs 152/2006 (c.d. codice dell'ambiente) – comporta l'attivazione di un procedimento complesso, composto da diverse fasi alcune delle quali meramente eventuali, e vede il coinvolgimento di più amministrazioni con ruoli e competenze diversi, tra cui anche le Agenzie regionali o provinciali per la protezione dell'ambiente, le quali sono chiamate



a un ruolo principalmente di supporto tecnico-scientifico a Regioni, Province e Comuni.

Il procedimento ordinario di bonifica ex art. 242 è incentrato sulla figura del responsabile della contaminazione: costui è tenuto, a titolo d'esempio, all'effettuazione delle comunicazioni informative di cui al comma 1, all'esecuzione delle misure di prevenzione

e di messa in sicurezza d'emergenza, alla presentazione di documenti quali piano di caratterizzazione e analisi di rischio, nonché all'esecuzione del progetto di bonifica ovvero di messa in sicurezza operativa o permanente.

Il responsabile della contaminazione non è, tuttavia, l'unico soggetto citato dalle disposizioni del codice dell'ambiente.

Vi è altresì la figura del proprietario incolpevole (art. 245), al quale è riservato un trattamento sensibilmente differente: egli, infatti, ha la facoltà di attivare spontaneamente la bonifica (con diritto di rivalsa per i relativi costi nei confronti del responsabile), ma non può esserne obbligato dall'amministrazione. Per il proprietario incolpevole gli effetti di legge sono limitati a quanto previsto dall'art. 253 in materia di onere reale e di privilegio speciale immobiliare in caso di effettuazione della bonifica da parte dell'amministrazione: in particolare, costui può essere tenuto a rimborsare le spese per gli interventi, ma solo nei limiti del valore di mercato del sito determinato a seguito dell'esecuzione degli interventi stessi (art. 253, comma 4). La recente giurisprudenza ha confermato – dopo non poche oscillazioni – che l'obbligo a carico del proprietario incolpevole, oltre a quello di informare gli enti competenti relativamente alla contaminazione rilevata, è quello di porre in essere le sole misure di prevenzione e non anche le misure di messa in sicurezza d'emergenza (Cass. Sez. Un. Civ., sent. 1° febbraio 2023, n. 3077).

Dunque, l'obbligo di procedere alla bonifica è in capo solamente a colui al quale sia imputabile la contaminazione. Tale assunto è espressione del principio "chi inquina paga" di derivazione eurounitaria (cfr. art. 191, comma 2, del Trattato sul funzionamento dell'Unione europea e considerando n. 2 della direttiva 2004/35/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 21 aprile 2004), che permea tutto il sistema di responsabilità ambientale. Ciò implica che il peso economico relativo alle azioni per l'eliminazione di qualsiasi danno (o rischio di danno) all'ambiente debba ricadere sul soggetto responsabile dell'inquinamento. Se così non fosse, gli oneri ripristinatori verrebbero esternalizzati sulla collettività, a

tutto svantaggio – anche in termini concorrenziali – degli operatori virtuosi.

La normativa statale sulle bonifiche si inserisce nell'alveo dei suddetti principi, definendo una netta demarcazione tra il soggetto responsabile della contaminazione – unico destinatario degli obblighi di bonifica – e il proprietario di un sito, sul quale non è possibile far ricadere, per il solo fatto di essere proprietario, l'obbligo di rimozione degli effetti di un inquinamento da egli non causato. In tal senso si è espresso di recente il Consiglio di Stato, il quale ha affermato che *"non è (...) configurabile in via automatica, in maniera oggettiva, per posizione o per fatto altrui, una responsabilità in capo al proprietario dell'area inquinata e, quindi, l'obbligo di bonificare per il solo fatto di rivestire tale qualità, ove non si dimostri il suo apporto causale colpevole al danno ambientale riscontrato"* (Consiglio di Stato, sent. 7 marzo 2022, n. 1630).

La coerenza di un siffatto sistema normativo è stata confermata dalla Corte di giustizia dell'Unione europea che, con la sentenza del 4 marzo 2015 (causa C-534/2013), ha stabilito che il diritto comunitario *"non osta a una normativa nazionale (...), la quale, nell'ipotesi in cui sia impossibile individuare il responsabile della contaminazione di un sito o ottenere da quest'ultimo le misure di riparazione, non consente all'autorità competente di imporre l'esecuzione delle misure di prevenzione e di riparazione al proprietario di tale sito, non responsabile della contaminazione, il quale è tenuto soltanto al rimborso delle spese relative agli interventi effettuati dall'autorità competente nel limite del valore di mercato del sito, determinato dopo l'esecuzione di tali interventi"*.

Pertanto, ai fini della bonifica e del relativo procedimento, la corretta individuazione del responsabile della contaminazione assume rilevanza centrale.

## La rilevanza pubblicistica dell'individuazione del responsabile

L'art. 244, comma 2, del codice dell'ambiente attribuisce alla Provincia la competenza a svolgere le indagini volte all'identificazione del responsabile della contaminazione e a diffidare il medesimo ad attivare la procedura di bonifica di cui all'art. 242. Peraltro, si osserva che le attività propedeutiche previste dall'art. 244 (individuazione del responsabile e diffida a provvedere) rimangono in capo alla Provincia anche se il sito da bonificare è un sito di interesse nazionale.

L'importanza di una corretta individuazione del soggetto cui ascrivere la contaminazione si comprende alla luce di quanto previsto all'art. 250:

*"qualora i soggetti responsabili della contaminazione non provvedano direttamente agli adempimenti (...) ovvero non siano individuabili e non provvedano né il proprietario del sito né altri soggetti interessati, le procedure di cui all'art. 242 sono realizzate d'ufficio dal Comune territorialmente competente"*. In termini analoghi, l'art. 252, comma 5, pone in capo al Ministero dell'Ambiente gli interventi sostitutivi per la bonifica dei siti di interesse nazionale.

Da ciò discende, dunque, che l'individuazione del responsabile rileva non solo ai fini dell'applicazione del principio "chi inquina paga" – e, dunque, per scongiurare di riversare sulla collettività il costo degli interventi di ripristino – ma anche per garantire una corretta gestione delle risorse pubbliche dal momento che, in assenza del responsabile, la via principale è quella dell'esecuzione d'ufficio degli interventi da parte dell'amministrazione.

In tal senso, infatti, la Provincia è tenuta alla ricerca del responsabile anche qualora il soggetto non responsabile



attivi spontaneamente il procedimento di bonifica (art. 245, comma 2, del codice dell'ambiente): ciò, anche al fine di permettere a quest'ultimo di esercitare il diritto di rivalsa sul responsabile per i relativi costi di ripristino.

## Il nesso di causa tra condotta ed evento di contaminazione e il criterio di accertamento

Identificare il soggetto al quale imputare l'inquinamento significa, innanzitutto, dover individuare un nesso di causa tra una condotta (attiva od omissiva) e l'evento di contaminazione riscontrato. In particolare, in base all'art. 40 del codice penale una condotta si considera causa di un evento se quest'ultimo non si sarebbe verificato in assenza della condotta oppure, nel caso di condotta omissiva, in presenza della c.d. "condotta salvifica". La necessità che il criterio d'imputazione della responsabilità sia basato sul nesso eziologico è sottolineata dalla giurisprudenza, che ne ha sempre evidenziato l'importanza ai fini dell'efficacia del sistema di responsabilità ambientale. In particolare, il Consiglio di Stato ha affermato che il sistema del codice dell'ambiente "reca un preciso criterio di imputazione della responsabilità da inquinamento (...) la quale si innesta sulla più volte richiamata sussistenza di un nesso eziologico" (Consiglio di Stato, sent. 7 marzo 2022, n. 1630). In termini analoghi si è espressa la Corte di giustizia che ha precisato che "affinché il regime di responsabilità ambientale sia efficace, è necessario che sia accertato dall'autorità competente un nesso causale tra l'azione di uno o più operatori individuabili e il danno ambientale concreto e quantificabile al fine dell'imposizione a tale operatore o a tali operatori di misure di riparazione, a prescindere dal tipo di inquinamento di cui trattasi" (sent. 4 marzo 2015, causa C-534/2013, punto 54). Si pone, quindi, per l'amministrazione il problema dell'accertamento del legame eziologico tra una determinata attività esercitata su un sito e un certo evento di contaminazione rilevato. A tal riguardo, in tema di responsabilità ambientale è da escludere l'applicazione del canone penalistico dell'alto grado di probabilità logica ("oltre ogni ragionevole dubbio") sancito dall'art. 533 del codice di procedura penale, a favore del meno rigoroso canone civilistico del "più probabile che non" in base al quale è sufficiente dimostrare che il legame eziologico tra condotta ed evento è più



probabile del suo contrario, secondo la regola di cui al brocardo latino "*id quod plerumque accidit*".

Nei predetti termini si è espressa costantemente la giurisprudenza amministrativa, che ha affermato come "*in materia ambientale, l'accertamento del nesso fra una determinata presunta causa di inquinamento e i relativi effetti (...) si basa sul criterio del 'più probabile che non', ovvero richiede che il nesso eziologico ipotizzato dall'autorità competente sia più probabile della sua negazione (in questo senso la costante giurisprudenza, per tutte Cons. Stato, Ad. plen. n. 10 del 2019; successivamente sez. IV, 7 gennaio 2021 n.172)*" (Consiglio di Stato, 21 febbraio 2023, n. 1776).

