Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

RAPPORTO AMBIENTE - SNPA EDIZIONE 2025

Delibera del Consiglio SNPA n. 298/2025 del 24.10.2025

REPORT DI SISTEMA
SNPA | **45** 2025

Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

RAPPORTO AMBIENTE - SNPA
EDIZIONE 2025

Delibera del Consiglio SNPA. n. 298/2025 del 24.10.2025

REPORT AMBIENTALI SNPA | **45** 2025

ISBN 978-88-448-1278-2 | Roma, ottobre 2025

Il Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) è operativo dal 14 gennaio 2017, data di entrata in vigore della legge 28 giugno 2016, n. 132 di "Istituzione del Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente e disciplina dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale" (ISPRA).
Il SNPA è composto dall'ISPRA, ente pubblico nazionale di ricerca che ne coordina le attività, e dalle agenzie per la protezione dell'ambiente delle Regioni e delle Province autonome di Trento e Bolzano.
Attraverso la cooperazione a rete, il Sistema lavora per raggiungere prestazioni tecniche ambientali uniformi sull'intero territorio nazionale, a vantaggio della tutela dell'ambiente e a beneficio della popolazione, dell'attività delle imprese e del sistema pubblico in generale. Le prestazioni tecniche riguardano le attività ispettive e di controllo ambientale, il monitoraggio dello stato dell'ambiente, il controllo delle fonti e dei fattori di inquinamento, il supporto alle attività in campo ambientale dello Stato, delle Regioni e degli enti locali, la ricerca finalizzata a tali scopi nonché la raccolta, l'organizzazione e diffusione dei dati e delle informazioni ambientali che sono riferimenti ufficiali dell'attività di tutta la pubblica amministrazione.
Il Sistema produce documenti tecnici quali Report ambientali SNPA, Linee guida SNPA, Pubblicazioni tecniche SNPA e pareri vincolanti in base alla legge. Organo deliberativo del Sistema è, ai sensi dell'art. 10 della legge n. 132/2016, il Consiglio del Sistema Nazionale, presieduto dal presidente dell'ISPRA e composto dai rappresentanti legali delle agenzie e dal Direttore generale dell'Istituto.
Le persone che agiscono per conto delle componenti del Sistema non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in queste pubblicazioni.

Citare questo documento come segue:
SNPA, Rapporto ambiente SNPA, Report ambientali SNPA, 45/2025

La collana Report ambientali SNPA include raccolte sistematiche e periodiche di dati e/o informazioni ambientali, anche in chiave evolutiva, su tematiche di rilievo nazionale e per la diffusione al pubblico.

ISBN 978-88-448-1278-2
© Report ambientali SNPA, 45/2025

Riproduzione autorizzata citando la fonte.

Copertina:
Sonia Poponessi – Ufficio Grafica ISPRA
Foto Copertina: Archivio ISPRA

Ottobre 2025

Abstract
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 offre un'analisi dello stato dell'ambiente attraverso indicatori: 6 a livello regionale (Regional Profile) e 22 a livello nazionale e regionale; la seconda è composta da brevi articoli che riguardano specificità regionali e/o attività SNPA particolarmente rilevanti e di interesse per la collettività.
The Environment Report-SNPA was created within the SNPA for a wide and effective dissemination of environmental data and information produced by ISPRA and by ARPA/APPA. The data source is the ISPRA environmental indicators database. The report consists of one document, structured in two parts. The first section provides an assessment of the state of the environment through a set of

indicators: six at the regional level (Regional Profile) and twenty-two at both national and regional scales. The second section consists of short articles focusing on regional specificities and/or SNPA activities that are particularly relevant and of public interest.

Parole chiave: ambiente, indicatori, *Green deal*, VIII Programma d'azione ambientale, focus.

Keywords: environment, indicators, *Green Deal*, *VIII Environmental Action Programme, focus*.

Redattori/Autori

Il documento è stato realizzato a cura di:

Comitato Tecnico di Redazione (CDR)

Cristina FRIZZA – Coordinatore RR-TEM-17 (ISPRA)
Fulvio RAVIOLA – (ARPA Piemonte)
Paola Sonia PETILLO – (ARPA Campania)
Roberto MALLEGNI – (ARPAE Emilia-Romagna) Anna
Maria BAMBO – (ARPA Friuli Venezia Giulia)
Marilù ARMATO – (ARPA Sicilia)
Diego PALAZZUOLI – (ARPA Toscana)
Caterina NUCCIOTTI – (ARPAE Emilia-Romagna)
Francesca BONEMAZZI – (ARPA Friuli Venezia Giulia)
Patrizia VALENTINI – (ISPRA)

Il CDR ha selezionato gli articoli per ciascuna tematica.
Ha assicurato la revisione tecnico scientifica degli stessi nonché la revisione tecnica complessiva. Ha provveduto alla stesura delle sintesi, al coordinamento delle infografiche e all'assemblaggio del documento.

La RR-TEM-17 è costituita da:

Cristina FRIZZA – Coordinatore RR-TEM-17 (ISPRA)
Valerio DI GIANCROCE – (ARPA Abruzzo)
Adelchi ACAMPORA – (ARPA Basilicata)
Teresa BENINCASA – (ARPA Calabria)
Paola Sonia PETILLO – (ARPA Campania)
Roberto MALLEGNI – (ARPAE Emilia-Romagna)
Anna Maria BAMBO– (ARPA Friuli Venezia Giulia)
Sergio TARSIERO – (ARPA Lazio)
Federico GRASSO – (ARPA Liguria)
Chiara ANTONIAZZI – (ARPA Lombardia)
Marco FANELLI – (ARPA Marche)
Michela PRESUTTI – (ARPA Molise)
Fulvio RAVIOLA – (ARPA Piemonte)
Erminia SGARAMELLA – (ARPA Puglia)
Sergio PILURZU – (ARPA Sardegna)
Marilù ARMATO – (ARPA Sicilia)
Simona CERRAI – (ARPA Toscana)
Jacopo MANTOAN – (APPA Trento)
Paolo STRANIERI – (ARPA Umbria)
Marco CAPPIO BORLINO – (ARPA Valle d'Aosta)
Giovanna ZIROLDO – (ARPA Veneto)

Il dettaglio degli autori è riportato all'inizio di ogni contributo.

Percorso Istruttorio

Documento elaborato nell'ambito delle articolazioni istruttorie del Consiglio SNPA:
Rete tematica RR TEM 17 Reporting e indicatori

Documento condiviso con:
Reti tematiche SNPA: RR TEM 03, RR TEM 06, RR TEM 07, RR TEM 09, RR TEM 10, RR TEM 13, RR TEM 14, RR TEM 18, RR TEM 19, RR TEM 20, RR TEM 21, RR TEM 22, RR TEM 23, RR TEM 25, RR TEM 26, RR TEM 27, RR TEM 28, RR TEM 29, RR TEM 30,
Osservatorio SNPA OSS 02
Coordinamento Tecnico Operativo (CTO) SNPA

Ulteriori contributori

Stefano FERRETTI – (ARPA Liguria)
Task Force Annuario – (ISPRA)

Le infografiche sono state realizzate da:

Caterina NUCCIOTTI – (ARPAE Emilia-Romagna)
Gabriele ROSSI - (ARPA Toscana)

Foto:

pag 155 Pixabay
pag 232 La forza della natura – Lombardia- Meteorologia –Maria Elena Garini
pag 255 RicliAmo – Veneto – Economia circolare –Amelia De Lazzari
pag 266 Biciclettando-Salute-Toscana-Picozzi
pag 309 Cetonia aurata, un gioiello a sei zampe – Lazio – Biodiversità –Andrea Bonifazi
pag 344 Monitoraggio deposizioni atmosferiche – Sardegna – Aria –Giuliano Saiu
pag 399 Pixabay

Si ringraziano:

il Presidente e il vice Presidente SNPA;
i Direttori Generali SNPA, per aver promosso e sostenuto questa attività;
l'Area di Presidenza SNPA, l'Area di Direzione SNPA, il Comitato Tecnico Operativo SNPA;
le Reti: RR TEM 03, RR TEM 06, RR TEM 07, RR TEM 09, RR TEM 10, RR TEM 13, RR TEM 14, RR TEM 18, RR TEM 19, RR TEM 20, RR TEM 21, RR TEM 22, RR TEM 23, RR TEM 25, RR TEM 26, RR TEM 27, RR TEM 28, RR TEM 29, RR TEM 30,
Osservatori SNPA: OSS 02, OSS 03.

Si esprime un particolare ringraziamento alla Dott.ssa Mariaconcetta Giunta, Responsabile del Servizio per l'informazione, le statistiche e il reporting sullo stato dell'ambiente, per il costante impegno nel promuovere e sostenere la realizzazione di questo rapporto, sin dalla sua prima edizione.

Un sentito ringraziamento va a tutti coloro che a vario titolo hanno collaborato alla stesura del Rapporto di Sistema sullo Stato dell'Ambiente

PRESENTAZIONE

È con profonda soddisfazione che vi presento la quinta edizione del Rapporto Ambiente – SNPA, realizzato dal Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente in attuazione della Legge n. 132 del 2016.

Desidero ribadire che questo Rapporto non è semplicemente un documento tecnico, ma rappresenta un atto pragmatico, concepito come uno strumento utile per decisori pubblici, enti locali e cittadini, mettendo a disposizione una conoscenza ambientale di qualità — affidabile, comparabile e comunicabile.

Ritengo infatti che per affrontare con efficacia le sfide ambientali servano scelte pragmatiche, dati solidi e un approccio operativo. Non basta misurare: occorre saper tradurre i numeri in azioni efficaci e concrete. È questo il pragmatismo che guida l'azione del SNPA, un sistema che opera quotidianamente "sul terreno", accanto ai territori, fornendo strumenti e analisi capaci di sostenere le decisioni pubbliche e le strategie di sviluppo sostenibile.

Questa edizione del Rapporto prosegue nel solco tracciato dalle precedenti, ma introduce anche importanti innovazioni. Accanto a una visione integrata di ambiente, clima, economia e società, il volume si arricchisce della sezione dei profili regionali, che consente una lettura più diretta e territoriale dei fenomeni ambientali. Tale impostazione è in linea con il recente Report "Europe's Environment 2025" dell'Agenzia Europea per l'Ambiente, al quale l'Italia ha contribuito attivamente, rafforzando il proprio ruolo nel sistema europeo di reporting ambientale.

Il Rapporto è costruito su un patrimonio informativo consolidato: dati di monitoraggio, controlli ambientali, indicatori, banche dati tematiche, indagini e progetti di supporto tecnico-scientifico. Ma non si limita a descrivere: è uno strumento pratico e operativo, pensato per orientare le scelte amministrative e politiche, e per sostenere un dialogo concreto tra conoscenza tecnica e azione pubblica.

In occasione della presentazione del Report europeo alla Commissione, lo scorso 30 settembre, ho voluto sottolineare un punto che considero fondamentale: non è sufficiente osservare l'ambiente dall'esterno. È importante far dialogare i dati europei con le realtà nazionali e regionali, affinché il *reporting* ambientale diventi davvero utile a chi deve decidere. In questa stessa prospettiva, il Rapporto SNPA si propone come ponte tra il quadro europeo e le specificità italiane, come traduttore e strumento applicativo dei grandi obiettivi di sostenibilità sul territorio.

Questo documento conferma il ruolo centrale del SNPA quale rete italiana di conoscenza ambientale affidabile, e rappresenta uno strumento attraverso il quale diamo concretezza a un principio che considero fondamentale: la trasparenza e la condivisione della conoscenza ambientale come pilastri di ogni politica di sostenibilità. Mettere a disposizione di decisori, istituzioni e cittadini dati aggiornati e verificati significa consentire a tutti di comprendere meglio le condizioni del nostro ambiente, i rischi e le opportunità del cambiamento, e di orientare le proprie scelte in modo informato e consapevole.

Come ho più volte ricordato, nessuna azione di tutela o prevenzione può essere efficace senza conoscenza. I dati ambientali non sono un esercizio tecnico, ma uno strumento di responsabilità collettiva, che consente di agire in modo tempestivo e condiviso. Il compito delle istituzioni tecniche, come il SNPA, è proprio quello di fornire conoscenze chiare, trasparenti e accessibili, traducendo la complessità scientifica in linguaggi comprensibili e quelli utili per tutti.

In questo contesto, il *reporting* ambientale assume un ruolo centrale. Il Rapporto è solo una delle molteplici modalità con cui il Sistema diffonde le proprie informazioni — insieme ai portali tematici, alle piattaforme digitali e ai canali social che raggiungono ogni giorno un pubblico sempre più ampio. Rendere i dati accessibili significa rendere ciascun cittadino parte attiva nel processo di tutela, promuovendo partecipazione, corresponsabilità e consapevolezza.
Lo sforzo redazionale del Rapporto integra la solidità della reportistica tecnica con modalità divulgative più accessibili: il linguaggio scientifico è stato reso più leggibile, accompagnato da sintesi visive e approfondimenti tematici, per favorire la comprensione anche da parte di un pubblico non specialistico. L'obiettivo è che il Rapporto non sia solo un documento di riferimento tecnico, ma anche un'occasione di dialogo con i lettori interni ed esterni, con gli stakeholder regionali, le amministrazioni, i tecnici e la comunità scientifica.
In questa prospettiva, il Rapporto assume una funzione propositiva: non si limita a fotografare lo stato dell'ambiente, ma propone elementi di riflessione e confronto sulle traiettorie di cambiamento, sulle priorità di intervento e sulle politiche ambientali da rafforzare. In tal modo, esso diventa uno strumento di governance ambientale, capace di orientare strategie e azioni su scala nazionale e regionale.
Desidero esprimere un ringraziamento sincero a tutte le strutture di ISPRA e delle ARPA/APPA che, con dedizione, competenza e spirito di servizio, hanno reso possibile questa edizione. Il percorso è collettivo, e il valore del Rapporto nasce proprio dalla qualità del lavoro congiunto e dalla capacità del Sistema di agire in modo coordinato.
Con questo Rapporto consegniamo un patrimonio di conoscenza che, sono certo, potrà contribuire a rafforzare la cultura della sostenibilità, orientare le politiche ambientali e supportare il lavoro dei decisori.
Il nostro impegno continua: monitorare meglio, interpretare con rigore e comunicare con efficacia, nell'interesse dell'ambiente, dei cittadini e delle generazioni future.

Prefetto Stefano Laporta

Presidente ISPRA e SNPA

SOMMARIO

PRESENTAZIONE 6
INTRODUZIONE 13
SINTESI DELLO STATO DELL'AMBIENTE 16
REGIONAL PROFILE 27
INDICATORI AMBIENTALI 154
Emissioni di gas serra 166
Quota di energie rinnovabili nel consumo di energia finale lordo 168
Strategie e Piani di Adattamento ai Cambiamenti Climatici regionali 170
Produzione dei rifiuti urbani 172
Incidenza del turismo sui rifiuti 174
Raccolta differenziata 176
Rifiuti urbani smaltiti in discarica 178
Produzione dei rifiuti speciali 180
Qualità dell'aria: PM 2,5 182
Qualità dell'aria: PM10 186
Stato chimico delle acque superficiali interne 188
Stato ecologico delle acque superficiali interne 190
Stato chimico delle acque sotterranee (SCAS) 192
Stato ecologico delle acque marino costiere 194
Stato chimico delle acque marino costiere 196
Superficie nazionale ad agricoltura biologica 198
Sorgenti di rumore controllate 200
Aree terrestri e marine tutelate 202
Consumo di suolo 204
Controlli SNPA (AIA e Seveso) 206
Comunicazione ambientale 208
FOCUS 210

SINTESI 210
Il presidio tecnico di Sistema 215
CAMBIAMENTI CLIMATICI 231
MAPPATURA DELLE AREE URBANE SENSIBILI AGLI EFFETTI DELLE ISOLE DI CALORE. L'ESEMPIO SULLA CITTÀ DI TORINO 232
MODELLO SUI PICCOLI BACINI: SPERIMENTAZIONE CON I COMUNI LIGURI 236
GARMOSAT, UN APPROCCIO MULTIDISCIPLINARE ALLA DETERMINAZIONE DELLE EMISSIONI FUGGITIVE DI BIOGAS DA DISCARICA 240
PROGRAMMI NAZIONALI DI COLLABORAZIONE IN AMBITO DEI SERVIZI COPERNICUS 246
CLINE: LA PIATTAFORMA *OPEN SOURCE* CLIMA NORD-EST. UN NUOVO STRUMENTO PER IL QUADRO CLIMATICO REGIONALE 250
ECONOMIA CIRCOLARE E GESTIONE DEI RIFIUTI 254
APPLICATIVO FANGHI: UN NUOVO STRUMENTO DI CONTROLLO DELLE ATTIVITÀ DI RECUPERO IN AGRICOLTURA E DI VALORIZZAZIONE DEI DATI DI VERIFICA DEI TERRENI E DEI RIFIUTI UTILIZZATI. 255
RISPETTA IL TRENTINO", UNA CAMPAGNA DI COMUNICAZIONE PER LA RIDUZIONE E LA GESTIONE SOSTENIBILE DEI RIFIUTI 259
PRODUZIONE E GESTIONE DEI RAEE (RIFIUTI DA APPARECCHIATURE ELETTRICHE ED ELETTRONICHE) IN CAMPANIA NEL 2023 262
AMBIENTE E SALUTE 265
IMPATTO DEI CONTAMINANTI AMBIENTALI TOSSICI E PERSISTENTI DI INTERESSE PRIORITARIO NEI PRODOTTI ITTICI DEL MAR MEDITERRANEO. SCENARI DI ESPOSIZIONE ALIMENTARE ED EFFETTI SULLA SALUTE UMANA: IL PROGETTO CAP-FISH 266
CARATTERIZZAZIONE DEL PROFILO DI CONTAMINAZIONE DEI SIN NEL PROGETTO PNC IN-SINERGIA "VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE DI POPOLAZIONE AGLI INQUINANTI ORGANICI PERSISTENTI, METALLI E PFAS ED EFFETTI SANITARI, CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE POPOLAZIONI PIÙ SUSCETTIBILI 271
MONITORAGGIO ABBATTIMENTO RISCHI SANITARI INQUINAMENTO INDOOR- MISSION 274
APP MOBILE "BALNEAZIONE ARPAC" PER VERIFICARE LA BALNEABILITÀ IN REGIONE CAMPANIA 277

MONITORAGGIO *INDOOR* (H_2S E CO_2) SULL'ISOLA DI VULCANO 280
IN STRADA PER LA PROTEZIONE DELLE PERSONE ATTRAVERSO LA MAPPATURA DEL CAMPO ELETTRICO SUL TERRITORIO 284
RICERCA DEI FARMACI NELLE ACQUE REFLUE URBANE E NEI CORPI IDRICI SUPERFICIALI: L'ATTIVITÀ DI ARPA FVG 289
ANTIBIOTICO RESISTENZA NELLE ACQUE REFLUE URBANE 292
STUDIO DI BIOMONITORAGGIO DELL'OZONO IN ABRUZZO ATTRAVERSO L'UTILIZZO DI KIT MINIATURIZZATI DI NICOTIANA TABACUM 295
ONE WATER, ONE HEALTH. ACQUE DESTINATE AL CONSUMO UMANO: APPROCCIO BASATO SULLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO E METODI ALTERNATIVI 300
CONTROLLI SULLE SORGENTI DI RUMORE E I CONTESTI AMBIENTALI 304
BIODIVERSITÀ E CAPITALE NATURALE 309
DUE NUOVE SPECIE ALIENE SEGNALATE NEL PORTO DI CATANIA 310
VALUTAZIONE SULLA DISTRIBUZIONE QUALI-QUANTITATIVA DEL RICCIO DI MARE (PARACENTROTUS LIVIDUS) IN PUGLIA 317
BANCA DEL GERMOPLASMA 321
CONTAMINAZIONE DA PFAS NEI DELFINI STENELLA COERULEOALBA SPIAGGIATI LUNGO LA COSTA TOSCANA 325
FIORITURE DI PYRAMIMONAS SPP NEL GOLFO DI LAMEZIA 328
PIANTE E ANIMALI ESOTICI: L'IMPORTANZA DEL MONITORAGGIO CONTINUO 330
SPECIE ALIENE INVASIVE: PUNTI DI INGRESSO E TECNICHE DI MONITORAGGIO 336
LE MEDUSE IN SARDEGNA. BIOECOLOGIA E DISTRIBUZIONE DELLE SPECIE AVVISTATE DURANTE I MONITORAGGI DELLA STRATEGIA MARINA 340
MONITORAGGIO E CONTROLLI 344
IL PROGETTO SPOTT (SORVEGLIANZA SULLA SALUTE DELLA POPOLAZIONE NEI PRESSI DEL TERMOVALORIZZATORE DI TORINO) 345
UN NUOVO ALGORITMO PER L'IDENTIFICAZIONE E L'ATTRIBUZIONE DEI CONTRIBUTI AL PM10 DA DIVERSE SORGENTI DI AEROSOL BASATO SU MISURE FISICO-OTTICHE AD ALTA RISOLUZIONE TEMPORALE: APPLICAZIONE A UNA SERIE PLURIENNALE DI UN SITO URBANO IN VALLE ALPINA E IMPLEMENTAZIONE IN TEMPO REALE 349

IL WEBGIS A SERVIZIO DELLE ATTIVITÀ IN CAMPO DI MONITORAGGIO, CONTROLLO E ISPEZIONI DI TEMI E MATRICI AMBIENTALI 353
L'UTILIZZO DEI DRONI NELLE CRITICITÀ POST ALLUVIONE 358
BENZENE A TARANTO: STUDIO E INDIVIDUAZIONE DELLE FONTI EMISSIVE IN UN'AREA INDUSTRIALE COMPLESSA 362
SINERGIE TRA ARPAS E ISPRA IN MATERIA DI MONITORAGGIO E CONTROLLO DELLE CONDIZIONI AMBIENTALI CONTENUTE NEI PROVVEDIMENTI DI VIA 366
L'IMPATTO ACUSTICO DELLE ATTIVITÀ COMMERCIALI CON INTRATTENIMENTO MUSICALE ANCHE IN ESTERNO 370
GESTIONE ED UTILIZZO DI UNA RETE DI AUTOCAMPIONATORI REFRIGERATI FISSI POSIZIONATI PRESSO I DEPURATORI COSTIERI CALABRESI PER CONTROLLO E MONITORAGGIO DELLE ACQUE REFLUE DEPURATE 373
ACQUE SOTTERRANEE E TERREMOTI 377
AUMENTO DELLE CONOSCENZE SULLA PRESENZA DI SOSTANZE PERFLUOROALCHILICHE (PFAS) DI VECCHIA E NUOVA GENERAZIONE NEI CORPI IDRICI SUPERFICIALI E SOTTERRANEI DELLA LOMBARDIA 381
STUDIO DEI MECCANISMI E DELLE VIE DI INFILTRAZIONE PREFERENZIALE DI MATERIALI IN SOSPENSIONE NEGLI ACQUIFERI CARSICI DEL MASSICCIO DELLE ALPI APUANE 385
POA ACQUACENTRO – ANALISI DELLE PRESSIONI E DEGLI IMPATTI SUI CORPI IDRICI SOTTERRANEI CARBONATICI RICADENTI NEL TERRITORIO DELLA REGIONE LAZIO, NELL'AMBITO DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DELL'APPENNINO CENTRALE 389
IMPLEMENTAZIONE DI UNA RETE DI MONITORAGGIO QUANTITATIVO IN CONTINUO DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI DELLA REGIONE MARCHE 393
ATTIVITA' OPERATIVA DI RICERCA DEI SITI A RISCHIO INTERRAMENTO RIFIUTI 396
COMUNICAZIONE **ED EDUCAZIONE** AMBIENTALE 399
IL PROGETTO RESILIO (TECNOLOGIE DIGITALI FONDAMENTALI, INTELLIGENZA ARTIFICIALE, INTERNET DELLE COSE E *QUANTUM MACHINE LEARNING* PER LA RESILIENZA AMBIENTALE) 400
INFORMAZIONE AMBIENTALE E SOSTENIBILITÀ: UN PROGETTO PER LE IMPRESE VERSO UN FUTURO PIÙ *GREEN* 403

IL RAPPORTO IDROMETEOCLIMA DI ARPAE: UN ESERCIZIO DI DIVULGAZIONE DELL'INFORMAZIONE CLIMATICA 406
IL PENSIERO SISTEMICO MESSO IN PRATICA NELL'EDUCAZIONE AMBIENTALE E ALLA SOSTENIBILITÀ NELLE SCUOLE SECONDARIE DELLA PROVINCIA DI TRENTO 411
LA PICCOLA BIBLIOTECA AMBIENTALE E UN PALCO PER L'AMBIENTE 416
EDUCARE ALLA SOSTENIBILITÀ COME STRUMENTO DI CAMBIAMENTO PER RIGENERARE SAPERI E COMPORTAMENTI E PROMUOVERE LA SALUTE GLOBALE 419
FAUNA SELVATICA IN CITTÀ: CONOSCERLA PER RISPETTARLA 424
LA SCUOLA DI SPECIALIZZAZIONE IN DISCIPLINE AMBIENTALI DI ISPRA: UN INVESTIMENTO STRATEGICO PER IL FUTURO DEL PAESE 427
CON DANY ALLA SCOPERTA DEL CICLO DELL'ACQUA 430

INTRODUZIONE

ISPRA e le Agenzie ambientali regionali e provinciali rappresentano i principali produttori e gestori di dati e conoscenze ambientali a livello nazionale. Per garantire una divulgazione efficace, omogenea e trasparente delle informazioni ambientali, il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) cura la redazione del Rapporto Ambiente SNPA, giunto alla sua quinta edizione.
L'obiettivo del Rapporto, in continuità con le precedenti edizioni, è quello di fornire a decisori politici e cittadini uno strumento chiaro, accessibile e autorevole per comprendere le condizioni ambientali del nostro Paese e sostenere il percorso verso la sostenibilità. A tal fine, si basa su informazioni oggettive, affidabili e comparabili, utili a valutare l'interazione tra ambiente, clima, economia e società in un'ottica integrata.
Un principio guida nello sviluppo del Rapporto è quello di garantire coerenza con i formati internazionali ed europei di reporting ambientale, valorizzando al contempo i punti di forza delle edizioni precedenti e migliorando le criticità emerse. In vista della presentazione del *Report Europe's Environment* 2025 dell'Agenzia Europea per l'Ambiente, il Rapporto Ambiente SNPA è stato modificato includendo nella parte iniziale un "Profilo regionale", per ciascuna Regione/Provincia autonoma, in coerenza con l'impostazione adottata a livello europeo.
Questa sezione regionale fornisce una valutazione delle tendenze ambientali e climatiche attraverso un set di 6 indicatori selezionati tra i 22 individuati a livello nazionale, con dati coerenti e confrontabili provenienti da fonti ufficiali (principalmente la Banca Dati Indicatori Ambientali ISPRA). Ogni Regione ha inoltre approfondito aspetti ambientali specifici del proprio territorio (come alluvioni, siccità, qualità delle acque, ecc.), offrendo un quadro più aderente alle caratteristiche locali.
L'individuazione dei temi e degli indicatori segue le priorità ambientali europee e nazionali (*Green Deal*, SDGs, VIII Programma di Azione per l'Ambiente, PNRR, Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile). In particolare, l'VIII PAA fino al 2030 promuove la transizione verde e l'efficace monitoraggio degli obiettivi ambientali attraverso un set selezionato di indicatori chiave, tra cui quelli sistemici legati al rapporto tra ambiente, società ed economia.
Il Rapporto è strutturato in un unico volume articolato in due parti:
La prima parte presenta un'analisi dello stato dell'ambiente regionale (Regional Profile), basata su 6 indicatori ambientali, e una visione d'insieme dello stato ambientale nazionale, basata su 22 indicatori ambientali (con disaggregazione nazionale e regionale).
La seconda parte raccoglie contributi brevi su esperienze, progetti e attività di ISPRA, ARPA/APPA e SNPA, rilevanti e rappresentative di 6 tematiche ambientali: Cambiamenti climatici, Economia circolare e gestione dei rifiuti, Ambiente e salute, Biodiversità e capitale naturale, Monitoraggio e controlli, Comunicazione ed educazione ambientale.

Attraverso questo approccio, il Rapporto intende rafforzare la capacità del SNPA di supportare in modo proattivo le politiche ambientali, offrendo una base informativa solida per il monitoraggio dei progressi verso la sostenibilità ambientale del Paese.

Lo stato dell'ambiente in Italia

-26%

Emissioni gas serra 1990-2023

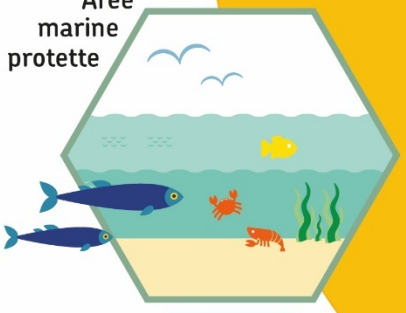
+1,33 °C

Anomalia temperatura media

21,7%

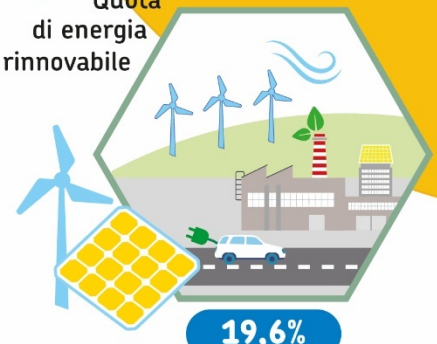
Aree terrestri protette

Aree marine protette



11,6%

Quota di energia rinnovabile



19,6%

Sorgenti di rumore controllate

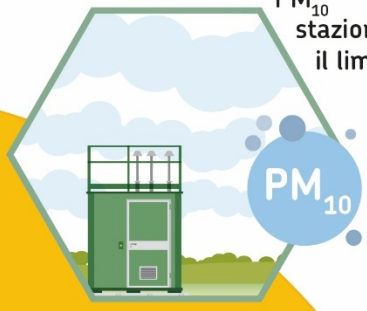
1.755

66,6%

Raccolta differenziata

12%

PM_{10} stazioni che superano il limite giornaliero

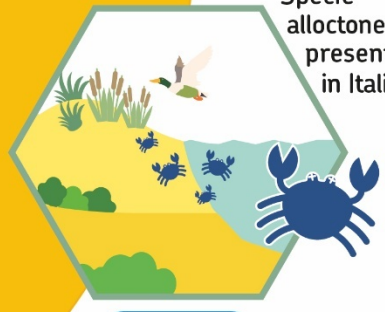


11

Regioni con presenza *di Ostreopsis ovata*

PA

Specie alloctone presenti in Italia



3.659

Consumo di suolo

2,7 m²/s

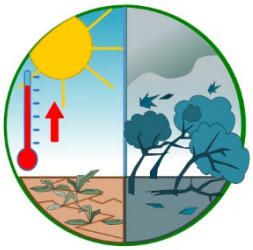
Visite ispettive eseguite da SNPA

1.967

SINTESI DELLO STATO DELL'AMBIENTE

Autore: Cristina Frizza
ISPRA

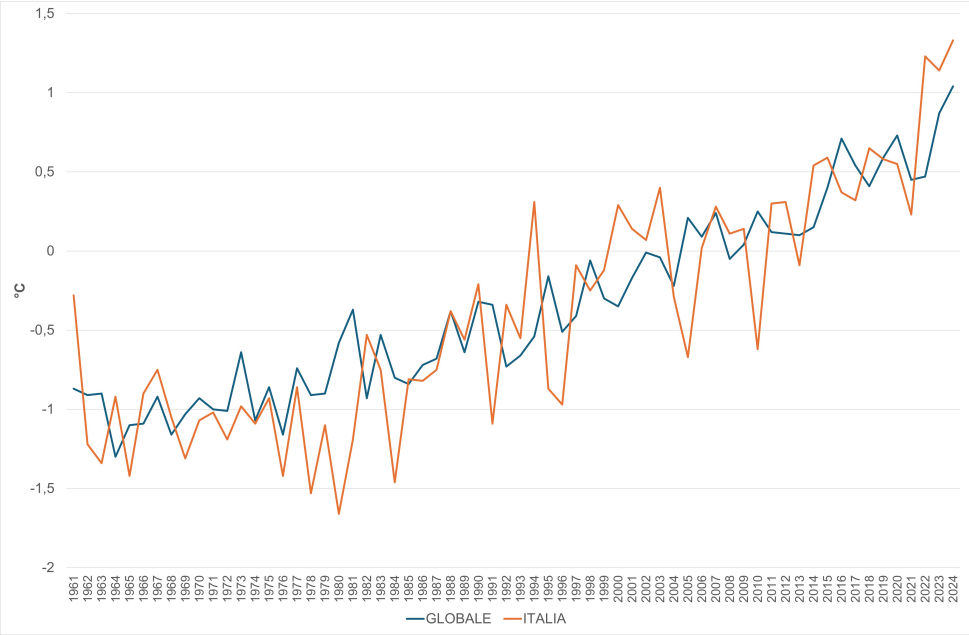
Il Rapporto Ambiente – SNPA, in linea con le funzioni attribuite al Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente dalla Legge n. 132 del 2016, rappresenta uno strumento fondamentale per la diffusione della conoscenza sullo stato dell'ambiente in Italia. Si rivolge non solo ai decisori pubblici e istituzionali, ma anche alla comunità scientifica, ai tecnici e ai cittadini, offrendo una base informativa condivisa e trasparente.
Il documento propone un'analisi comparata delle realtà regionali attraverso 22 indicatori ambientali selezionati e armonizzati all'interno del Sistema. Questi indicatori permettono di cogliere le principali tendenze su temi strategici per la sostenibilità, come la transizione verso modelli produttivi e di consumo più circolari e a basse emissioni, l'aumento del riciclo dei rifiuti, lo sviluppo delle fonti rinnovabili e dell'efficienza energetica. Vengono inoltre affrontati aspetti chiave quali l'agricoltura sostenibile, il valore del capitale naturale per i servizi ecosistemici e l'economia, e la trasformazione del sistema dei trasporti verso una mobilità elettrica, condivisa e a basso impatto ambientale.
Il Rapporto, frutto del lavoro coordinato degli esperti SNPA, evidenzia come il Paese e le sue regioni stiano progredendo su molti fronti ambientali. Tuttavia, per alcune criticità persistenti, sarà necessario intensificare gli sforzi per garantire la tutela e il miglioramento duraturo delle condizioni ambientali, nell'interesse delle generazioni presenti e future.



Valutare con attenzione l'efficacia delle politiche di mitigazione e adattamento ai **cambiamenti climatici** è oggi più che mai essenziale, non solo per misurare i progressi nel tempo, ma anche per indirizzare le azioni future in modo coerente ed efficace.
Il cambiamento climatico è una realtà già in atto, destinata a proseguire nei prossimi decenni e a peggiorare qualora non si adottino adeguate misure di mitigazione. Le temperature medie continuano ad aumentare, i regimi delle precipitazioni risultano sempre più variabili, i ghiacciai e la copertura nevosa sono in progressiva diminuzione e il livello del mare è in costante innalzamento. Fenomeni meteorologici estremi, come ondate di calore, alluvioni e periodi prolungati di siccità, risultano sempre più frequenti e intensi, con conseguenze dirette su ecosistemi, territori e comunità.
L'Accordo di Parigi ha sancito la necessità di contenere l'aumento della **temperatura media globale** ben al di sotto dei 2°C rispetto ai livelli preindustriali, puntando a limitarlo a 1,5°C. Superare questa soglia comporterebbe conseguenze gravi per l'ambiente, la salute e il benessere umano. In Italia, il 2024 è risultato l'anno più caldo dal 1961, raggiungendo un'anomalia media rispetto al trentennio 1991-2020 di +1,33 °C, un decimo di grado in più rispetto al 2022, il precedente anno più caldo. L'anno è risultato nettamente il più caldo dal 1961 per le temperature minime, con un'anomalia di +1,40 °C rispetto al clima e un valore di 0,20 °C superiore al 2023, e il secondo più caldo per le massime, dopo il 2022[1].

[1] SNPA, 2025: "Il clima in Italia nel 2024", Report SNPA 44/2025

Serie delle anomalie medie annuali della temperatura media sulla terraferma, globale e in Italia, rispetto ai valori climatologici normali 1991-2020



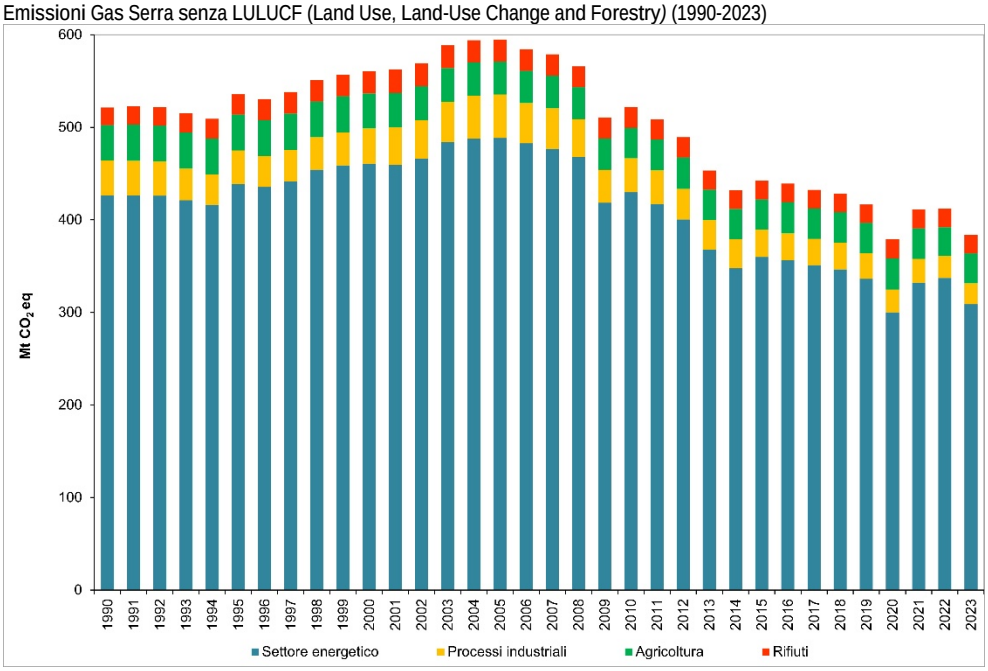
Fonte: Elaborazione: ISPRA su dati del NCDC-National Climatic Data Center del NOAA e di SCIA dell'ISPRA.