## Il canone del "più probabile che non" e la prova liberatoria

In passato la giurisprudenza si era dimostrata talvolta scettica rispetto alla possibilità di avvalersi di elementi di carattere indiziario ai fini dell'individuazione del soggetto cui ascrivere la contaminazione, ritenendo che l'accertamento del nesso di causa implicasse "*la ricerca di prove certe e inequivoche, non potendo (...) basarsi su mere presunzioni*" (Consiglio di Stato, sent. 37056 del 30 luglio 2015). Oggi, invece, risulta pressoché pacificamente ammesso il ricorso a presunzioni (cfr. art. 2727 del codice civile) quali, ad esempio, la vicinanza dell'operatore all'inquinamento accertato, la corrispondenza tra le sostanze inquinanti rinvenute e quelle impiegate dall'operatore, nonché l'assenza di cause concorrenti (cfr. Corte di giustizia dell'Unione europea, causa C-378/2008

del 4 marzo 2010). Tuttavia, rimane ferma la necessità per l'amministrazione di porre in essere un'istruttoria puntuale e, dunque, gli eventuali elementi indiziari posti alla base dell'individuazione del responsabile non devono essere connotati da genericità, pena il potenziale contrasto con il principio "chi inquina paga". Dev'essere altresì tenuto in considerazione che si tratta pur sempre di presunzioni relative, per le quali, dunque, è ammessa la prova contraria. In particolare, la prova liberatoria da parte del soggetto ritenuto responsabile deve consistere nella dimostrazione della reale dinamica degli eventi, con la specifica indicazione dei fattori cui debba addebitarsi la contaminazione; non è sufficiente, invece, la generica affermazione della responsabilità di terzi o della sussistenza di concause (cfr. Tar Lombardia-Brescia, Sez. I, sent. 14 giugno 2023, n. 522). Infine, il ricorso a presunzioni non è d'aiuto nel caso di fattispecie complesse, come quelle dei grandi siti industriali con un inquinamento diffuso ove, nel corso del tempo, diversi operatori abbiano svolto la loro attività: infatti, stante la necessità che l'amministrazione effettui un accertamento rigoroso e puntuale circa il soggetto o i soggetti cui è imputabile la contaminazione, in queste situazioni è difficile riuscire a circoscrivere il novero delle responsabilità con elementi indiziari. Si pensi, ad esempio, alla ricerca di una corrispondenza tra la contaminazione riscontrata e molteplici attività industriali succedutesi nel corso degli anni in un'area relativamente circoscritta.

**Luca Tomasetto**

Avvocato

# IL PROGETTO CIRCOTRONIC E IL RECUPERO DEI RAEE

LA GESTIONE DEI RIFIUTI DI APPARECCHIATURE ELETTRICHE ED ELETTRONICHE VA IMPRONTATA SU PREVENZIONE E RECUPERO, PER FAVORIRE LA CIRCOLARITÀ DELLA PRODUZIONE, L'EFFICIENZA DELL'UTILIZZO DELLE RISORSE E LA RIDUZIONE DEGLI IMPATTI AMBIENTALI. L'ESPERIENZA DI UN IMPIANTO DI SMALTIMENTO DI PANNELLI FOTOVOLTAICI IN EMILIA-ROMAGNA.

**I**l progetto Circotronic<sup>1</sup>, finanziato dal bando Interreg Central Europe, si prefigge di promuovere una crescita sostenibile trasformando la produzione delle Aee (apparecchiature elettriche ed elettroniche) attraverso processi, prodotti e servizi circolari ed efficienti dal punto di vista dell'utilizzo delle risorse, riducendo al contempo al minimo gli impatti negativi delle Aee derivanti dall'utilizzo dei materiali, dalle sostanze inquinanti in esse contenute e dalla produzione dei Raee (rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche). Nello specifico, Circotronic vuole attuare misure di economia circolare a sostegno della produzione delle Aee e della gestione dei Rarr. Capitanati dalla Camera di commercio della Slovenia, il progetto riunisce 12 partner provenienti da regioni con una forte vocazione al manifatturiero dell'Europa centrale e attive in ambito accademico, politico, di supporto alle imprese e dello sviluppo regionale:

- Camera di commercio della Slovenia (Slovenia)
- Regione Emilia-Romagna<sup>2</sup> (Italia)
- Bavarian Research Alliance (Germania)
- Technical University di Košice (Slovacchia)
- Business Upper Austria (Austria)
- t2i – Technology transfer and innovation (Italia)
- Academy of Arts in Szczecin (Polonia)
- Slovenian Tool and die development centre (Slovenia)
- Vienna University of Technology (Austria)
- Agency for the support of regional development Košice (Slovacchia)
- Radex Zbigniew i Tomasz Nagay sp. j. (Polonia)
- Elvez, Manufacture of cable harnesses and processing of plastic, d.o.o (Slovenia).

Questi partner collaboreranno come rete transnazionale di laboratori di economia circolare regionali, adottando soluzioni sviluppate e testate congiuntamente per migliorare la circolarità all'interno delle



1

Pmi produttrici di Aee e gestrici di Raee sui temi dell'eco-design, del recupero dei materiali e dei modelli di business circolari.

## I Raee

Parlando nello specifico dei rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche, essi derivano da dispositivi che per il loro funzionamento dipendono da correnti elettriche o da campi elettromagnetici. Secondo il Dlgs 9/2014, la norma che regola a livello nazionale la gestione dei Raee, questi vengono classificati in due grandi categorie, a seconda della loro provenienza:

- *Raee domestici*: provenienti da abitazioni e singoli cittadini, nonché quelli di origine commerciale, industriale, istituzionale o di altro tipo, analoghi per natura e quantità, a quelli originati dai nuclei domestici

- *Raee professionali*: sono rifiuti diversi da quelli provenienti dai nuclei domestici.

I Raee sono poi suddivisi in 10 diverse categorie:

- grandi elettrodomestici
- piccoli elettrodomestici
- apparecchiature informatiche e per telecomunicazioni
- apparecchiature di consumo e pannelli fotovoltaici
- apparecchiature di illuminazione
- utensili elettrici ed elettronici (a eccezione degli utensili industriali fissi di grandi dimensioni)
- giocattoli e apparecchiature per il tempo libero e lo sport
- dispositivi medici (a eccezione di tutti i prodotti impiantati e infettati)

1 Sogliano Ambiente, impianto di trattamento pannelli fotovoltaici.

2 Sogliano Ambiente, impianto di preselezione materiali ferrosi.

- strumenti di monitoraggio e di controllo
- distributori automatici.

La normativa individua inoltre 5 raggruppamenti di Raee in base alle tecnologie necessarie al loro corretto trattamento:

- R1 – Grande bianco freddo – grandi elettrodomestici per la refrigerazione: frigoriferi, congelatori, condizionatori
- R2 – Grande bianco non freddo – grandi elettrodomestici come lavatrici, lavastoviglie
- R3 – Tv monitor a tubo catodico
- R4 – Elettronica di consumo, telecomunicazioni, informatica, piccoli elettrodomestici, elettrodomestici, giocattoli, apparecchi di illuminazione, dispositivi medici
- R5 – Sorgenti luminose a scarica: lampade fluorescenti e sorgenti luminose compatte.

Fondamentali quando si parla di Raee sono i temi del recupero e della prevenzione. La legislazione stabilisce infatti che si devono privilegiare le operazioni di riutilizzo e preparazione per il riutilizzo dei Raee o dei loro componenti in attuazione dei principi di precauzione e prevenzione nella produzione di rifiuti al fine di consentire un efficiente utilizzo delle risorse. L'Unione europea ha promosso iniziative di sensibilizzazione e informazione per i consumatori che vadano a influenzare sia le loro decisioni d'acquisto sia il corretto trattamento dei dispositivi. A oggi, la consapevolezza sull'importanza di raccogliere e gestire adeguatamente i Raee è ancora limitata, e lo sono anche i servizi di riparazione disponibili. Un segnale positivo riguardo agli acquisti proviene tuttavia dal mercato in crescita dei prodotti ricondizionati a livello globale. L'acquisto di dispositivi ricondizionati offre vantaggi sia dal punto di vista economico sia ambientale, poiché oltre a costare meno, contribuisce a ridurre l'uso di materie prime critiche e, di conseguenza, gli impatti ambientali legati alla produzione di nuovi dispositivi. Per quanto riguarda invece la durata utile degli apparecchi elettrici ed elettronici, la promozione del diritto alla riparazione, attraverso la rimozione di ostacoli tecnici, economici e normativi, rappresenta un elemento chiave nella gestione sostenibile dei Raee. L'eco-design, che integra considerazioni ambientali fin dalla fase iniziale della progettazione dei prodotti, può contribuire a creare apparecchiature più resistenti, con una vita utile più lunga e facilmente riparabili. Per questo serve anche creare una cultura fra i consumatori

per prediligere l'acquisto di oggetti riparabili, riutilizzabili e potenziabili.

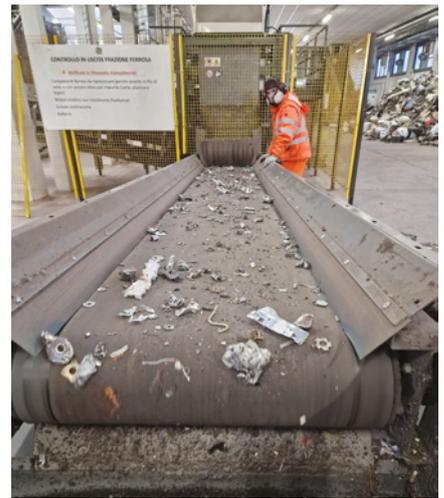
## Iniziative sul territorio: l'impianto di Sogliano Ambiente

Anche sul territorio emiliano-romagnolo sono presenti iniziative di recupero e smaltimento Raee; una di queste, presente a Sogliano sul Rubicone, in Romagna, è l'impianto di smaltimento di Sogliano Ambiente.