La risposta ai cambiamenti climatici si basa su due strategie fondamentali, tra loro strettamente complementari e sinergiche: la mitigazione e l'adattamento.

La mitigazione comprende tutte le azioni volte a ridurre le emissioni di gas a effetto serra, principali responsabili del riscaldamento globale, e a incrementare la capacità di assorbimento naturale del carbonio, ad esempio attraverso la tutela delle foreste e del suolo. I dati dei rapporti ISPRA indicano che il nostro Paese sta proseguendo nella direzione di una graduale decarbonizzazione, anche grazie alla transizione energetica e all'adozione di modelli produttivi più sostenibili. Negli ultimi trent'anni le emissioni di gas serra prodotte dall'Italia si sono ridotte di oltre un quarto rispetto al 1990, passando da 521 a 384 milioni di tonnellate di CO_2 equivalente (1990-2023), riducendosi del 26%.

Le emissioni di gas serra diminuiscono anche rispetto all'anno precedente (2022) del 6,8%. In relazione al regolamento europeo *Effort Sharing*, che stabilisce gli obiettivi vincolanti di riduzione delle emissioni di gas serra per i settori non coperti dal sistema ETS (come trasporti, agricoltura, edilizia e rifiuti), lo scenario di riferimento aggiornato con le politiche adottate fino al 2022 evidenzia che l'Italia, in assenza di ulteriori interventi, non è in linea con il *target* previsto per il 2030, pari a -43,7% rispetto ai livelli del 2005. Per colmare questo divario, è stato sviluppato uno scenario integrativo che include le ulteriori misure previste dal Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC). Tuttavia, anche con l'applicazione di tali politiche, permane una distanza significativa rispetto ai livelli di riduzione annuali richiesti dal regolamento per il periodo 2021–2030.

Emissioni Gas Serra senza LULUCF (Land Use, Land-Use Change and Forestry) (1990-2023)



Fonte: ISPRA

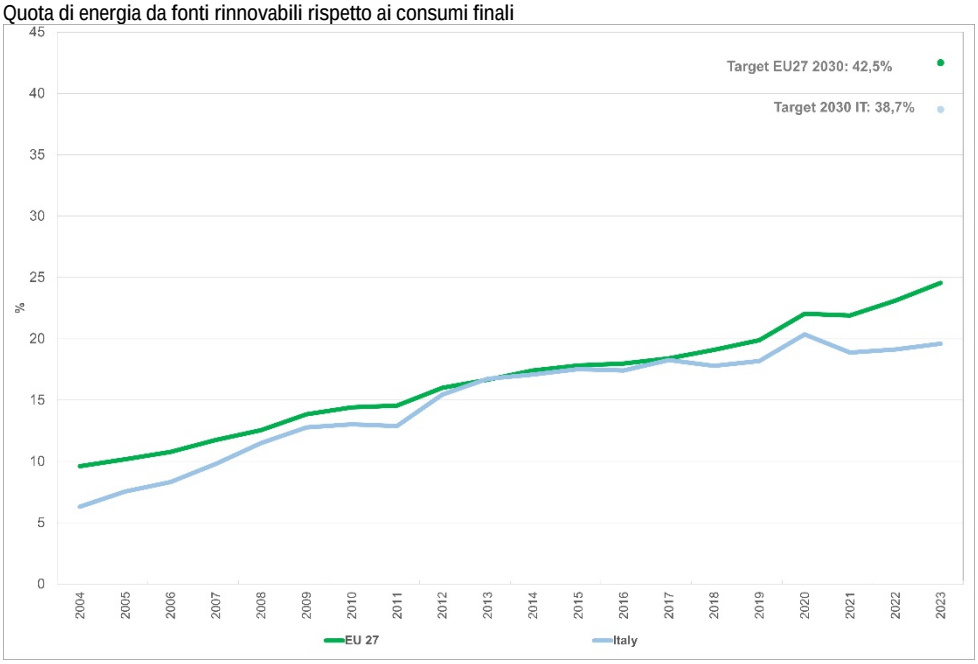
A partire dal 2008, l'Italia ha registrato una progressiva riduzione delle emissioni di gas serra, risultato di molteplici fattori: la contrazione dei consumi energetici e delle produzioni industriali, dovuta in parte alla crisi economica e alla delocalizzazione di alcune attività, ma anche la crescente diffusione delle fonti rinnovabili e i miglioramenti ottenuti in termini di efficienza energetica.

Grazie alle politiche di incentivazione e agli investimenti in tecnologie pulite, il contributo delle rinnovabili è passato da 14 Mtep nel 2005 a oltre 29 Mtep nel 2023, rappresentando oggi il 20,5% del mix energetico nazionale. Contestualmente, la domanda di energia da fonti fossili ha subito una significativa riduzione: dal 2005 al 2023 si è registrato un calo complessivo di 63 Mtep, con una diminuzione media annua del 2,4%. In particolare, si osservano forti riduzioni nell'uso di carbone e petrolio, mentre la flessione del gas naturale risulta più contenuta.

Nel 2023, la quota di energia da fonti rinnovabili rispetto al consumo finale lordo si attesta al 19,6%, con un lieve aumento rispetto al 2022 (+0,5 punti percentuali). Le rinnovabili continuano dunque a rivestire un ruolo centrale nella transizione energetica del Paese, contribuendo in modo sostanziale alla riduzione delle emissioni e alla diversificazione delle fonti.

Tuttavia, per allinearsi agli obiettivi previsti a livello europeo, sarà necessario intensificare gli sforzi: secondo il Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) aggiornato e trasmesso alla Commissione europea il 1° luglio 2024, l'Italia dovrà raggiungere una quota del 38,7% di rinnovabili sul consumo finale lordo entro il 2030.

Quota di energia da fonti rinnovabili rispetto ai consumi finali



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Eurostat

L'economia circolare rappresenta uno degli assi portanti della transizione ecologica promossa a livello europeo e nazionale. A partire dal *Green Deal* europeo e dal Piano d'Azione per l'Economia Circolare della Commissione UE (marzo 2020), si sono moltiplicate le iniziative per ripensare l'intero ciclo di vita dei prodotti, ridurre l'impronta dei consumi, incentivare l'uso efficiente delle risorse e prevenire la produzione dei rifiuti. Anche in Italia, il tema è oggi al centro delle nuove strategie politiche, con il rafforzamento degli strumenti di pianificazione – tra cui il nuovo Programma Nazionale per la Gestione dei Rifiuti, il PNIEC e i piani regionali – e con il recepimento di misure europee in materia di riciclo, recupero e gestione sostenibile. Nel 2023 la produzione nazionale di rifiuti urbani si è attestata a 29,3 milioni di tonnellate, con un leggero aumento (+0,7%) rispetto all'anno precedente. Dopo il picco pre-pandemico (oltre 30 milioni di tonnellate tra il 2018 e il 2019) e il calo registrato nel 2020, i volumi sono tornati a crescere in linea con la ripresa delle attività economiche.

Un elemento centrale delle politiche circolari è la raccolta differenziata, che consente di separare i flussi di rifiuti per facilitare il recupero e il riciclo dei materiali. Nel 2023, la raccolta differenziata ha raggiunto il 66,6%, superando stabilmente l'obiettivo normativo fissato per il 2012 (65%). Il dato mostra un miglioramento costante (+1,4 punti percentuali rispetto al 2022 e oltre 21 punti in dieci anni), con progressi registrati in tutte le macroaree: +1,6 punti al Nord, +1,4 al Sud e +0,8 al Centro. La frazione organica si conferma la più rilevante, con oltre 7 milioni di tonnellate raccolte. Tra i rifiuti differenziati, l'organico si conferma la frazione più raccolta in Italia con quasi 7,5 milioni di tonnellate.

Percentuali di raccolta differenziata dei rifiuti urbani per regione (2023)

Fonte: ISPRA

Nonostante questi risultati positivi, rimane cruciale il tema dello smaltimento in discarica, che secondo il D.Lgs. 121/2020 dovrà essere drasticamente ridotto: dal 15,7% attuale al 10% entro il 2035, in linea con l'obiettivo europeo. Nel 2023, i rifiuti urbani smaltiti in discarica sono stati 4,6 milioni di tonnellate, una quantità ancora elevata che richiede un'accelerazione nei processi di miglioramento e innovazione della gestione. Se si adotta la metodologia di calcolo prevista dal D.Lgs. 36/2003, la quota di rifiuti urbani avviata a discarica sale al 17,3%, segnalando la necessità di un'azione coordinata a livello nazionale e regionale per migliorare la filiera impiantistica, rafforzare le politiche di prevenzione e aumentare i tassi di riciclo. Il quadro complessivo evidenzia i progressi compiuti, ma anche le sfide ancora aperte per rendere l'economia italiana pienamente circolare. Sarà fondamentale continuare a investire in innovazione, educazione ambientale e infrastrutture, promuovendo modelli produttivi e di consumo sempre più sostenibili, in coerenza con gli obiettivi ambientali, climatici e socioeconomici nazionali ed europei.

Il miglioramento della qualità dell'aria rappresenta una priorità a livello europeo e nazionale, con l'obiettivo di tutelare la salute umana e l'ambiente. Le politiche in materia di aria pulita, coerenti con la normativa UE e le indicazioni dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), mirano a ridurre in modo significativo le concentrazioni degli inquinanti atmosferici, avvicinandosi progressivamente ai valori raccomandati dagli standard scientifici internazionali entro il 2030.

I dati sulla qualità dell'aria documentano, per il periodo 2014–2023, una tendenza alla diminuzione dei principali inquinanti, in particolare del particolato atmosferico (PM10 e PM2,5). In questo arco temporale, il PM10 ha mostrato un *trend* decrescente nel 51% delle stazioni di monitoraggio, con una riduzione media annua del 2,1%. Nel 2023 non si sono registrati superamenti del valore limite annuale (40 μg/m³), ma il valore limite giornaliero (50 μg/m³) è stato oltrepassato nel 12% delle stazioni.

Tuttavia, i valori raccomandati dall'OMS, più restrittivi rispetto alla normativa vigente, risultano ancora lontani: il valore annuale di riferimento per il PM10 (15 μg/m³) è stato superato nel 91% delle stazioni, mentre quello giornaliero (45 μg/m³) nell'84% dei casi.

Per il PM2,5, si osserva una riduzione costante, attribuibile al calo delle emissioni di particolato primario e dei suoi precursori (ossidi di azoto, di zolfo, ammoniaca e composti organici volatili). Nel 2023, il valore limite annuale di 25 μg/m³, fissato dalla normativa UE, è stato rispettato in quasi tutte le stazioni (con una sola eccezione, pari allo 0,3%). Tuttavia, quasi tutte le stazioni (il 99,7%) hanno superato il nuovo valore guida annuale OMS, recentemente abbassato a 5 μg/m³ (contro i 10 μg/m³ indicati nelle linee guida precedenti). Questi dati evidenziano che, nonostante i miglioramenti conseguiti negli ultimi anni, l'esposizione della popolazione a livelli di inquinamento superiori a quelli ritenuti sicuri dall'OMS resta elevata.

Con il termine acque interne si intendono tutte le acque superficiali, correnti o stagnanti (come fiumi e laghi), e le acque sotterranee situate all'interno della linea di base utilizzata per delimitare le acque territoriali. Sulla base di quanto stabilito dalla Direttiva Quadro sulle Acque (2000/60/CE), in Italia si contano circa 6.900 corpi idrici fluviali e quasi 350 corpi idrici lacustri, che rappresentano un patrimonio ambientale di grande valore ecologico, paesaggistico e socioeconomico.

Dalle più recenti valutazioni a livello nazionale e di distretto idrografico emerge, rispetto al ciclo di monitoraggio precedente, un miglioramento dello stato chimico dei corpi idrici superficiali, con un aumento delle acque classificate in stato "buono" e una riduzione di quelle non classificate.

Nel dettaglio, nel periodo 2016-2021, il 78% dei fiumi italiani risulta in stato chimico buono, mentre il 13% non raggiunge questo livello e il 9% non è stato classificato. Per quanto riguarda i laghi, il 69% presenta uno stato chimico buono. Dal punto di vista ecologico, che considera aspetti come la biodiversità e la funzionalità degli ecosistemi acquatici, solo il 43% dei corpi idrici superficiali (fiumi e laghi) raggiunge lo stato ecologico buono o superiore, mentre il 10% resta ancora non classificato.

Anche per le acque sotterranee, nel periodo di classificazione 2016–2021, si osserva un quadro tendenzialmente positivo: il 70% dei corpi idrici sotterranei risulta in stato chimico buono, mentre il 27% presenta criticità. A livello di distretto idrografico, si rilevano percentuali variabili di raggiungimento dello stato buono, ma generalmente in miglioramento rispetto al precedente Piano di Gestione.

Questi risultati confermano l'importanza del monitoraggio continuo e della gestione integrata della risorsa idrica, per garantire la tutela degli ecosistemi acquatici e l'uso sostenibile dell'acqua in coerenza con gli obiettivi delle direttive europee in materia, dell'*European Water Resilience Strategy* e dell'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile.

Gli habitat marino costieri rappresentano ambienti estremamente rilevanti dal punto di vista ecologico e paesaggistico, ma allo stesso tempo sono ecosistemi tra i più vulnerabili e più seriamente minacciati. Negli ultimi decenni i litorali italiani presentano significative evoluzioni geomorfologiche, dovute ai processi naturali e all'intervento dell'uomo. L'*Ostreopsis cf. ovata nel* 2024 è stata riscontrata in 11 regioni costiere e assente lungo le coste dell'Emilia-Romagna, Marche, Molise, Veneto. L'analisi delle acque marino costiere, a livello nazionale, mostra che i corpi idrici in stato ecologico buono ed elevato sono più del 66% (291 corpi idrici su 394 totali), con avvicinamento all'obiettivo previsto dalla normativa vigente.

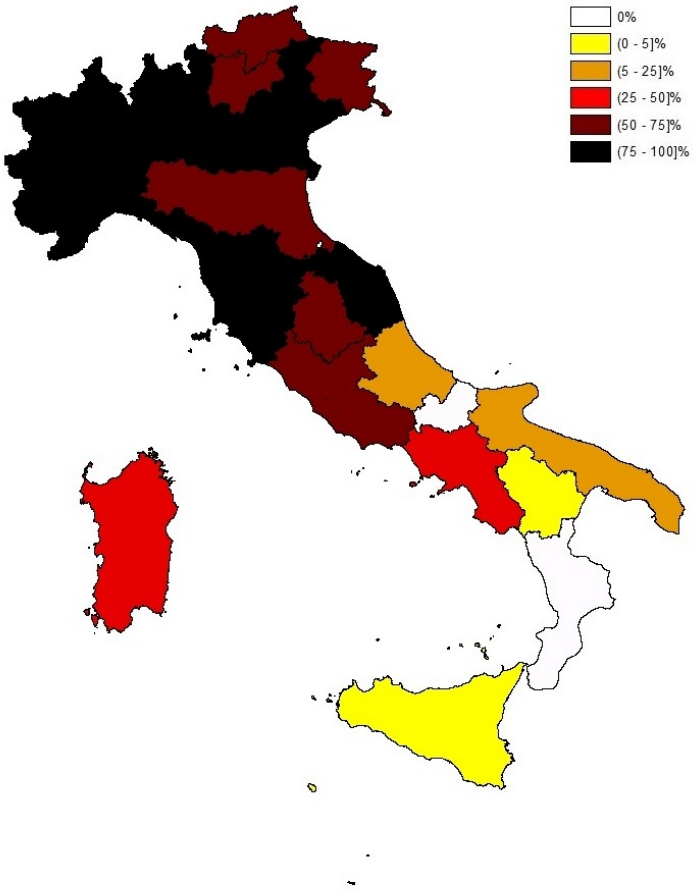
L'esposizione prolungata a livelli elevati di rumore ambientale può avere effetti significativi sul benessere e sulla salute delle persone. L'Organizzazione Mondiale della Sanità ha evidenziato come il rumore, sia diurno che notturno, possa contribuire a disturbi del sonno, stress psico-fisico, riduzione del benessere psicologico e, nei casi più gravi, a problemi cardiovascolari.

Per contrastare l'inquinamento acustico, la normativa nazionale ha definito limiti di esposizione al rumore distinti per tipo di sorgente e contesto: valori limite assoluti per l'ambiente esterno e limiti differenziali per gli ambienti abitativi. Uno strumento fondamentale per l'applicazione delle norme è la classificazione acustica del territorio comunale, che suddivide i comuni in zone omogenee in base agli usi del suolo, ciascuna con specifici limiti acustici.

Al 2023, il Piano di classificazione acustica risulta approvato nel 64% dei comuni italiani, con differenze significative tra le regioni nell'attuazione di questo strumento di pianificazione. Il suo completamento rimane un obiettivo prioritario per la piena tutela del territorio e della salute pubblica.

Nel 2023, le attività di servizio e commerciali si confermano le sorgenti di rumore più frequentemente controllate, rappresentando il 57,3% del totale delle verifiche effettuate dalle Agenzie. Seguono le attività produttive con il 31,5% dei controlli. Tra le infrastrutture di trasporto, che complessivamente costituiscono il 7,1% delle sorgenti controllate, le strade risultano le più monitorate (5,2%)

Percentuale di comuni che hanno approvato il Piano di classificazione acustica sul numero di comuni di ogni Regione/Provincia autonoma (31/12/2023)



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA

L'attività di controllo viene eseguita principalmente a seguito di segnalazione/esposto da parte dei cittadini, rappresentando nel 2023 globalmente il 92,6% delle sorgenti controllate (1.626). Tra le tipologie di sorgenti controllate, le attività di servizio e commerciali non solo sono le più verificate, ma risultano anche quelle con la maggiore incidenza di superamenti dei limiti acustici, registrando violazioni nel 61,8% dei casi. Seguono le attività temporanee, con una percentuale di superamento pari al 56,3%, e le infrastrutture stradali (51,6%).
Superamenti significativi dei limiti normativi si riscontrano anche per le attività produttive, che nel 2023 hanno fatto registrare il 41,4% di non conformità tra le sorgenti controllate.

L'Italia è caratterizzata da altissima **biodiversità** ed elevatissimi tassi di endemismo, ovvero un'alta percentuale di specie esclusive del nostro territorio. L'Italia aderisce a numerose convenzioni e accordi internazionali per la tutela della biodiversità ed è impegnata nell'attuazione di direttive comunitarie, come le Direttive Habitat e Uccelli e la Direttiva Quadro sulla Strategia Marina, oltre che nel monitoraggio del raggiungimento degli obiettivi della Strategia Europea per la Biodiversità 2030 (SEB 2030). In Italia, ad oggi, la copertura nazionale di superficie protetta, al netto delle sovrapposizioni tra aree protette e siti Natura 2000, ad oggi è di circa 4.068.476 ettari a mare, pari all'11,62% delle acque territoriali e ZPE (Zona di Protezione Ecologica) italiane, e di circa 6.532.341 a terra, pari al 21,68% del territorio italiano. Per il raggiungimento dell'obiettivo del 30% fissato dalla SEB 2030 esiste dunque uno scarto di un ulteriore 18% circa di superficie marina da sottoporre a tutela (pari a circa 6.600.000 ettari) e di un 8% di superficie terrestre (pari a circa 2.500.000 ettari).

L'introduzione di specie esotiche (o alloctone) potenzialmente invasive costituisce un fattore di rischio per la biodiversità, la cui importanza è ormai nota a scala planetaria. Il numero di specie alloctone in Italia è in progressivo e costante aumento; sulla base dei dati attualmente disponibili, le specie esotiche (o ancora di status incerto) introdotte nel nostro Paese sono state quasi 3.800 (di cui 3.659 attualmente presenti). Il numero medio di specie introdotte per anno è aumentato in modo esponenziale nel tempo, passando da 6 specie/anno degli anni '70, a 16 specie/anno nello scorso decennio, per arrivare alle quasi 30 specie/anno nel decennio in corso.

Nel 2024, in Italia sono stati consumati 83,7 km² di nuovo suolo, pari a circa 23 ettari al giorno. Il processo di perdita di suolo naturale prosegue: rispetto al 2023 si registrano ulteriori 24,5 km² di nuove impermeabilizzazioni, più della metà delle quali ha determinato un consumo irreversibile. Tali trasformazioni hanno inciso negativamente su aree naturali, semi-naturali e agricole, riducendo la capacità degli ecosistemi di fornire servizi essenziali.

Ogni secondo si perdono in media 2,7 metri quadrati di suolo, una risorsa fondamentale per la produzione di cibo, la regolazione del clima, la tutela della biodiversità e il contrasto al dissesto idrogeologico.

A fronte di questa continua espansione delle superfici artificiali, le azioni di recupero risultano ancora molto limitate: solo 5 km² sono tornati a essere considerati suolo non consumato, principalmente grazie al recupero di cantieri dismessi o superfici reversibili.

Il **consumo netto di suolo**, cioè il saldo tra nuove coperture e ripristini, è stato di 78,5 km² (pari a 2,5 m² al secondo). Il *trend*, dal punto di vista ambientale resta negativo, ben distante dal ritmo che consentirebbe di raggiungere lo zero netto entro il 2050

Le informazioni relative ai **controlli ambientali** svolti presso gli impianti industriali sono disponibili sui siti web delle Agenzie ambientali regionali e di ISPRA, garantendo trasparenza e accesso pubblico ai dati.

Nel 2022, il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) ha proseguito l'attività di vigilanza sugli impianti soggetti ad Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA), rispettando i programmi di controllo annuali stabiliti a livello statale e regionale. Su un totale di 6.505 installazioni autorizzate (di cui 132 di competenza statale e 6.373 regionali), sono state eseguite 1.967 visite ispettive, che hanno riguardato circa il 30% degli impianti presenti in Italia.

L'attività di controllo ha interessato anche gli impianti soggetti alla normativa Seveso, finalizzata alla prevenzione dei rischi di incidente rilevante. In particolare, nel 2022 sono stati registrati 503 stabilimenti a soglia superiore (SS) e 467 a soglia inferiore (SI). Sono state condotte 114 ispezioni ordinarie negli stabilimenti SS e 99 negli stabilimenti SI, garantendo un controllo su circa il 23% dei siti SS e il 21% dei siti SI.

L'informazione ambientale sta assumendo sempre più un ruolo strategico non solo per i decisori politici, ma per tutti i portatori d'interesse (*stakeholders*), inclusi i cittadini; banche dati e pubblicazioni consultabili *on-line* sono divenuti, ormai, strumenti imprescindibili per divulgare dati e diffondere la cultura ambientale. Ciò anche in accordo con quanto prestabilito dalla Direttiva (UE) 2019/1024 (c.d. Direttiva Open Data), recepita in Italia con il D.Lgs. 200/2021, che regola l'apertura dei dati e il riutilizzo dell'informazione del settore pubblico.

Con le attività di comunicazione e informazione ambientale le Agenzie declinano dati e informazioni utilizzando svariati canali: Web, social media, relazione con i media, urp, prodotti editoriali e convegnistica contribuendo in modo integrato e sinergico alla diffusione dei messaggi. Tra tutti, il web è il canale principale; tutte le Agenzie presentano sul proprio sito pubblicazioni, documenti e prodotti divulgativi, aggiornamenti in tempo reale sulle proprie attività indirizzati alle comunità di riferimento e alle testate giornalistiche presenti sul territorio: nel 2024 sui siti Web del Sistema Nazionale per la protezione Ambientale sono state pubblicate 3.100 notizie, 119 report ambientali e 734 comunicati stampa.

Bibliografia

SNPA (2025), Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2025, Report ambientali SNPA, 46/2025
ISPRA (2025), Ambiente in Italia: uno sguardo d'insieme. Annuario dei dati ambientali 2024.
ISPRA (2025), Inventario nazionale delle emissioni in atmosfera 1990-2023. Informative Inventory Report 2025.
ISPRA (2025) *Italian Greenhouse Gas Inventory* 1990-2023. *National Inventory Document* 2025.
SNPA, (2025): "Il clima in Italia nel 2024".
ISPRA, (2025): Eventi idrometeorologici significativi in "Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio. Edizione 2024". Rapporti n. 415/2025, ISPRA, Roma.
ISPRA (2024), Rapporto rifiuti urbani.
ISPRA, (2024): Bilancio idrologico nazionale: stime BIGBANG e indicatori sulla risorsa idrica. Aggiornamento al 2023. Rapporti n. 401/2024, ISPRA, Roma.
ISPRA, (2021): Rapporto sulle condizioni di pericolosità da alluvione in Italia e indicatori di rischio associati. Rapporti n. 353/2021, ISPRA, Roma.
SNPA, (2021): Rapporto sugli indicatori di impatto dei cambiamenti climatici – Edizione 2021. Report n. 21/2021, SNPA, Roma.

Sitografia

https://indicatoriambientali.isprambiente.it/

REGIONAL PROFILE

PIEMONTE
dati 2024

23.361*
reddito medio pro capite
(Euro procapite)

4.251.623
popolazione residente
(N. abitanti)

25.387
superficie territoriale
(Km^2)

167,5
densità demografica
(N. abit./Km^2)

69,0%
tasso di occupazione
(Percentuale)

43,3% Montagna; **30,3%** Collina; **26,4%** Pianura

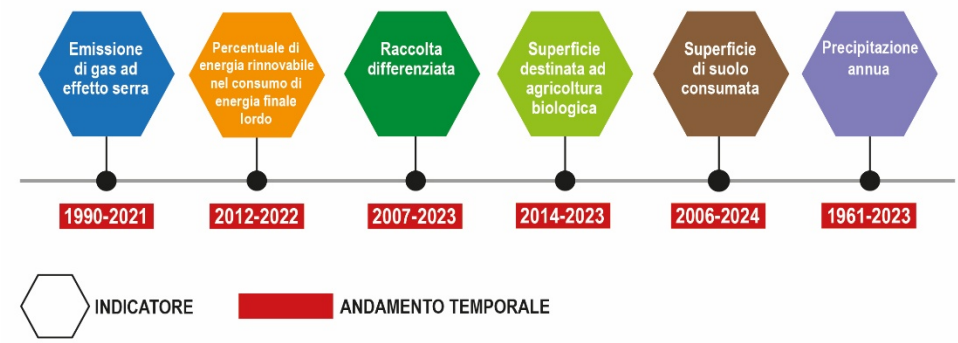
superficie
per zona altimetrica
(Percentuale)

* dati 2022

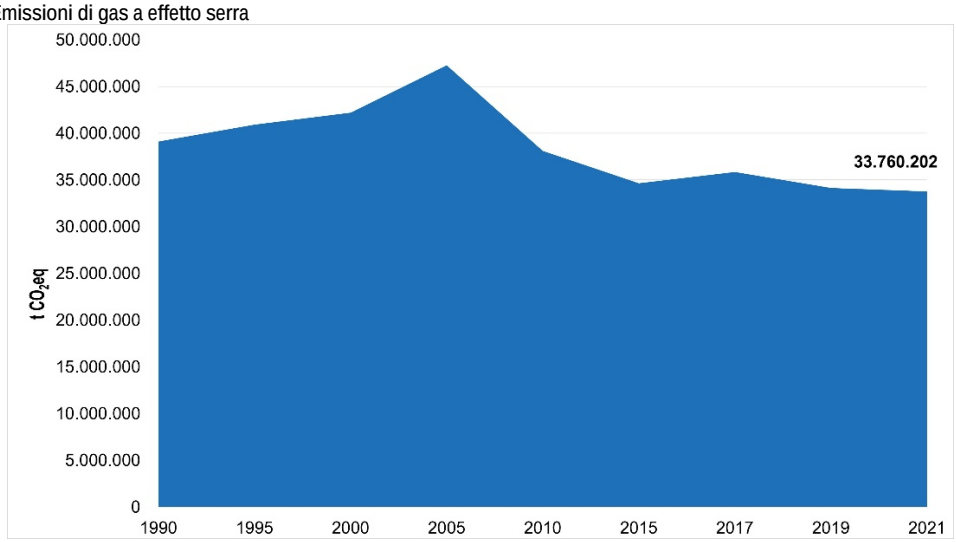
Autori: Fulvio Raviola, Gianmario Nava, Annalisa Bruno
ARPA Piemonte

STATO DELL'AMBIENTE IN PILLOLE

Dopo un 2022 e una prima parte del 2023 di precipitazioni quasi costantemente al di sotto della media, a partire dal mese di maggio 2023 sono state registrate precipitazioni cumulate medie significative, che hanno interessato la Regione anche nel corso del 2024, con un'anomalia positiva, nel 2024, di 465 mm rispetto alla norma del periodo, risultando il secondo anno più piovoso della serie storica (1991-2020).
Di conseguenza si sono registrati scostamenti positivi di portata dei corpi idrici principali rispetto ai valori storici di riferimento.
I dati di qualità dell'aria per il 2024 sono stati in media i più bassi degli ultimi 20 anni, sia per il particolato PM10 e PM2,5, sia per il biossido di azoto e tra le più basse per l'ozono. Il quadro meteorologico ha contribuito a tale riduzione delle concentrazioni degli inquinanti atmosferici: frequenti episodi di fohen e il ridotto numero di giorni con marcata inversione termica hanno creato condizioni sfavorevoli all'accumulo degli inquinanti in atmosfera.
Per contro ci sono stati superamenti del valore limite per la concentrazione media giornaliera del PM10 in stazioni urbane, prevalentemente di traffico, nella Città Metropolitana di Torino e nelle stazioni di Alessandria e Asti.
Il forte sviluppo delle reti di telecomunicazione a larga banda, particolarmente per gli impianti 4G e 5G, con un aumentato degli impianti e delle potenze in gioco ha modificato le condizioni di esposizione della popolazione, oggetto di attento monitoraggio, pur in assenza di criticità evidenti.
Nel 2023, il 97% delle acque di balneazione piemontesi ha raggiunto di minima la classe Sufficiente, il restante 3% sarà comunque utilizzabile ai fini balneari a fronte dell'attivazione da parte dei Comuni di adeguati interventi sulle cause dell'inquinamento.
La presenza di PFAS nelle acque superficiali e sotterranee dei corpi idrici piemontesi è oggetto di un monitoraggio che si protrae dal 2009, ed attualmente è in corso la sua valutazione rispetto agli standad di qualità ambientale e alle fonti di provenienza (https://webgis.arpa.piemonte.it/pfas_acque/home).



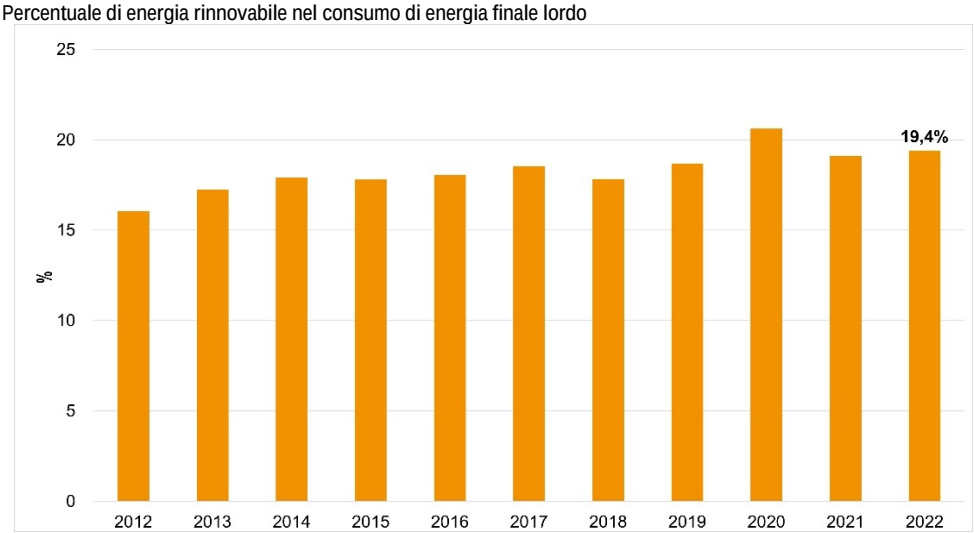
Emissioni di gas a effetto serra



Fonte: ISPRA

L'andamento delle emissioni di gas ad effetto serra, nel periodo 1990-2021 (-13,7%), dopo una fase di crescita fino al 2005, presenta valori in diminuzione fino al 2021.in particolare nel 2021 si è osservata una leggera dimininuzione delle emissioni di gas ad effetto serra, di circa 1,2%, in linea con gli anni precedenti dopo il 2005.

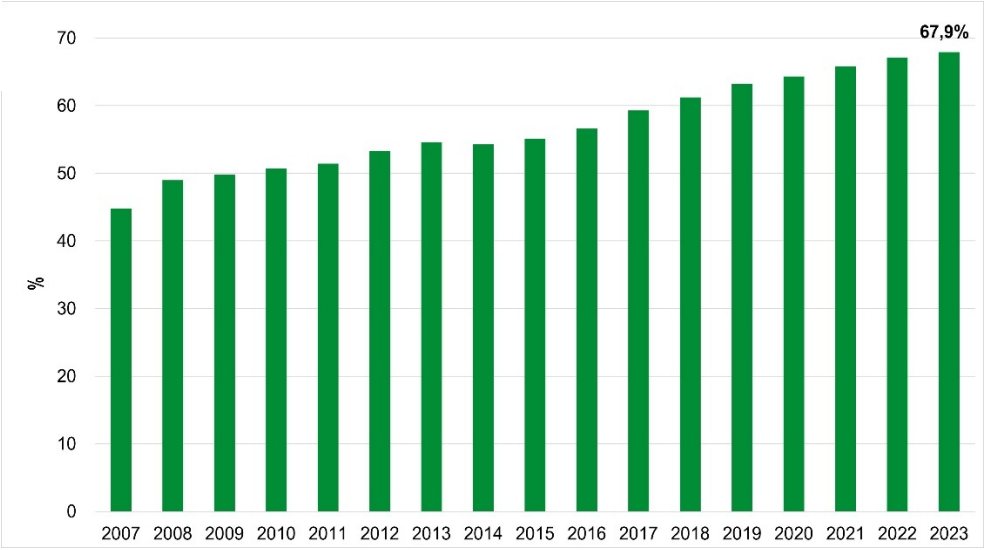
Percentuale di energia rinnovabile nel consumo di energia finale lordo



Nota: NB: per il periodo 2012-2020 viene applicata la metodologia di monitoraggio definita dalla direttiva 2009/28/CE (RED I); a partire dal 2021 viene invece applicata la metodologia definita dalla direttiva (UE) 2018/2001 (RED II).
Fonte: GSE

L'andamento della percentuale dei consumi energetici da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia, presenta un andamento che, seppure leggermente altalenante, risulta tendenzialmente in crescita nel periodo 2012-2020; da registrare un leggero calo nel 2021, a cui segue una nuova risalita nel 2022, attestandosi al 19,4%.

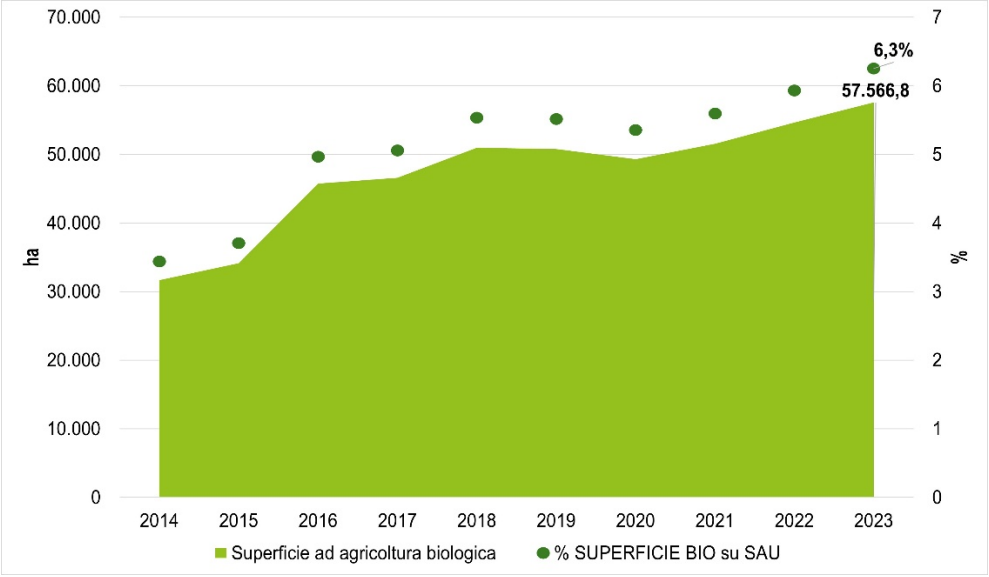
Raccolta differenziata



Fonte: ISPRA

Nel 2023, in Piemonte, la raccolta differenziata è aumentata, raggiungendo il 68%. Ogni cittadino piemontese ha separato circa 342 kg di rifiuti, mentre 162 kg risultano come rifiuto indifferenziato. I comuni che hanno superato il 65% di raccolta differenziata sono 757 (64,1% dei comuni piemontesi e 61% in termini di abitanti).