Sogliano Ambiente, che da oltre 25 anni si occupa di smaltimento e trattamento rifiuti, ha recentemente realizzato un innovativo impianto di recupero dei pannelli fotovoltaici fuori uso e di altri Raee. L'obiettivo di questo nuovo impianto è quello di massimizzare la separazione delle varie frazioni che compongono le varie apparecchiature elettriche ed elettroniche e di trasformare i rifiuti in un'opportunità di crescita e di sviluppo socio-economica per il territorio e per la comunità.

L'impianto di Sogliano Ambiente è specializzato nello smaltimento dei pannelli fotovoltaici e la sua linea di trattamento, completamente meccanica, riesce a lavorare i pannelli a fine vita realizzati in silicio mono e policristallino, che rappresentano circa il 90% del parco fotovoltaico italiano, fornendo inoltre assistenza per la corretta gestione del rifiuto in tutte le sue fasi e nel rispetto della normativa vigente: a partire dal corretto deposito presso il produttore, alla corretta modalità di trasporto fino al corretto trattamento e recupero pannelli fotovoltaici.

L'azienda è stata la prima in Italia a ottenere l'Eow (*end-of-waste*) sul vetro prodotto dal trattamento del pannello fotovoltaico in base al Regolamento Ue n.1179 del 2012, dove il termine *end-of-waste* significa "cessazione della



2

qualifica di rifiuto" e indica il processo al termine del quale un rifiuto perde tale qualifica per acquisire quella di prodotto o materia prima secondaria. La linea di recupero pannelli fotovoltaici di Sogliano Ambiente separa e recupera ogni singola frazione che compone il pannello per essere successivamente parte di un progetto di riciclo in diversi settori industriali (fabbricazione e trasformazione di vetro, ceramiche e smalti, fonderie d'alluminio, produzione di manufatti ecc.).

Irene Sabbadini, Guido Croce, Marco Ottolenghi

Art-Er

### NOTE

<sup>1</sup> <https://energia.regione.emilia-romagna.it/piani-programmi-progetti/politiche-europee/progetti-europei-1/circotronic-2>

<sup>2</sup> Per le attività di progetto la Regione si avvale del supporto tecnico operativo di Art-Er.



FIG. 1 SMALTIMENTO FOTOVOLTAICO

Il processo di smaltimento dei pannelli fotovoltaici ([www.soglianoambienteraee.it/smaltimento-pannelli-fotovoltaici](http://www.soglianoambienteraee.it/smaltimento-pannelli-fotovoltaici)).

# UN TERMOMETRO DELLA SALUTE ORGANIZZATIVA

SPUNTI DI RIFLESSIONE DALL'INDAGINE 2023 DI BENESSERE ORGANIZZATIVO DI ARPAE EMILIA-ROMAGNA, UN MONITORAGGIO AD AMPIO SPETTRO DELL'ANDAMENTO DI ALCUNE DIMENSIONI DI PARTICOLARE IMPORTANZA PER LA VITA ORGANIZZATIVA. LE AZIONI SUCCESSIVE DOVRANNO AFFRONTARE LE SOLLECITAZIONI PER IL MIGLIORAMENTO.

**I**l “clima” interno di un'organizzazione ne racconta lo stato di salute generale e conoscere lo stato di salute di un'organizzazione permette di mettere a fuoco quali sono gli ambiti di eccellenza, così come quelli in cui è necessario intervenire per apportare miglioramenti. Come un termometro, le indagini di clima (o benessere) organizzativo raccolgono, in un determinato momento, il punto di vista dei dipendenti sugli elementi che caratterizzano la propria organizzazione, le sue criticità e i suoi punti di forza. Esattamente come un termometro, queste indagini non hanno l'ambizione di spiegare in profondità le cause di ciò che si osserva, ma più semplicemente di consentire un monitoraggio ad ampio spettro dell'andamento di alcune dimensioni di particolare importanza per la vita organizzativa: in altre parole, di costruire una mappa complessiva di “come vanno le cose” all'interno di un'organizzazione. Resta poi alle azioni successive – basate sulle evidenze raccolte in fase di osservazione e analisi – la responsabilità di intervenire puntualmente per



introdurre cambiamenti in linea con l'orientamento strategico dell'ente.

Arpae Emilia-Romagna, tra la fine del 2022 e l'inizio del 2023, ha deciso di utilizzare questo strumento di lettura della dinamica organizzativa per fotografare lo stato di salute dell'Agenzia e, di conseguenza, progettare gli interventi necessari a migliorarla. I

risultati dell'indagine rivelano molte luci e qualche ombra: buona notizia, sia perché il tessuto organizzativo è solido, sia perché le criticità evidenziate dal personale indicano, in maniera piuttosto convergente, ambiti di miglioramento specifici.

Il primo aspetto rassicurante che emerge dall'analisi riguarda l'adesione all'indagine: il 68,9% del personale



FIG. 1  
BENESSERE ORGANIZZATIVO

Macro-aree di indagine del questionario sul benessere organizzativo in Arpa Emilia-Romagna.

ha deciso di partecipare all'iniziativa, rispondendo al questionario. Questo tasso di risposta conferisce alle considerazioni che si possono trarre dai dati una ragionevole affidabilità statistica, peraltro confermata dal fatto che la distribuzione dei rispondenti rispecchia sostanzialmente quella della popolazione aziendale (se si considerano, ad esempio, il sesso, le classi di età e le categorie di inquadramento contrattuale). In altre parole, i dati riflettono uno spaccato fedele della composizione del personale dell'Agenzia.

Forse ancora più importante, però, è il segnale che una partecipazione così estesa trasmette: quando le persone decidono di dedicare del tempo per raccontare il proprio punto di vista sull'esperienza nel posto di lavoro, segnalano nei confronti dell'organizzazione fiducia nella capacità di quest'ultima di ascoltare e recepire le indicazioni raccolte, anche nei casi in cui i giudizi espressi siano critici o, comunque, non del tutto positivi.

Tra i molti punti di forza dichiarati dal personale dell'Agenzia, i più significativi riguardano gli impatti del lavoro agile e la chiarezza dell'orientamento strategico. Con riferimento al primo, un approfondimento di ricerca<sup>1</sup> ha permesso di mettere meglio a fuoco le dinamiche di buon funzionamento delle forme di flessibilità lavorativa in Arpae. A fronte di condizioni tecnologiche e formative adeguate ad abilitare forme di lavoro flessibili, la soddisfazione lavorativa del personale dell'Agenzia sembra spiegarsi soprattutto a fronte della combinazione di due fattori: un certo grado di autonomia professionale e un adeguato supporto – in termini di indirizzo operativo e motivazionale – da parte del responsabile diretto. Tale dinamica sembra riferirsi in modo peculiare al contesto organizzativo di un'Agenzia regionale per la protezione ambientale, in cui la particolare natura del lavoro – ad alta intensità di conoscenza – richiede spazi adeguati di esercizio della propria *expertise* professionale.

In merito alla dimensione strategica, la chiarezza di obiettivi e risultati risulta tanto più sfumata quanto più ci si allontana dal proprio contesto quotidiano di lavoro: in altre parole, se il dato è estremamente positivo a livello di unità di appartenenza (7,66 su scala 1-10), lo è un po' meno a livello di area di appartenenza (7,06) e ancora meno a livello di Agenzia nel suo complesso (6,79). Questa dinamica – di per sé piuttosto fisiologica sia perché si tratta di un'organizzazione di elevate

TAB. 1  
BENESSERE  
ORGANIZZATIVO

Sintesi dei risultati dell'indagine di benessere organizzativo in Arpae Emilia-Romagna, media di tutti i voti espressi in vari ambiti di indagine.

Indicatore	Valutazione media (tutta l'Agenzia) da 1 a 10
Strategia (Agenzia nel complesso)	6,79
Strategia (area di appartenenza)	7,06
Strategia (unità di appartenenza)	7,66
Senso di appartenenza	6,57
Organizzazione ed equità di trattamento	4,67
Adeguatezza delle competenze	6,43
Collaborazione	6,41
Comunicazione	5,47
Valorizzazione delle differenze	7,65
Valutazione del contributo lavorativo	6,08
Impatto percepito del lavoro agile	7,67
Soddisfazione per il lavoro agile	7,42
Chiarezza del ruolo	7,59
Soddisfazione lavorativa	7,02
Autonomia lavorativa	6,96
Strumenti di sviluppo professionale	5,91
Disponibilità al cambiamento	7,33
Rapporto con il responsabile	6,76

complessità e dimensioni, sia perché è naturale conoscere meglio il contesto più quotidiano – dev'essere letta in parallelo con le criticità segnalate in merito al tema della comunicazione interna (5,47 su scala 1-10). Tale campanello d'allarme viene confermato anche nella sezione del questionario dedicata alle priorità di intervento: il 36% dei rispondenti, infatti, indica la circolazione e la chiarezza delle informazioni tra diverse strutture come uno dei tre ambiti sui quali è più urgente un intervento migliorativo da parte dell'Agenzia. Infine, le percezioni sull'equa distribuzione di risorse e competenze nelle varie parti dell'organizzazione fanno registrare il valore più critico a livello complessivo (4,67 su scala 1-10): il dato sembra riverberarsi, a cascata, anche sulle percezioni di adeguatezza degli strumenti di sviluppo professionale (5,91) e di riconoscimento del contributo lavorativo (6,08).