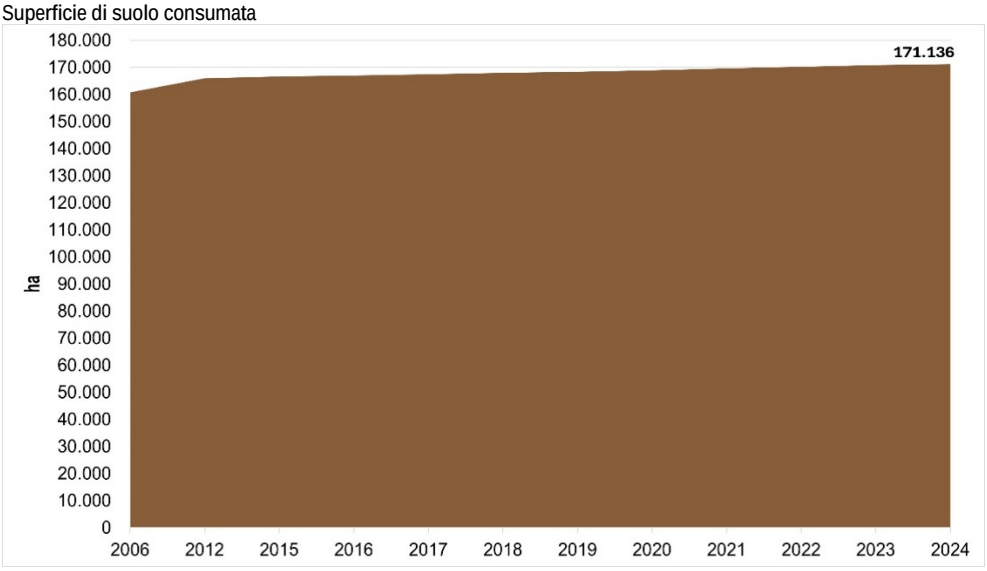
Superficie destinata ad agricoltura biologica e percentuale rispetto alla SAU



Fonte: Elaborazioni SNPA su dati SINAB e Istat

Nel 2023 continua il leggero ma costante aumento della superfice agricola gestita con metodi biologici, attestandosi al 6,3% della SAU, valore lontano da quello nazionale (19,8%).

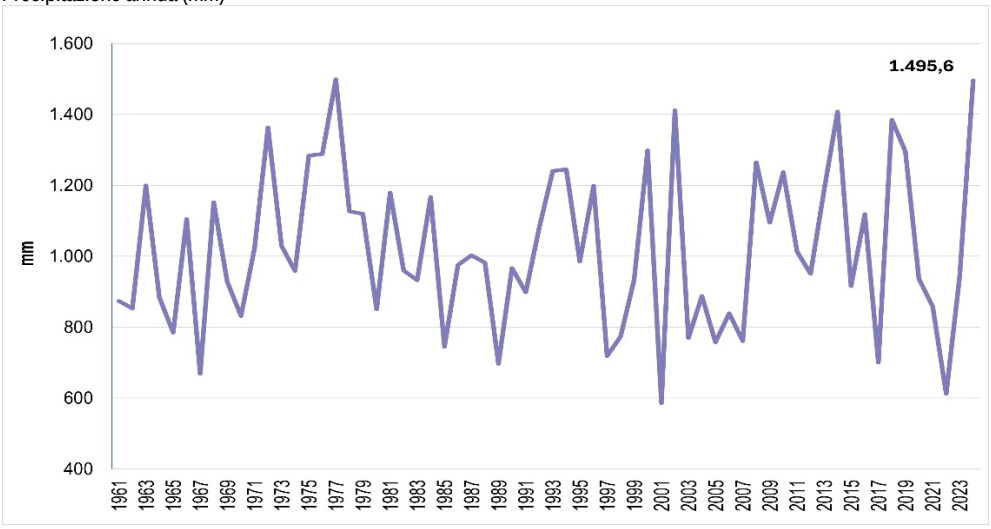
Superficie di suolo consumata



Fonte: SNPA

Nel 2024 si è osservato in Piemonte un consumo di suolo netto di 503 ettari, risultando il quinto valore più alto della serie storica 2015-2024; la provincia con il consumo più alto è risultata quella di Torino. L'andamento del consumo di suolo, negli ultimi 10 anni, presenta un andamento in costante, leggera, crescita.

Precipitazione annua (mm)



Fonte: ARPA Piemonte

Nel 2024 è stata registrata una precipitazione media di 1.495,6 mm, con un'anomalia positiva di 465 mm rispetto alla norma del periodo, risultando il secondo anno più piovoso della serie storica.
Il numero di giorni piovosi è stato di 88 contro i 54 medi della norma del periodo, con un aumento del 39%.

Bibliografia

ARPA Piemonte - Dipartimento Integrazione Servizi Ambiente e Salute, Relazione stato ambiente 2024
ARPA Piemonte - Dipartimento Rischi Naturali e Ambientali, Il clima in Piemonte - Anno 2023
ARPA Piemonte - Dipartimento Rischi Naturali e Ambientali, La qualità dell'aria in Piemonte - Anno 2023
ARPA Piemonte - Dipartimento rischi fisici e tecnologici Campi elettromagnetici - opuscolo informativo
ARPA Piemonte - Dipartimento Integrazione Servizi Ambiente e Salute, PFAS nelle acque superficiali e sotterranee del Piemonte - Geoportale

VALLE D'AOSTA
dati 2024

122.877
popolazione residente
(N. abitanti)

23.376*
reddito medio pro capite
(Euro procapite)

37,7
densità demografica
(N. abit./Km²)

326.084
superficie territoriale
(Km²)

71,8%
tasso di occupazione
(Percentuale)

100% Montagna; **0%** Collina; **0%** Pianura

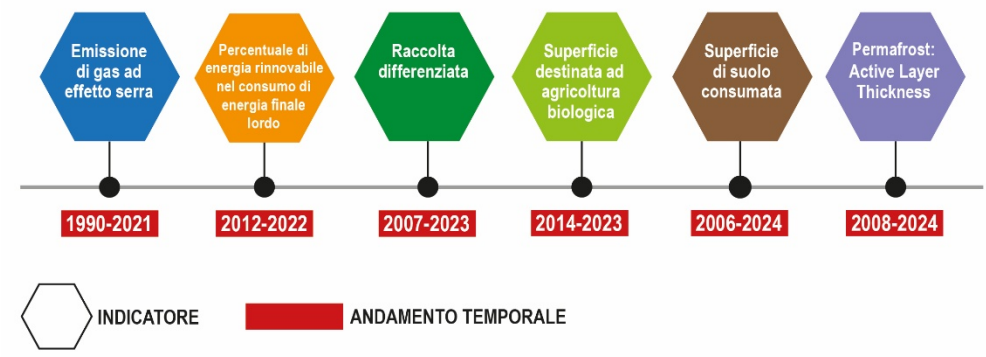
superficie
per zona altimetrica
(Percentuale)

* dati 2022

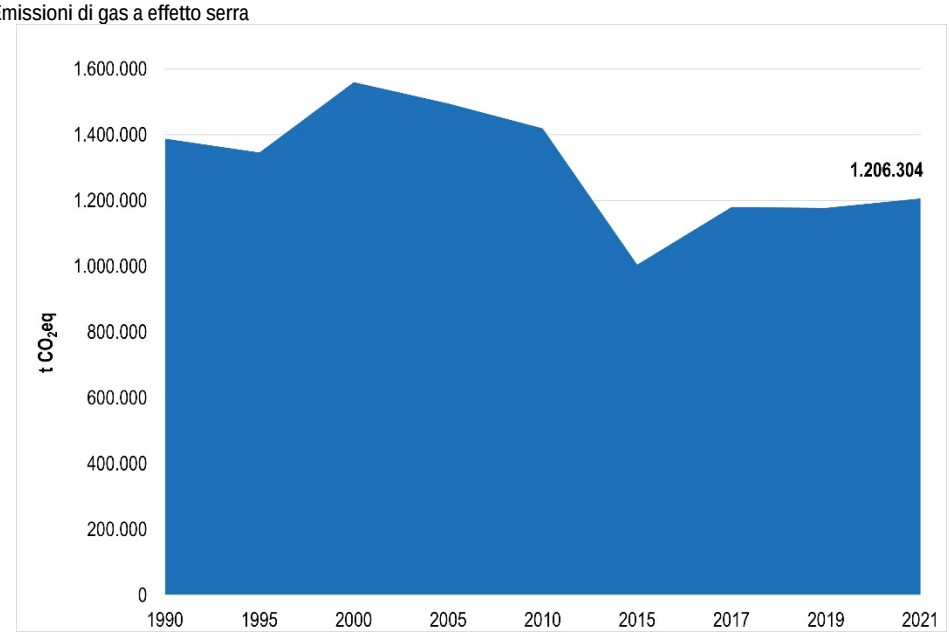
Autori: Marco Cappio Borlino
ARPA Valle d'Aosta

STATO DELL'AMBIENTE IN PILLOLE

La qualità dell'aria in Valle d'Aosta nel 2024 è stata complessivamente buona, con valori in linea con quelli degli ultimi anni e al di sotto dei limiti normativi per polveri sottili (PM10 e PM2,5) e NO_2. Per quanto riguarda l'ozono è confermato il superamento del valore obiettivo per la protezione della salute umana nel sito di Donnas, rappresentativo della zona della bassa Valle d'Aosta che risente del trasporto di inquinanti dalla Pianura Padana. In merito alle acque superficiali, in chiusura del II PdG 2016-2021 (anni di monitoraggio 2014-2019) l'88% dei corpi idrici superficiali raggiunge stato/potenziale ecologico "buono" o superiore. Il 9% dei corpi idrici non raggiunge l'obiettivo "buono". Si tratta, in genere, di tratti terminali di piccoli affluenti della Dora Baltea, situati in territori fortemente antropizzati, che hanno subito profonde alterazioni di tipo idromorfologico (CIFM - Corpo Idrico Fortemente Modificato).
La quasi totalità dei corpi idrici indagati raggiunge il buono stato chimico (96%). Solo l'1% risulta non classificato per assenza di acqua.
Al 2024 è possibile anticipare la classificazione definitiva di 72 corpi idrici sui 168 inclusi nella rete di monitoraggio (53 naturali e 19 CIFM), rilevando come l'83% di questi raggiunge stato/potenziale ecologico "buono" o superiore, tutti i corpi idrici monitorati presentano uno stato chimico buono.
L'orografia della regione che presenta una quota media slm superiore a 2000 m, porta ad indagare l'effetto del riscaldamneto globale sulla criosfera, sia per problematiche connesse alla variazione del paesaggio e ai rischi idrogeologici sia alla disponibilità idrica. Prosegue la serie oramai più che ventennale di valori negativi del bilancio di massa dei ghiacciai e di riscaldamento del permafrost (profondità sempre maggiore dello strato di suolo in alta quota soggetto a disgelo in stagione estiva).



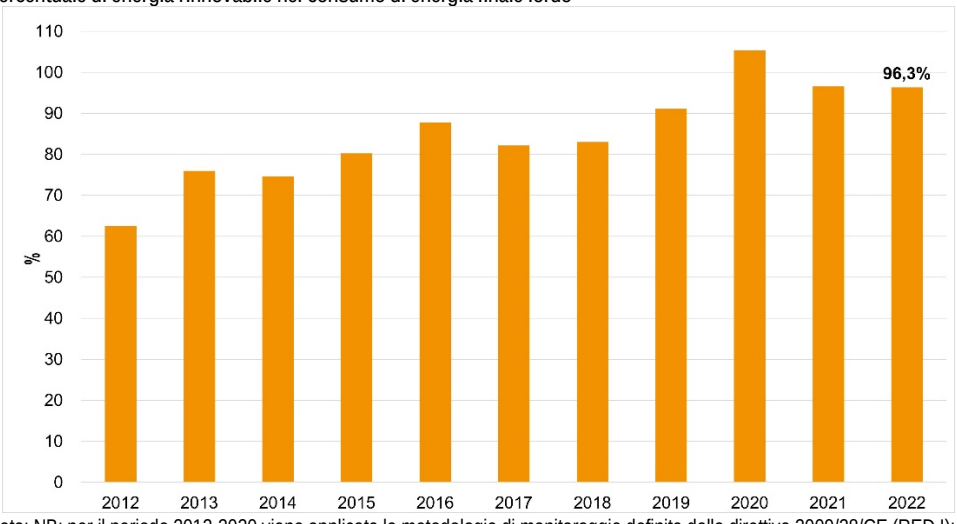
Emissioni di gas a effetto serra



Fonte: ISPRA

Si può notare una progressiva diminuzione delle emissioni a partire dal 2000 quantificabile in circa il 15% rispetto al dato del 1990. La Regione sta perseguendo una "Roadmap per una Valle d'Aosta fossil fuel free al 2040".

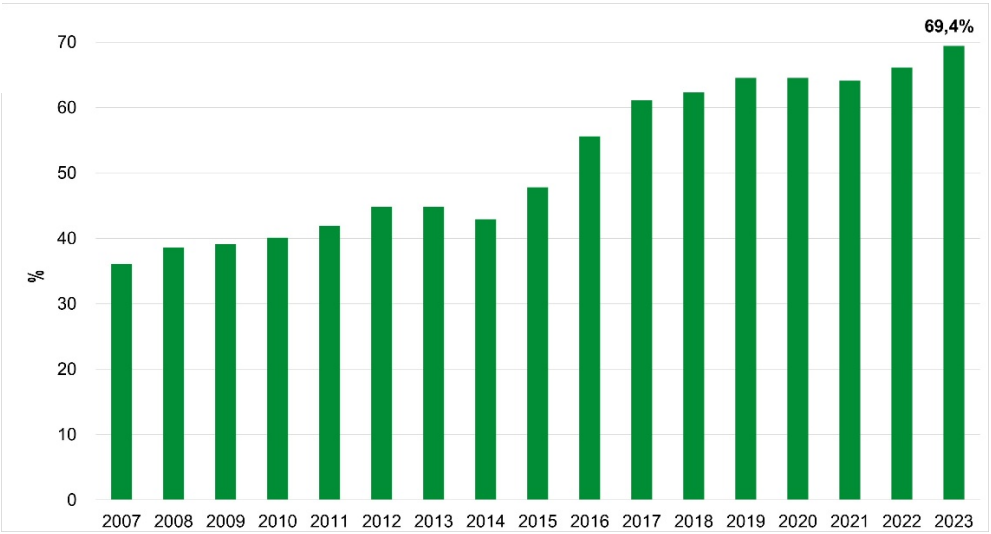
Percentuale di energia rinnovabile nel consumo di energia finale lordo



Nota: NB: per il periodo 2012-2020 viene applicata la metodologia di monitoraggio definita dalla direttiva 2009/28/CE (RED I); a partire dal 2021 viene invece applicata la metodologia definita dalla direttiva (UE) 2018/2001 (RED II).
Fonte: GSE

La Valle d'Aosta è un grande produttore di energia elettrica da fonti rinnovabili, prevalentemente idroelettrico, che arriva negli ultimi anni a sfiorare se non a superare il consumo di energia finale lordo.

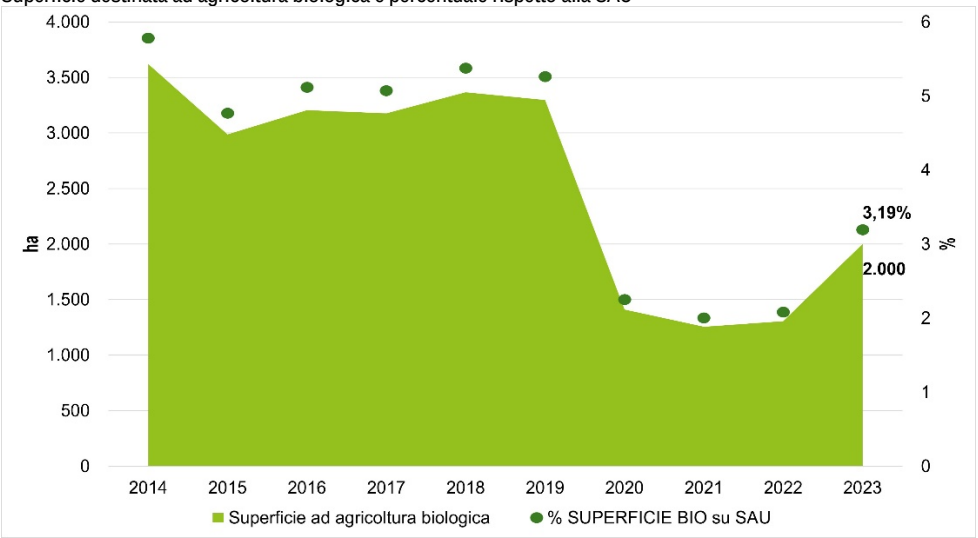
Raccolta differenziata



Fonte: ISPRA

Le politiche di incentivo alla raccolta differenziata stanno portando a una progressiva crescita della frazione differenziata pur in un contesto dall'orografia complessa che non agevola la raccolta e con flusssi turistici che in molti comuni superano la popolazione residente.

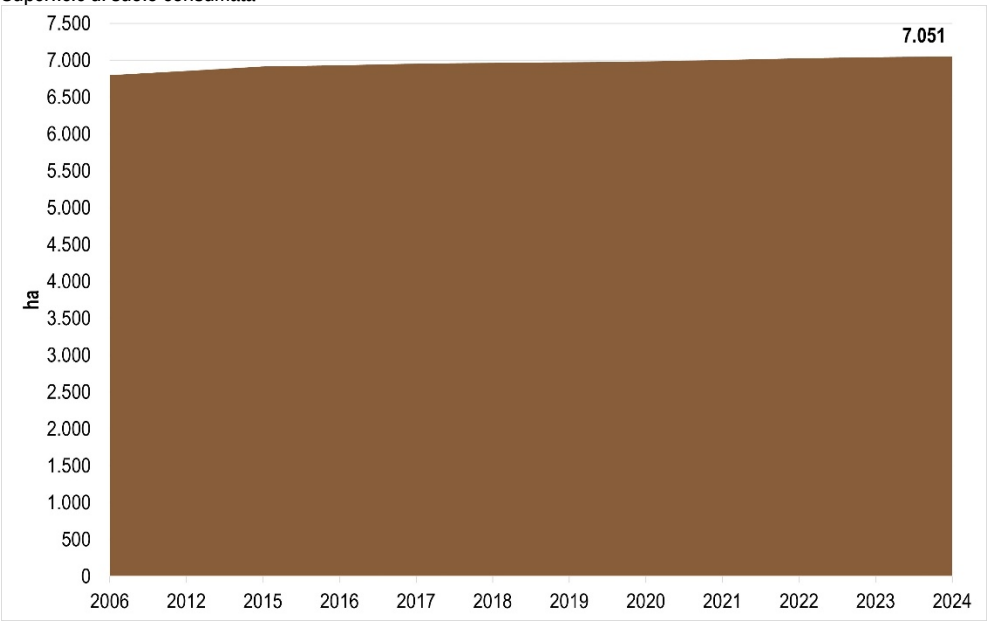
Superficie destinata ad agricoltura biologica e percentuale rispetto alla SAU



Fonte: Elaborazioni SNPA su dati SINAB e Istat

Le superfici a biologico variano in funzione delle scelte aziendali legate alle coltivazioni foraggere e a quelle pascolive degli alpeggi. Tra il 2019 e il 2020 c'è stato un calo di superficie in quanto circa 45 aziende della Val d'Ayas non hanno proseguito il loro progetto collegato alla certificazione. La programmazione del Programma di Sviluppo Rurale 14/20 ha dato un impulso alle superfici Biologiche e ci aspettiamo di vedere lo stesso *trend* in rialzo per il CSR 2023/2027

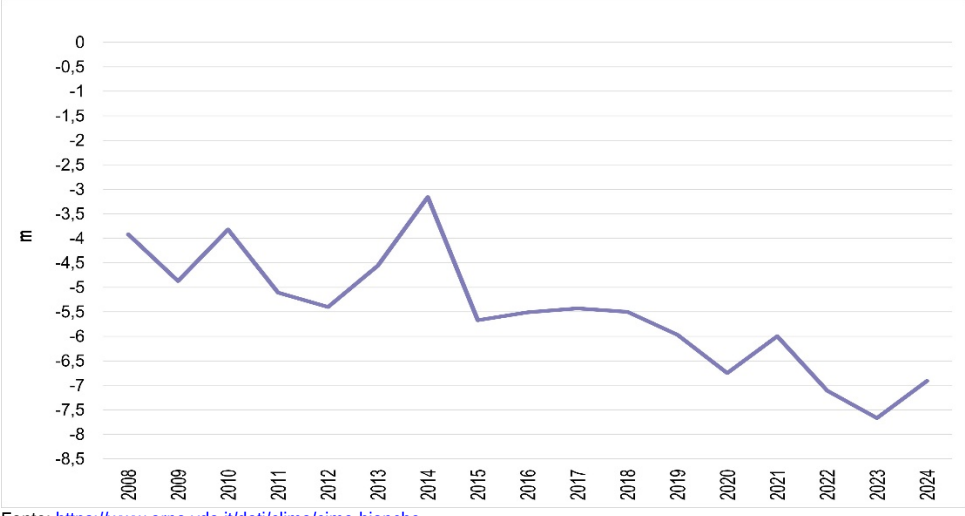
Superficie di suolo consumata



Fonte: SNPA

L'incremento della superfcie del suolo consumato prosegue pur rallentato rispetto al passato. Nella valutazione si deve tenere conto che in Valle d'Aosta il suolo abitabile, per ragioni altimetriche e di pendenza dei fronti, è ridotto rispetto alla superficie totale.

Permafrost: Active Layer Thickness (spessore massimo dello strato attivo, in m)



Fonte: https://www.arpa.vda.it/dati/clima/cime-bianche

La profondità, rispetto alla superficie, dello strato di permafrost soggetto a disgelo nella stagione estiva è costantemente in crescita per effetto delle temperature: i dati si riferiscono ad un foro profondo 40 m a circa 2100 m slm a Cime Bianche, presso Cervinia. .

Ringraziamenti (Contributori)
Si ringraziano i tecnici del dipartimento Agricoltura dell'assessorato regionale Agricoltura e risorse naturali

Bibliografia

https://svilupposostenibile.vda.it/Media/Svilupposostenibile/Hierarchy/6/694/Roadmap_RAVA_FossilFuelFree2040.pdf
https://www.arpa.vda.it/dati/clima/cime-bianche

LOMBARDIA
dati 2024

10.012.054
popolazione residente
(N. abitanti)

419,6
densità demografica
(N. abit./Km²)

25.605*
reddito medio pro capite
(Euro procapite)

23.863
superficie territoriale
(Km²)

69,4%
tasso di occupazione
(Percentuale)

40,4% Montagna; **12,4%** Collina; **47,1%** Pianura

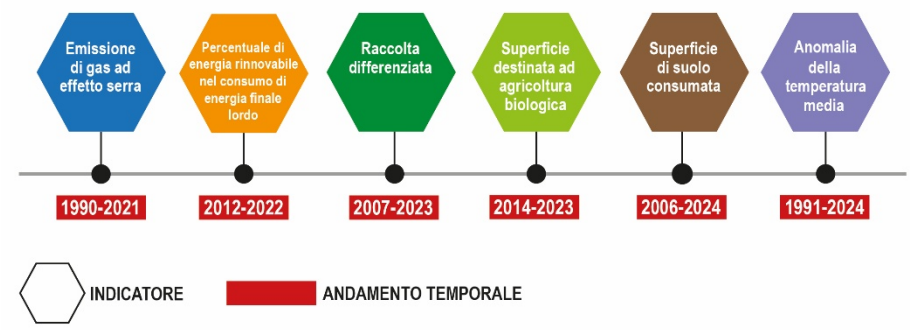
superficie
per zona altimetrica
(Percentuale)

* dati 2022

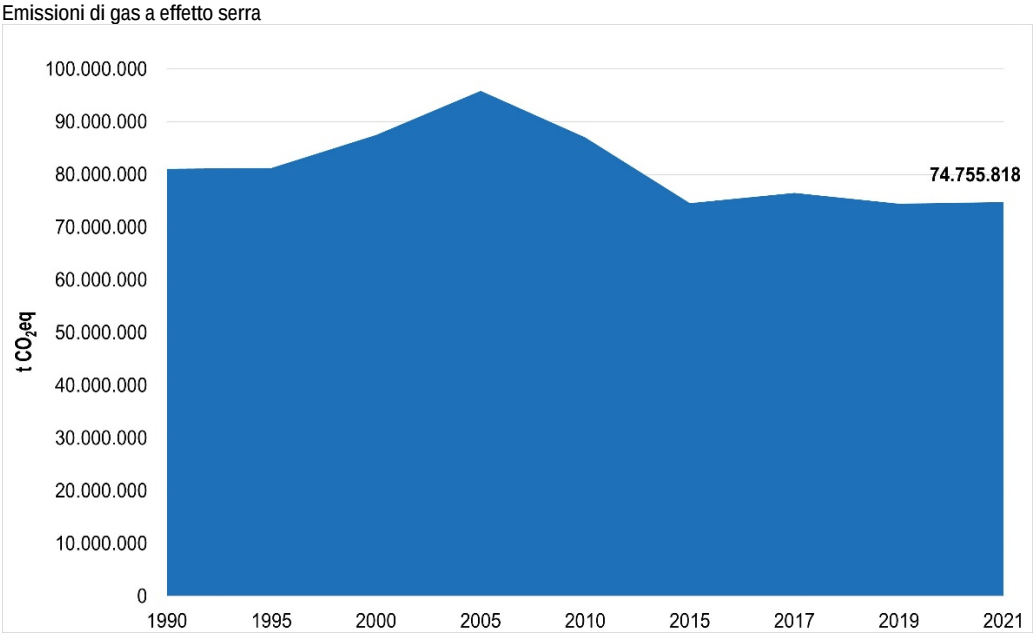
Autore: Chiara Antoniazzi
ARPA Lombardia

STATO DELL'AMBIENTE IN PILLOLE

La qualità dell'aria in Lombardia è migliorata: rispettati ovunque i limiti annuali di PM10 e, per il secondo anno, anche quelli del PM2.5. Persistono però superamenti del limite giornaliero del PM10 in molte stazioni. Positivi i dati sul biossido di azoto (NO2), con valori sotto la soglia anche nelle aree ad alto traffico di Milano e Brescia. Solo la stazione di Cinisello Balsamo ha superato il limite annuo con 42 μg/m³.
Relativamente al monitoraggio dei corsi d'acqua, i dati raccolti nel triennio 2020-2022 indicano come, per i 350 corpi idrici fluviali e 32 corpi idrici lacustri per i quali è stato possibile determinare lo Stato Ecologico, circa il 22% ha conseguito uno stato/potenziale almeno "buono". La percentuale di corpi idrici in stato chimico "buono" per i corpi idrici fluviali e lacustri è rispettivamente pari a 63% e 45%. La diminuzione del numero di corpi idrici superficiali in stato chimico "buono" è dovuta, in particolare, alla presenza di PFOS, sostanza ricercata sistematicamente in Lombardia a partire dal 2018.
Il 52% dei corpi idrici sotterranei è stato classificato in stato "buono", in linea con il sessennio precedente.
Nel 2023 la percentuale di raccolta differenziata regionale dei rifiuti urbani raggiunge il 73,9%contro il 73,2 % del 2022. I comuni che hanno conseguito una raccolta differenziata superiore al dato regionale sono 920 (61,2%) e di questi, 591 (39,3%) sono già allineati all'obiettivo del Piano regionale che prevede il raggiungimento almeno dell'80% di raccolta differenziata entro il 2027.
I dati del 2023 mostrano che in Lombardia la produzione dei rifiuti urbani è stata di 4.725 milioni di tonnellate, con un aumento del 3,2% rispetto al 2022; gli aumenti maggiori sono stati registrati nelle province di Brescia (+4,2%) Cremona (+3,6%) e Mantova (+3,2%) mentre, l'unica provincia con una riduzione dei quantitativi è stata Lodi (-1,5%).
In discarica sono state smaltite direttamente solo 1.774 tonnellate di rifiuti indifferenziati (0,038%), valore in costante e progressiva diminuzione.
Tra gli indicatori di sviluppo dell'economia circolare si registra un aumento della percentuale di recupero complessivo di materia ed energia: si è passati dall' 84,8%del 2022 all'85,7%del 2023. L'incremento è imputabile sia alla crescita del recupero di materia dal 62,7 al 63,4% sia all'aumento del recupero di energia dal 22,1 al 22,2%.
La superficie di suolo consumato in regione al 2024 è stata pari al 12,22% della superficie totale.



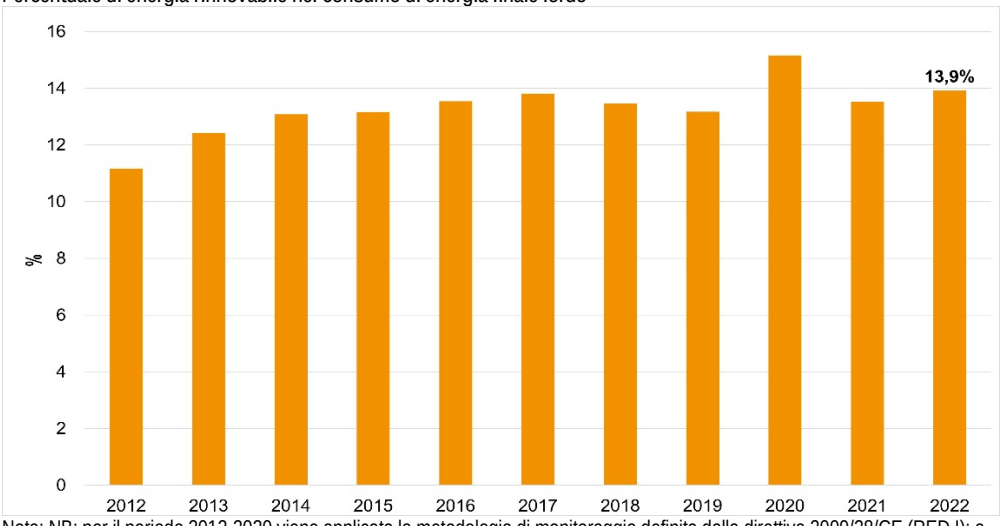
Emissioni di gas a effetto serra



Fonte: ISPRA

L'andamento delle emissioni di gas effetto serra nel periodo 1990 - 2021 rimane pressoché costante, dopo una crescita fino al 2005 e una successiva diminuzione fino al 2015.

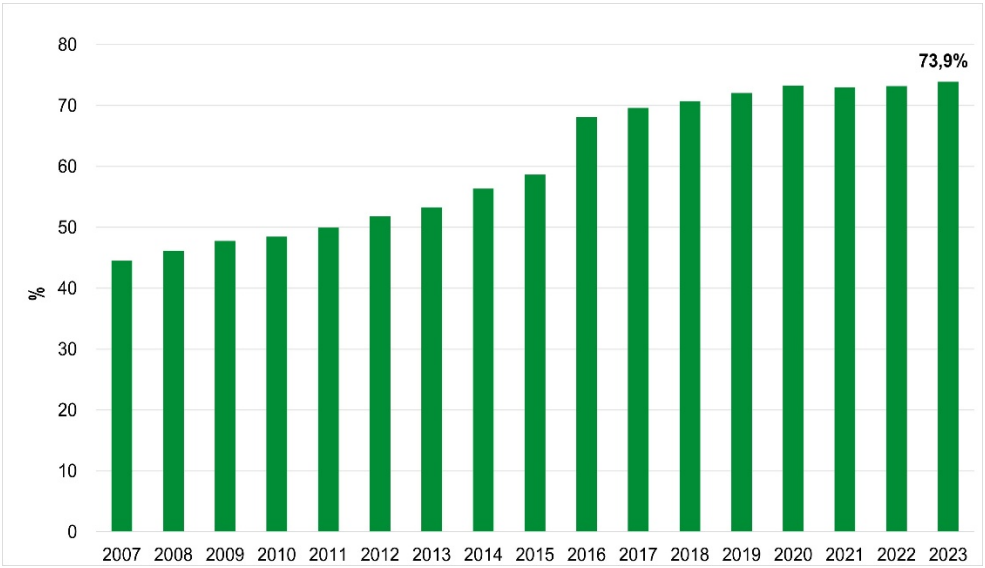
Percentuale di energia rinnovabile nel consumo di energia finale lordo



Nota: NB: per il periodo 2012-2020 viene applicata la metodologia di monitoraggio definita dalla direttiva 2009/28/CE (RED I); a partire dal 2021 viene invece applicata la metodologia definita dalla direttiva (UE) 2018/2001 (RED II).
Fonte: GSE

L'andamento della percentuale dei consumi energetici da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia presenta un andamento variabile, con una leggera crescita nel periodo 2012-2020; nel 2022, si attesta a 11,4%, valore inferiore a quello nazionale (19,1%).

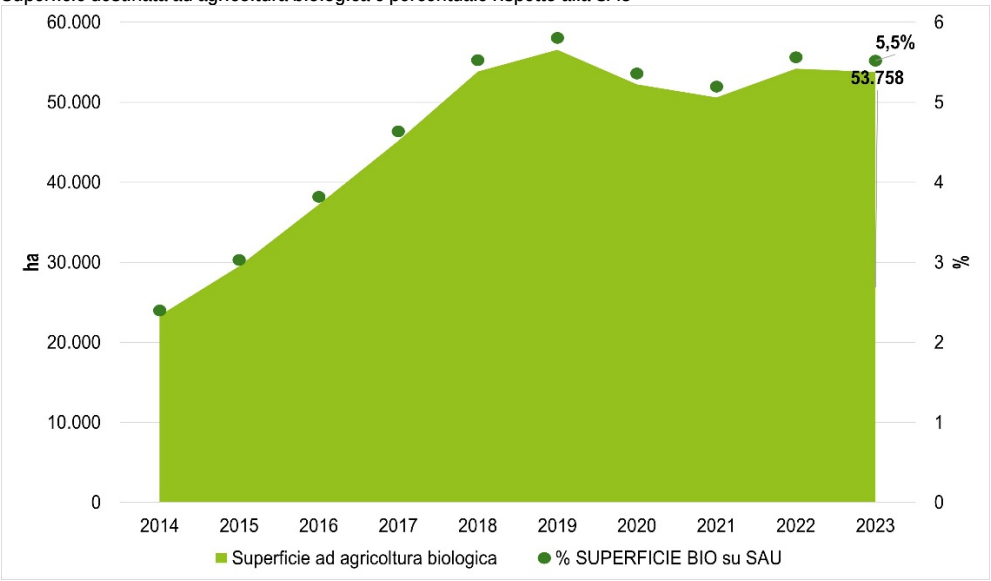
Raccolta differenziata



Fonte: ISPRA

La percentuale dei rifiuti raccolti in modo differenziato è in costante aumento e nel 2023 è stata pari a 73,9% e ampiamente al di sopra dell'obiettivo nazionale del 65%, già raggiunto dal 2016.

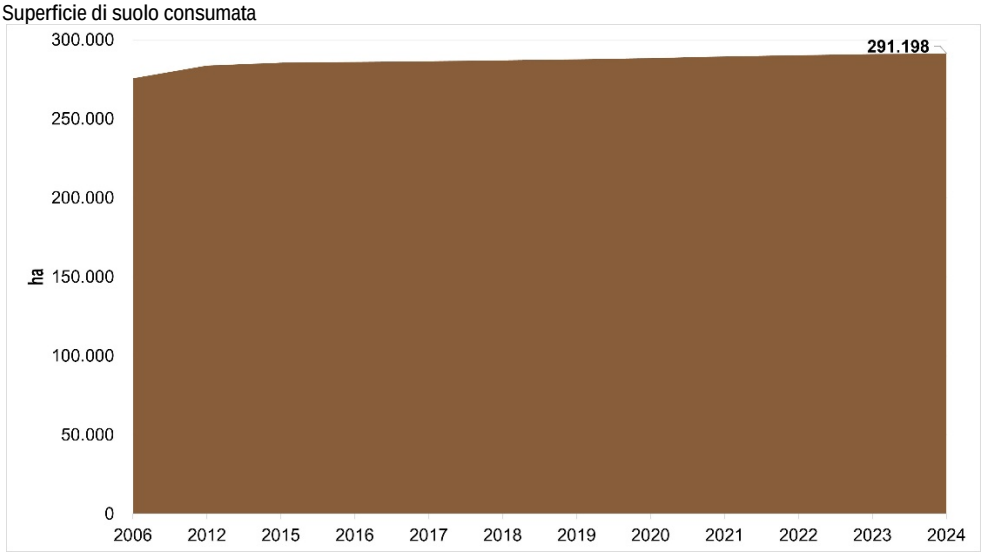
Superficie destinata ad agricoltura biologica e percentuale rispetto alla SAU



Fonte: Elaborazioni SNPA su dati SINAB e Istat

L'andamento della superficie agricola destinata ad agricoltura biologica registra un forte aumento dal 2014 al 2019; nel 2020 e nel 2021 si è registrato un leggero calo e poi una risalita fino al 2023 (pari a 53.758 ha). La superficie biologica rapportata alla SAU rappresenta nel 2023 solo il 5,5% molto al di sotto di quella nazionale (19,8%).