L'analisi delinea un quadro non privo di criticità, ma ricco di segnali incoraggianti per le traiettorie di consolidamento della salute organizzativa dell'Agenzia: a fronte di un appello piuttosto esplicito alla valorizzazione e al rafforzamento delle competenze, peraltro in linea con il più generale movimento culturale

che la pubblica amministrazione in Italia sta vivendo in questi ultimi anni, si registrano un'elevata disponibilità al cambiamento e all'assunzione di responsabilità nuove (7,33), un solido senso di appartenenza e adesione alla missione istituzionale (6,57) e una cultura interna di tutela e valorizzazione delle differenze (7,65). Guardando al futuro, rilevata la temperatura, possiamo sicuramente dire di essere di fronte a un'organizzazione in salute, attenta a mantenersi tale e pertanto già all'opera per individuare le migliori risposte alle sollecitazioni che i dipendenti hanno offerto.

**Giorgio Giacomelli, Marta Barbieri**

Sda Bocconi School of Management - Area Government, health and not for profit (Ghnp)

#### NOTE

<sup>1</sup> Giacomelli G., Annesi N., Barbieri M., 2023, "Telework and job satisfaction in knowledge-intensive public organizations: a qualitative quantitative analysis from an environmental protection agency in Italy", *Journal of Public Budgeting, Accounting & Financial Management*, <https://doi.org/10.1108/JPBAFM-07-2023-0134>.

# CONFRONTO GENERAZIONALE NELLA DINAMICA AMBIENTALE

IL CONFRONTO INTERGENERAZIONALE, SE COSTRUITO E APPLICATO CON LOGICHE RELAZIONALI PARITARIE, PUÒ RAPPRESENTARE UNA RISORSA STRATEGICA PER L'ACCREDITAMENTO DI UNA NARRATIVA AMBIENTALE MENO POLARIZZATA E CONFLITTUALE E PIÙ COESA, NEGLI OBIETTIVI COME NELLE STRATEGIE.

**L**a premessa di partenza: alcuni dati per perimetrare l'ampiezza e per inquadrare la complessità del fenomeno in oggetto. A oggi, complice l'allungamento della vita media, coabitano in Italia sette generazioni differenti, di cui cinque attive nella sfera professionale<sup>1</sup>. Ognuna di queste generazioni presenta caratteristiche peculiari; rimanendo alla dinamica ambientale, la generazione Z (i nati tra il 1995 e il 2010) è certamente la più consapevole e proattiva nel contrasto a quei comportamenti insostenibili percorsi dalle generazioni precedenti, con un atteggiamento molto più netto rispetto alle posizioni dei *baby boomers* (nati tra il 1946 e il 1964), della generazione X (nati tra il 1965 e il 1979) e della generazione Y (nati tra il 1980 e il 1994).

Un dato, questo, che traspare in maniera evidente dalle cronache di azioni sempre più eclatanti (e talvolta, spiace ammetterlo, sempre più sguaiate) per ripristinare, più che un senso di attenzione, un senso di reazione netto e inequivocabile rispetto ai cambiamenti in atto. Queste cronache, nel contempo, ci dicono anche altro. Ci restituiscono l'immagine plastica di un confronto generazionale che, per quanto formalmente auspicato, non riesce a essere sostanzialmente impattante, progressivamente depotenziato dall'incardinarsi (qualcuno direbbe dall'incancrenirsi) di due posizioni polarizzate e isolate. Da una parte, il senso di urgenza manifestato dai "nativi della sostenibilità" con la richiesta di condotte radicalmente trasformative dell'esistente; dall'altra, la prudenza e il pragmatismo nei confronti di cambiamenti così trasversalmente impattanti, spesso risolto con condotte e scelte interlocutorie.

Il tutto, con la contestuale emersione di due distinte contro narrative che, non casualmente, poggiano i propri pilastri proprio sui punti di debolezza (reali o percepiti) dell'altrui comportamento,



bollando come imprudenti e poco mature le rivendicazioni dei junior e come inutilmente attendiste e funzionali a un eterno differimento decisionale quelle dei senior. Questo è il presente. Si tratta, ora, di capire se questo presente cristallizzato può trasformarsi in altro, e come.

## Verso un confronto generazionale rinnovato

Un confronto – a prescindere dall'età, dalle posizioni assunte o dalle esperienze progressse dei suoi interpreti – è tale se si realizza all'interno di un ambiente paritetico, al cui interno le parti dispongano delle stesse possibilità di spiegare le proprie tesi. L'alternativa a questo assunto, come già raccontato a proposito dei processi negoziali<sup>2</sup>, è quella di un ambiente fortemente caratterizzato da punti di forza contrapposti a punti di debolezza, in cui a emergere – quale risultanza finale del confronto stesso – non è lo scopo più giusto o aderente alle

necessità contingenti quanto, piuttosto, quello di chi è stato in grado di far valere i propri punti di eccellenza con più veemenza. Magari, utilizzando le debolezze altrui per screditare la tesi concorrente. Alimentando, di fatto, una persistente conflittualità di fondo. Accreditare una parità relazionale vuole dire, innanzitutto, tenere in debita considerazione proprio quel passato fiacco di cui abbiamo letto nella premessa. In tal senso, proprio per sanare ferite relazionali non ancora pienamente cicatrizzate, occorre una fase preliminare di ascolto, capace di riconoscere nell'interlocutore un soggetto perfettamente credibile e di ripristinare, così, un senso di fiducia reciproco che oggi appare decisamente compromesso. Ad aiutarci, le 7 regole dell'ascolto<sup>3</sup> elaborate dall'etnografa e attivista Marianella Scavi, con particolare riferimento alla regola 1 ("Non avere fretta di arrivare a delle conclusioni. Le conclusioni sono la parte più effimera della ricerca") e alla regola 3 per cui "se vuoi comprendere quel che un

altro sta dicendo, devi assumere che ha ragione e chiedergli di aiutarti a capire come e perché”. Due “avvertenze” che dovrebbero ammantare qualsiasi confronto ma che diventano ancora più centrali e strategiche rispetto a un tema – il confronto generazionale in ambito ambientale – in cui proprio lo stile di conduzione sempre più dissennatamente veloce e le certezze di parte, mai messe realmente in discussione, hanno spesso inibito l’inizio di un dialogo possibile e costruttivo.

È chiaro che questa fase di ascolto, per quanto oggi strettamente necessaria, da sola non può bastare. La stessa natura di un confronto – che non è mai statico ma segue idealmente e operativamente i cambiamenti del presente, intercettando e rappresentando istanze profondamente mutevoli – necessita di una coerenza che da teorica si fa operativa e comportamentale, prevedendo spazi di co-progettazione e gestione che si dipanano nel tempo.

E che, in qualche modo, certificano la bontà e l’efficacia del processo generale. Disattendere questo momento di perfezionamento e di messa a terra di una concreta collaborazione generazionale significherebbe, in molti casi, vanificare quanto di buono è già stato realizzato. Tuttavia, nel caso e nella materia in esame, stante un pregresso conflittuale conclamato, il farlo condannerebbe definitivamente la tematica ambientale a una serie di narrazioni profondamente slegate, poco sinergiche e in perenne opposizione.

Un proposito utopico? No, le esperienze in tal senso esistono. Ne ho scelta una,

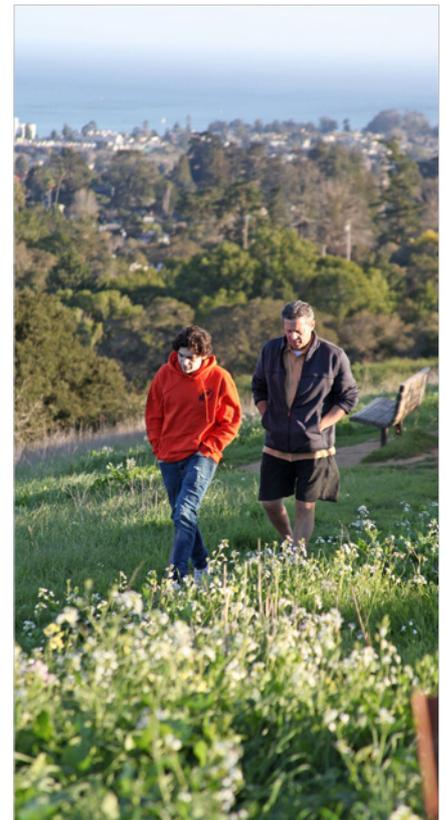
tra le tante, per il solo fatto di averla, in parte, costruita e vissuta quotidianamente. Il laboratorio di comunicazione Comm to Action<sup>4</sup>, nato dall’intuizione di Biagio Oppi per colmare il gap tra teoria e pratica comunicativa, oggi integralmente gestito da studenti e studentesse con meno di 30 anni, con il supporto di senior e junior mentor nella cornice di un confronto generazionale realmente paritario. In cui, per dirla tutta, a imparare è anche il senior. *Mutual mentoring* per dirla con un po’ di enfasi.

## L’utilità e la necessità del vivaio

Nella mia vita ho molto amato la dimensione sportiva che ha contribuito alla formazione del mio carattere. Sui campi da gioco ho imparato il rispetto che convive con l’agonismo. Sono passati più di 30 anni da quando un giocatore, osservando il mio allenamento, mi chiamò da parte e mi dedicò un paio d’ore per farmi vedere come andava fatto un certo passaggio. Gli chiesi, un po’ scettico, il perché di quell’interesse e mi rispose, semplicemente, che voleva che la sua squadra, in cui aveva militato tanti anni, rimanesse competitiva anche dopo il suo abbandono, ormai prossimo. Credo fermamente che quello che vale per una squadra valga, in egual misura, anche per una comunità. Soprattutto rispetto a un tema così universale, che ci riguarda tutti.

### Stefano Martello

Componente tavolo “Ambiente e Sostenibilità”, Pa Social



### NOTE

<sup>1</sup> Giulia Armuzzi, “La comunicazione ambientale al crocevia delle generazioni”, in Stefano Martello, Sergio Vazzoler (a cura di), *L’anello mancante. La comunicazione ambientale alla prova della transizione ecologica*, Pacini, 2022.