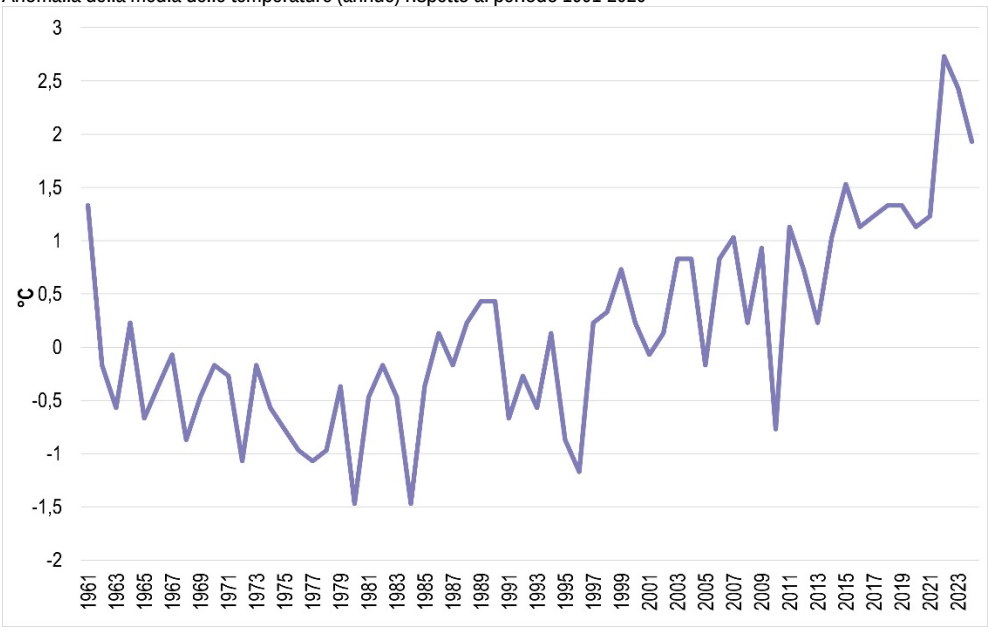
Superficie di suolo consumata



Fonte: SNPA

La superficie di suolo consumato nel 2024 è stata pari al 12,22% della superficie totale, corrispondente a oltre 290.000 ettari. L'andamento del consumo di suolo, negli ultimi 10 anni, presenta un *trend* in costante, leggera, crescita.

Anomalia della media delle temperature (annue) rispetto al periodo 1991-2020



Fonte: ARPA Lombardia

Si osserva che dal 2011 l'anomalia della media delle temperature annue rispetto al periodo 1991 – 2020 rimane positiva con un valore massimo registrato nel 2023 di + 1.84 °C.

Ringraziamenti

Si ringraziano i colleghi di ARPA Lombardia: G.Lanzani, A.Loda, V.Marchesi, E.Scotto, C.Pizzitola, M.Zanetti.

Bibliografia

Rapporto Stato Ambiente di ARPA Lombardia
Rapporti ARPA Lombardia: https://www.arpalombardia.it/documenti-e-report/

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO
dati 2024

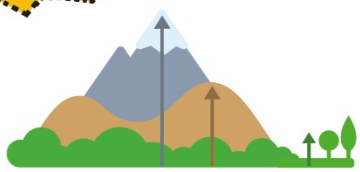
87,8
densità demografica
(N. abit./Km²)

545.169
popolazione residente
(N. abitanti)

23.910*
reddito medio pro capite
(Euro procapite)

6.206
superficie territoriale
(Km²)

71,2%
tasso di occupazione
(Percentuale)



100% Montagna; **0%** Collina; **0%** Pianura

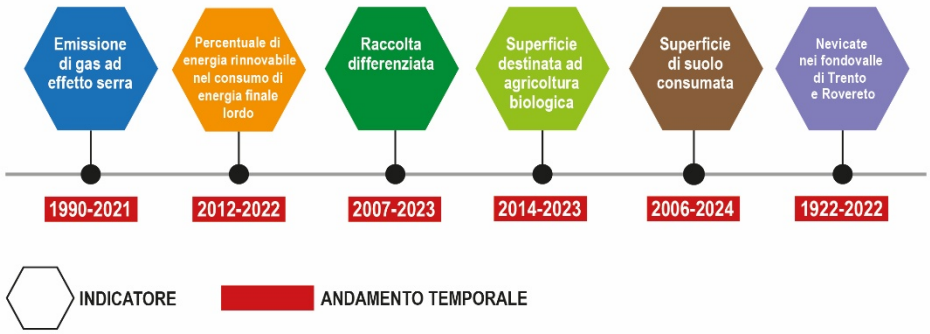
superficie
per zona altimetrica
(Percentuale)

* dati 2022

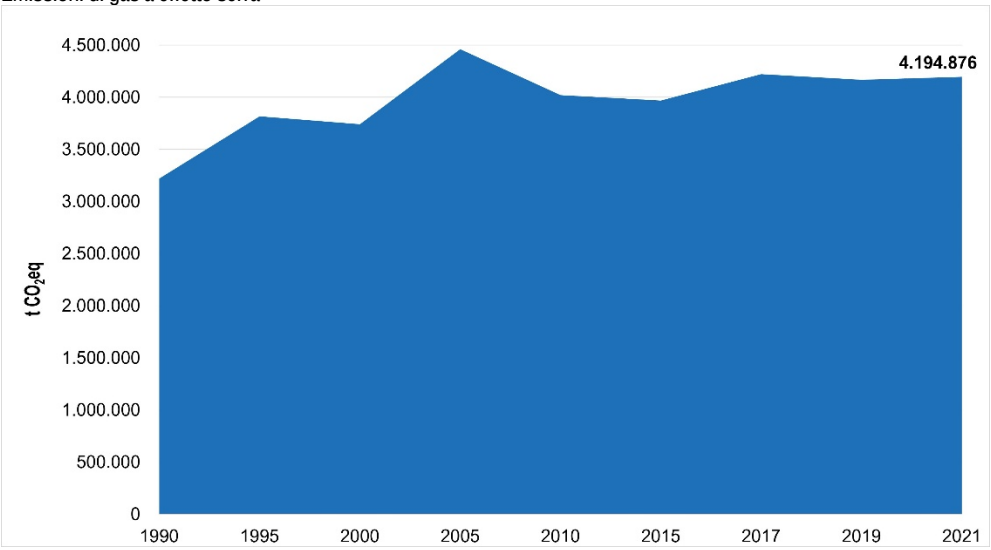
Autori: Jacopo Mantoan
APPA Trento

STATO DELL'AMBIENTE IN PILLOLE

In Trentino si osserva un progressivo miglioramento della qualità dell'aria: le concentrazioni medie annue di PM10 e PM2,5 sono da anni inferiori ai limiti normativi (40 µg/m^3 per il PM10 e 25 µg/m^3 per il Pm 2,5), e il NO_2 risulta in calo dal 2020, sempre sotto i 40 µg/m³.
Anche il benzo(a)pirene è in diminuzione dal 2016. L'unico inquinante che supera i limiti è 'ozono (O_3), tipico della stagione estiva. Nel triennio 2020-2022, l'analisi delle acque, in linea con i periodi precedenti, mostra che solo 8 corpi idrici fluviali tra quelli monitorati (il 3% del totale) non raggiunge lo stato chimico buono e 50 (il 20%) non raggiunge lo stato ecologico buono. Tra i laghi monitorati, 3 su 9 raggiungono lo stato ecologico buono, gli altri 6 raggiungono lo stato ecologico sufficiente. Le acque sotterranee risultano in buono stato, tranne localmente nel fondovalle del Chiese e nelle aree industriali di Trento e Rovereto.
Sul fronte rifiuti, la raccolta differenziata è passata dal 16,3% del 2001 all'82,8% del 2023: pur permanendo una presenza di rifiuti non conformi in alcune frazioni differenziate, si registra una ripresa della crescita della raccolta differenziata (+3 punti percentuali) tra il 2022 e il 2023 dopo anni di stabilità.
Sulla produzione elettrica, ben l'80% dell'elettricità prodotta in Trentino nel periodo 2018-2022 è derivata da fonti rinnovabili, ovvero in via quasi esclusiva dall'idroelettrico (281 impianti presenti sul territorio provinciale nel 2022) e in modo residuale dal fotovoltaico (23.156 impianti).
Riguardo al Consumo di suolo, complessivamente, nel 2024 si registrava in Trentino 19.902 ettari di suolo consumato, pari al 3,09% del suolo provinciale, percentuale nettamente inferiore a quella nazionale (pari al 7,17%), e tra le più basse a livello regionale.
Rispetto a due degli ambiti di consumo più impattanti dal punto di vista ambientale, edilizia e alimentazione, si segnala un sensibile incremento nella realizzazione di edifici a risparmio energetico, mentre, dopo la costante ascesa del periodo precedente, calano le superfici coltivate secondo i metodi dell'agricoltura biologica (che però aumentano l'incidenza sulla superficie agricola utilizzata in Trentino).



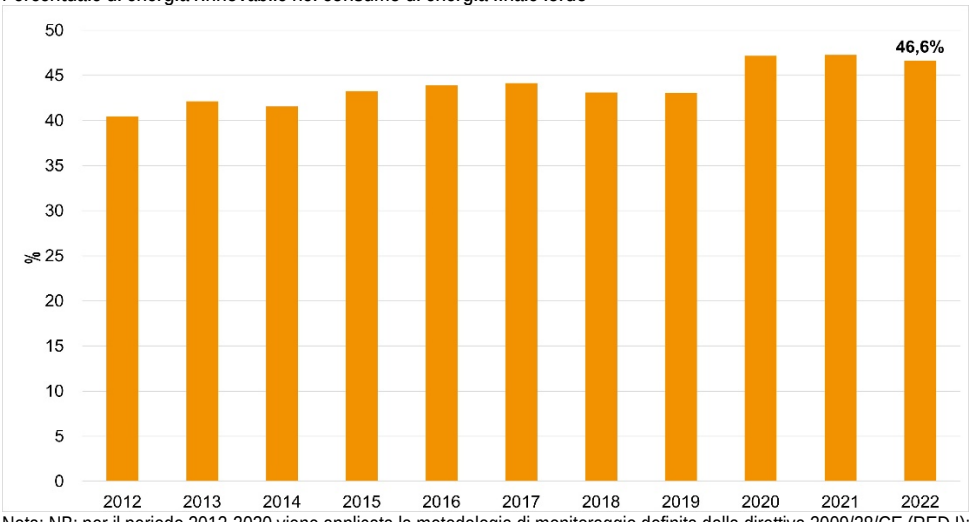
Emissioni di gas a effetto serra



Fonte: ISPRA

L'andamento, in Provincia Autonoma di Trento, delle emissioni di gas ad effetto serra, nel periodo 1990-2021 (espresso in tonnellate di CO2 equivalente), dopo una lieve fase di crescita fino al 2005 e di successivo calo fino al 2015, presenta valori più o meno costanti o in leggera crescita fino al 2021.

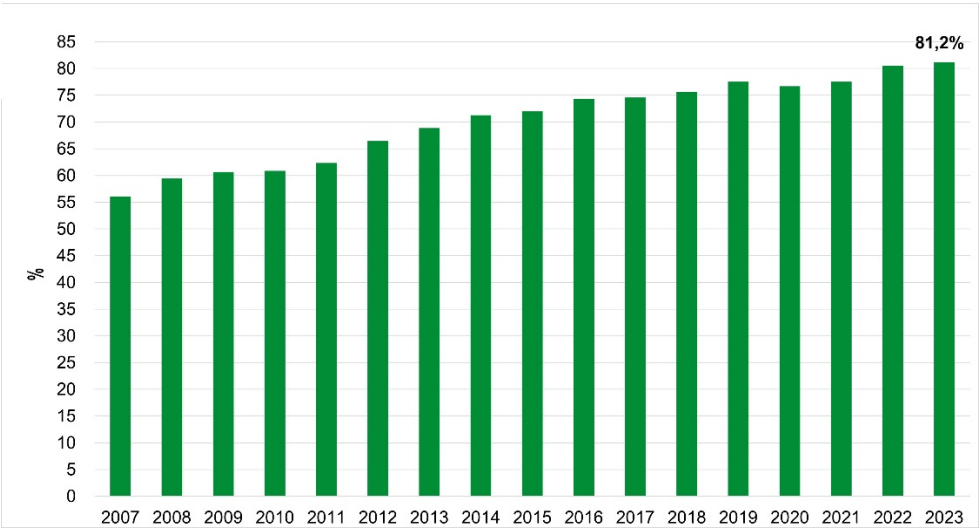
Percentuale di energia rinnovabile nel consumo di energia finale lordo



Nota: NB: per il periodo 2012-2020 viene applicata la metodologia di monitoraggio definita dalla direttiva 2009/28/CE (RED I); a partire dal 2021 viene invece applicata la metodologia definita dalla direttiva (UE) 2018/2001 (RED II).
Fonte: GSE

Negli ultimi dieci anni in Provincia di Trento, è lievemente aumentata la quota di consumi energetici da fonti rinnovabili, nel 2022 pari a quasi al 47% del totale. Tale quota è sensibilmente superiore rispetto al resto d'Italia, soprattutto per effetto dei consumi elettrici, derivanti in modo nettamente preponderante dalla produzione idroelettrica.

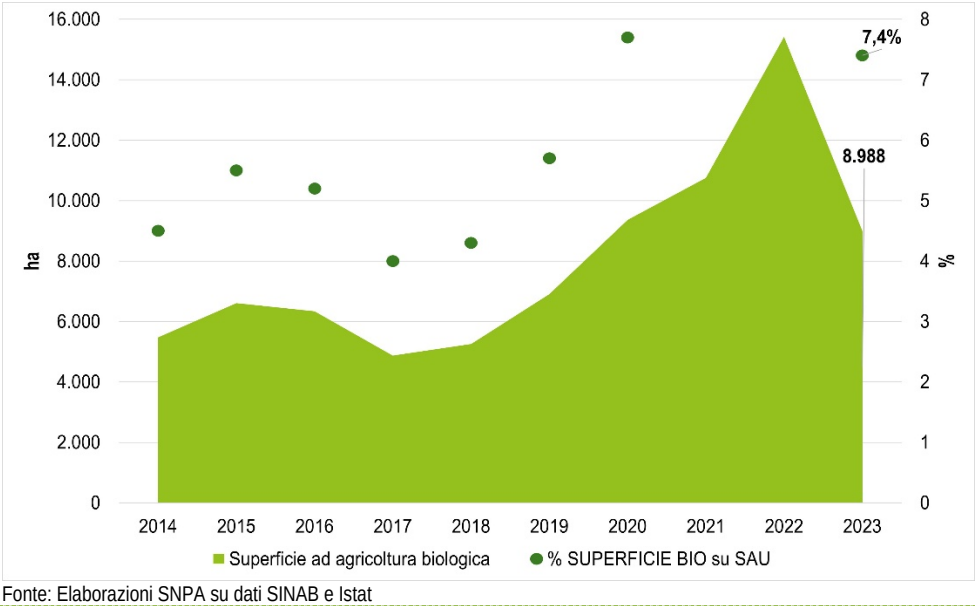
Raccolta differenziata



Fonte: ISPRA

In Trentino si registra il costante aumento della percentuale di raccolta differenziata dei rifiuti urbani negli ultimi vent'anni, passata dal 16,3% del 2001 all'81% del 2023, con una crescita di circa 4 punti percentuali tra il 2020 e il 2023.

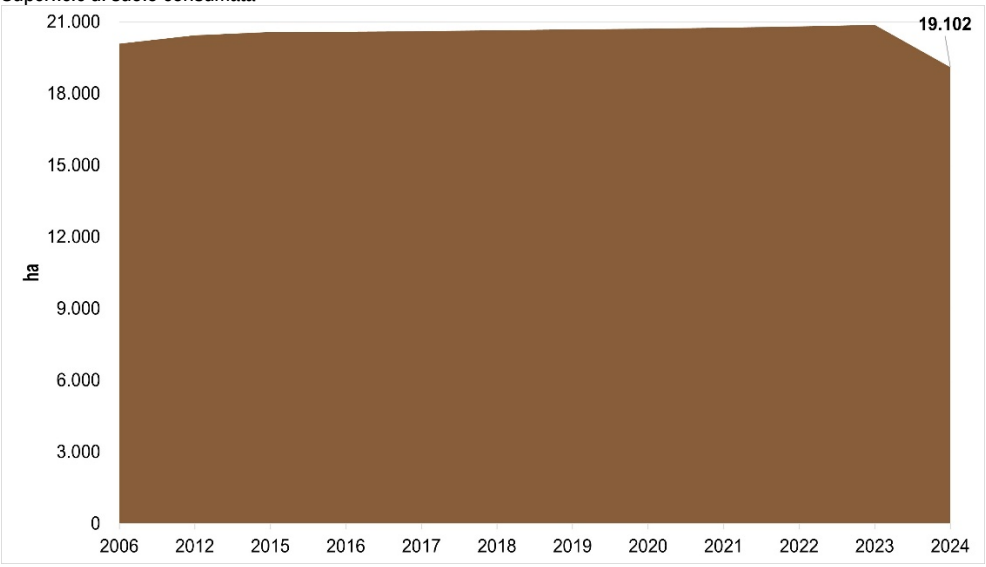
Superficie destinata ad agricoltura biologica e percentuale rispetto alla SAU



Fonte: Elaborazioni SNPA su dati SINAB e Istat

L'andamento della superficie agricola destinata ad agricoltura biologica, in Trentino, dopo una fase altalenante tra il 2014 ed il 2018, registra un andamento in forte crescita dal 2019 al 2022; leggero calo nel 2023 ma con una superficie, raddoppiata rispetto al 2014. Nel 2023 la percentuale di superficie biologica rispetto alla SAU raggiunge il 7,4 % contro una media nazionale del 19,8%:

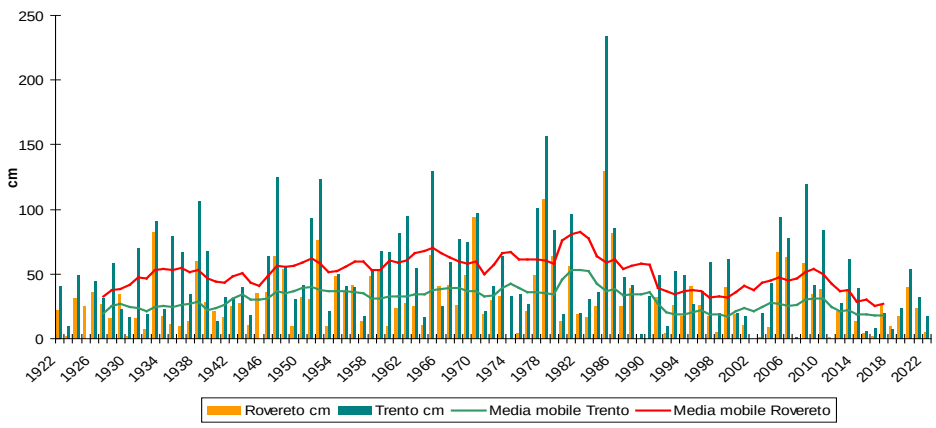
Superficie di suolo consumata



Fonte: SNPA

Guardando al *trend* nel periodo considerato, la quantità di suolo consumato nella provincia di Trento risulta in costante crescita fino al 2023, sia per quanto riguarda il dato assoluto sia quello percentuale. Nel 2024 si registra una flessione attestandosi a19.102 ettari pari al 3,09% della superficie totale.

Andamento delle nevicate nei fondovalle di Trento e Rovereto (centimetri; 1922-2022). Serie di altezze di neve fresca annuale. Sono sovrapposte anche le medie mobili decennali (linee continue).



Fonte: Meteotrentino/Ufficio Previsioni e precipitazioni PAT (per Trento) - Osservatorio meteorologico Specola di San Rocco (per Rovereto)]

Per quanto riguarda le località in fondovalle sono messe a confronto le serie storiche di neve fresca osservate a Trento e Rovereto dal 1922 al 2024, che pongono in evidenza come vi sia stata una forte riduzione media negli ultimi decenni non tanto imputabile a variazioni delle precipitazioni invernali complessive, che sono rimaste sostanzialmente inalterate, quanto piuttosto all'aumento generalizzato delle temperature, che hanno contribuito a un innalzamento del limite delle nevicate.

Bibliografia

APPA Trento, Rapporto sullo stato dell'ambiente del Trentino – 2024
https://rapportoambiente.provincia.tn.it/

PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO
dati 2024

537.533
popolazione residente
(N. abitanti)

72,7
densità demografica
(N. abit./Km²)

28.454*
reddito medio pro capite
(Euro procapite)

7.398
superficie territoriale
(Km²)

74,2%
tasso di occupazione
(Percentuale)

100% Montagna; **0%** Collina; **0%** Pianura

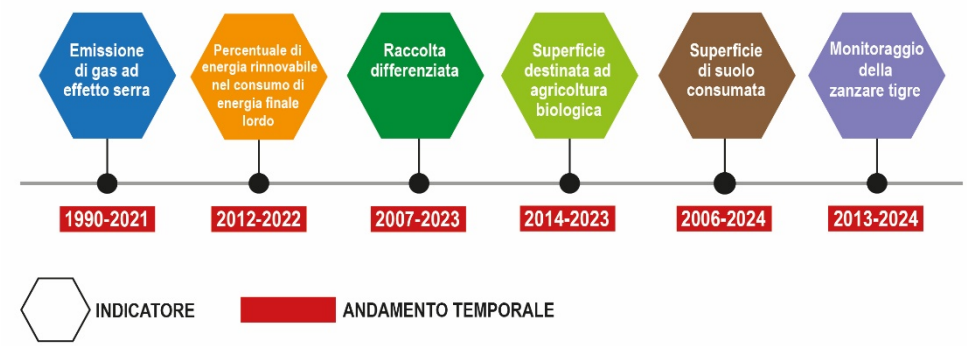
superficie
per zona altimetrica
(Percentuale)

* dati 2022

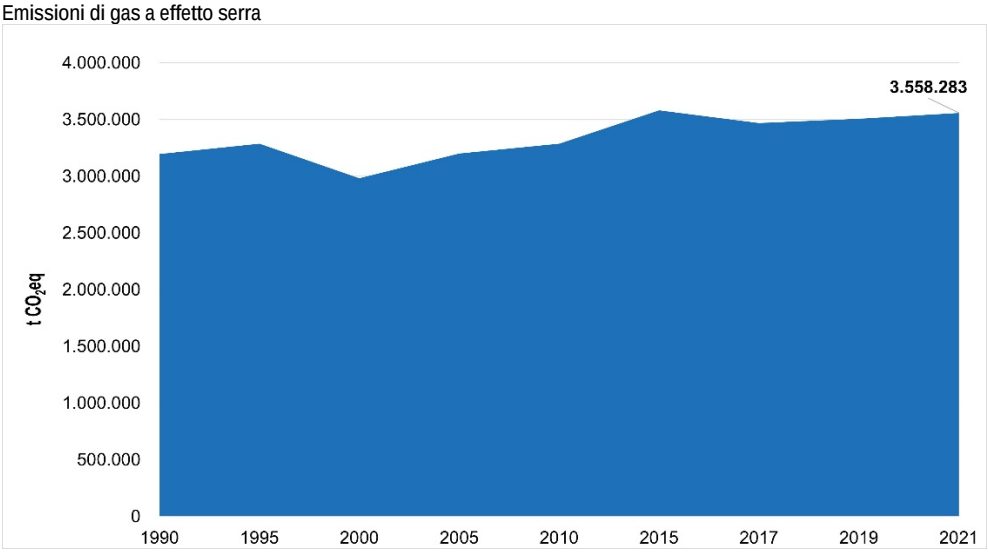
Autori: Nadia Franzoi, Flavio Ruffini
APPA Bolzano

STATO DELL'AMBIENTE IN PILLOLE

La Provincia autonoma di Bolzano è un territorio tipicamente montano, caratterizzato da ampie superfici rocciose, ghiacciai, praterie alpine e montane e vaste aree boschive. Ciò comporta che solamente il 3,1% della superfice (22.936 ettari), può essere adibito a territorio insediativo. Di conseguenza, la densità abitativa sull'intera superficie è bassa, tipica delle aree rurali, ma risulta elevata se calcolata solo sulle aree insediabili, comparabile a quella dei grandi centri urbani. La qualità dell'aria è gradualmente migliorata negli ultimi sei-sette anni anche grazie agli effetti positivi del rinnovo del parco veicoli. Fino al 2023 le concentrazioni NO_2 sono calate in tutte le stazioni, comprese quelle lungo l'Autostrada del Brennero, mentre nel 2024 il *trend* si è interrotto. Il valore limite annuale di 40 $\mu g/m^3$ per NO_2 viene rispettato in tutte le stazioni di misura. In alcune strade cittadine molto trafficate con condomini alti si sono registrate ancora situazioni leggermente critiche, dovute al cosiddetto "effetto canyon". Per quanto riguarda il particolato (PM10 e PM2,5) negli ultimi anni la situazione è sostanzialmente stabile: al 2022 I valori limite sono rispettati ovunque. Nel 2024 viene rispettato per la prima volta anche il valore obiettivo per il *benzo[a]pirene*.
Nella Provincia di Bolzano vengono regolarmente monitorati circa 140 siti ripartititi tra fiumi, torrenti e fosse attraverso analisi chimiche e biologiche. In sintesi, si può affermare che nel sessennio 2014-2019 e nel primo triennio 2020-2022 la maggior parte dei corsi d'acqua altoatesini ha raggiunto lo stato "buono". Compromissioni significative si presentano in alcune particolari tipologie di corsi d'acqua, come i fossati di drenaggio del fondovalle o i corsi d'acqua con particolari caratteristiche geomorfologiche. Nel sessennio 2014-2019, solamente il 9,8% dei corpi idrici ha raggiunto uno stato da sufficiente a scarso. Per quanto riguarda lo stato quali- e quantitativo dei 39 corpi idrici sotterranei nel sessennio 2014-2019 e nel primo triennio 2020-2022 viene confermato lo stato buono.
La percentuale dei rifiuti raccolti in modo differenziato nel 2023 è del 69,28%, oltre l'obiettivo del 65% previsto dalla normativa nazionale, che risulta raggiunto già dal 2016.



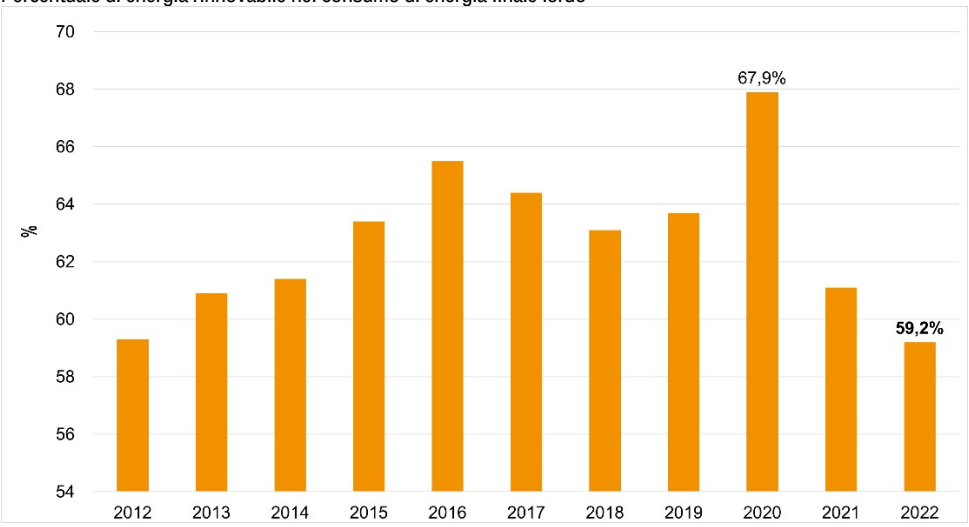
Emissioni di gas a effetto serra



Fonte: ISPRA

L'andamento, in Provincia di Bolzano, delle emissioni di gas ad effetto serra, nel periodo 1990-2021 (espresso in tonnellate di CO_2 equivalente), dopo una fase di crescita fino al 2015 e di un leggero calo nei due anni successivi, presenta dal 2017 valori più o meno costanti o in leggera crescita fino al 2021.

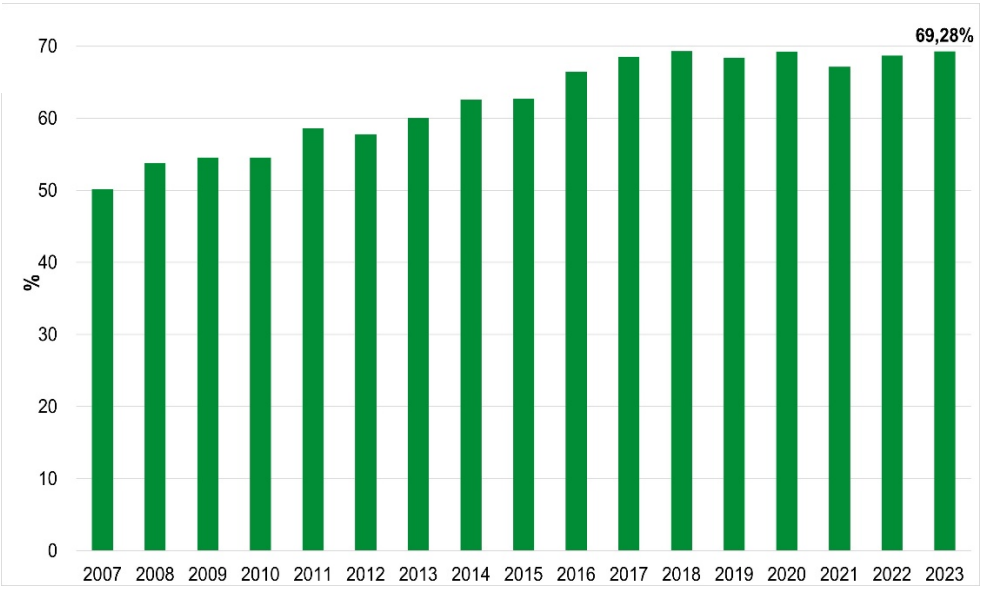
Percentuale di energia rinnovabile nel consumo di energia finale lordo



Nota: NB: per il periodo 2012-2020 viene applicata la metodologia di monitoraggio definita dalla direttiva 2009/28/CE (RED I); a partire dal 2021 viene invece applicata la metodologia definita dalla direttiva (UE) 2018/2001 (RED II).
Fonte: GSE

L'andamento della percentuale dei consumi energetici da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia, in Provincia di Bolzano, risulta in crescita nel periodo 2012-2016, presenta un leggero calo altalenante nel periodo 2017-2019, registra un picco nel 2020 con il 67,9% e si attesta nel 2022 al valore registrato 10 anni prima di 59,2%.

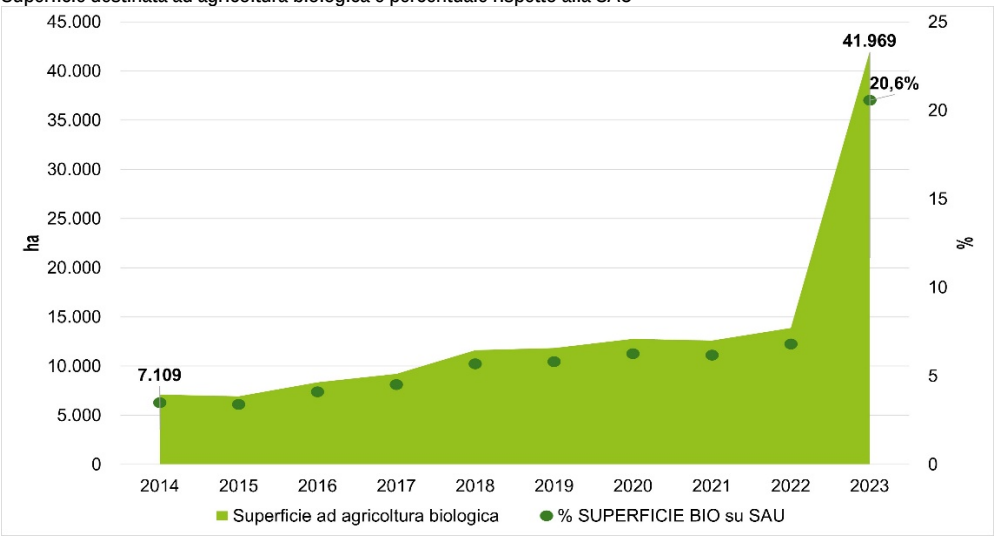
Raccolta differenziata



Fonte: ISPRA

Nel 2023 la percentuale dei rifiuti raccolti in modo differenziato è in leggero aumento in Provincia di Bolzano rispetto all'anno precedente; inoltre, l'obiettivo del 65%, previsto dalla normativa nazionale, obiettivo che risulta raggiunto già dal 2016.

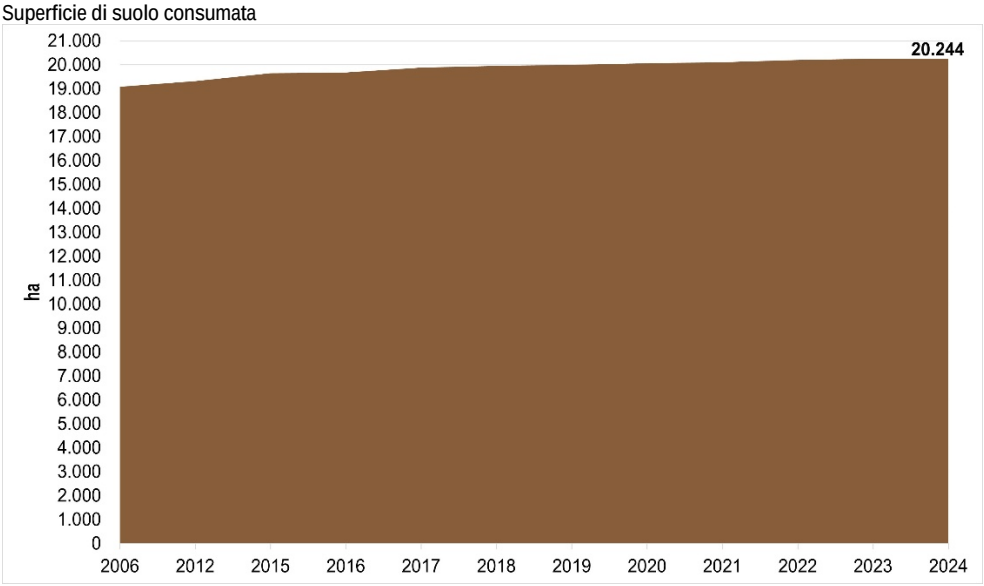
Superficie destinata ad agricoltura biologica e percentuale rispetto alla SAU



Fonte: Elaborazioni SNPA su dati SINAB e Istat

L'andamento della superficie agricola destinata ad agricoltura biologica, in Provincia di Bolzano, è in costante crescita nel periodo dal 2014 al 2022, registrando un incremento deciso nel 2023, dove raggiunge il 20,6% della SAU, oltre la quota nazionale (19,8%).

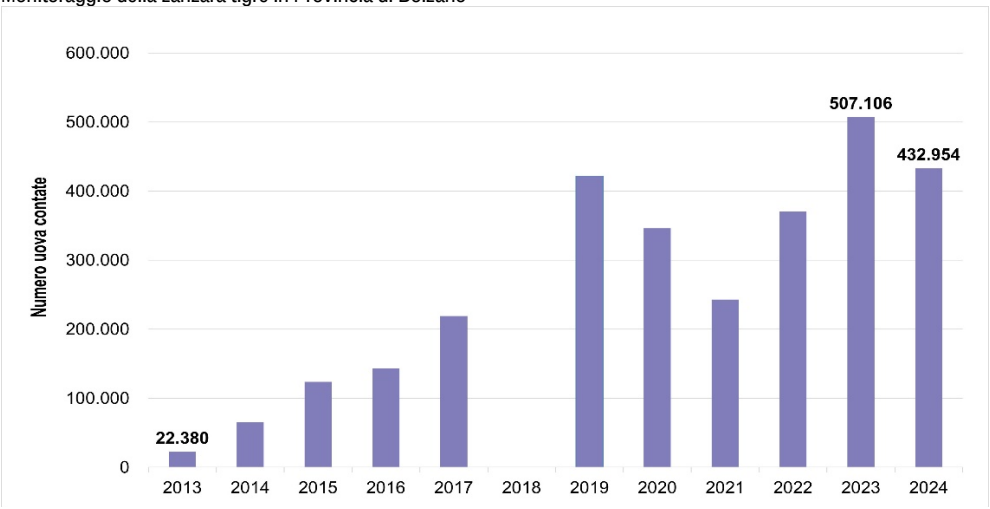
Superficie di suolo consumata



Fonte: SNPA

L'andamento del consumo di suolo negli ultimi 15 anni in Provincia di Bolzano si attesta su un valore pressoché costante, passando da 19.072 ettari consumati nel 2006 a 20.244 nel 2024 (+6,1%).

Monitoraggio della zanzara tigre in Provincia di Bolzano



Fonte: Appa Bolzano

Note: Nel 2018 non è stato possibile effettuare il monitoraggio per problemi tecnico-organizzativi

A partire dal 2013 il Laboratorio biologico di Appa Bolzano effettua il monitoraggio della zanzara tigre sul territorio provinciale. Il periodo di osservazione va da maggio a ottobre e i rilevamenti si concentrano nelle zone urbane delle vallate principali, dove l'ambiente e le condizioni climatiche favoriscono lo sviluppo di questa specie invasiva. Il numero di uova depositate fornisce informazioni sulla densità della presenza della zanzara tigre nei vari punti di campionamento. Nel 2023 è stato registrato il più alto numero di uova dall'inizio del rilevamento (507106).

Bibliografia

Informazioni e dati sullo stato dell'ambiente in Alto Adige
https://ambiente.provincia.bz.it/it/informazioni-ambientali

VENETO
dati 2024

4.852.216
popolazione residente
(N. abitanti)

22.366*
reddito medio pro capite
(Euro procapite)

264,4
densità demografica
(N. abit./Km²)

18.355
superficie territoriale
(Km²)

70,2%
tasso di occupazione
(Percentuale)

29,0% Montagna; **14,4%** Collina; **56,5%** Pianura

superficie
per zona altimetrica
(Percentuale)

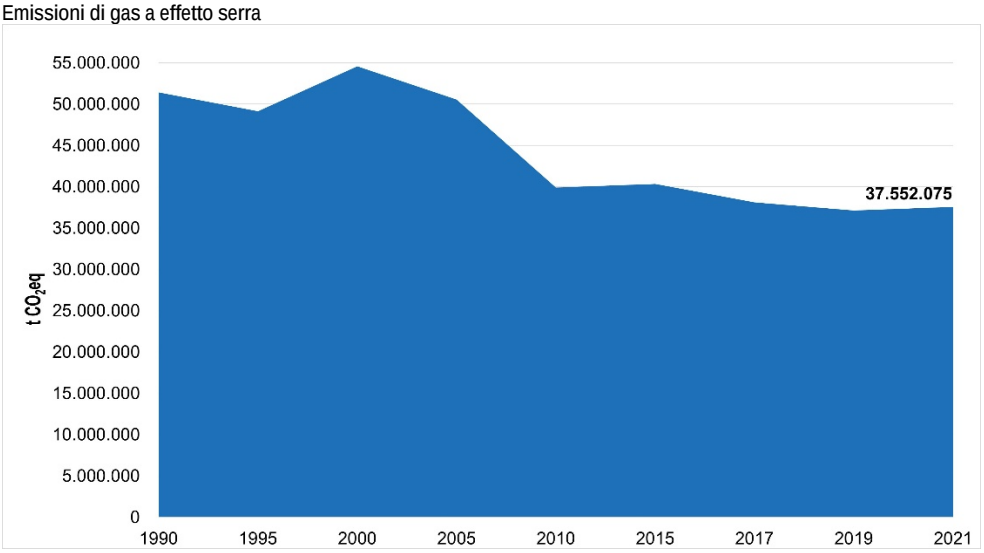
* dati 2022

Autore: Giovanna Ziroldo
ARPA Veneto

STATO DELL'AMBIENTE IN PILLOLE

Nel 2023 in Veneto si conferma il rispetto dei limiti annuali per il PM10 (dal 2018), il PM2.5 (per il terzo anno consecutivo) e il biossido di azoto (dal 2020). Tuttavia, il superamento del limite giornaliero per il PM10 resta diffuso, sebbene in lieve calo rispetto agli anni precedenti. Gli episodi di superamento del limite per l'ozono sono diminuiti rispetto al 2022, grazie a un'estate 2023 caratterizzata da ondate di caldo meno intense e più brevi. Le concentrazioni di benzo(a)pirene restano stabili, con superamenti del valore obiettivo, mentre gli altri inquinanti non presentano criticità rilevanti. Complessivamente, il 2023 è tra gli anni con la migliore qualità dell'aria degli ultimi vent'anni.
Nel 2023 la raccolta differenziata in Veneto ha raggiunto il 77,7%, confermando il superamento dell'obiettivo nazionale del 65%. La produzione totale dei rifiuti urbani è aumentata rispetto all'anno precedente e tale incremento è imputabile soprattutto all'aumento delle frazioni differenziate.
L'ultimo rapporto del 2023 sulle acque interne superficiali analizza 390 punti fluviali e 17 siti lacustri, valutando stato trofico, contaminazione chimica, qualità biologica e morfologia fluviale. I corsi d'acqua alpini e prealpini mostrano buona qualità, mentre nei fiumi di pianura si rilevano criticità legate all'antropizzazione dovute principalmente a nutrienti, fitosanitari e PFOS. I laghi confermano una buona qualità complessiva. Nel rapporto 2023 per le acque marino-costiere venete si evidenzia una qualità ecologica elevata o buona in 4 corpi idrici su 6. Lo stato chimico per l'anno in esame risulta non buono a causa della presenza di alcuni inquinanti persistenti, tra cui PFOS in acqua, PBDE e mercurio in biota.
Nel 2024 le temperature medie annue sono state le più alte dal 1992, con un aumento di oltre +0,6 °C ogni 10 anni. Le temperature minime sono state decisive per il record dell'anno più caldo. 49 le notti tropicali in pianura, quasi quattro volte la media (13).
La superficie di suolo consumato in regione nel 2024 è pari 216.871 ha (11,86% della superficie totale), - 0,3% rispetto al 2023 (217.520 ha)

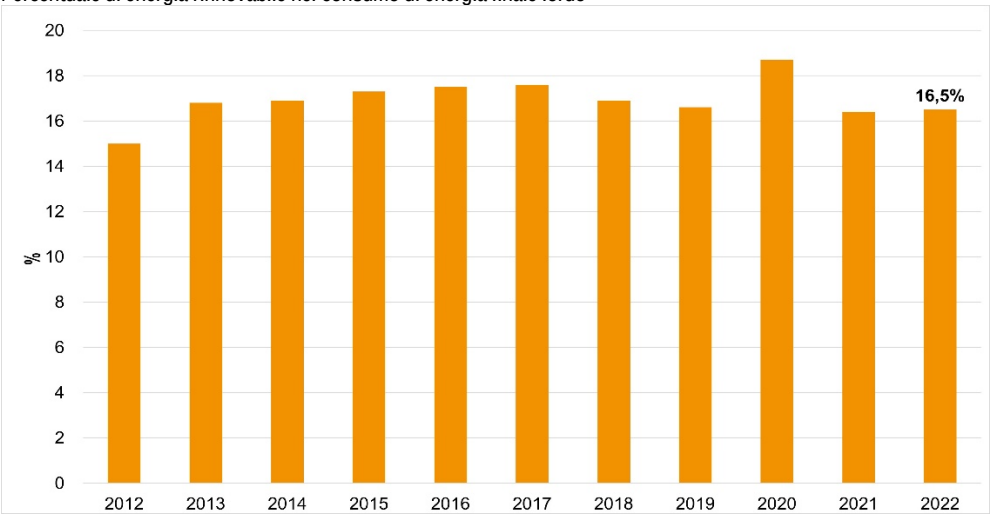
Emissioni di gas a effetto serra



Fonte: ISPRA

L'andamento delle emissioni di gas a effetto serra in Veneto nel periodo 1990-2021, espresso in tonnellate di CO_2 equivalente, mostra che il valore più alto è stato raggiunto nel 2000 (54.581.934 tCO_2eq). Successivamente, si è registrata una significativa diminuzione tra il 2005 e il 2010, seguita da una fase di relativa stabilità a partire dal 2015.

Percentuale di energia rinnovabile nel consumo di energia finale lordo

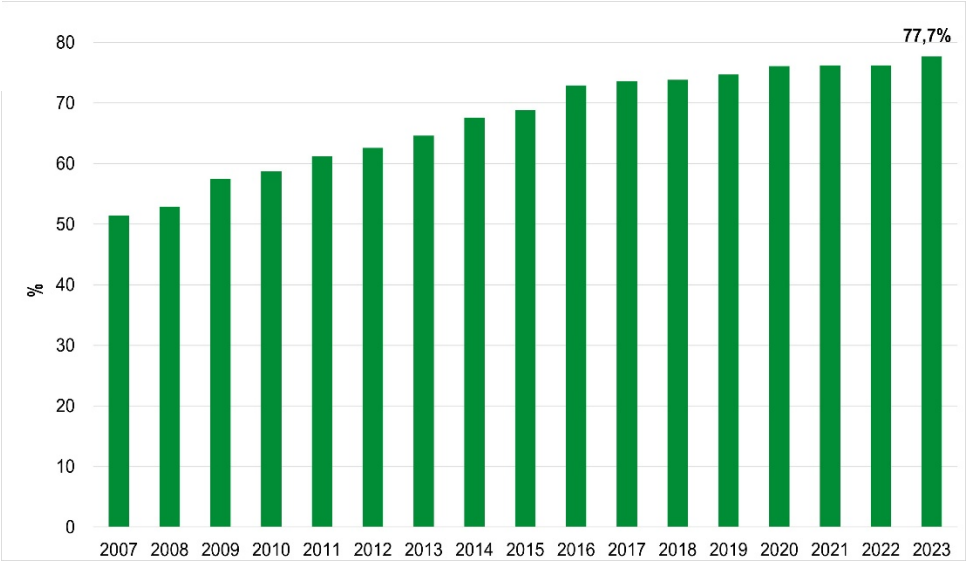


Nota: NB: per il periodo 2012-2020 viene applicata la metodologia di monitoraggio definita dalla direttiva 2009/28/CE (RED I); a partire dal 2021 viene invece applicata la metodologia definita dalla direttiva (UE) 2018/2001 (RED II).

Fonte: GSE

L'andamento della percentuale dei consumi energetici da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia, in Veneto, presenta un *trend* stabile, con valori che oscillano tra il 16-17%. Il 2020 è l'anno che registra il picco più alto con il 18,7%.

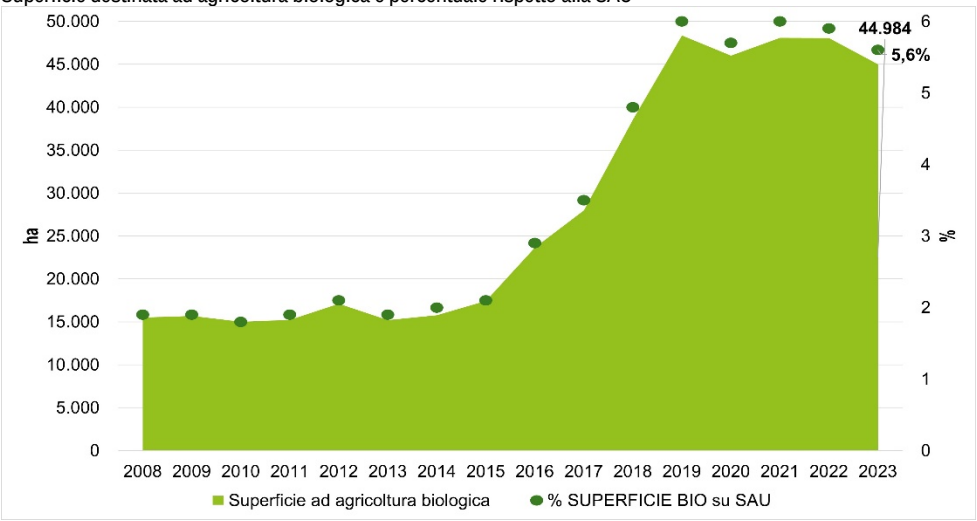
Raccolta differenziata



Fonte: ISPRA

Nel 2023, la raccolta differenziata in Veneto ha raggiunto il 77,7%, superando l'obiettivo nazionale del 65%. La produzione di rifiuti urbani è aumentata nel tempo, mentre il rifiuto indifferenziato procapite è rimasto stabile. Il turismo, con oltre 70 milioni di visitatori annui, incide significativamente sui rifiuti nelle aree costiere, montane e nelle città d'arte.

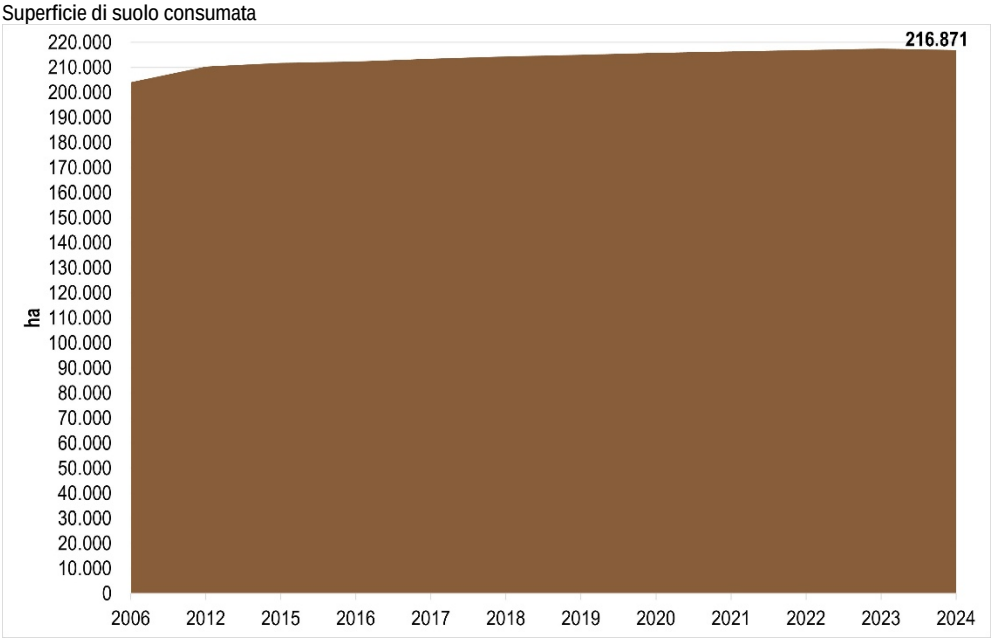
Superficie destinata ad agricoltura biologica e percentuale rispetto alla SAU



Fonte: Elaborazioni SNPA su dati SINAB e Istat

La superficie destinata al biologico tra il 2008 e il 2015 rimane relativamente stabile. Si osserva una crescita significativa dal 2016 in poi, con un picco tra il 2018 e il 2020. Dopo il picco i valori si stabiizzano attorno ai 45.000 ha, il 2023 registra un lieve calo. La percentuale di superficie Bio su SAU segue una tendenza simile alla superficie assoluta, raggiungendo il 5,6% nel 2023.

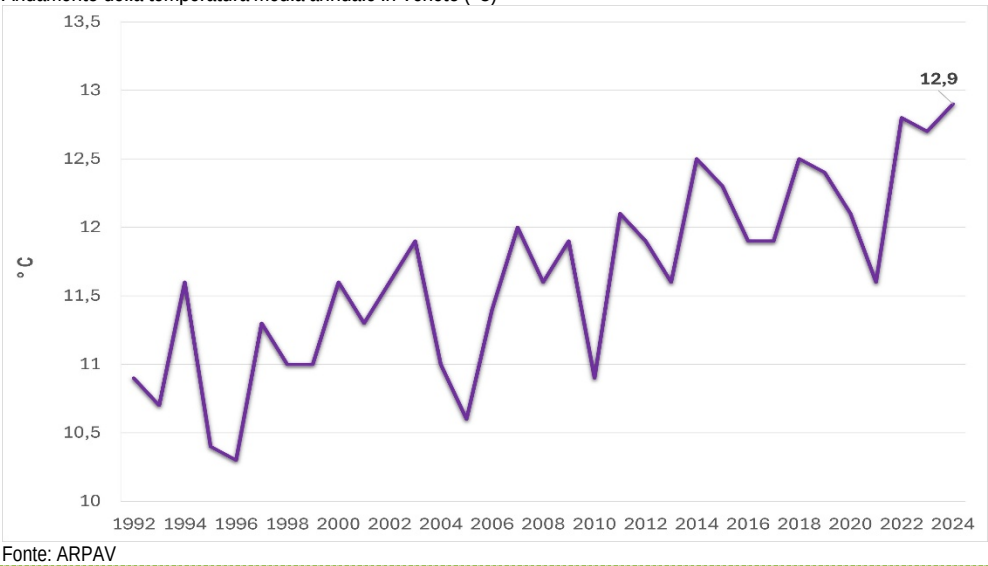
Superficie di suolo consumata



Fonte: SNPA

La superficie di suolo consumato in Veneto nel 2024 è pari all'11,86% della superficie totale, corrispondente a 216.871 ha. Il decremento del consumo annuale tra il 2023 e il 2024 è stato dello -0,29% per il consumo netto.

Andamento della temperatura media annuale in Veneto (°C)



Fonte: ARPAV

Gli anni 2022, 2023 e 2024 sono stati mediamente i più caldi della serie 1992-2024 con i valori più elevati registrati proprio nel 2024. Si osserva un chiaro aumento della temperatura media nel tempo, segno di un riscaldamento progressivo, con un *trend* significativo pari a oltre +0,6 °C ogni 10 anni.

Ringraziamenti (Contributori)

Si ringrazia Irene Delillo, Federica Germani, Laura Susanetti, Ivano Tanduo, Ialina Vinci, Luca Zagolin, Anna Rita Zogno

Bibliografia

ARPAV, 2024. Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera INEMAR Veneto 2021
https://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/aria/file-e-allegati/inemar-2021/relazione-generale-inemar-veneto-2021.pdf
ARPAV, 2024 - Produzione e gestione rifiuti urbani nel Veneto con indicatori bacini territoriali. Edizione 2024 (dati anno 2023)
https://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/rifiuti/file-e-allegati/rapporti-annuali-rifiuti-urbani/rapporto-ru-2024.pdf
ARPAV, 2025. Consumo di suolo - edizione 2024
https://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/suolo/file-e-allegati/documenti/consumo-di-suolo/consumo-di-suolo-nella-regione-veneto-nel-2023-1.pdf
ARPAV, 2025. Meteo e Clima 2024. Rapporto annuale
https://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/meteo/documenti-meteo/rapporti-annuali/2024_report_meteoclimatico_finale.pdf

FRIULI VENEZIA GIULIA
dati 2024

1.194.616
popolazione residente
(N. abitanti)

150,6
densità demografica
(N. abit./Km²)

23.282*
reddito medio pro capite
(Euro procapite)

69,8%
tasso di occupazione
(Percentuale)

7.933
superficie territoriale
(Km²)

43,0% Montagna; **19,0%** Collina; **38,0%** Pianura

superficie
per zona altimetrica
(Percentuale)

* dati 2022

Autori: Francesca Bonemazzi
ARPA Friuli Venezia Giulia

STATO DELL'AMBIENTE IN PILLOLE

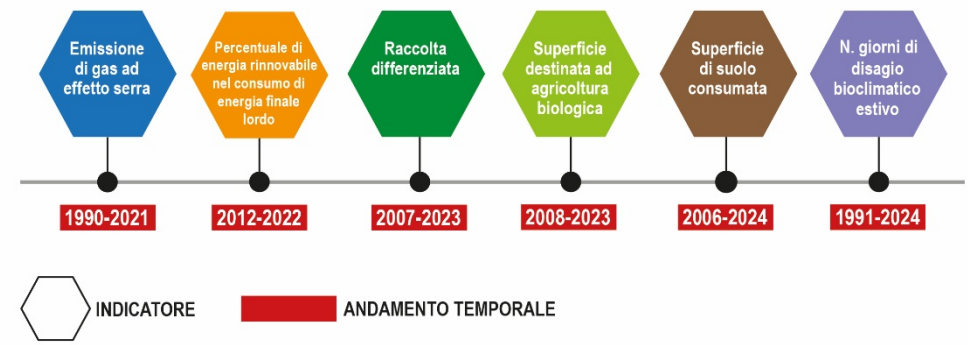
In Friuli Venezia Giulia la temperatura media del trentennio 1991-2020 è aumentata di 0,7°C a fronte della media mondiale di 0,5°C, inoltre si osserva un chiaro *trend* di aumento delle precipitazioni invernali e di diminuzione di quelle estive, con evidenze di incremento delle piogge intense e dei giorni di disagio bioclimatico.

Per quanto riguarda la qualità dell'aria, si evidenzia una significativa riduzione negli anni sia delle emissioni che delle concentrazioni degli inquinanti in atmosfera, grazie alle azioni attuate a livello nazionale e locale. Permangono solo sporadiche criticità relative al numero di superamenti della soglia giornaliera per il PM10, fortemente influenzato dalle condizioni meteo e dalla posizione geografica, e altre criticità dovute al Benzo(a)pirene con limitati hotspot per lo più legati alla combustione di biomasse legnose.

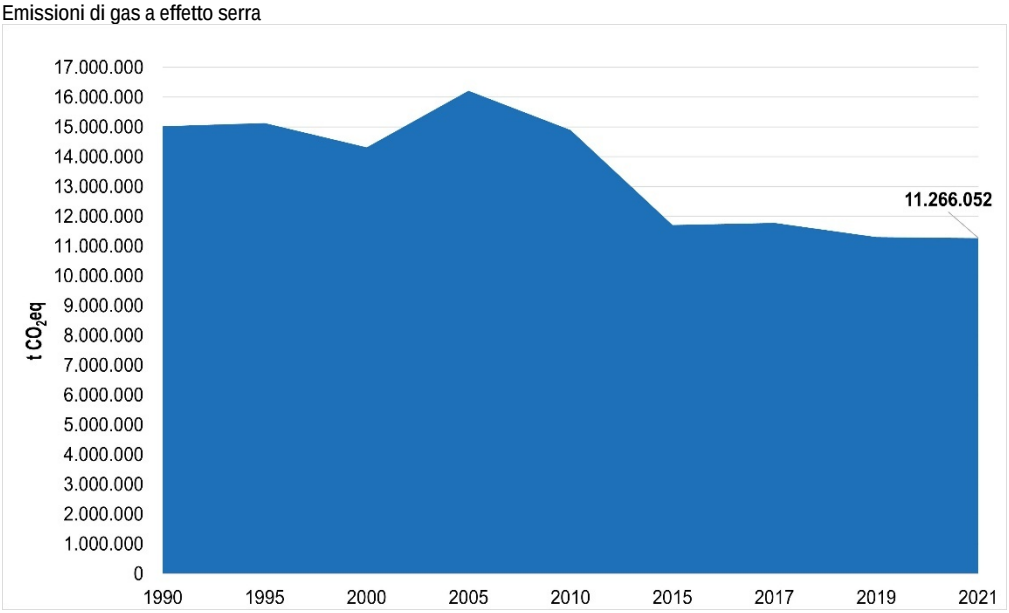
Sulla base dei dati raccolti in un periodo di sei anni, almeno il 41% dei corpi idrici presenta uno stato ecologico buono o elevato. Tutti i laghi monitorati hanno raggiunto l'obiettivo di qualità prefissato dall'attuale aggiornamento del Piano di Gestione. Nelle acque sotterranee il *trend* è in miglioramento rispetto ai nitrati, ai pesticidi e ai contaminanti dovuti a storici eventi di inquinamento verificatisi negli scorsi decenni. Lo stato ecologico delle acque marino-costiere è generalmente buono o elevato, mentre per le acque lagunari è spesso inferiore al buono nei corpi idrici più interni caratterizzati dagli apporti di acque dolci dei fiumi.

La superficie complessiva di suolo consumato in Friuli Venezia Giulia equivaleva nel 2024 a circa l'8% della superficie regionale, dato leggermente al di sopra della media nazionale (7,2%). Negli ultimi anni l'incremento percentuale di consumo di suolo netto è risultato inferiore al dato nazionale.

Relativamente ai rifiuti urbani la percentuale di raccolta differenziata evidenzia negli anni un forte aumento, con una media poco al di sotto del 70% e con solo alcuni Comuni che non raggiungono il limite minimo imposto del 65%.



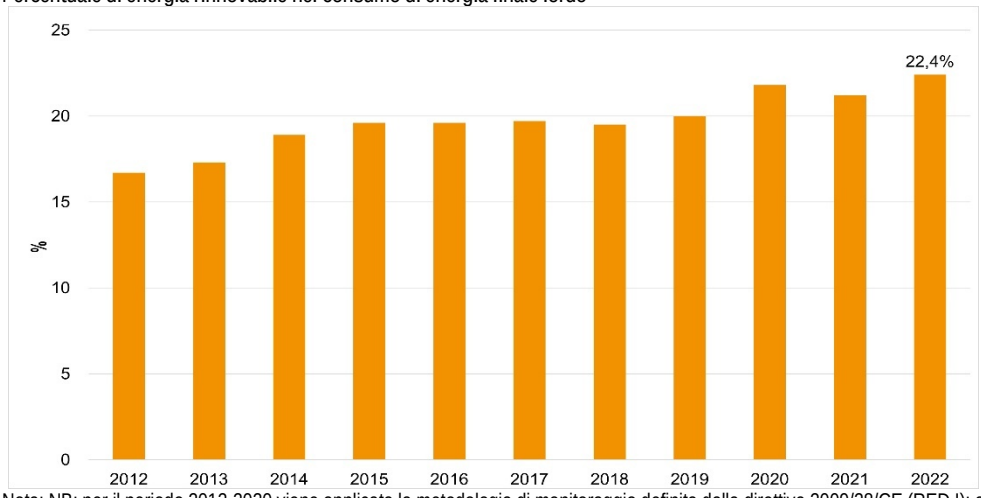
Emissioni di gas a effetto serra



Fonte: ISPRA

Le emissioni di gas a effetto serra nel Friuli Venezia Giulia hanno visto dal 1990 ad oggi una riduzione di circa il 25%, dato che pone la regione tra i primi posti in Italia nell'ambito delle azioni di mitigazione.

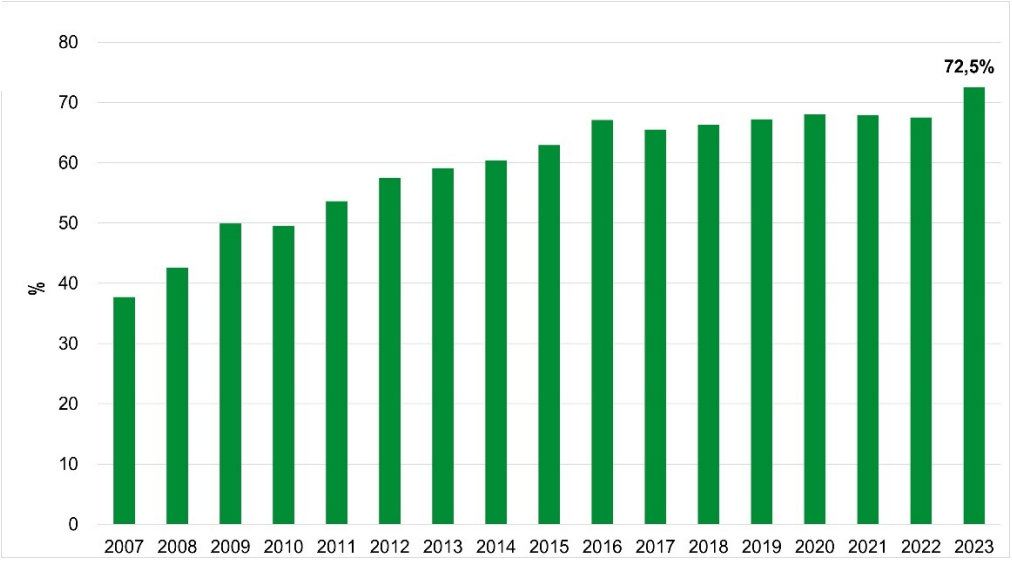
Percentuale di energia rinnovabile nel consumo di energia finale lordo



Nota: NB: per il periodo 2012-2020 viene applicata la metodologia di monitoraggio definita dalla direttiva 2009/28/CE (RED I); a partire dal 2021 viene invece applicata la metodologia definita dalla direttiva (UE) 2018/2001 (RED II).
Fonte: GSE

La percentuale di energia da Fonti Energetiche Rinnovabili (FER) sul totale dell'energia consumata in Friuli Venezia Giulia è andata crescendo negli anni fino ad assestarsi nel 2022 al 22,4% anche in virtù delle numerose azioni di incentivazione poste in essere a livello regionale per la produzione di energia da FER.

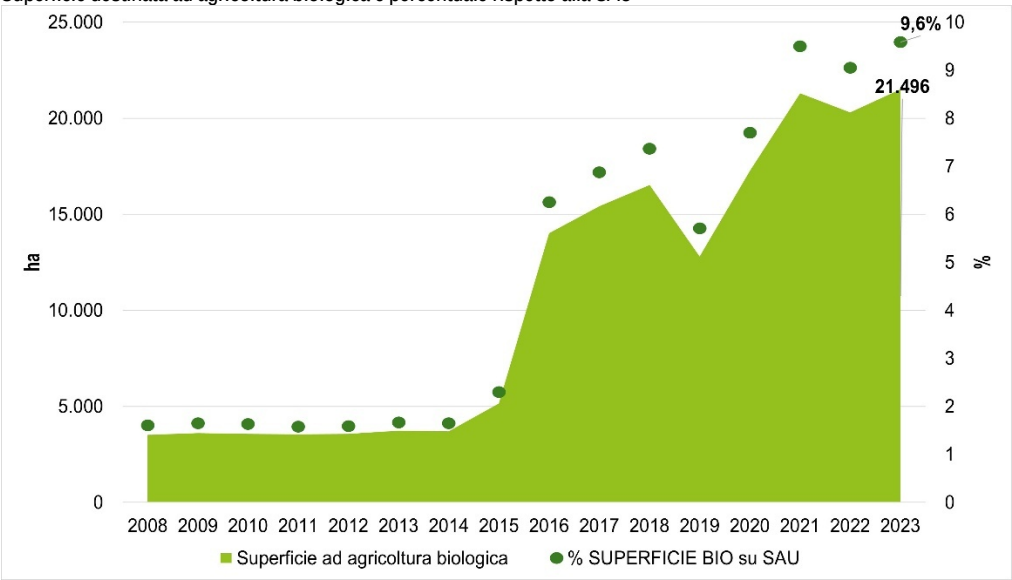
Raccolta differenziata



Fonte: ISPRA

La percentuale di raccolta differenziata in Friuli Venezia Giulia presenta un andamento crescente e dal 2007 è quasi raddoppiata. Negli ultimi anni si riscontra una flessione nei tassi di crescita, che sembra convergere intorno al 70%.

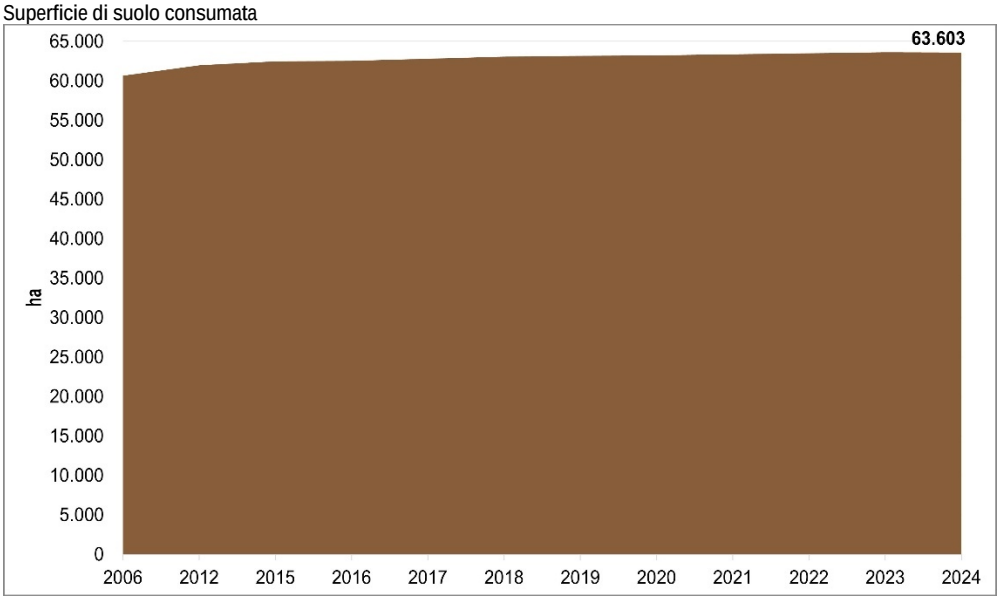
Superficie destinata ad agricoltura biologica e percentuale rispetto alla SAU



Fonte: Elaborazioni SNPA su dati SINAB e Istat

Dal 2008 ad oggi la quantità di suolo destinato ad agricoltura biologica in Friuli Venezia Giulia è nettamente aumentato (di quasi 6 volte), così come la sua percentuale rispetto alla superficie agricola utilizzata (SAU) passando dall'1,6% del 2008 al 9,6% nel 2023.

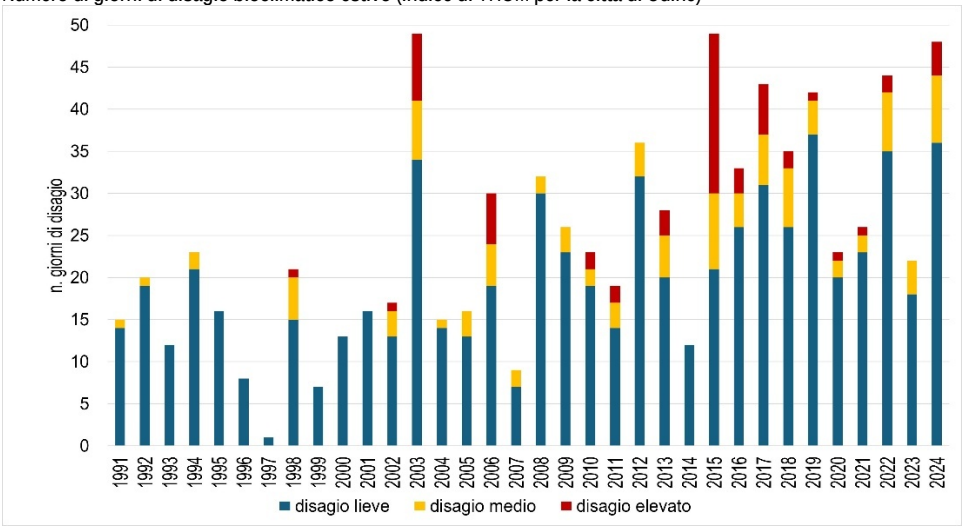
Superficie di suolo consumata



Fonte: SNPA

Come per l'Italia nel suo complesso, anche in Friuli Venezia Giulia il consumo di suolo presenta un *trend* in continuo aumento. La superficie complessiva di suolo consumato equivale a 63.603 ha nel 2024, pari a ll'8% della superficie regionale, dato leggermente al di sopra della media nazionale (7,2%).

Numero di giorni di disagio bioclimatico estivo (indice di THOM per la città di Udine)



Fonte: Rapporto stato ambiente FVG 2024

Nel periodo estivo (giugno-agosto) a Udine, dal 1991 al 2024, risulta in aumento il numero di giorni con livello di disagio lieve, medio ed elevato. Gli scenari di cambiamento climatico prospettano una ulteriore modifica in peggioramento di tali indici. Questo disagio è spesso associato a ondate di calore e può avere impatti sulla salute, soprattutto per le fasce più vulnerabili della popolazione.

Ringraziamenti (Contributori)

Si ringraziano tutti i collaboratori ARPA FVG che hanno contribuito a redigere gli approfondimenti presenti sul *Rapporto sullo Stato dell'Ambiente in Friuli Venezia Giulia 2024 – Evoluzione e scenari*, da cui sono stati tratti alcuni deipresenti dati.

Bibliografia

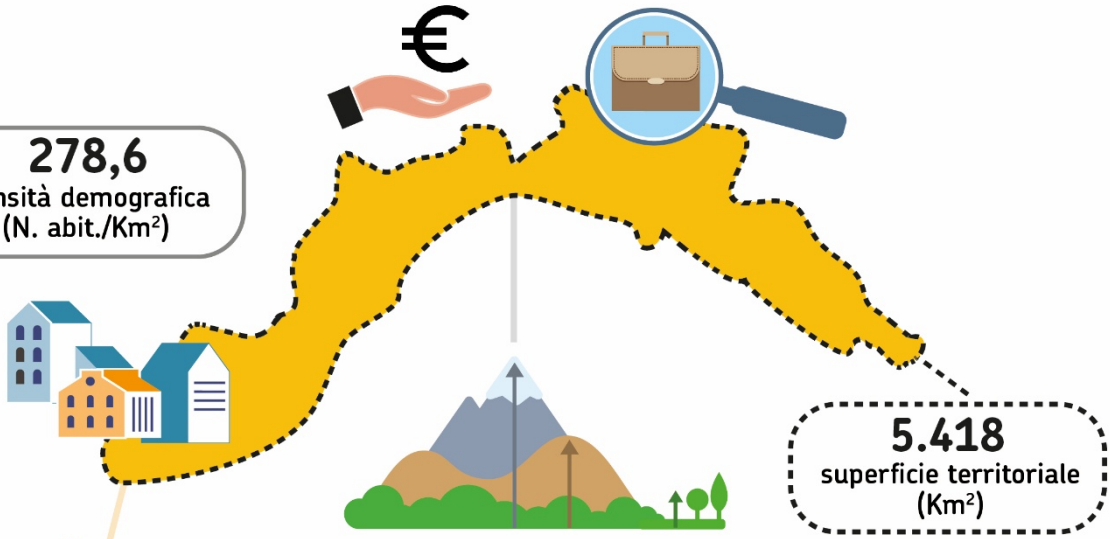
ARPA FVG. *Rapporto sullo Stato dell'Ambiente in Friuli Venezia Giulia 2024 – Evoluzione e scenari*. Ottobre 2024.

LIGURIA
dati 2024

23.879*
reddito medio pro capite
(Euro procapite)

67,3%
tasso di occupazione
(Percentuale)

278,6
densità demografica
(N. abit./Km²)



5.418
superficie territoriale
(Km²)

65,1% Montagna; **34,9%** Collina; **0,0%** Pianura

superficie
per zona altimetrica
(Percentuale)

1.509.140
popolazione residente
(N. abitanti)

* dati 2022

Autore: Federico Grasso,Eliana Paoli
ARPA Liguria

STATO DELL'AMBIENTE IN PILLOLE

Le valutazioni della qualità dell'aria in Liguria evidenziano un complessivo miglioramento: nel 2024 sono stati rispettati i limiti e i valori obiettivo normati, tranne la media annua di biossido di azoto (fuori in due postazioni da traffico veicolare a Genova), il benzo(a)pirene a Cairo Montenotte e l'ozono. Il 30 gennaio 2025, con DGR n. 67, la Regione ha aggiornato il "Piano regionale di risanamento e tutela della qualità dell'aria".