<sup>2</sup> Stefano Martello, 2022, “La mitigazione della conflittualità ambientale”, *Ecoscienza*, n. 5/6.

<sup>3</sup> [www.ascoltoattivo.net](http://www.ascoltoattivo.net)

<sup>4</sup> [www.commtoaction.it](http://www.commtoaction.it)

## LE SETTE REGOLE DELL’ARTE DELL’ASCOLTARE

1

Non avere fretta di arrivare a delle conclusioni. Le conclusioni sono la parte più effimera della ricerca

2

Quel che vedi dipende dalla prospettiva in cui ti trovi. Per riuscire a vedere la tua prospettiva, devi cambiare prospettiva.

3

Se vuoi comprendere quel che un altro sta dicendo, devi assumere che ha ragione e chiedergli di aiutarti a capire come e perché.

4

Le emozioni sono degli strumenti conoscitivi fondamentali se sai comprendere il loro linguaggio. Non ti informano su cosa vedi, ma su come guardi. Il loro codice è relazionale e analogico.

5

Un buon ascoltatore è un esploratore di mondi possibili. I segnali più importanti per lui sono quelli che si presentano alla coscienza come al tempo stesso trascurabili e fastidiosi, marginali e irritanti perché incongruenti con le proprie certezze.

6

Un buon ascoltatore accoglie volentieri i paradossi del pensiero e della comunicazione. Affronta i dissensi come occasioni per esercitarsi in un campo che lo appassiona: la gestione creativa dei conflitti.

7

Per divenire esperto nell’arte di ascoltare devi adottare una metodologia umoristica. Ma quando hai imparato ad ascoltare, l’umorismo viene da sé.

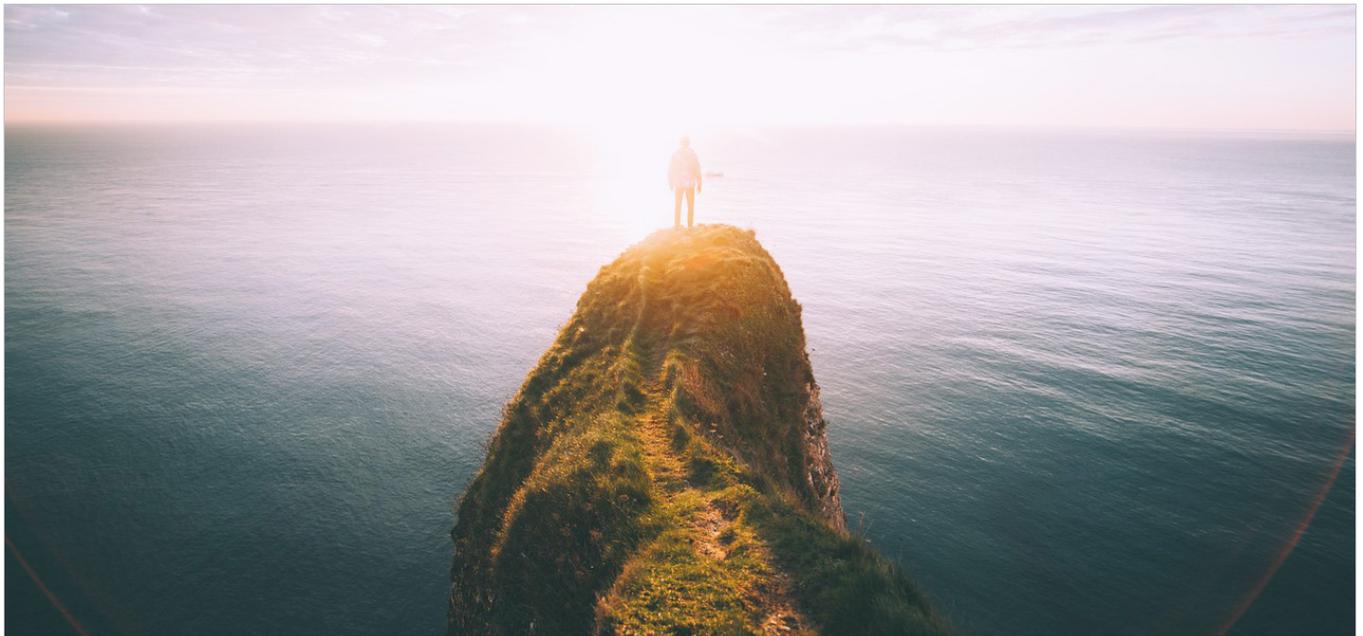
di Marianella Sclavi  
[ascoltoattivo.net](http://ascoltoattivo.net)

# ECO-LOGOS

Pensiero ecologico, ruolo della scienza, riflessioni sugli esseri umani e il loro rapporto con il pianeta

## L'ECOLOGIA PROFONDA COME NUOVO PARADIGMA

Guido Dalla Casa • Ingegnere, scrittore



**D**i norma, si pensa che un comportamento ecologico consista essenzialmente nel continuare il “naturale progresso dell’umanità”, ma senza inquinamenti o danni alla salute. In sostanza, quella che viene chiamata azione ecologista è la “protezione dell’ambiente”: non inquinare, mantenere pulito il mondo, installare filtri e depuratori, oltre a tenere qualche area naturale per la ricreazione umana. Secondo questa ecologia, in cui si mantiene una distinzione netta fra l’uomo e la natura, la Terra va tenuta pulita perché è l’unica che abbiamo, è la nostra casa, è un pianeta fatto per noi. In definitiva la posizione centrale e del tutto particolare della nostra specie non viene messa in discussione. In questa visione del mondo la natura va protetta perché è *res communis* e non è *res nullius*. Resta comunque sempre *res*, si tratta di “proprietà”, di patrimonio comune, qualcosa che si può utilizzare. Questa è “l’ecologia di superficie”, così battezzata dal filosofo norvegese Arne Naess in un famoso articolo intitolato “The shallow and the deep”, pubblicato sulla rivista *Inquiry* nel 1973. Questa posizione assomiglia molto all’idea di un organismo (la natura, la Terra) visto soltanto come “ambiente” di un suo tipo di cellule (la nostra specie).

### Un’altra ecologia

C’è un’altra ecologia, fondata convenzionalmente in Occidente dallo stesso filosofo norvegese Arne Naess (1912-2009) e da lui battezzata *ecologia profonda*, dove la nostra specie non è particolarmente privilegiata. Gli esseri viventi e gli ecosistemi hanno un valore in sé, non in funzione umana. Tutta la natura ha

un valore intrinseco e unitario, così come ha un valore in sé ogni sua componente, formatasi in un processo di miliardi di anni. La specie umana è solo una di queste componenti, piuttosto recente e indissolubilmente collegata all’interno di tutto il complesso. Il mondo naturale non è “patrimonio di tutti”, ma è ben di più: è di miliardi di anni anteriore alla nostra specie. Se si vuol parlare di appartenenza, è l’umanità che appartiene alla natura e non viceversa. L’idea occidentale sulla posizione umana vi appare più o meno come un curioso delirio di grandezza.

Nell’ecologia profonda non esiste alcun modello privilegiato. Sono valori in sé l’equilibrio globale e la varietà e complessità delle specie viventi, degli ecosistemi e delle culture. In tale quadro, è evidente che il pianeta non può supportare, se non per tempi molto brevi, lo spaventoso eccesso numerico di un primate di 70 kg che pretende anche di mangiare carne! La cultura occidentale non è riuscita ancora a concepire un’etica della natura e resta ancorata a una morale che si interessa esclusivamente dell’umanità. Per oltre mille anni si è consolidata in Occidente la concezione della Genesi, che vuole la nostra specie “signora e padrona del creato”, che risulterebbe addirittura fatto per noi!

Questo quadro concettuale, dominante nella cultura europea e medio-orientale da molti secoli, forniva già tutte le premesse per iniziare una sistematica distruzione della natura, ma mancava qualcosa: il potere tecnico. La spinta decisiva per entrare in possesso di tale potere è venuta dalla diffusione del pensiero di Cartesio, Bacone, Locke e alcuni altri e dalla sistemazione delle scienze fisiche a opera di Newton.

Come noto, nel pensiero cartesiano vi è una netta distinzione fra lo “spirito” e la “materia”: l’uomo è l’unico essere dotato di spirito. Tutto il resto, vivente o non vivente, è solo materia

bruta, quindi manipolabile senza problemi morali. Così la fisica poteva rivolgersi a sistemare il mondo della materia che diveniva una specie di gigantesca macchina, retta da rigide leggi meccaniche. Il meccanicismo ha guidato la scienza ufficiale fino al ventesimo secolo ed è la base dell'attuale pensiero corrente delle genti di cultura occidentale. Da questo sottofondo è sorta la civiltà industriale e quindi è iniziato lo sviluppo economico: quando arriva questo modo di pensare, scompaiono l'equilibrio dell'animo e l'armonia del mondo.

## Qualche “novità” degli ultimi secoli

Ora passiamo velocemente in rassegna alcune “novità” degli ultimi secoli, consapevoli che per una modifica profonda della filosofia di base di larghi strati di popolazione c'è bisogno di tempi lunghissimi, dopo i primi segni di cambiamento. Con la rivoluzione copernicana il centro dell'universo è passato dalla Terra al Sole: si tratta del primo passo per mettere in discussione la posizione della nostra specie, di un primo spostamento dalla posizione centrale, anche se ci vorranno secoli per percepirne l'effettiva portata. Tuttavia l'esclusiva spirituale della nostra specie non è stata ancora minimamente intaccata. All'inizio del XIX secolo, l'evoluzione biologica, espressa per la prima volta in termini occidentali da Jean-Baptiste de Lamarck (la sua *Philosophie zoologique* è del 1809), ha intaccato decisamente l'idea che l'umanità sia un “frutto di creazione separata”. Tuttavia si è persa un'ottima occasione per una vera svolta culturale, poiché invece di mettere in evidenza il fatto essenziale, cioè l'appartenenza della nostra specie alla natura e quindi la necessità di seguirne le grandi leggi cicliche, l'evoluzione fu successivamente inquadrata in pieno nel meccanicismo imperante: venne evidenziata soprattutto l'idea di “selezione naturale e sopravvivenza del più adatto”, cioè venne adottata l'interpretazione di Charles Darwin (1859). L'evoluzione poteva soppiantare ben più a fondo la concezione precedente, ma questo non è avvenuto: si è soltanto sostituito il diritto divino con una specie di merito selettivo.