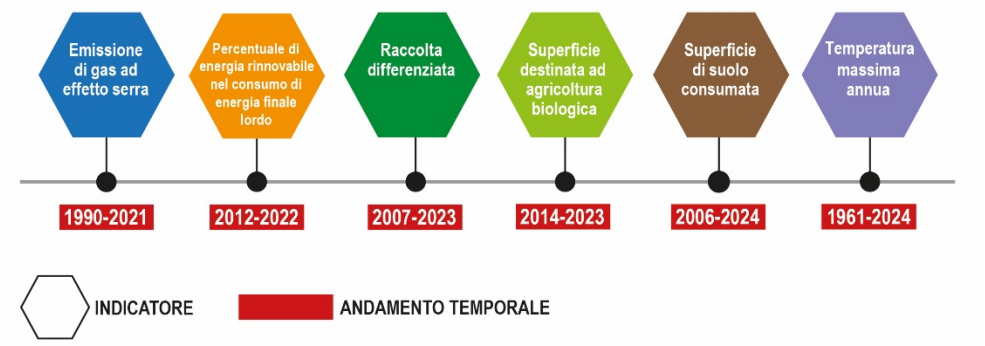
Le acque interne superficiali presentano l'82% dei corpi idrici in stato chimico buono e il 45% in stato ecologico buono. Il periodo 2021-2023 è stato fortemente condizionato dalla marcata e prolungata siccità del 2021-2022, che ha peggiorato alcuni indicatori di qualità; l'impatto è risultato evidente nelle acque fluviali, per la minore diluizione degli scarichi e per la sofferenza delle comunità igrofile. Stazionaria la situazione qualitativa delle acque sotterranee, non quella quantitava, depauperata dalla siccità in numerosi acquiferi liguri.

L'ecosistema costiero si presenta generalmente in salute, con tutti gli indicatori biologici esaminati in condizioni almeno sufficiente e una grande maggioranza in stato buono, con tendenza al miglioramento; esistono alcuni inquinanti di natura chimica localmente al di fuori degli standard di qualità obiettivo per il 2021. Tale criticità si riscontra soprattutto nei sedimenti marini, il cui *trend* nel lungo periodo appare in lento miglioramento.

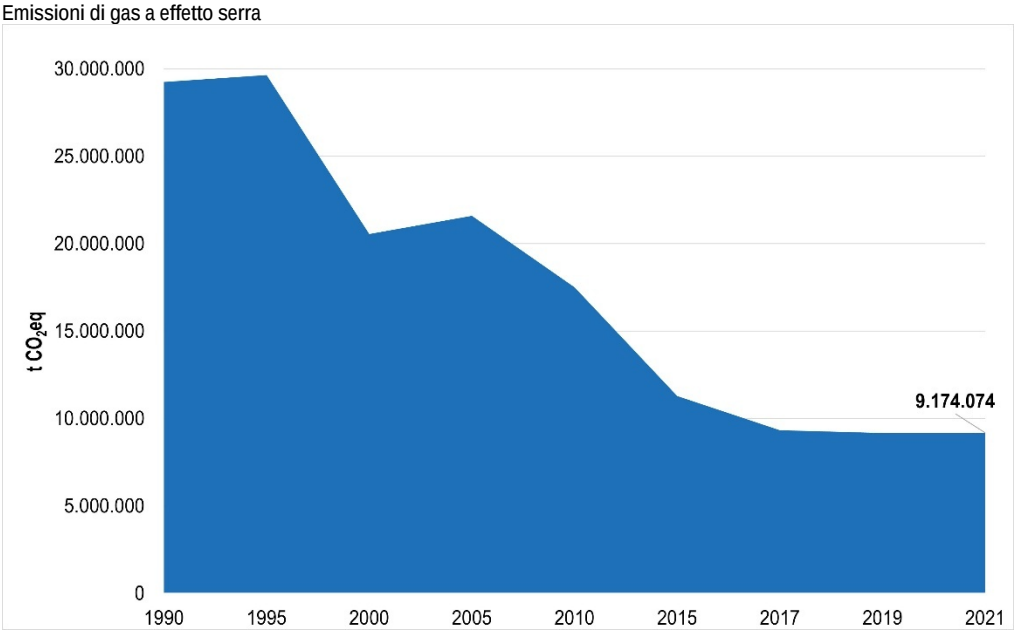
Nel 2023 la raccolta differenziata in Liguria è ulteriormente aumentata raggiungendo il 47%, ma la *performance* del comune di Genova, nonostante una crescita rispetto all'anno precedente, ha impedito alla Regione di raggiungere l'obiettivo nazionale del 65%.

La ricchezza di biodiversità animale e vegetale è documentata dalla presenza di 5.285 entità sistematiche nella check list dell'osservatorio ligure della biodiversità (Libioss).

Per la difesa del suolo, il 23,3% di popolazione risiede nelle aree a bassa pericolosità di alluvione (p1), il 5,9% nelle aree a pericolosità da frana molto elevata (p4) o elevata (p3).



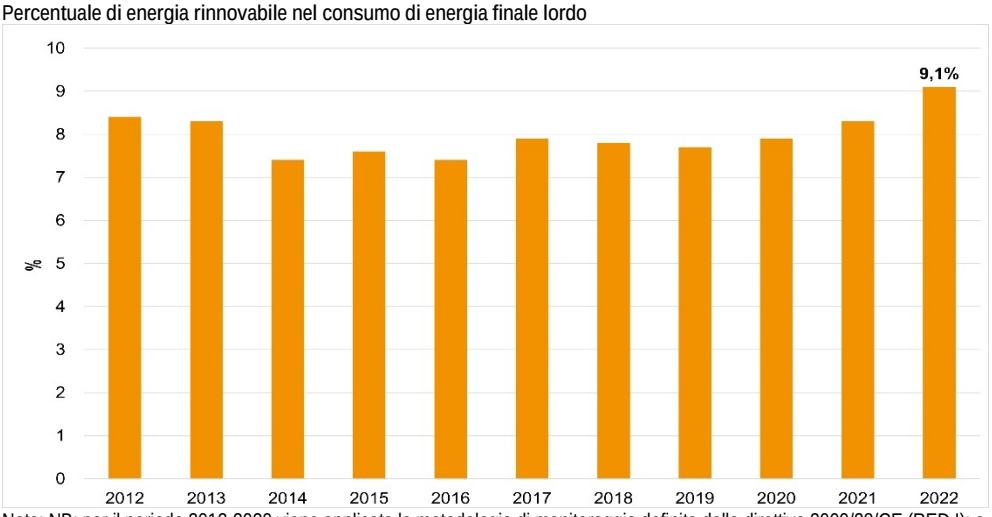
Emissioni di gas a effetto serra



Fonte: ISPRA

L'andamento, in Liguria, delle emissioni di gas ad effetto serra (espresso in tonnellate di CO_2 equivalente), dopo una fase di evidente decrescita fino al 2017, in cui la quota è scesa a un terzo, sembra essersi assestato su valori costanti negli ultimi anni.

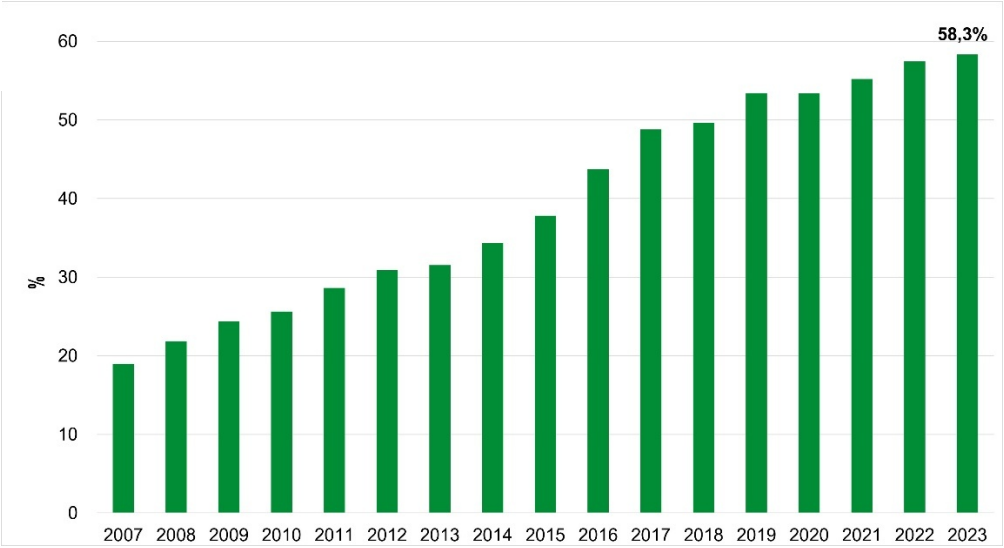
Percentuale di energia rinnovabile nel consumo di energia finale lordo



Nota: NB: per il periodo 2012-2020 viene applicata la metodologia di monitoraggio definita dalla direttiva 2009/28/CE (RED I); a partire dal 2021 viene invece applicata la metodologia definita dalla direttiva (UE) 2018/2001 (RED II).
Fonte: GSE

L'andamento della percentuale dei consumi energetici da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia, in Liguria, presenta un andamento in aumento negli ultimi anni: si è arrivati al 9,1%, con un incremento di un solo punto percentuale rispetto al 2012, valore inferiore a quello nazionale (19,1%).

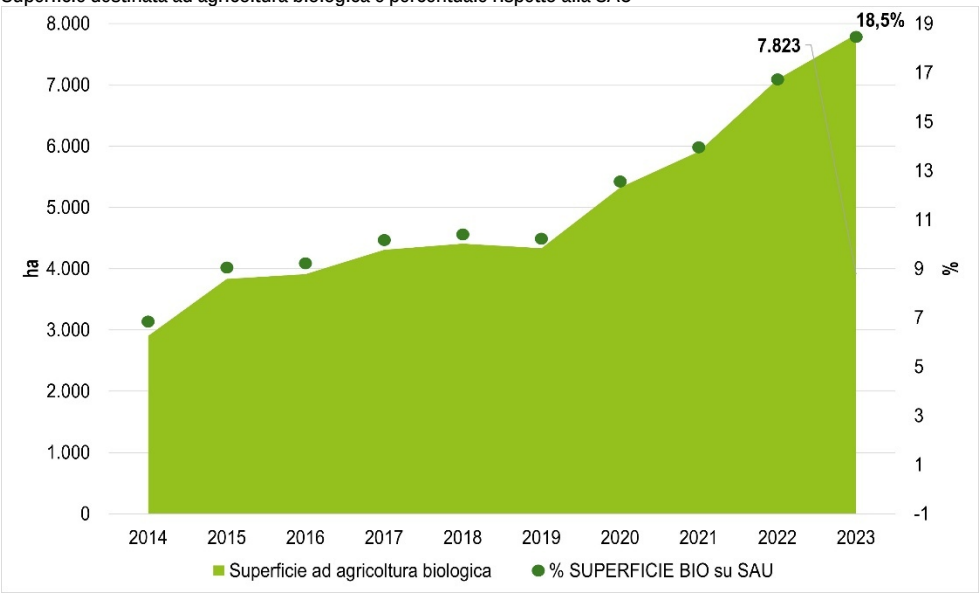
Raccolta differenziata



Fonte: ISPRA

L'andamento della percentuale di raccolta differenziata in Liguria, pur essendo in costante e graduale crescita, non ha ancora raggiunto l'obiettivo del 65% previsto dalla normativa nazionale al 2012. Senza il comune di Genova tale valore sarebbe già oggi superato.

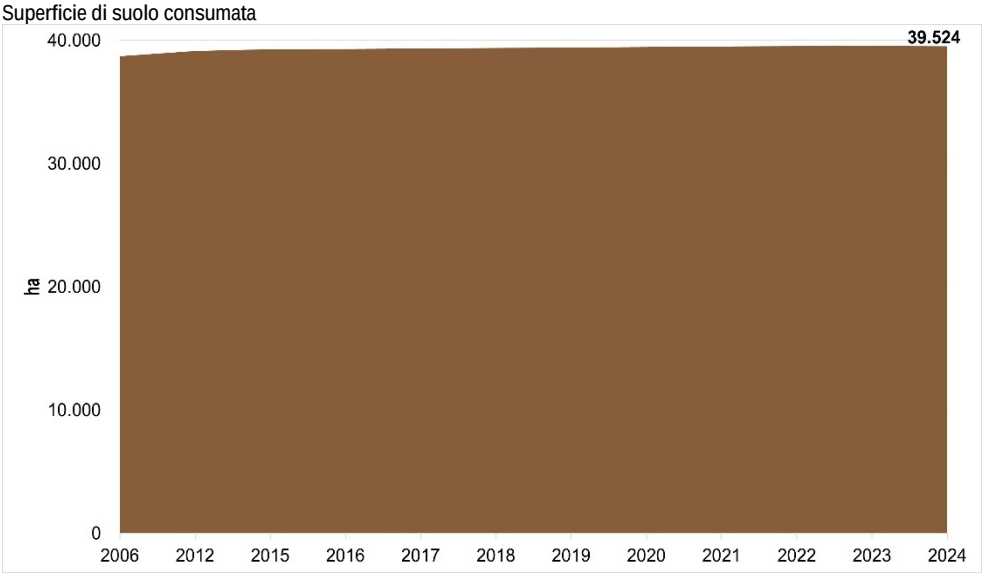
Superficie destinata ad agricoltura biologica e percentuale rispetto alla SAU



Fonte: Elaborazioni SNPA su dati SINAB e Istat

Per quanto gli spazi disponibile all'agricoltura siano limitati in Liguria, l'andamento della superficie dedicata all'agricolutra biologica è in deciso aumento, quasi triplicato in circa dieci anni.

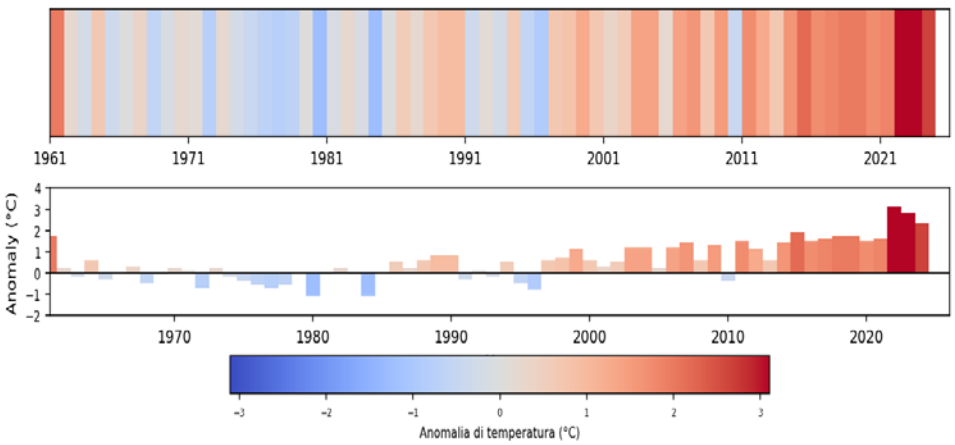
Superficie di suolo consumata



Fonte: SNPA

La superficie di suolo consumato in Liguria, nel 2024, è stata pari al 7,3% della superficie totale, corrispondente a quasi 39.524 ettari. L'andamento del consumo di suolo, negli ultimi 10 anni, presenta un andamento in costante, leggera, crescita. Dal 2006 l'incremento lordo è stato pari a 806 ettari.

Anomalia di temperatura massima regionale annuale 1961 - 2024 rispetto al valore climatologico (32 stazioni)



Fonte: ARPAL

Un indicatore del cambiamento climatico, i cui effetti sono percepiti anche in Liguria, è l'andamento della media delle temperature massime misurate da 32 stazioni in tutta la regione. Generalmente i valori superiori alla media climatologica (riferita al periodo 1981-2010) sono concentrati nel nuovo millennio, con scarti positivi anche superiori a tre gradi e un unico anno targato 2000 – il 2010 – appena sotto media.

Ringraziamenti (Contributori)
Si ringrazia Federico Grasso, Barbara Turato, Silvia Roncetti, Mario Lecca.

Bibliografia

ARPAL Relazione stato dell’ambiente 2025. Sintesi dati 2023-2024.

EMILIA-ROMAGNA
dati 2024

4.451.938
popolazione residente
(N. abitanti)

197,8
densità demografica
(N. abit./Km²)

24.684*
reddito medio pro capite
(Euro procapite)

70,3%
tasso di occupazione
(Percentuale)

22.502
superficie territoriale
(Km²)

25,3% Montagna; **27,8%** Collina; **46,9%** Pianura

superficie
per zona altimetrica
(Percentuale)

* dati 2022

Autori: Caterina Nucciotti, Roberto Mallegni
ARPAE Emilia-Romagna

STATO DELL'AMBIENTE IN PILLOLE

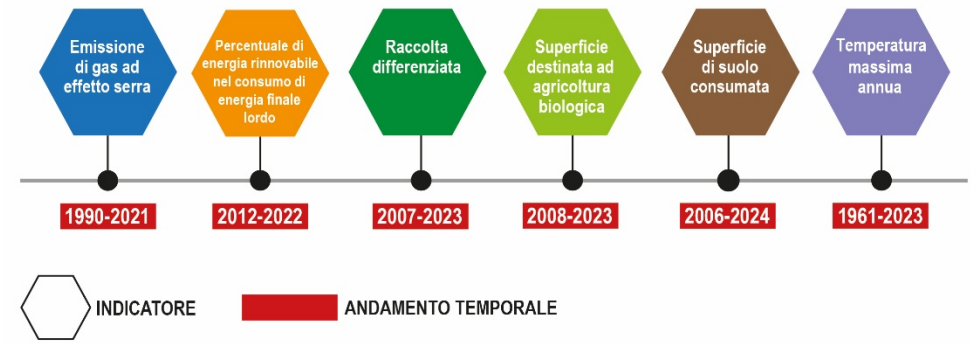
La qualità dell'aria in Emilia-Romagna, nel 2024, mostra, per quasi tutti gli inquinanti, concentrazioni medie in linea o inferiori rispetto alla variabilità dell'ultimo quinquennio. Il valore limite per la concentrazione media annuale di PM10 (40 µg/m^3) è stato rispettato in tutte le stazioni di misura, mentre il valore limite giornaliero, ai fini della norma, al netto del contributo del trasporto di polveri sahariane, è stato superato in 3 stazioni (su un totale di 43). Anche per il PM2,5, è stato rispettato il valore limite per la concentrazione media annuale (25 µg/m^3) in tutte le stazioni. Nessun superamento dei limiti per l'NO_2.

Per quanto riguarda le acque, nel sessennio 2014÷2019 (relativo al PdG 2021-2027), è stato classificato come "buono" l'89% dei corpi idrici fluviali, per lo stato chimico, ed il 30%, per lo stato ecologico; nello stesso periodo, lo stato chimico è risultato "buono" nel 78,5% dei corpi idrici sotterranei. In riferimento ai due corpi idrici individuati per le acque marino-costiere dell'Emilia-Romagna, lo stato ecologico è risultato "sufficiente" per quello situato più a nord (da Goro a Ravenna) e "buono" per quello più a sud (da Ravenna a Cattolica), mentre lo stato chimico, per entrambi i corpi idrici, è stato classificato come "non buono", a causa di criticità legate a modifiche normative.

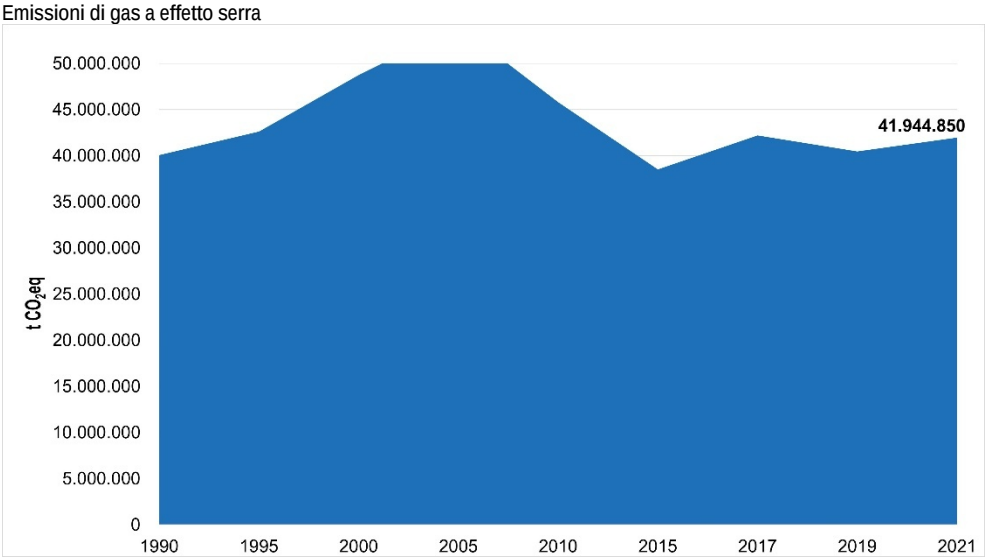
Nel 2023, la percentuale dei rifiuti raccolti in modo differenziato, rispetto alla produzione totale dei rifiuti urbani, è stata pari al 77,2%, in costante aumento e in linea con la pianificazione regionale, nonché ampiamente al di sopra dell'obiettivo del 65% previsto dalla normativa nazionale, già raggiunto dal 2018. Il tasso di riciclaggio, sempre rispetto alla produzione totale di rifiuti urbani, è stato pari al 59%, anch'esso al di sopra dell'obiettivo normativo del 55% al 2025, già raggiunto nel 2021.

La produzione regionale di energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili (FER), nel 2022, pari a circa il 23% del totale, è risultata in calo rispetto al 2021 (circa -6%), interrompendo il *trend* in crescita avviato dal 2016.

La superficie di suolo consumato in regione (aggiornamento 2024) è stata pari all'8,99% della superficie totale.



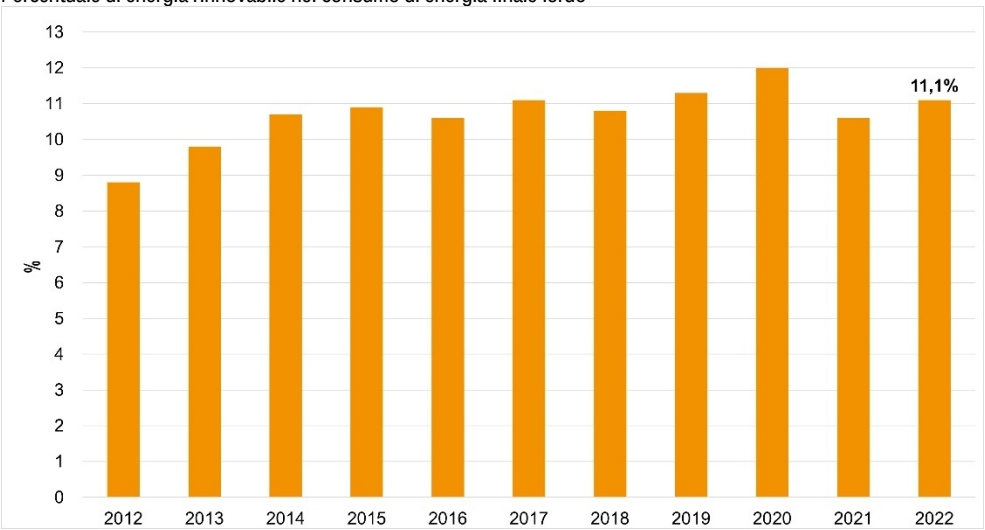
Emissioni di gas a effetto serra



Fonte: ISPRA

L'andamento, in Emilia-Romagna, delle emissioni di gas ad effetto serra, nel periodo 1990-2021 (espresso in tonnellate di CO_2 equivalente), dopo una fase di crescita fino al 2005 e di successivo calo fino al 2015, presenta valori più o meno costanti o in leggera crescita fino al 2021.

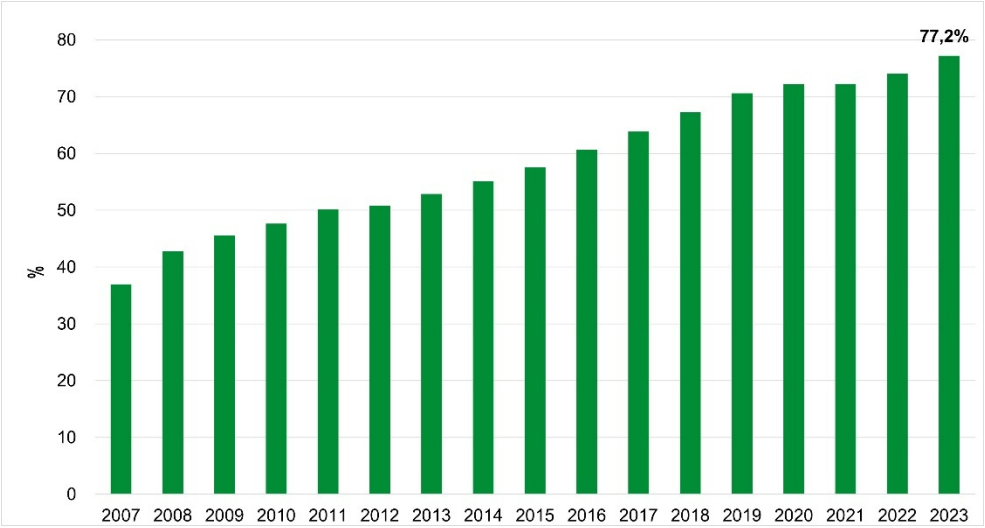
Percentuale di energia rinnovabile nel consumo di energia finale lordo



Nota: NB: per il periodo 2012-2020 viene applicata la metodologia di monitoraggio definita dalla direttiva 2009/28/CE (RED I); a partire dal 2021 viene invece applicata la metodologia definita dalla direttiva (UE) 2018/2001 (RED II).
Fonte: GSE

L'andamento della percentuale dei consumi energetici da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia, in Emilia-Romagna, presenta un andamento che, seppure leggermente altalenante, risulta tendenzialmente in crescita nel periodo 2012-2020; da registrare un leggero calo nel 2021, a cui segue una nuova risalita nel 2022, attestandosi all'11,1%.

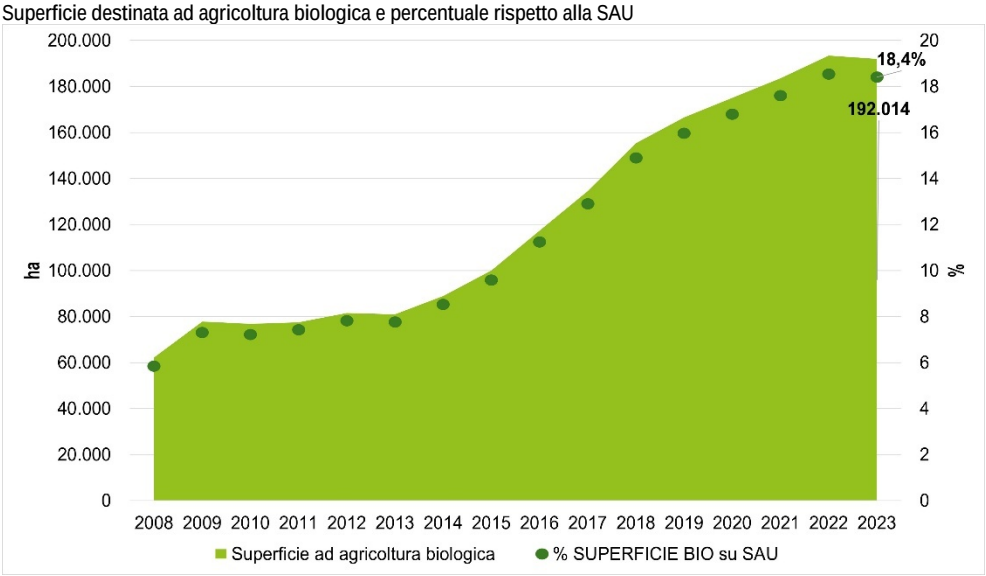
Raccolta differenziata



Fonte: ISPRA

La percentuale dei rifiuti raccolti in modo differenziato, nel 2023, è stata pari al 77,2%, in costante aumento in Emilia-Romagna e ampiamente al di sopra dell'obiettivo nazionale del 65%, già raggiunto dal 2018.

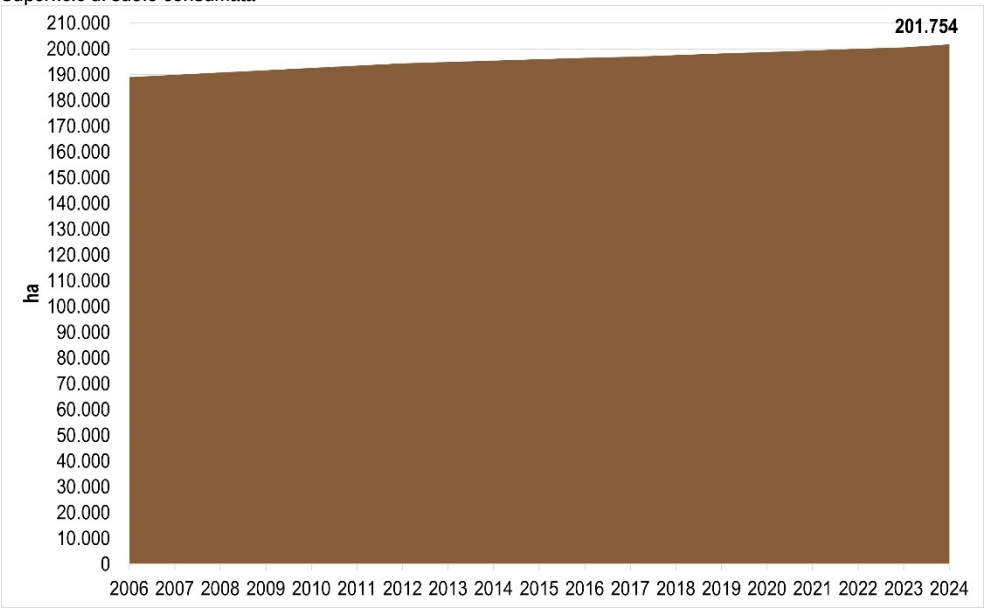
Superficie destinata ad agricoltura biologica e percentuale rispetto alla SAU



Fonte: Elaborazioni SNPA su dati SINAB e Istat

L'andamento della superficie agricola destinata ad agricoltura biologica, in Emilia-Romagna, dopo una fase pressoché stabile nel periodo 2008-2013, registra un andamento in forte crescita dal 2014 al 2022; leggero calo nel 2023 (-5% rispetto all'anno precedente), ma con una superficie, comunque, più che duplicata rispetto al 2013, che si attesta al 18,4% della SAU, poco al di sotto di quella nazionale (19,8%).

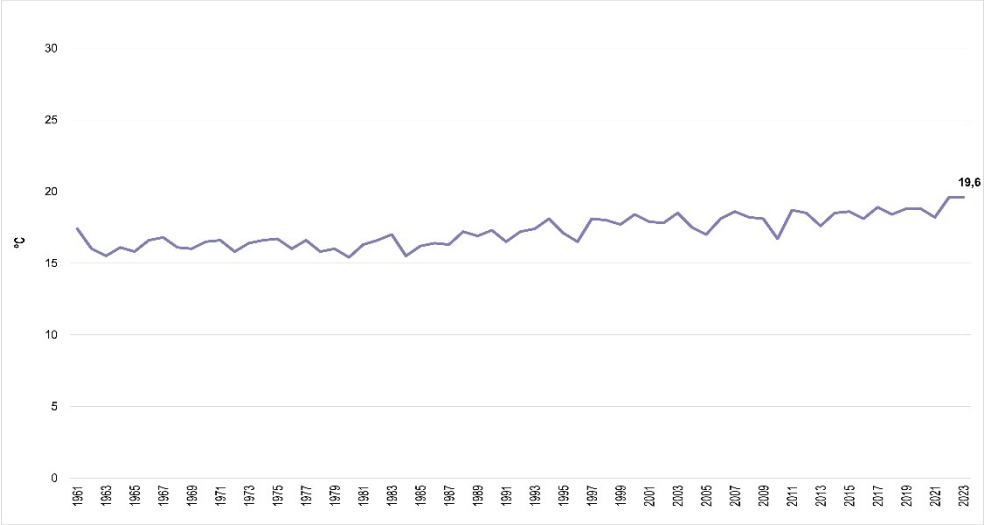
Superficie di suolo consumata



Fonte: SNPA

La superficie di suolo consumato in Emilia-Romagna, nel 2024, è stata pari all'8,99% della superficie totale, corrispondente a oltre 200.000 ettari. L'andamento del consumo di suolo, negli ultimi 10 anni, presenta un andamento in costante, leggera, crescita.

Temperatura massima annua



Fonte: ARPAe Emilia-Romagna

Nel 2023, la media regionale delle temperature massime è stata di 19,6 °C, valore record dal 1961 e analogo a quello registrato nel 2022. Nel periodo 1961-2023 l'andamento temporale delle medie annuali delle temperature massime ha una tendenza significativa di +0,5 °C/10 anni.

Ringraziamenti

Si ringraziano: S. Maccaferri (ARPAe E.R.), V. Poluzzi (ARPAe E.R.), S. Tugnoli (ARPAe E.R.), F. Lussu (ARPAe E.R.), R. De Nardo (ARPAe E.R.), C. Peronace (ARPAe E.R.), L. Palumbo (ARPAe E.R.), M. Marcaccio (ARPAe E.R.), S. Franceschini, E. Riccardi (ARPAe E.R.), C. Mazziotti (ARPAe E.R.), V. Pavan (ARPAe E.R.), C. Alessandrini (ARPAe E.R.), M. Carati (ARPAe E.R.), A. Lo Monaco (ARPAe E.R.).

Bibliografia

ARPAE Emilia-Romagna, 2024, *La qualità dell'ambiente in Emilia-Romagna - Sintesi dati 2023*. Annuario 22/2024.

ARPAE Emilia-Romagna, 2024, *Rapporto IdroMeteoClima Emilia-Romagna - Dati 2023*. Rapporto 6/2024.

TOSCANA
dati 2024

159,0
densità demografica
(N. abit./Km²)

70,9%
tasso di occupazione
(Percentuale)

22.392*
reddito medio pro capite
(Euro procapite)

3.660.530
popolazione residente
(N. abitanti)

22.990
superficie territoriale
(Km²)

25,1% Montagna; **66,5%** Collina; **8,4%** Pianura

superficie
per zona altimetrica
(Percentuale)

* dati 2022

Autori: Diego Palazzuoli, Simona Cerrai, Stefano Santi
ARPAT Toscana

STATO DELL'AMBIENTE IN PILLOLE

Le emissioni di gas serra in Toscana hanno seguito una tendenza decrescente nel corso degli anni, passando da circa 30.000.000 t CO_2eq nel 1990 a 24.000.000 t CO_2eq nel 2012 con una riduzione del 20% in linea con il *trend* nazionale.

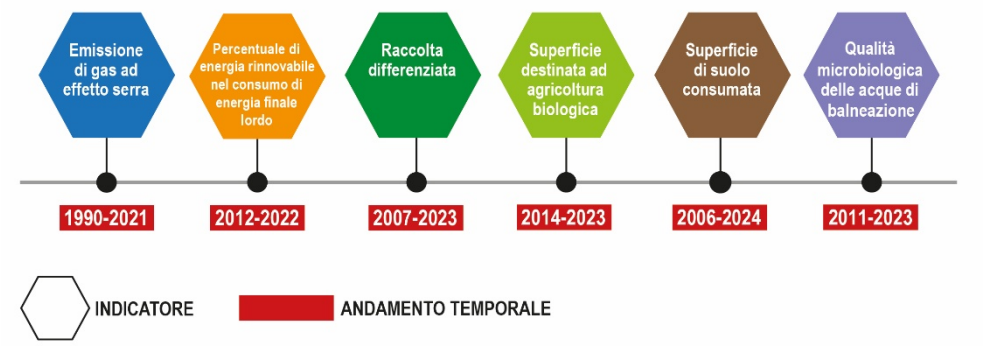
Il contributo delle energie rinnovabili nel consumo di energia finale lordo in Toscana ha visto un costante aumento fino al 2017 stabilizzandosi intorno al 18% negli ultimi anni dopo un rallentamento del *trend* registrato nel 2018 e 2019.

Per quanto riguarda la gestione dei rifiuti, in Toscana si osserva una crescita costante della percentuale di raccolta differenziata, che è passata dal 31% nel 2007 al 67% nel 2023. Nel contempo si è assistito a un potenziato del servizio di raccolta porta a porta. Nel 2023, la Toscana si è allineata alla media nazionale, pari al 66,6%. Su scala regionale, tra il 2022 e il 2023 si è registrata una leggera riduzione dello 0,68% dei rifiuti urbani pro capite, passando da 589,7 a 585,7 kg per abitante.

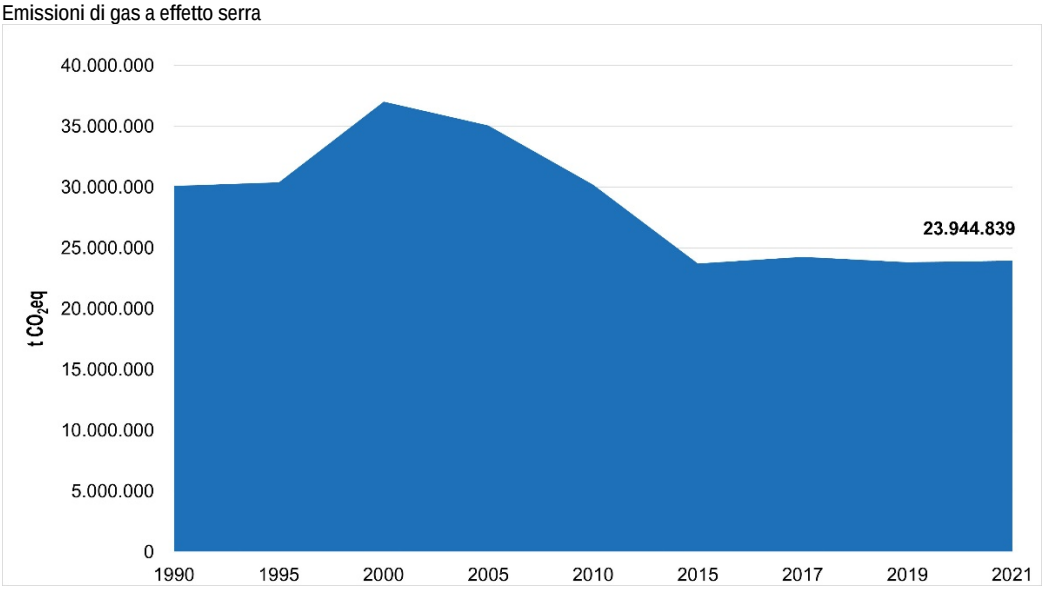
L'analisi della superficie destinata all'agricoltura biologica evidenzia una crescita costante nel tempo, con un incremento significativo a partire dal 2019. Anche la percentuale di superficie biologica rispetto alla SAU (Superficie Agricola Utilizzata) ha mostrato un graduale aumento.

Il consumo di suolo continua a crescere negli anni. Nel 2024, la superficie di suolo consumato in Toscana rappresenta il 6,2% della superficie totale, inferiore alla media nazionale del 7,17%. A livello provinciale, Prato risulta la provincia con la percentuale più alta di suolo consumato (14,33%), seguita da Pistoia (10,27%) e Livorno (10,22%), mentre Grosseto presenta il valore più basso (3,2%).

La qualità microbiologica delle acque di balneazione toscane, espressa attraverso la percentuale di campioni non conformi (quelli in cui è stato rilevato il superamento dei limiti normativi stabiliti dal DM 03/03/2010), rispetto al totale dei campioni analizzati, si è mantenuto generalmente bassa, oscillando tra circa l'1% e il 4%. I valori più elevati si registrano negli anni 2014 e 2015, con percentuali superiori al 3,5%, indicando una maggiore incidenza di superamenti dei limiti in quei periodi. Al contrario, il triennio 2021–2023 vede percentuali costantemente inferiori al 2% e un minimo assoluto nel 2021 (circa 1,1%).



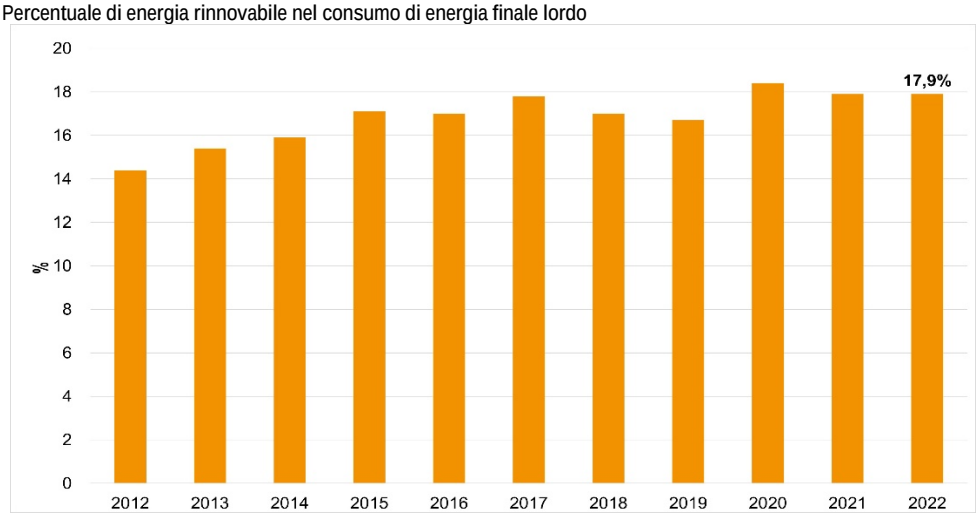
Emissioni di gas a effetto serra



Fonte: ISPRA

L'andamento in Toscana delle emissioni di gas ad effetto serra, nel periodo 1990-2021 (espresso in tonnellate di CO_2 equivalente). Dopo il picco raggiunto nel 2000 e il calo fino al 2015 i valori si mantengono pressoché costanti.

Percentuale di energia rinnovabile nel consumo di energia finale lordo

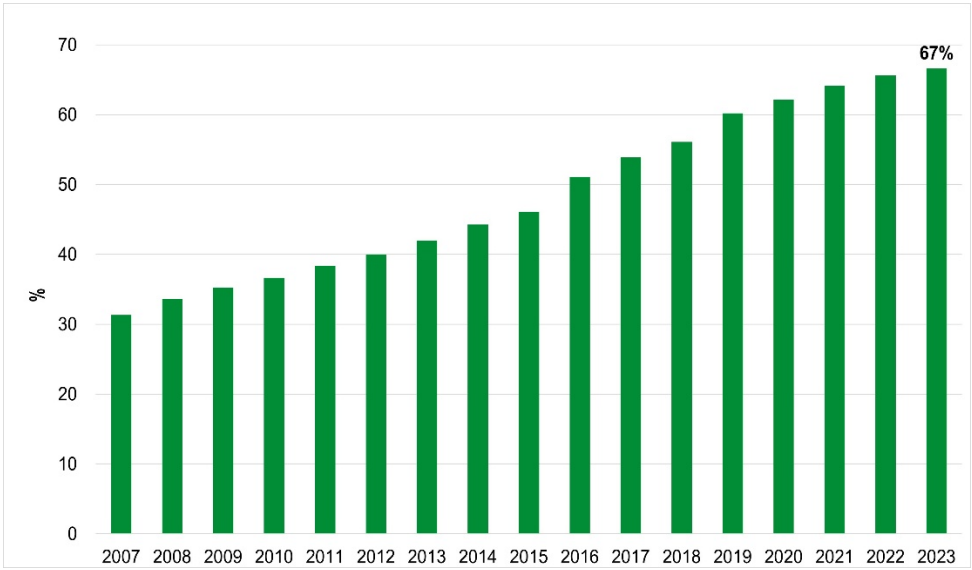


Nota: NB: per il periodo 2012-2020 viene applicata la metodologia di monitoraggio definita dalla direttiva 2009/28/CE (RED I); a partire dal 2021 viene invece applicata la metodologia definita dalla direttiva (UE) 2018/2001 (RED II).

Fonte: GSE

Si osserva un constante anche se lento aumento della quota dei consumi finali lordi di energia coperta da fonti rinnovabili che si attesta sul valore 17,9% per il 2022 (le variazioni tra il 2020 e gli anni successivi potrebbero essere dovute all'adozione della diversa metodologia di calcolo come richiesto dalla normativa di settore).

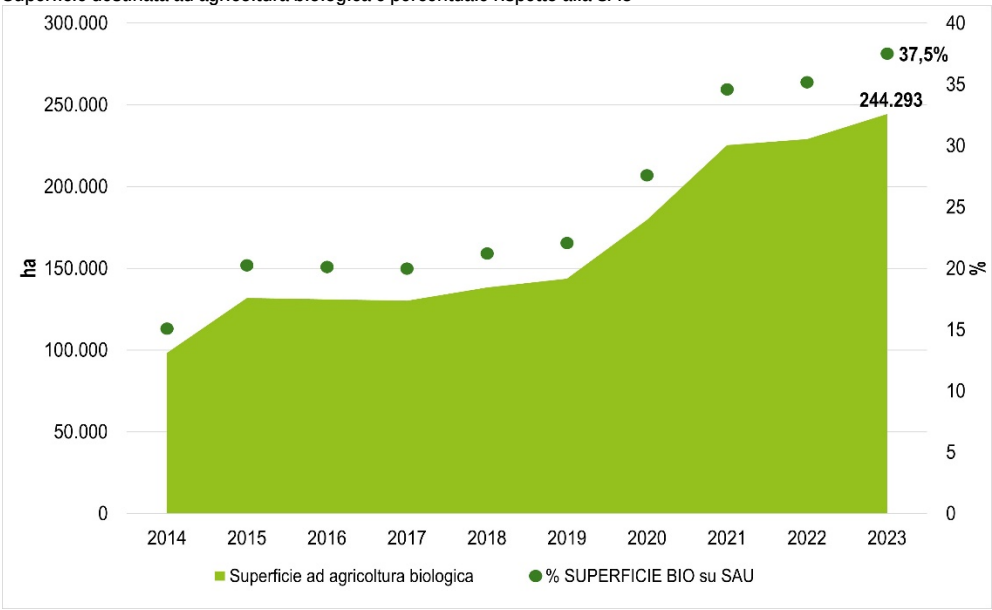
Raccolta differenziata



Fonte: ISPRA

Nel 2023 la percentuale di raccolta differenziata si attesta su un valore pari al 67%, superiore al valore della macroarea Centro pari al 62.3%, con una crescita di 36 punti percentuali rispetto al 2007.

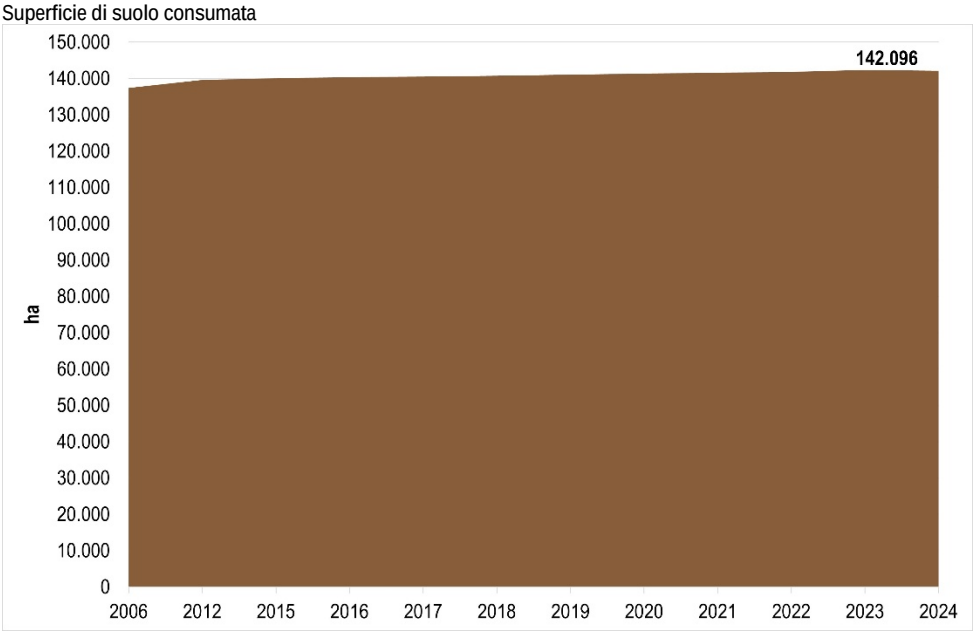
Superficie destinata ad agricoltura biologica e percentuale rispetto alla SAU



Fonte: Elaborazioni SNPA su dati SINAB e Istat

Dal 2019 in poi si assiste a un notevole incremento della percentuale di superficie dedicata ad agricoltura biologica passando in 4 anni dal 22% della SAU al 37,5% nel 2023, dopo un periodo di leggera crescita nei precedenti anni.

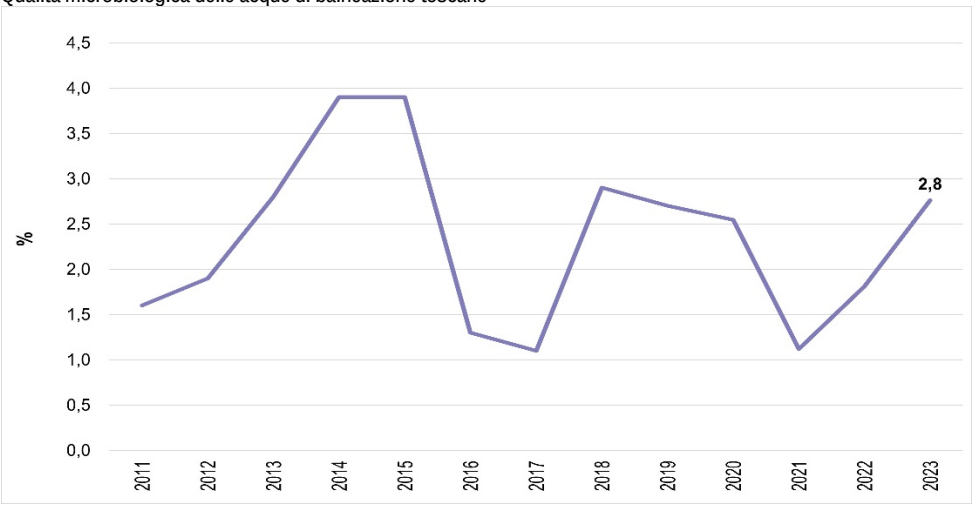
Superficie di suolo consumata



Fonte: SNPA

Il consumo di suolo in Toscana si presenta in crescita negli anni passando da 137.370 ettari nel 2006 a 142.096 nel 2024 pari al 6,2% dell'intero suolo regionale corrispondente a 388,18 m^2 per abitante.

Qualità microbiologica delle acque di balneazione toscane



Fonte: ARPAT

L'andamento della qualità microbiologica delle acque di balneazione toscane, espresso attraverso la percentuale di campioni non conformi, in cui è stato rilevato il superamento dei limiti normativi stabiliti dal DM 03/03/2010 per almeno uno degli indicatori microbiologici di contaminazione fecale evidenzia un massimo nel numero delle criticità negli anni 2014-2015 seguito da un netto miglioramento negli anni successivi.

Bibliografia

ISPRA, “Rapporto Rifiuti Urbani - Edizione 2024”, Rapporti 406/2024 ISBN: 978-88-448-1240-9

Sitografia

https://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/acqua/balneazione

UMBRIA
dati 2024

853.068
popolazione residente
(N. abitanti)

101,3
densità demografica
(N. abit./Km²)

20.103*
reddito medio pro capite
(Euro procapite)

68,0%
tasso di occupazione
(Percentuale)

8.464
superficie territoriale
(Km²)

29,3% Montagna; **70,7%** Collina; **0,0%** Pianura

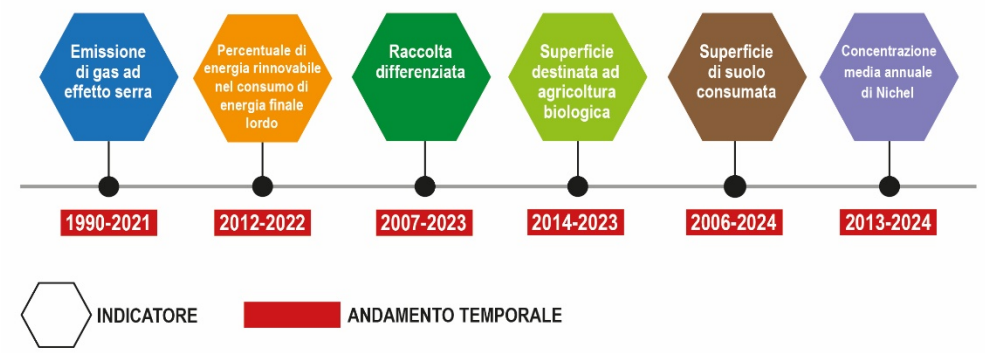
superficie
per zona altimetrica
(Percentuale)

* dati 2022

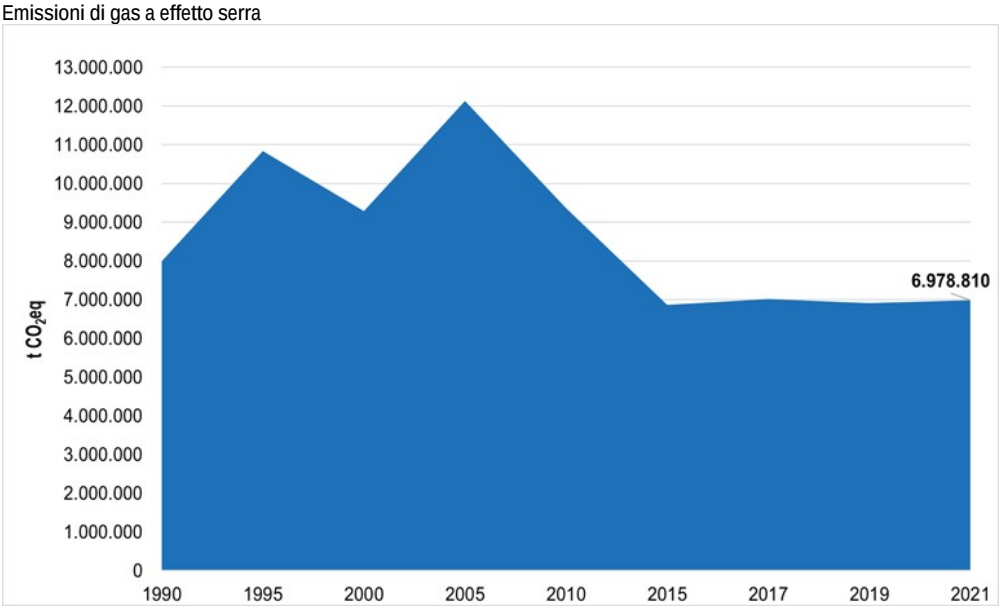
Autore: Paolo Stranieri
ARPA Umbria

STATO DELL'AMBIENTE IN PILLOLE

In Umbria nel 2024 sono stati rispettati i valori limite del particolato atmosferico PM10 sia come valore medio annuale sia come numero di superamenti della soglia giornaliera in tutte le postazioni di misura. Inoltre, negli anni si è registrata una costante e generalizzata riduzione del numero di superamenti giornalieri. I valori più elevati si continuano ad avere nell'area della Conca Ternana. Qui, presso le postazioni di Terni – Le Grazie e Terni - Maratta si sono registrati il maggior numero di superamenti giornalieri, ovvero rispettivamente 39 e 41, di cui 9 e 11 sono però dovuti al contributo di eventi naturali (trasporto di polveri dal Sahara) e non vanno conteggiati per il confronto con il limite di 35 superamenti annuali previsto dalla normativa. Rispettati nel 2024 anche i valori limite degli altri inquinanti previsti dalla legge: biossido di azoto, polveri PM2,5, biossido di zolfo, monossido di carbonio, benzene e piombo sono risultati abbondantemente al di sotto dei rispettivi limiti. Il benzo-a-pirene, che è il composto principale della famiglia degli idrocarburi policiclici aromatici per il quale la norma individua un valore obiettivo, ha rispettato tale valore anche nel 2024. Negli anni i valori di benzo-a-pirene hanno avuto una iniziale riduzione e poi, da circa 5 anni, sono risultati stabili e sempre inferiori al valore obiettivo stesso. Rispetto ai metalli pesanti, per i quali la legge individua un valore obiettivo (e non un limite), nel 2024 sia l'arsenico sia il cadmio sono risultati di gran lunga al di sotto di tali valori.
Il solo nichel, di contro, mostra valori più elevati nella sola area di Terni con la postazione di Prisciano dove è stato superato anche quest'anno il valore obiettivo. Ciò è dovuto quasi completamente alla presenza delle emissioni dalle attività del vicino polo siderurgico. Le emissioni di gas serra sono diminuite nel tempo e negli ultimi anni hanno fatto registrare valori attorno ai 7 Mt di CO_2; mentre la quota di energia rinnovabile sul consumo di energia lorda totale ha superato il 20% a partire dal 2013 e dopo una crescita nel tempo si è assestata poco sopra il 21% dal 2021.La regione, nel 2019, ha superato il valore obiettivo nazionale di raccolta differenziata (65%) e negli anni successivi ha sfiorato il 68%; al contrario la quota di superficie regionale agricola utilizzata con metodi biologici non ha ancora raggiunto il *target* del 25% previsto per il 2027 dal Piano strategico della PAC 2023-2027, avendo toccato nel 2023 il 19,3% della superficie totale agricola umbra. Il consumo di suolo ha continuato la sua lenta crescita negli anni ed è oggi pari al 5,28% del territorio regionale dato comunque inferiore alla media nazionale del 7,17% (2024).



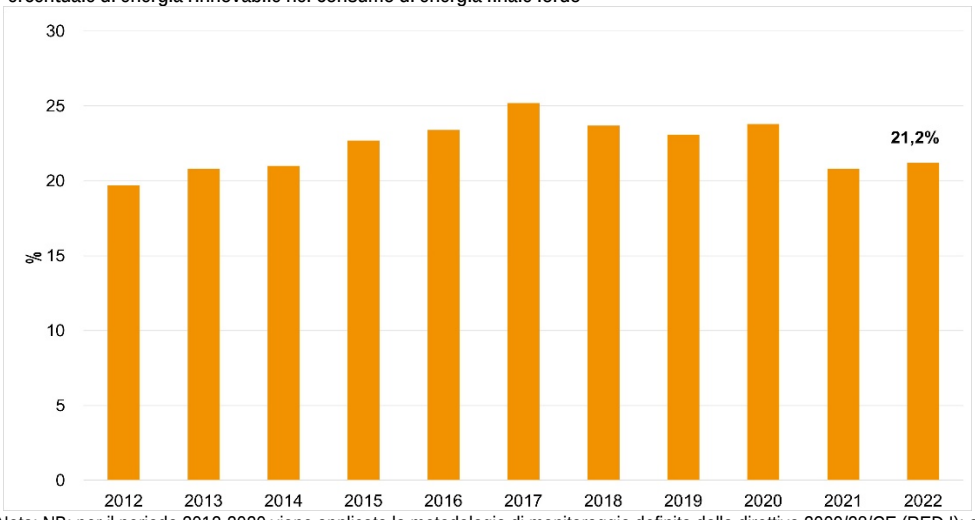
Emissioni di gas a effetto serra



Fonte: ISPRA

Le emissioni di gas serra in Umbria hanno avuto un andamento altalenante tra il 1990 e il 2015 per poi assestarsi attorno a valori tra i 6,8 e i 7 milioni di t di CO_2 equivalente, raggiungendo il massimo valore nel 2005

Percentuale di energia rinnovabile nel consumo di energia finale lordo

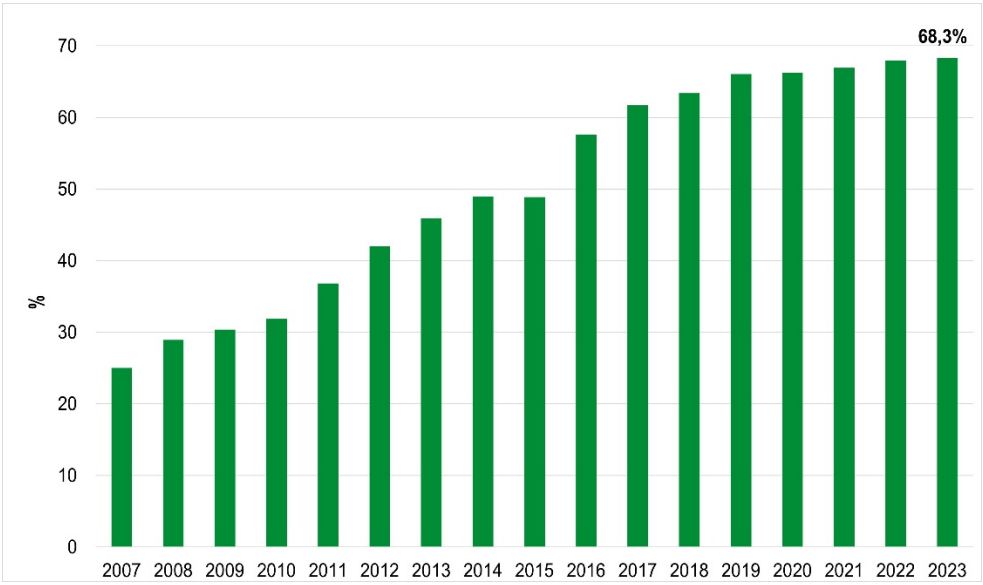


Nota: NB: per il periodo 2012-2020 viene applicata la metodologia di monitoraggio definita dalla direttiva 2009/28/CE (RED I); a partire dal 2021 viene invece applicata la metodologia definita dalla direttiva (UE) 2018/2001 (RED II).

Fonte: GSE

La percentuale di consumi energetici regionali da fonti rinnovabili è cresciuta in modo costante tra il 2012 e il 2017 anno in cui ha raggiunto il suo valore massimo per poi avviare un *trend* in diminuzione fino al 2022 comunque sempre superiore al 20%.

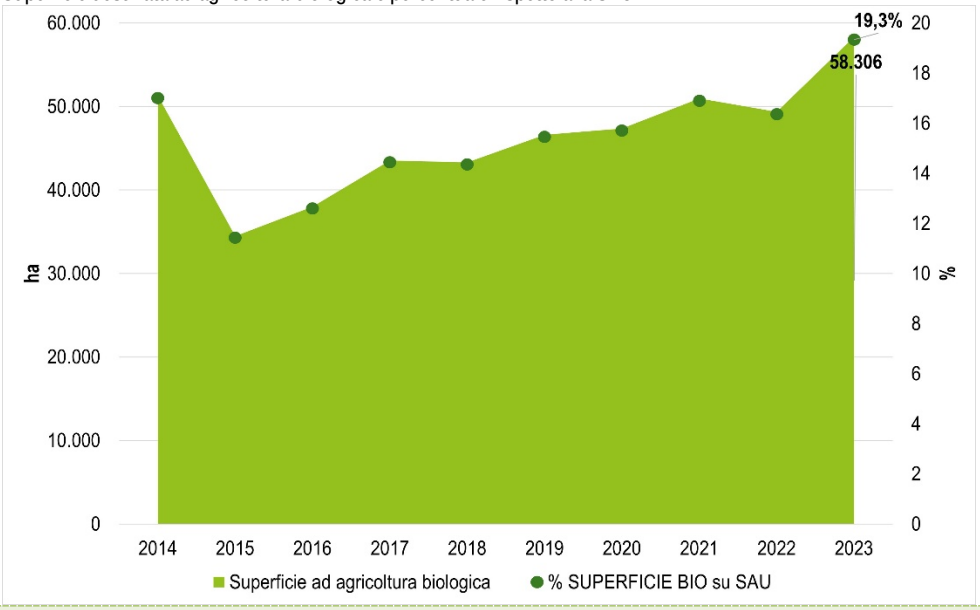
Raccolta differenziata



Fonte: ISPRA

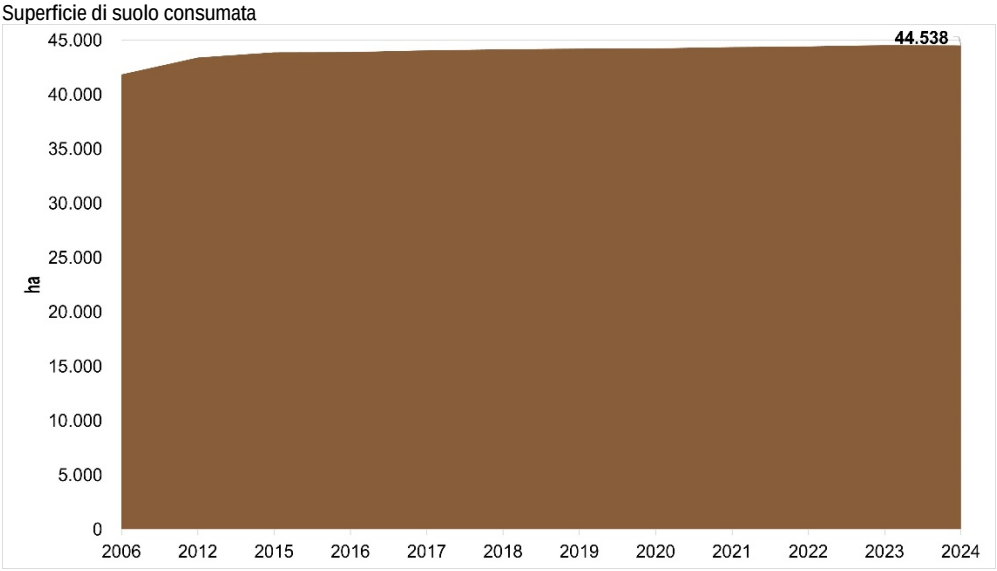
Il dato della raccolta differenziata in Umbria ha fatto registrare negli anni una costante crescita fino a raggiungere a partire dal 2019 valori superiori al 66% soddisfando il valore obiettivo nazionale del 65%.

Superficie destinata ad agricoltura biologica e percentuale rispetto alla SAU



L'andamento della superficie agricola destinata ad agricoltura biologica, in Umbria è calata tra il 2014 e il 2015 per poi crescere negli anni successivi fino a raggiungere il 19,3% della superficie agricola totale nel 2023, poco al di sotto di quella nazionale (19,8%).

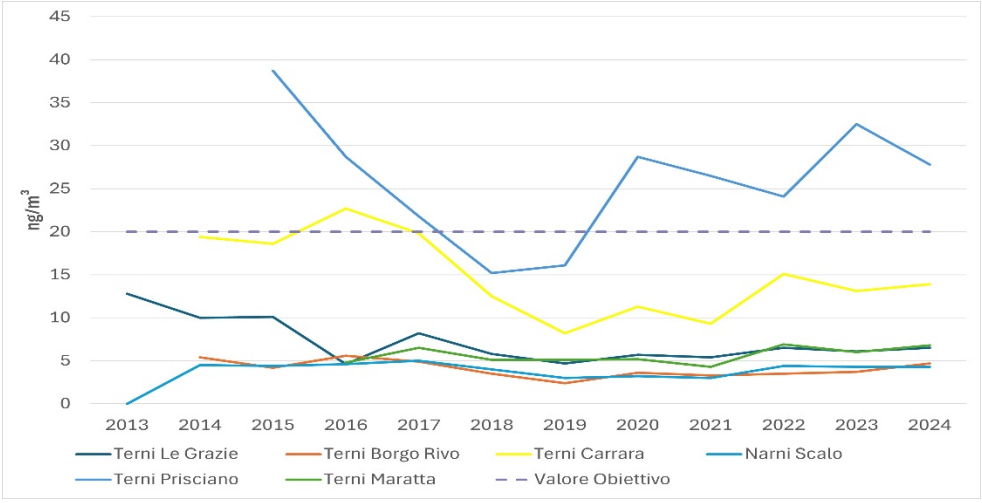
Superficie di suolo consumata



Fonte: SNPA

L'andamento del consumo di suolo è in lenta e costante crescita con un aumento di oltre 1.000 ettari nel periodo tra il 2012 ed il 2024 (44.538 ha consumati) raggiungendo circa il 5,3% del territorio regionale.

Concentrazione media annuale di Nichel



Fonte: ARPA Umbria

Il nichel nella stazione di Prisciano ha superato il Valore Obiettivo (20 ng/m³) in 8 anni su 10, ed è l'unico sito in Italia con tale superamento. La stazione, di tipo industriale, rileva principalmente ricadute dal polo siderurgico. Studi dell'azienda principale del polo indicano che l'11% del nichel deriva dal trattamento delle scorie e oltre l'82% da altre fasi del ciclo dell'acciaio. Le polveri più grossolane provengono dalle scorie, mentre il nichel e cromo nel PM10 sono legati alle emissioni dai camini. Sono stati avviati tavoli tecnici per definire misure di mitigazione che verranno attuate e monitorate.

Ringraziamenti

Si ringrazia Marco Vecchiocattivi ed il Servizio Rete Qualità dellì'aria per il contributo relativo all'indicatore specifico regionale

Bibliografia

Servizio Rete Qualità dell'aria ARPA Umbria – *Valutazione della qualità dell'aria in Umbria Anno 2024 Responsabile M. Vecchiocattivi, E. Bubu, L. Selvaggio, G. Caiello*

Link:
https://www.arpa.umbria.it/resources/docs/Qualit%C3%A0%20aria%20in%20Umbria_2024.pdf

Link a tutte le relazioni della qualità dell'aria
https://www.arpa.umbria.it/monitoraggi/aria/contenuto.aspx?idpagina=102

MARCHE
dati 2024

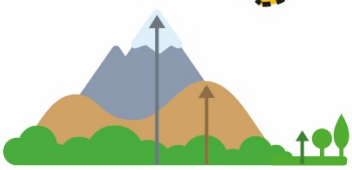
158,7
densità demografica
(N. abit./Km²)

1.482.746
popolazione residente
(N. abitanti)

21.036*
reddito medio pro capite
(Euro procapite)

67,2%
tasso di occupazione
(Percentuale)

9.346
superficie territoriale
(Km²)



31,0% Montagna; **69,0%** Collina; **0,0%** Pianura

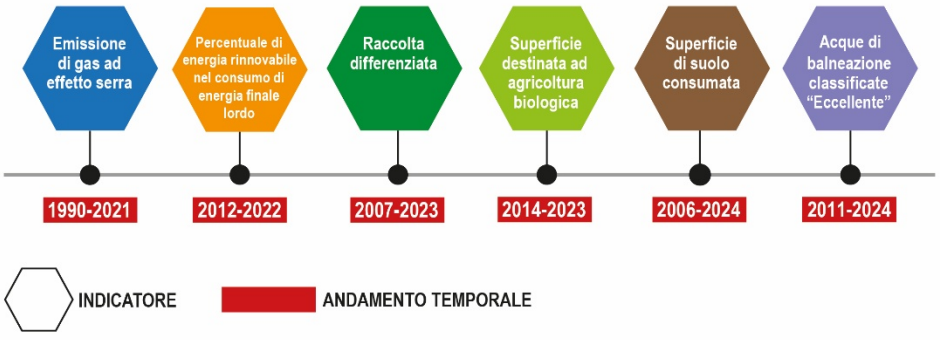
superficie
per zona altimetrica
(Percentuale)

* dati 2022

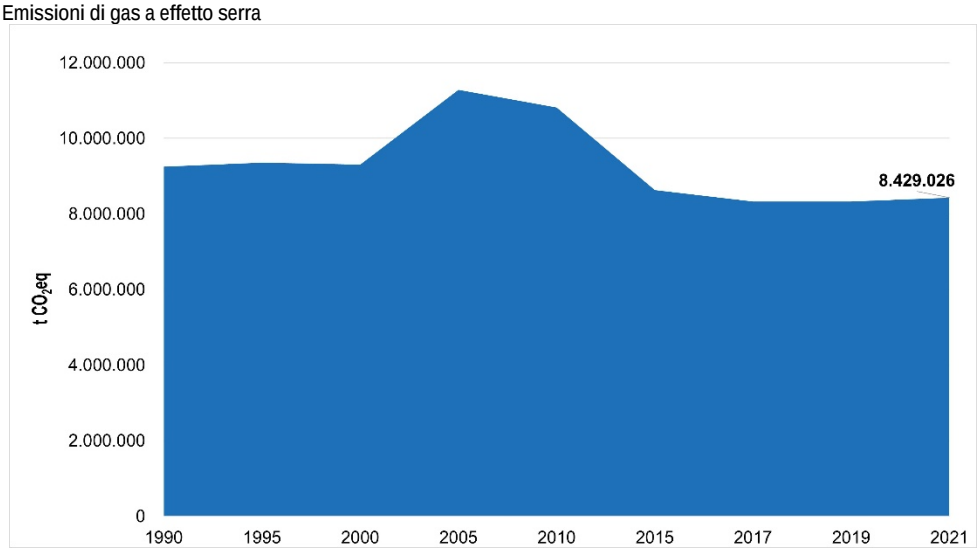
Autori: Marco Fanelli, Federica Allegrezza, Milena Brandinelli
ARPA Marche

STATO DELL'AMBIENTE IN PILLOLE

La percentuale dei rifiuti raccolti in modo differenziato nella Regione Marche, nel 2023, è stata pari al 72 % valore ben al di sopra dell'obiettivo nazionale del 65%. Nel tempo si osserva la tendenza crescente della raccolta differenziata fino al 2020 da cui poi inizia una fase di stabilità.
L'andamento nelle Marche delle emissioni di gas ad effetto serra, nel periodo 1990-2021 (espresso in tonnellate di CO_2 equivalente), dopo una fase di crescita terminata con il picco del 2005 e poi di un successivo calo fino al 2015, risulta attualmente stabilizzata. L'andamento della percentuale dei consumi energetici da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia, nelle Marche, presenta un andamento altalenante nel periodo 2012-2022; raggiungendo il suo valore massimo nel 2020, segue un calo evidente nel 2021 e una nuova risalita nel 2022, attestandosi al valore del 15,7 %.
La superficie di suolo consumato nelle Marche, nel 2024, è stata pari a 6,98 % della superficie totale, corrispondente a oltre 65.141 ettari. L'andamento del consumo di suolo, dal 2006 al 2024, presenta un tasso in costante crescita. I monitoraggi sui corpi idrici superficiali fluviali, secondo la Direttiva Europea 2000/60/CE, sono effettuati presso le 125 stazioni di campionamento distribuite su tutti i principali bacini idrografici della rete di monitoraggio della Regione Marche. Analizzando l'andamento dello stato ecologico e stato chimico dei corpi idrici fluviali nel periodo 2015-2023, si osserva un peggioramento delle classificazioni, con una diminuzione complessiva dei corpi idrici che raggiungono la buona qualità.
Nel caso delle acque marine il monitoraggio è realizzato lungo 12 transetti costituiti da più punti di monitoraggio. La relazione triennale 2021-2023 per quanto riguarda la classificazione dello stato ecologico illustra i seguenti risultati: 27% stato buono; 73% sufficiente, mentre per lo stato chimico: 82% stato buono; 16% stato non buono. L'andamento nel tempo è altalenante.
I controlli per la qualità delle acque di balneazione sono effettuato durante tutta la stagione balneare e gli esiti dei campioni dei controlli programmati negli ultimi 4 anni vengono utilizzati per determinare la classe di qualità delle acque (Eccellente, Buona, Sufficiente, Scarsa). Il *trend* di classificazione 2020-2024 espresso in percentuale su Km di spiaggia balneabile risulta essere in costante aumento per la classe "eccellente", infatti, per la classe "eccellente" nel 2024 si registra un valore pari a 96,97%.