Nel campo della fisica, il massimo del meccanicismo, dove l'universo è visto come un gigantesco orologio e tutte le sue parti dei “meccanismi” separabili in pezzi sempre più piccoli, è stato raggiunto alla fine del XIX secolo. Anche gli esseri viventi erano considerati “macchine” straordinariamente complicate. C'erano i 92 atomi, specie di palline indivisibili, che costituivano tutta la realtà fisica, in cui agivano anche i “campi”. Lo spazio e il tempo erano realtà assolute e in essi si svolgevano tutti i processi. I fenomeni psichici venivano tenuti completamente separati o considerati “immaginari” e negati. Il pensiero corrente si basa in gran parte ancora su queste posizioni.

Con la relatività speciale (1905) spazio e tempo perdono ogni connotazione assoluta, materia ed energia diventano la stessa cosa. Con la relatività generale (1916), la gravitazione diventa geometria dello spaziotempo. Ma già nei primi anni del XX secolo si prepara una rivoluzione ancora più profonda, quella portata dalla fisica quantistica, che si esplicita nel 1927 con il principio di indeterminazione formulato da Werner Heisenberg e confermato dagli studi successivi. L'interpretazione di Copenaghen, sostenuta soprattutto da Niels Bohr e in seguito confermata, nega l'idea di “realtà oggettiva” e la possibilità di separare, anche solo concettualmente, il fenomeno dalla sua osservazione, ovvero la materia-energia dalla mente. È impossibile distinguere lo spirito dalla materia. Ciò significa che lo psichismo deve essere universale. Altrimenti, quali sono i sistemi con lo status di “osservatore”? Recentemente il fisico italiano Rovelli ha chiarito che questo significa che non esistono

oggetti, ma solo relazioni (con le sue parole: “*L'osservatore può essere anche un fotone*”).

Passiamo alla biologia. Negli anni sessanta del XX secolo, Jacques Monod, considerato il fondatore della biologia molecolare, così concludeva il suo pensiero: “*L'antica alleanza è rotta. L'uomo sa finalmente di essere solo nell'immensità indifferente dell'Universo, da cui è emerso per caso. Il suo dovere e il suo destino non sono scritti in nessun luogo<sup>1</sup>. Il nostro numero è uscito sulla ruota di Montecarlo*”. Niente ha un senso.

Dieci anni dopo usciva *La nuova alleanza* di Ilya Prigogine e Isabelle Stengers: studiando le “strutture dissipative” o lontane dall'equilibrio termodinamico, come sono anche i sistemi viventi, si trova una tendenza a strutturarsi, ad auto-organizzarsi. C'è una spinta interiore, un immanente “desiderio” di creare strutture, in sostanza una creazione continua. Con la visione del biologo-filosofo inglese Rupert Sheldrake (*La rinascita della natura, La mente estesa, Le illusioni della scienza*) l'immanenza del mentale-spirituale nel mondo acquista connotazioni ancora più definite. Nel campo dell'antropologia, si sta tentando ancora di superare, con molte difficoltà, la concezione ottocentesca dell'europeo “civile” che va a studiare i “selvaggi” e ad aiutare i “primitivi”. È noto, ad esempio, che Lévi-Strauss non ha lesinato critiche a questa superbia culturale dell'Occidente, ma con la corrente di Marcel Griaule e Jean Servier il quadro di parità fra i modelli culturali umani è ancora più evidente.

“*Nessun moralista ha mai posto il problema della responsabilità dell'Occidente in questa creazione di bisogni artificiali, che mascheriamo sotto il nome di 'civiltà' o di 'tenore di vita', che ha l'unico scopo di far lavorare le nostre fabbriche*”<sup>2</sup>.

## Conclusioni

Da questo quadro rinasce una concezione antichissima e un tempo assai diffusa: l'animismo. Una forma di “mente” deve essere ovunque, è insita nell'universale: la distinzione fra spirito e materia cade completamente. Tornano alla memoria il Grande Spirito e lo spirito dell'albero, della Terra, del fiume, della foresta. Facciamo un breve richiamo a qualche visione che proviene dall'antico Oriente: “Non danneggiare alcun essere senziente” è un'espressione tipica del buddhismo, soprattutto Mahāyāna. Con essere senziente non si intende necessariamente solo un essere individuale cosciente, come nel concetto restrittivo proprio del pensiero occidentale attuale. I complessi di viventi costituiscono, con le loro interrelazioni, fenomeni e soggetti mentali. Quindi l'invito a “non danneggiare alcun essere senziente” può essere inteso come una prescrizione sommamente ecologica e non come un semplice invito a diventare vegetariani; a parte che naturalmente anche i vegetali e i complessi ecosistemici di vegetali e animali sono da intendersi come “senzienti”. Dopo queste premesse, è evidente che, secondo l'ecologia profonda, l'etica deve comprendere tutte le entità naturali (etica della Terra). Da questi brevissimi cenni appare chiaro che l'ecologia profonda non è una forma di “misticismo” o un prodotto *new age*, ma è supportata da molti studi degli ultimi decenni: la fisica quantistica, la dinamica dei sistemi, le scienze naturali, l'ecopsicologia, gli studi sulla mente animale e vegetale, oltre alle forti similitudini con molte filosofie note in Oriente e presso i popoli nativi da migliaia di anni.

### NOTE

<sup>1</sup> Jacques Monod, *Il caso e la necessità* (ed. or. 1970).

<sup>2</sup> Jean Servier, *L'uomo e l'invisibile* (ed. or. 1964).

# LEGISLAZIONE NEWS

A cura del Servizio Affari istituzionali e avvocatura • Arpa Emilia-Romagna

## APPROVATO IL DECRETO DI ASSEGNAZIONE FREQUENZE PER FUNZIONI DI PROTEZIONE CIVILE

Decreto 30 gennaio 2024 del ministro per la Protezione civile e le politiche del mare, Gazzetta ufficiale n. 65 del 18/03/2024

Con la pubblicazione di questo decreto, adottato dal ministro della Protezione civile di concerto con il ministro delle Imprese e il ministro dell'Economia, giunge al termine un'annosa vicenda che trae origine dal Dpcm del 24/07/2002 il quale, in attuazione del Dlgs 31/03/1998 n.112 (decreto Bassanini), ha trasferito alle Regioni e alle Province autonome le funzioni in precedenza attribuite agli uffici compartimentali del disciolto Servizio idrografico e mareografico nazionale. Il citato Dpcm del 2002 prevedeva infatti che, oltre alle funzioni in questione, fossero trasferite dallo Stato a titolo non oneroso anche le radiofrequenze per il rilevamento dei dati idro-meto-pluviometrici in telemisura. Tuttavia, nonostante il lungo tempo trascorso, l'assegnazione alle Regioni e alle Province autonome di Trento e Bolzano di tali frequenze in realtà non era mai avvenuta, generando tra l'altro un contenzioso con ingenti richieste economiche, avanzate dal ministro dello Sviluppo economico anche ad alcune Agenzie ambientali, per ottenere il pagamento dei canoni pregressi dal 2002 a oggi. Il recente decreto ministeriale sana questa situazione, individuando nei propri allegati tecnici le varie frequenze radio il cui utilizzo è garantito gratuitamente per l'esercizio delle funzioni di protezione civile oggetto del decentramento istituzionale disposto dalla citata riforma Bassanini.

## LA CASSAZIONE SULL'END OF WASTE: IL DEPOSITO DI UN INGENTE QUANTITATIVO DI MATERIALI DIVENTA UNA DISCARICA ABUSIVA

Sentenza della Cassazione penale n. 682 depositata il 9.01.2024

Al legale rappresentante di una società veniva contestato il reato di realizzazione e gestione di una discarica abusiva, previsto e punito dall'art. 256, comma 3, del testo unico ambientale (Tua) per aver accumulato negli anni su un'area di circa 2.000 mq grossi cumuli di detriti e materiali da demolizioni, in buona parte provenienti dai crolli avvenuti a seguito di un terremoto (circa 10.000 tonnellate). La difesa sosteneva che tali materiali non potessero qualificarsi come rifiuti in quanto erano stati oggetto di operazioni di recupero da parte di un'altra ditta autorizzata, per un loro successivo riutilizzo, e venduti poi alla società di cui l'imputato era il legale rappresentante. La Cassazione ritiene però che tali detriti

non fossero in condizione di poter essere riutilizzati, in quanto ricoperti di arbusti e alberi nel frattempo cresciuti sui loro cumuli. Il quantitativo ingente e lo stato in cui si trovavano i materiali non erano inoltre compatibili con le fattispecie previste dal comma 2 dell'art. 256 del Tua di abbandono o di deposito incontrollato di rifiuti.

La Cassazione si sofferma poi sulla confisca dell'area disposta ai sensi dell'art. 256 comma 3 del Tua, contestata dalla difesa dell'imputato. Secondo quest'ultimo la proprietà dell'area era ascrivibile alla società che doveva ritenersi soggetto estraneo al reato, passibile di sanzioni e confische solo a seguito dell'accertamento di una responsabilità amministrativa ai sensi del Dlgs 231/2001 e non per effetto della responsabilità penale dell'organo rappresentativo.

La Cassazione osserva invece che in virtù del rapporto di immedesimazione organica, vi è un "evidente collegamento tra la società e la commissione del fatto di reato, che esclude la possibilità di qualificare la società come terzo estraneo al reato".

## LA CONVERSIONE IN LEGGE DEL DECRETO MILLEPROROGHE E I RINVII IN MATERIA AMBIENTALE

Legge n. 18 del 23.02.2024 di conversione in legge del decreto legge n. 215 del 30.12.2023 Gazzetta ufficiale n. 49 del 28/02/2024

Il 29 febbraio 2024 è entrata in vigore la legge n. 18/2024 di conversione, con modificazioni, del decreto cd. milleproroghe (Dl 215/2023) che prevede alcuni rinvii degli adempimenti in materia ambientale.

Tra questi si segnala quello a carico delle imprese che effettuano attività di recupero o gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione.

L'art. 12, comma 3, del decreto legge in esame proroga infatti il termine per l'adeguamento degli impianti alle disposizioni del Dm 152/2022 del 27/09/2022, recante il "Regolamento che disciplina la cessazione della qualifica di rifiuto dei rifiuti inerti da

costruzione e demolizione e di altri rifiuti inerti di origine minerale". Tale adempimento – da effettuarsi attraverso un aggiornamento della comunicazione di inizio attività di recupero o la presentazione di un'istanza di aggiornamento dell'autorizzazione già concessa – è ora fissato al 3 novembre 2024.

Sempre in materia ambientale si segnala la proroga – sino alla data di entrata in vigore del decreto del presidente della Repubblica di esecuzione del regolamento (Ue) 2020/741 e comunque non oltre il 31 dicembre 2024 – del termine fino al quale il riutilizzo a scopi irrigui in agricoltura delle acque reflue depurate prodotte dagli impianti di depurazione già in esercizio è autorizzato (a seguito di un procedimento unico e nel rispetto delle prescrizioni minime previste) dalla Regione o dalla Provincia autonoma territorialmente competente.

Infine la legge 18/2024 dilaziona i termini per l'aggiornamento dei tecnici competenti in acustica (da 5 a 8 anni), definisce i tempi di applicazione del regime di semplificazione ex Dl 73/2022 per la verifiche poste a carico dei proprietari di serbatoi di gpl e proroga a fine 2024 l'applicazione della procedura semplificata di dismissione degli impianti di distribuzione dei carburanti.

## PUBBLICATO IL DPCM MUD 2024

Decreto del presidente del Consiglio dei ministri 26 gennaio 2024. Gazzetta Ufficiale n. 52 del 2 marzo 2024

Il Dpcm 26 gennaio 2024 ha approvato il nuovo modello unico di dichiarazione ambientale (Mud) che i soggetti interessati devono presentare entro il prossimo 1° luglio. L'ultimo giorno utile sarebbe stato il 30 giugno 2024 che, coincidendo con un giorno festivo, viene slittato al primo giorno seguente non festivo.

La nuova modulistica sostituisce quella approvata con Dpcm 3 febbraio 2023 e utilizzata per la dichiarazione del 2023.



# OSSERVATORIO ECOREATI

A cura di **Giuseppe Battarino** (magistrato) e **Silvia Massimi** (avvocata)

Con l'osservatorio sulla casistica applicativa della legge 22 maggio 2015 n. 68, *Ecoscienza* mette a disposizione dei lettori provvedimenti giudiziari sia di legittimità che di merito, con sintetici commenti orientati alle applicazioni concrete della legge. Per arricchire l'osservatorio giurisprudenziale chiediamo ai lettori (operatori del Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente e non solo) di trasmettere alla redazione tutti i provvedimenti che ritengono significativi (dovutamente anonimizzati): decreti e ordinanze, prescrizioni, sentenze ecc.

I contributi possono essere inviati a [ecoscienza@arpae.it](mailto:ecoscienza@arpae.it)

## LE CENTRALI A BIOMASSE DI NUOVO DAVANTI AI GIUDICI DI LEGITTIMITÀ

Cassazione Penale, Sezione V, sentenza n. 6408 del 13 novembre 2023 – 13 febbraio 2024

Nell'ambito di un procedimento cautelare restrittivo della libertà personale, la Cassazione è tornata a occuparsi di una vicenda di gestione di centrali a biomasse in Calabria, che secondo le accuse rientrava nell'ambito dell'attività di associazione a delinquere di stampo mafioso. Un radicato sodalizio che, attraverso plurime condotte illecite eterogenee, aventi il fine ultimo di monopolizzare, organizzare e conferire il cd. "cippato" in violazione della normativa sui rifiuti, avrebbe conferito materiale non conforme alle centrali a biomasse della zona, in accordo con i responsabili delle strutture stesse, commettendo truffe reiterate in danno del gestore del Servizio energetico nazionale, indotto in errore in ordine ai reali dati di produzione di energia elettrica derivante dal conferimento. La posizione oggetto di esame nella più recente sentenza riguarda il presidente e proprietario di una centrale a biomasse, ritenuto complice del sodalizio criminoso (con contestazione dei reati associativi di stampo mafioso, 416, comma 1 e 2, 416-bis.1 del codice penale) e indiziato del delitto di traffico illecito di rifiuti, di cui all'art. 452-quaterdecies del codice penale, per avere partecipato alla gestione, ricevuto, trasportato e smaltito materiale legnoso misto a scarti di segheria e altro materiale di risulta, mischiandolo illecitamente con altro materiale di risulta e conferendo il predetto materiale presso centrali a biomassa ubicate in territorio calabrese, anche avvalendosi della redazione e predisposizione di falsa documentazione e false consulenze di agronomi, che attestassero la diversa origine del materiale poi conferito in centrale a biomassa.

Contestualmente, visto che dalla condotta anzidetta conseguiva una corresponsione di incentivi da parte di un ente pubblico, le contestazioni avevano avuto a oggetto anche la truffa aggravata per il conseguimento di erogazioni pubbliche, art. 640-bis del codice penale, e l'indebita percezione di erogazioni pubbliche, art. 316-ter del codice penale, per avere l'indagato presentato nell'arco di circa un triennio, in qualità di presidente e proprietario di una centrale a biomasse, istanze recanti dati non veritieri al Mipaaf (Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali, oggi Ministero dell'agricoltura, della sovranità alimentare e delle foreste) per la certificazione delle biomasse, tali da indurre in errore i rappresentanti del Gse in ordine ai reali dati di produzione di energia elettrica; tale condotta avrebbe così procurato alle società che gestivano le centrali a biomasse un ingiusto profitto, pari alla acquisizione della tariffa incentivata, correlata alla conformità del ciclo produttivo del chips di legni vergini.

Il provvedimento cautelare era già stato oggetto di un ricorso per Cassazione, conclusosi con rinvio al Tribunale del riesame per nuovo giudizio sul punto, poiché la motivazione era stata ritenuta soltanto apparente e carente di contenuto contrastante le deduzioni difensive: uno dei motivi di doglianza riguardava il fatto che non si fosse in grado di poter escludere oltre ogni dubbio che l'indagato avesse come "business illecito" il conferimento di solo legno cd. non tracciabile, visto che il legno "sporco" (perché mischiato con rifiuti) era oggetto di procedure di controllo da parte dei gestori della centrale a biomasse.

In secondo luogo, da un lato, l'ordinanza cautelare all'origine non aveva

tenuto conto che l'indagato aveva acquistato la centrale a biomasse solo nel 2015, tralasciando che la compartecipazione al sodalizio mafioso fosse preesistente e addebitabile alla precedente proprietà, dunque con l'attuale indagato estraneo ai fatti oggetto di contestazione; dall'altro lato, in maniera collegata, il provvedimento aveva mancato di considerare che dalle intercettazioni agli atti erano emersi diversi tentativi manipolatori o ingannatori attuati da alcune delle società coinvolte nel sodalizio criminoso, atte a conferire biomasse di qualità inferiore rispetto a quella contrattualmente previste, dai quali poteva desumersi l'inesistenza di un accordo illecito tra la "cosca" e la società dell'indagato, ritenuto al contrario vittima di raggiri sul punto.

Il più recente provvedimento della Cassazione riguarda l'impugnazione della seconda ordinanza cautelare, emessa a seguito del primo rinvio, poiché la difesa riteneva comunque assenti nella motivazione alcuni aspetti cardine, fra cui la distinzione tra legno "sporco" ovvero integrante un rifiuto e legno "non tracciabile" in quanto oggetto di tagli abusivi. Nel dettaglio, il ricorrente aveva cercato di argomentare a più riprese che la società dell'indagato aveva avuto diverse procedure per il controllo riguardanti, non solo la qualità dei materiali, ma anche la tracciabilità del cippato, richiamando le sommarie informazioni testimoniali di uno dei dipendenti della centrale.

L'ordinanza cautelare impugnata avrebbe superato tale assunto difensivo operando un distinguo tra "legno sporco" e "legno non tracciabile", e sostenendo che i controlli fossero stati fatti solo alla prima tipologia di materiale, non anche alla seconda, quello proveniente da tagli non autorizzati. Il Tribunale aveva confermato l'ordinanza cautelare sostenendo che seppur la società dell'indagato avesse opposto un rifiuto al conferimento del legno sporco, da ciò non potrebbe di certo escludersi aprioristicamente che, invece, avesse potuto accettare conferimenti non tracciabili.

La Cassazione ha nuovamente annullato l'ordinanza impugnata con rinvio al Tribunale di merito per nuovo giudizio, ritenendo le motivazioni del tutto congetturali, e carenti di un riferimento specifico a elementi concreti in grado di far emergere il tipo di conferimenti sui quali i controllori "chiudevano gli occhi" e "lasciavano passare": trascurando di confrontarsi con una specifica deduzione difensiva incentrata sulla esistenza, nell'azienda, di controlli miranti anche alla verifica della tracciabilità (non solo della qualità) dei materiali, evocando le dichiarazioni di un collaboratore dell'azienda.

Questa vicenda, che sta impegnando da tempo giudici di merito e di legittimità, ha un significato che va al di là dei singoli fatti contestati. Intanto va segnalato come le procedure aziendali interne per la verifica dei materiali in ingresso nelle centrali a biomasse possano divenire un elemento probatorio difensivo tale da mettere in dubbio le tesi accusatorie; vi è poi un messaggio implicito rilevante per chi opera con compiti di controllo o di polizia giudiziaria, a cui viene richiesto di raccogliere sempre gli elementi concreti in grado di far emergere il tipo di conferimenti ricevuti dalla centrale; infine la natura delle (gravi) contestazioni di delitti da parte dell'accusa fa pensare che prima che un'attività d'impresa rilevante dal punto di vista economico e ambientale possa entrare nell'orbita di interessi criminali sarebbe sempre auspicabile che un adeguato sistema di controlli pubblici preventivi contribuisse a mantenerla nell'alveo della legalità.

# MEDIATECA

Libri, video, podcast, rapporti e pubblicazioni di attualità • A cura della redazione di Ecoscienza



## VERTIGO

Video scenarios of rapid changes

Mostra a cura di Urs Stahel  
Mast Galleries, via Speranza 42, Bologna  
Ingresso gratuito, senza prenotazione, aperta fino al 30 giugno 2024, martedì-domenica, ore 10-19

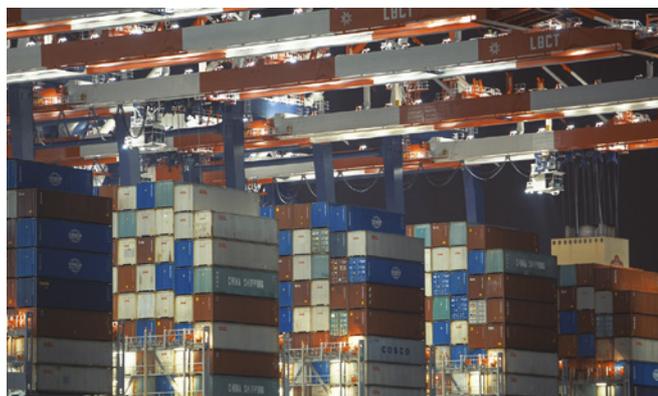
Video ipnotici. Video che sono dei mini film. La Fondazione Mast di Bologna ospita 34 opere di videoarte realizzate da 29 artisti internazionali e appartenenti a generazioni diverse, per raccontare (in sei sezioni e alcuni intermezzi commentati) la società che muta rapidamente in ogni suo ambito: il lavoro e i processi produttivi, il commercio e i traffici, i comportamenti, la comunicazione, l'ambiente naturale e il contratto sociale.

La mostra si intitola "Vertigo – Video scenarios of rapid changes" ed è stata curata dal responsabile delle attività espositive della Fondazione Mast, Urs Stahel. Vertigo propone opere video della durata molto diversa, alcune anche di ore, il cui audio può essere ascoltato con il telefono cellulare e le cuffie, inquadrando il QR code accanto alle installazioni. Lungo il percorso ci sono alcune sedie, spostabili, che consentono la visione agevole dei filmati.

La mostra è pensata per essere scoperta anche nel corso di più di una visita, per completare la visione delle opere e tentare di dare un senso alla vertigine e allo smarrimento che suscitano.

C'è tempo per vederla fino al 30 giugno 2024, nelle belle sale del Mast di Bologna. (BG)

Info su [www.mast.org/vertigo-video-scenarios-of-rapid-changes](http://www.mast.org/vertigo-video-scenarios-of-rapid-changes)



© Kaya & Blank, by SIAE 2024. Courtesy of the artists



## LA QUALITÀ DELL'ARIA IN ITALIA. EDIZIONE 2023

Rapporto Snpa 40/2024

A cura di Snpa  
313 pp, [www.snpambiente.it](http://www.snpambiente.it)

Il rapporto rappresenta un momento di sintesi delle attività che le strutture tecniche del Snpa conducono, collaborando tra loro e con gli istituti di ricerca nazionali, con l'obiettivo di fornire elementi di discussione e di approfondimento sui temi che riguardano la valutazione e la

gestione della qualità dell'aria.

Vengono analizzati, con riferimento al periodo 2013-2022, lo stato, il trend e le dinamiche dell'inquinamento atmosferico in Italia, i progressi nelle azioni di risanamento e nelle conoscenze scientifiche sul tema. Il report approfondisce inoltre i temi della caratterizzazione delle sorgenti, della modellistica atmosferica, del controllo/assicurazione di qualità delle misure e delle evidenze emergenti sugli impatti sulla salute.

In occasione della presentazione del rapporto (Torino, 15 marzo 2024) è stata pubblicata anche un'informativa sulla qualità dell'aria in Italia nel 2023, disponibile all'indirizzo [www.snpambiente.it/la-qualita-dellaria-in-italia-nel-2023](http://www.snpambiente.it/la-qualita-dellaria-in-italia-nel-2023).



## RAPPORTO AMBIENTE - SNPA. EDIZIONE 2023

Rapporto Snpa 39/2023

A cura di Snpa  
291 pp, [www.snpambiente.it](http://www.snpambiente.it)

Il Rapporto Ambiente – Snpa nasce nell'ambito del Snpa per un'ampia ed efficace divulgazione dei dati e dell'informazione ambientale prodotta da Ispra e dalle Arpa/Appa. La base dati è la banca dati indicatori ambientali Ispra. Il Rapporto è realizzato in un unico volume

strutturato in due parti. La prima descrive le realtà regionali attraverso l'analisi di 21 indicatori; la seconda è composta da brevi articoli che riguardano specificità regionali e attività Snpa particolarmente rilevanti e di interesse per la collettività.

## IN BREVE

In Europa caldo estremo, siccità, incendi boschivi e inondazioni sono destinati ad acuirsi anche in base agli scenari più ottimistici in materia di riscaldamento globale e a incidere sulle condizioni di vita in tutto il continente. L'Agenzia europea dell'ambiente (Eea) ha pubblicato i risultati della prima *European climate risk assessment*, Eucra (valutazione europea dei rischi climatici, [www.eea.europa.eu/it/highlights/europa-impresparata-ad-affrontare-la](http://www.eea.europa.eu/it/highlights/europa-impresparata-ad-affrontare-la)). Ne emerge che le politiche e gli interventi di adattamento non tengono il ritmo con la rapida evoluzione dei rischi climatici e che in molti casi un adattamento incrementale non sarà sufficiente. Inoltre, poiché numerose misure volte a migliorare la resilienza ai cambiamenti climatici richiedono molto tempo, possono essere necessari interventi urgenti anche per rischi non ancora critici.

**Arpae Emilia-Romagna** è l'Agenzia della Regione che si occupa di ambiente ed energia sotto diversi aspetti. Obiettivo dell'Agenzia è favorire la sostenibilità delle attività umane che influiscono sull'ambiente, sulla salute, sulla sicurezza del territorio, sia attraverso i controlli, le valutazioni e gli atti autorizzativi previsti dalle norme, sia attraverso progetti, attività di prevenzione, comunicazione ambientale ed educazione alla sostenibilità. Arpae è impegnata anche nello sviluppo di sistemi e modelli di previsione per migliorare la qualità dei sistemi ambientali, affrontare il cambiamento climatico e le nuove forme di inquinamento e di degrado degli ecosistemi. L'Agenzia opera attraverso un'organizzazione di servizi a rete, articolata sul territorio. Quattro Aree prevenzione ambientale, organizzate in distretti, garantiscono l'attività di vigilanza e di controllo capillare; quattro Aree autorizzazioni e concessioni presidiano i processi di autorizzazione ambientale e di concessione per l'uso delle risorse idriche; una rete di Centri tematici, distribuita sul territorio, svolge attività operative e cura progetti e ricerche specialistici; il Laboratorio multisito garantisce le analisi sulle diverse matrici ambientali. Completano la rete Arpae due strutture dedicate rispettivamente all'analisi del mare e alla meteorologia e al clima, le cui attività operative e di ricerca sono strettamente correlate a quelle degli organismi territoriali e tematici. Il sito web [www.arpae.it](http://www.arpae.it), quotidianamente aggiornato e arricchito, è il principale strumento di diffusione delle informazioni, dei dati e delle conoscenze ambientali.



### Le principali attività

- › Valutazioni e autorizzazioni ambientali
- › Vigilanza e controllo ambientale del territorio e delle attività dell'uomo
- › Gestione delle reti di monitoraggio dello stato ambientale
- › Studio, ricerca e controllo in campo ambientale
- › Emissione di pareri tecnici ambientali
- › Concessioni per l'uso delle risorse idriche e demaniali
- › Previsioni e studi idrologici, meteorologici e climatici
- › Gestione delle emergenze ambientali
- › Centro funzionale e di competenza della Protezione civile
- › Campionamento e attività analitica di laboratorio
- › Diffusione di informazioni ambientali
- › Diffusione dei sistemi di gestione ambientale

Maltrattiamo la terra perché  
la consideriamo una merce  
che ci appartiene. Se  
vediamo la terra come una  
comunità a cui apparteniamo,  
possiamo iniziare a usarla  
con amore e rispetto.

Aldo Leopold