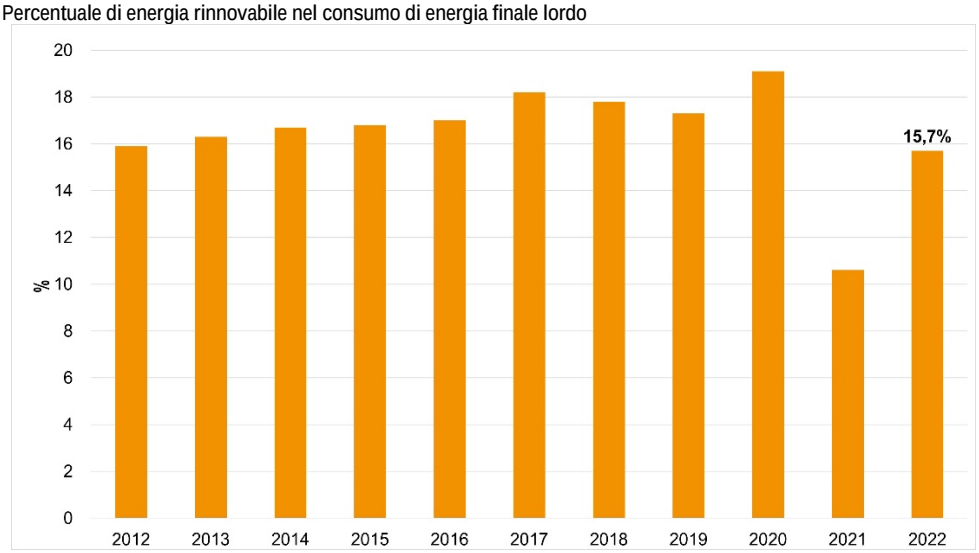
Emissioni di gas a effetto serra



Fonte: ISPRA

L'andamento nelle Marche delle emissioni di gas ad effetto serra, nel periodo 1990-2021 (espresso in tonnellate di CO_2 equivalente), dopo una fase di crescita culminata con il picco del 2005 e di successivo calo fino al 2015, presenta valori stabilizzati con una riduzione, nell'intero periodo dell'8,9%.

Percentuale di energia rinnovabile nel consumo di energia finale lordo

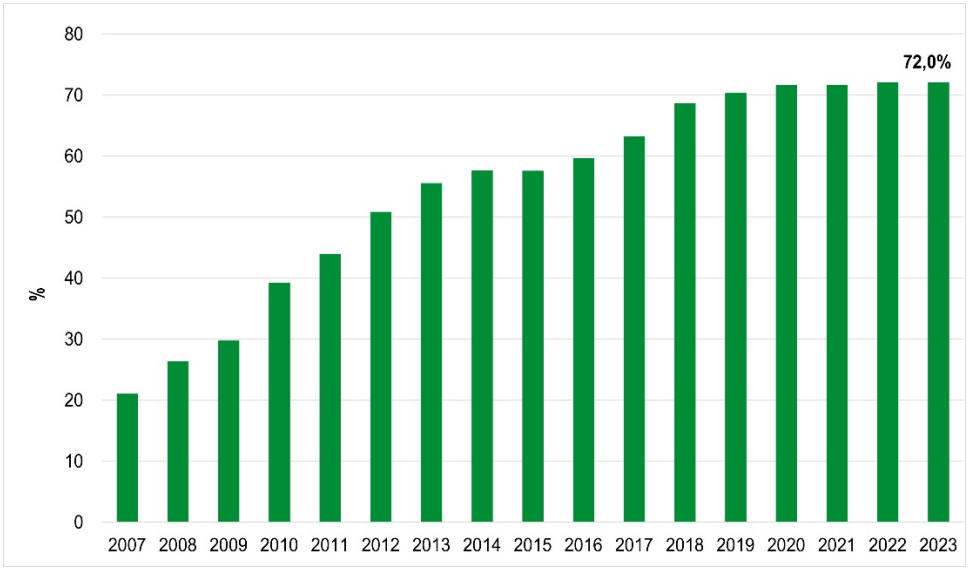


Nota: NB: per il periodo 2012-2020 viene applicata la metodologia di monitoraggio definita dalla direttiva 2009/28/CE (RED I); a partire dal 2021 viene invece applicata la metodologia definita dalla direttiva (UE) 2018/2001 (RED II).

Fonte: GSE

L'andamento della percentuale dei consumi energetici da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia, nelle Marche, presenta un andamento altalenante nel periodo 2012-2022; raggiungendo il suo valore massimo nel 2020, segue un calo evidente nel 2021 e una nuova risalita nel 2022, attestandosi al valore del 15,7%.

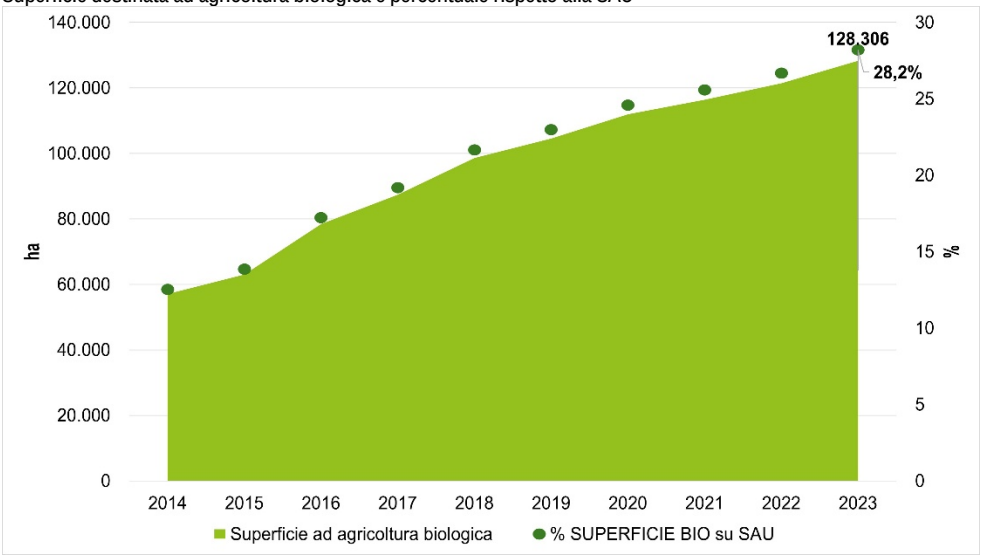
Raccolta Differenziata



Fonte: ISPRA

La percentuale dei rifiuti raccolti in modo differenziato, nel 2023, è stata pari al 72%, significativamente al di sopra del valore previsto quale obiettivo nazionale (65%). È evidente il *trend* in crescita fino al 2020 da cui ha poi inizio una fase di stabilizzazione su valori comunque molto alti.

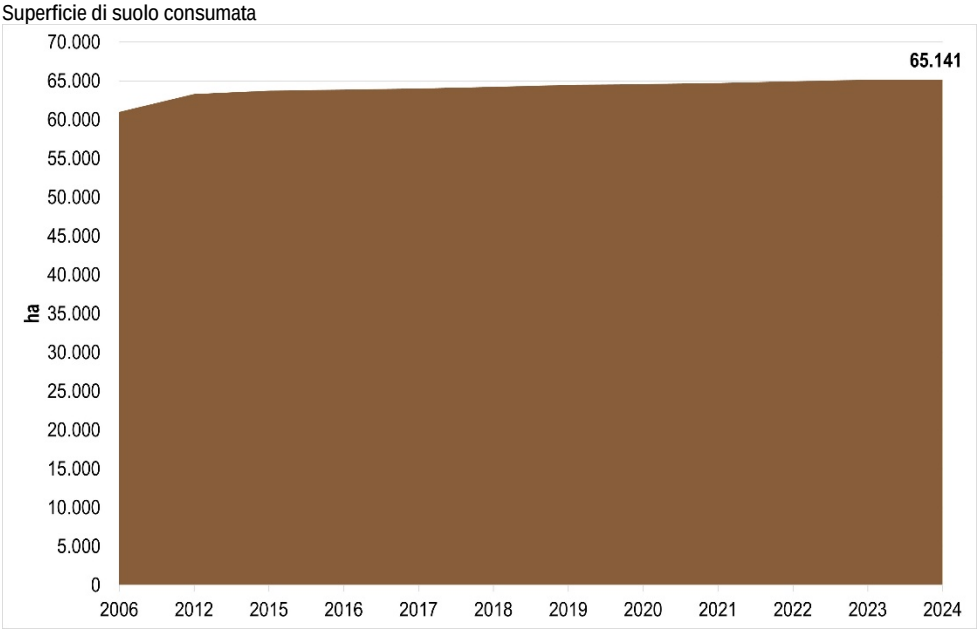
Superficie destinata ad agricoltura biologica e percentuale rispetto alla SAU



Fonte: Elaborazioni SNPA su dati SINAB e Istat

L'andamento della superficie agricola destinata ad agricoltura biologica, nelle Marche, registra un andamento in costante crescita dal 2014 al 2023, con una superficie rispetto alla SAU che si attesta al 28,2%, valore quasi triplicato rispetto al 2014 e ben oltre il dato nazionale (19,8%).

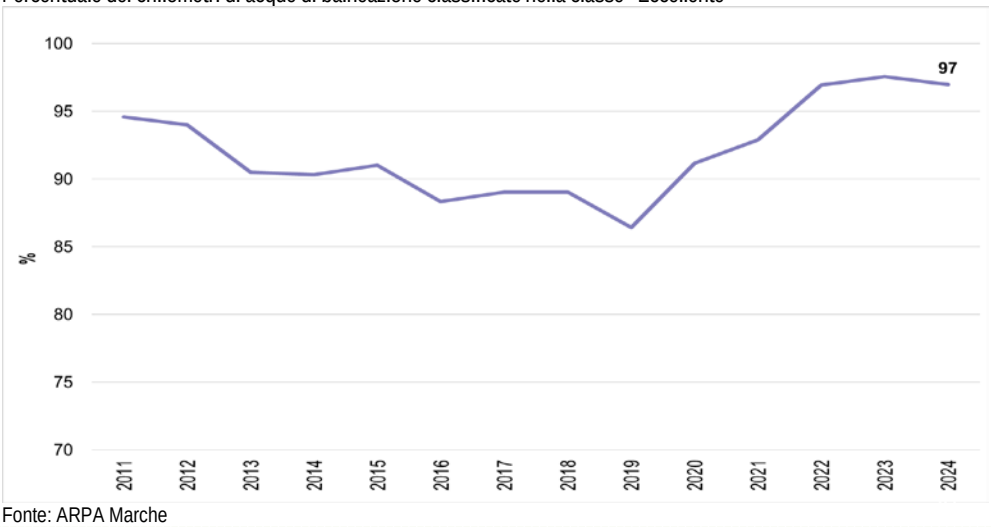
Superficie di suolo consumata



Fonte: SNPA

La superficie di suolo consumata nelle Marche, nel 2024, è stata pari al 7% della superficie totale, corrispondente a oltre 65.141 ettari. L'andamento del consumo di suolo, dal 2006 al 2024, presenta un andamento in costante crescita.

Percentuale dei chilometri di acque di balneazione classificate nella classe "Eccellente"



Fonte: ARPA Marche

La lunghezza delle acque di balneazione marchigiane, sia interne sia marine, classificate come eccellenti tra il 2011 e il 2025, ha mostrato nel tempo una tendenza all'aumento. Il valore più basso è stato registrato nel 2019, con l'86,4% (circa 145 km), mentre il risultato migliore è stato raggiunto nel 2023, con il 97,6% pari a 166 km.

Ringraziamenti (Contributori)
Si ringrazia: Debora Mancaniello (ARPAm)

Bibliografia

ARPAm, Relazione Triennale 2021-2023 Sullo stato di qualità dei corpi idrici fluviali della Regione Marche
https://www.arpa.marche.it/fiumi-nuovo
ARPAm, Relazione Triennale 2018-2020 Sullo stato di qualità dei corpi idrici marini della Regione Marche
https://www.arpa.marche.it/mare-nuovo
ARPAm, Relazione sulle acque di balneazione proposta di classificazione, stagione balneare 2024. https://www.arpa.marche.it/balneazione-nuovo
ARPAm, Rapporto Rifiuti Solidi Urbani Marche 2023
https://www.arpa.marche.it/temi-ambientali/2012-06-12-08-52-59

LAZIO
dati 2024

5.714.745
popolazione residente
(N. abitanti)

331,5
densità demografica
(N. abit./Km²)

22.280*
reddito medio pro capite
(Euro procapite)

64,0%
tasso di occupazione
(Percentuale)

17.239
superficie territoriale
(Km²)

26,1% Montagna; **54,0%** Collina; **19,1%** Pianura

superficie
per zona altimetrica
(Percentuale)

* dati 2022

Autorie Sergio Tarsiero
ARPA Lazio

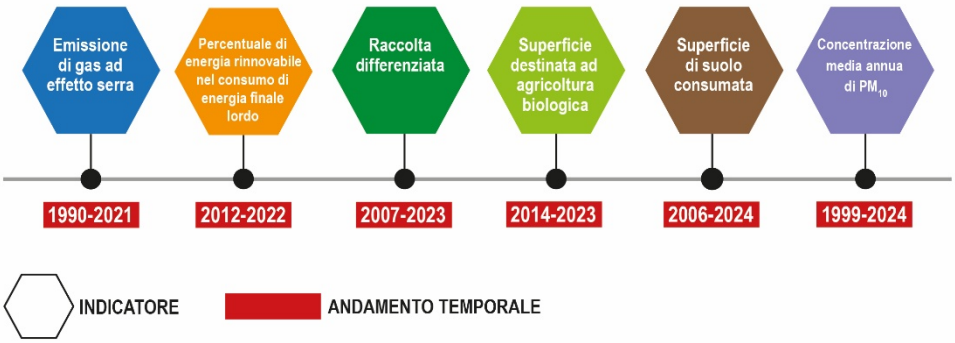
STATO DELL'AMBIENTE IN PILLOLE

La Regione Lazio si conferma una delle regioni italiane nelle quali, in termini demografici, la crisi delle nascite viene mitigata dall'immigrazione interna e da quella di origine estera. Tale effetto però opera in modo diseguale nelle province, poiché a un generale saldo positivo della Città metropolitana di Roma si contrappone il saldo negativo delle altre province.

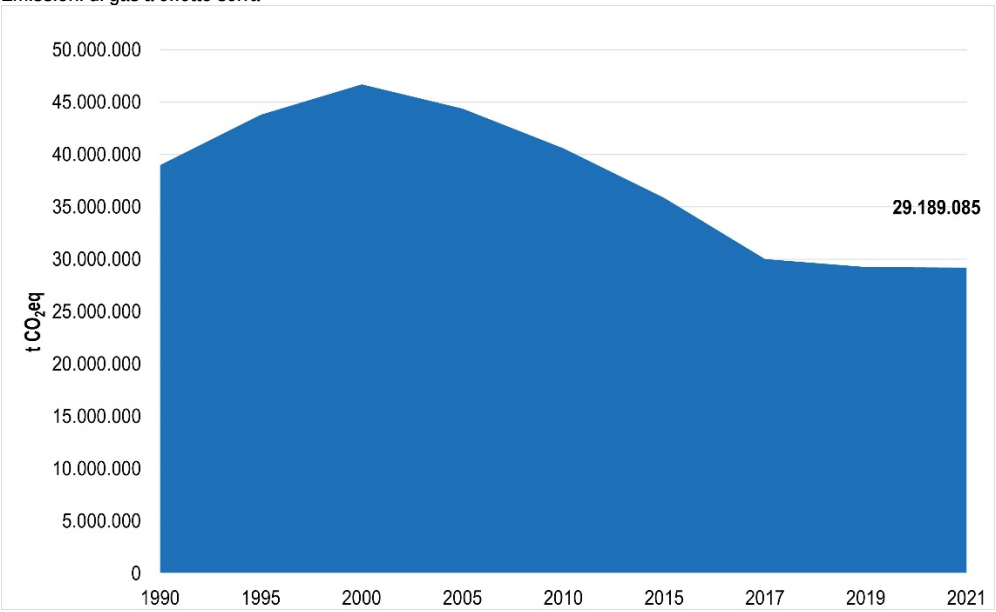
Lo stato dell'ambiente nel Lazio si presenta con dinamiche contrastanti, evidenziando andamenti eterreogeni nei diversi temi. Alcuni segnali risultano incoraggianti: le emissioni di gas serra sono in diminuzione, la superficie destinata all'agricoltura biologica è in crescita, la percentuale di raccolta differenziata continua ad aumentare, e le concentrazioni di PM10 rilevate dalle stazioni della rete di monitoraggio dell'aria mostrano un progressivo miglioramento. Tuttavia, altri fenomeni non seguono un'evoluzione altrettanto positiva. In diversi casi, infatti, i dati suggereiscono suggeriscono l'assenza di un miglioramento e inducono a ipotizzare che le politiche messe in atto non siano ancora sufficientemente efficaci per generare cambiamenti significativi e duraturi.

È il caso in particolare sia del consumo di suolo, che prosegue la sua traiettoria verso l'aumento continuo, trainato da progetti di nuova urbanizzazione o recupero urbano (monitorabili tramite le procedure VAS di cui all'art.12 e all'art.13 del D.lgs 152/06), sia del consumo preponderante di risorse fossili per la produzione energetica, la cui diminuzione è estremamente lenta (l'88% dell'energia primaria consumata per gli usi finali è ancora di origine fossile al 2022).

Quanto alla qualità dell'aria, il generale miglioramento, a seguito della riduzione delle emissioni del parco auto circolante, si è fatto sentire sulla concentrazione media calcolata dei PM10, ma per effetto dei mutamenti normativi intercorsi è probabile che si debba procedere piu speditamente verso l'elettrificazione del parco auto.



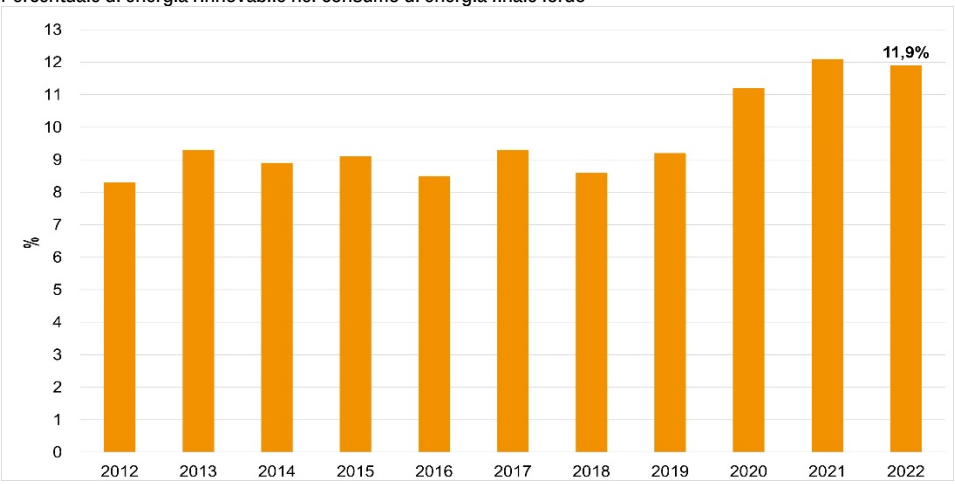
Emissioni di gas a effetto serra



Fonte: ISPRA

L'andamento, nel Lazio, delle emissioni di gas ad effetto serra, nel periodo 1990-2021 (espresso in tonnellate di CO2 equivalente), dopo una fase di crescita fino al 2000 e di successivo calo fino al 2017, presenta valori più o meno costanti o in leggera diminuzione fino al 2021.

Percentuale di energia rinnovabile nel consumo di energia finale lordo

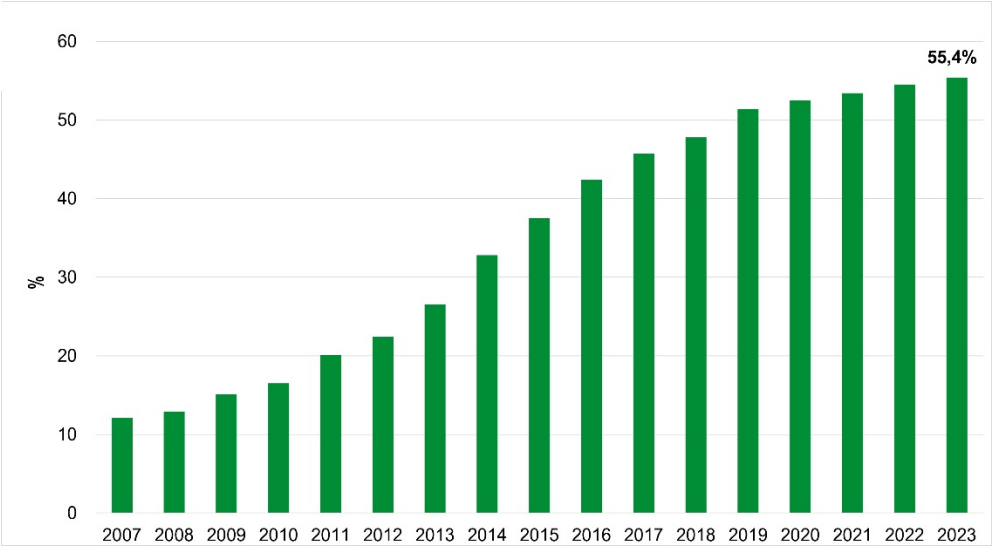


Nota: NB: per il periodo 2012-2020 viene applicata la metodologia di monitoraggio definita dalla direttiva 2009/28/CE (RED I); a partire dal 2021 viene invece applicata la metodologia definita dalla direttiva (UE) 2018/2001 (RED II).

Fonte: GSE

L'andamento della percentuale dei consumi energetici da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia, nel Lazio, presenta un andamento che, seppure altalenante, risulta tendenzialmente in crescita nell'intero periodo considerato; da registrare un leggero calo nel 2022, attestandosi all'11,9%.

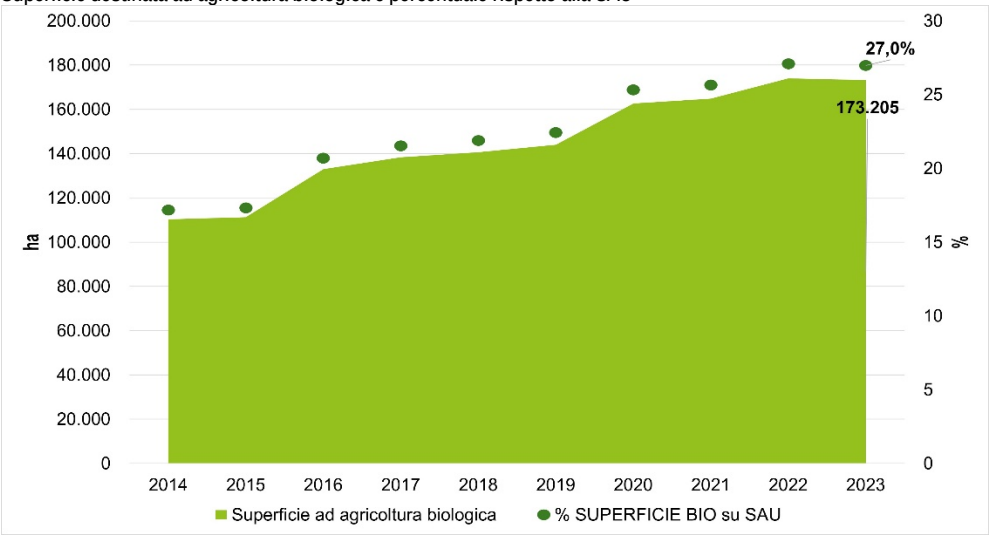
Raccolta differenziata



Fonte: ISPRA

La raccolta differenziata nel Lazio ha complessivamente mostrato un *trend* sempre positivo a partire dal 2007, con un andamento sigmoide della curva. Il dato complessivo regionale è tuttavia sotto gli obiettivi di legge (65%) poiché la *performance* della capitale molto inferiore alla media (46.6%) contribuisce ad abbassarla significativamente. Va comunque evidenziato che la percentuale di comuni che superano il 65% di raccolta differenziata è passata dal 44% del 2019 al 70% del 2023.

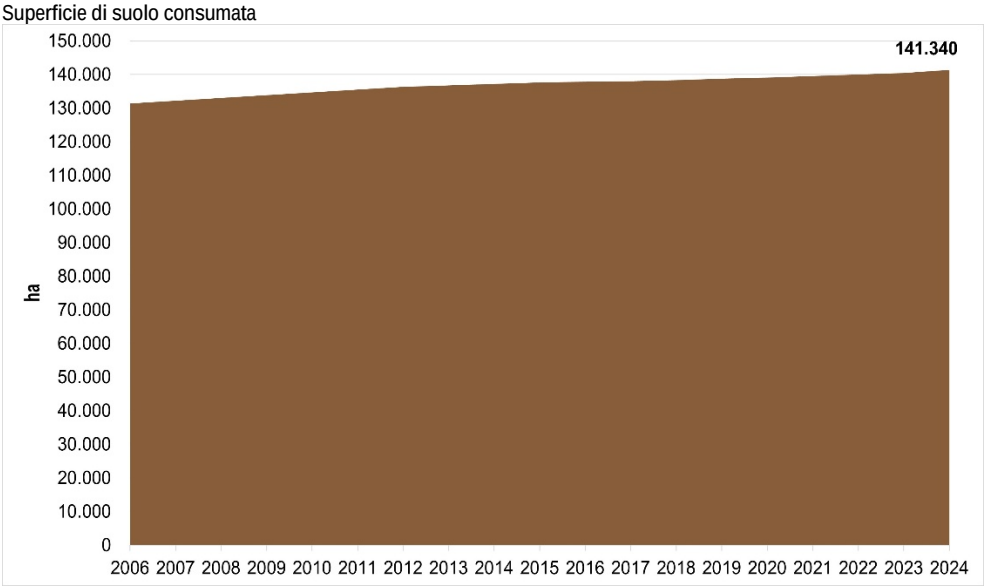
Superficie destinata ad agricoltura biologica e percentuale rispetto alla SAU



Fonte: Elaborazioni SNPA su dati SINAB e Istat

La superficie soggetta a coltivazione biologica nella Regione Lazio è aumentata progressivamente negli ultimi 10 anni, con un incremento complessivo di 62.928 ettari, portandosi dal 17% al 27% della SAU. Di conseguenza, piu di un ettaro su quattro di SAU è ad oggi in coltivazione biologica.

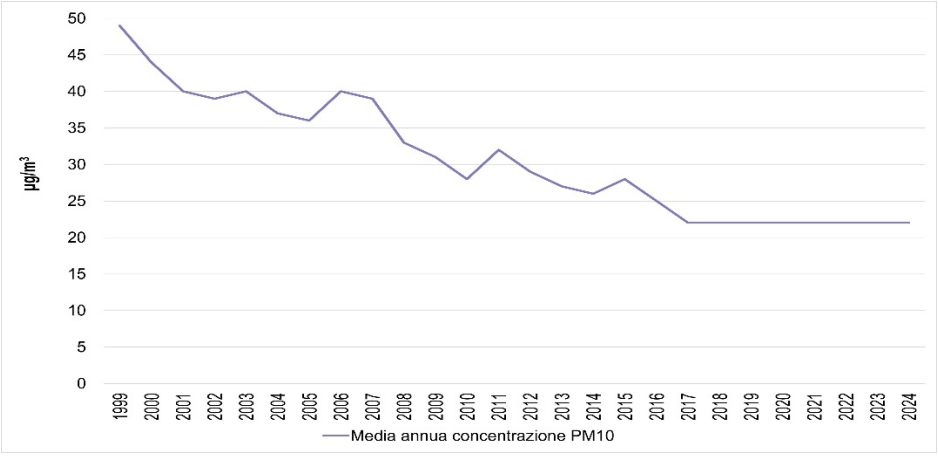
Superficie di suolo consumata



Fonte: SNPA

La superficie di suolo consumato nel Lazio nel 2024 è stata pari all'8,24% della superficie totale, corrispondente a oltre 140.000 ettari. Il suolo consumato ha continuato ad aumentare nel corso degli anni. Dal 2006 al 2024 sono stati consumati circa 10.000 ettari di suolo. La tendenza generale risulta maggiormente accentuata nella Provincia Metropolitana di Roma.

Concentrazione media annua PM10



Fonte:

Il *trend* della concentrazione di PM10 risulta complessivamente decrescente dal 1999 ad oggi. Come appare evidente dal grafico, la concentrazione di PM10 scende definitivamente sotto i 40 µg/m³ (limite normativo) nel 2006 e scende ulteriormente sotto ai 25 µg/m³ dal 2016. Negli ultimi anni la concentrazione sembra essersi stabilizzata a 22 µg/m³. Il 14 ottobre 2024 il Consiglio dell'UE ha approvato in via definitiva la direttiva (UE) 2024/2881 sulla qualità dell'aria che introduce limiti più severi da raggiungere entro il 2030 (20 µg/m³. per PM10).

Ringraziamenti (Contributori)
Si ringrazia in particolare il Servizio Qualità dell'aria e monitoraggio ambientale degli agenti fisici di ARPAlazio.

Bibliografia
ARPALAZIO, Indicatore di Concentrazione del particolato atmosferico (PM10)
https://www.arpalazio.it/documents/20124/51375/concentrazione_PM10_2024.pdf

ABRUZZO
dati 2024

1.269.571
popolazione residente
(N. abitanti)

117,2
densità demografica
(N. abit./Km²)

18.044*
reddito medio pro capite
(Euro procapite)

62,1%
tasso di occupazione
(Percentuale)

10.832
superficie territoriale
(Km²)

65,1% Montagna; **34,9%** Collina; **0,0%** Pianura

superficie
per zona altimetrica
(Percentuale)

* dati 2022

Autore: Valerio Di Giancroce
ARPA Abruzzo

STATO DELL'AMBIENTE IN PILLOLE

La percentuale dei rifiuti raccolti in modo differenziato nella Regione Abruzzo, nel 2023, è stata pari al 64,6%, vsloreleggermente al di sotto dell'obiettivo nazionale (65%). È evidente il *trend* in crescita fino al 2020 da cui ha poi inizio una fase di stabilità.

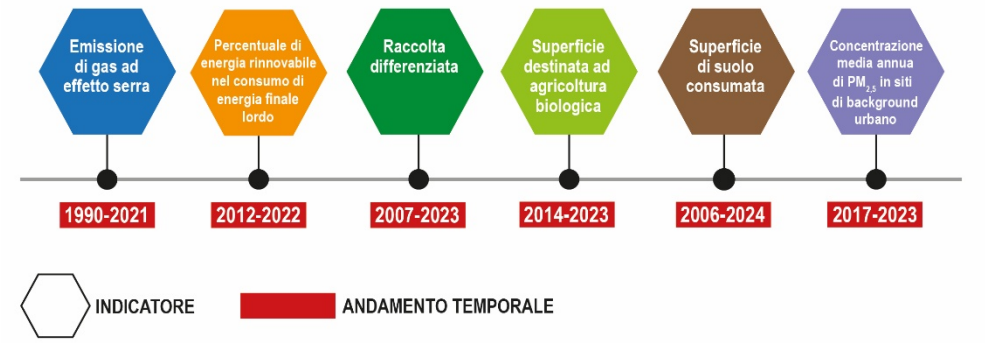
Il controllo delle acque superficiali interne e sotterranee interessa 115 corpi idrici fluvio-lacustri e 29 corpi idrici sotterranei.

La classificazione riferita al II Ciclo essennale di monitoraggio 2015-2020 mostra il Buono Stato Ambientale nel 36% dei corpi idrici superficiali regionali, con un *trend* in crescita rispetto al sessennio precedente (29%); inoltre, si conferma il mantenimento dello Stato Chimico Buono nel 34% dei corpi idrici sotterranei, che rappresentano più del 76% del volume complessivo della risorsa idrica naturale sotterranea della regione.

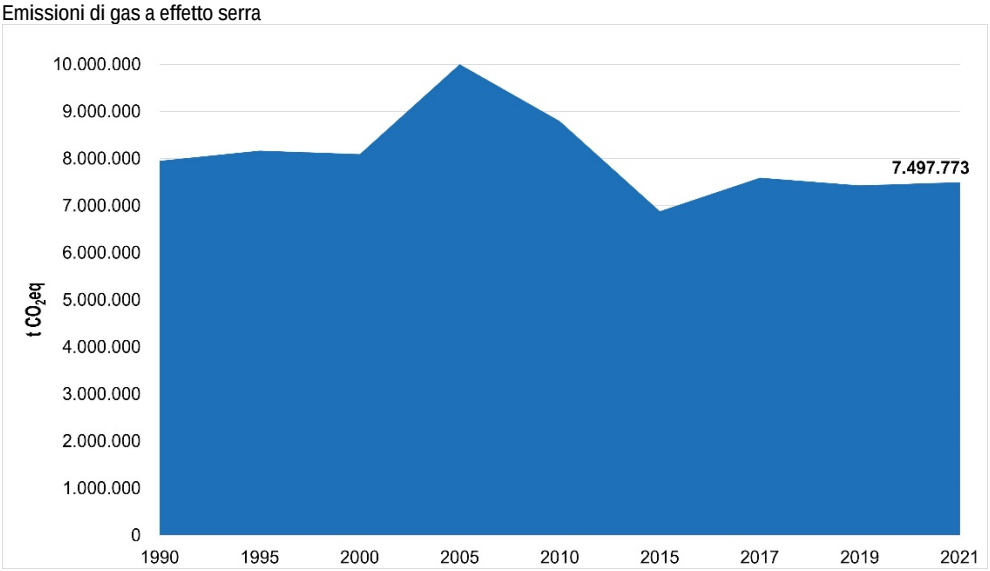
Il III Ciclo essennale, avviato nel 2021 terminerà nel 2026. Le prime elaborazioni, ottenute con i dati parziali riferiti al I triennio 2021-2023, evidenziano una inflessione del numero dei corpi idrici superficiali in Buono Stato Ambientale; tuttavia, il risultato non include 8 stazioni di Sorveglianza il cui monitoraggio è previsto nel II triennio 2024-2026; invece, le acque sotterranee sembrano confermare i risultati pregressi.

Il controllo delle acque di balneazione ha evidenziato una qualità del mare nei tratti analizzati nel 2024 leggermente superiore rispetto al 2023. La percentuale di acque classificate come "buone" scende al 4%, mentre resta pressoché invariato il numero dei punti valutati in classe "eccellente", che si attestano all'89%. Si assottiglia al 2%, infine, la percentuale delle acque "scarse", ma solo in prossimità delle foci di alcuni fiumi e torrenti.

L'andamento temporale della concentrazione media annua del PM2,5 in siti di background urbano dei quattro capoluoghi abruzzesi, tra il 2017 e il 2024 mostra un significativo ($p<0,05$) *trend* lineare di riduzione della concentrazione pari a 3,2 $\mu g/m^3$ per decade, presumibilmente legato a fattori quali il progressivo ammodernamento del parco veicolare circolante e all'efficientamento dei sistemi di riscaldamento degli edifici.



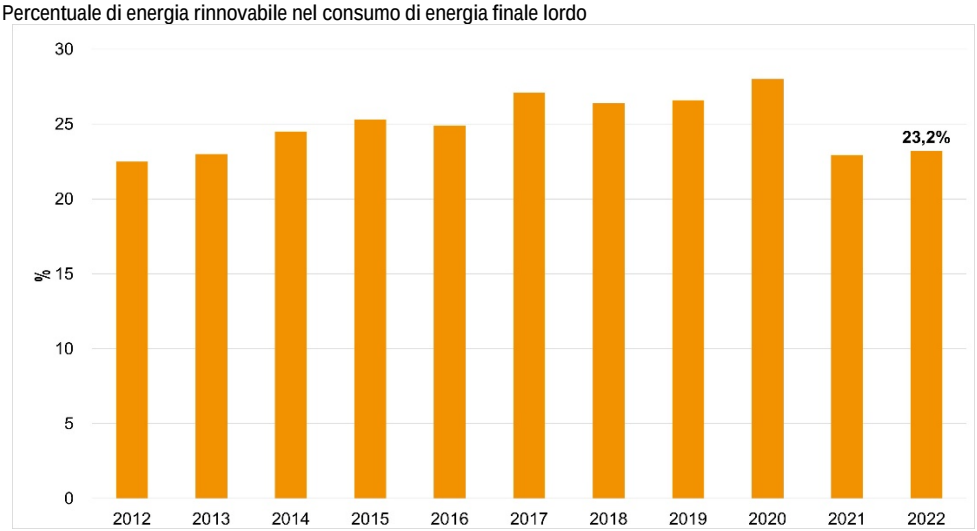
Emissioni di gas a effetto serra



Fonte: ISPRA

L'andamento in Abruzzo delle emissioni di gas ad effetto serra, nel periodo 1990-2021 (espresso in tonnellate di CO_2 equivalente), dopo una fase di crescita culminata con il picco del 2005 e di successivo calo fino al 2015, presenta valori stabilizzati con una riduzione, nell'intero periodo del 5,7%.

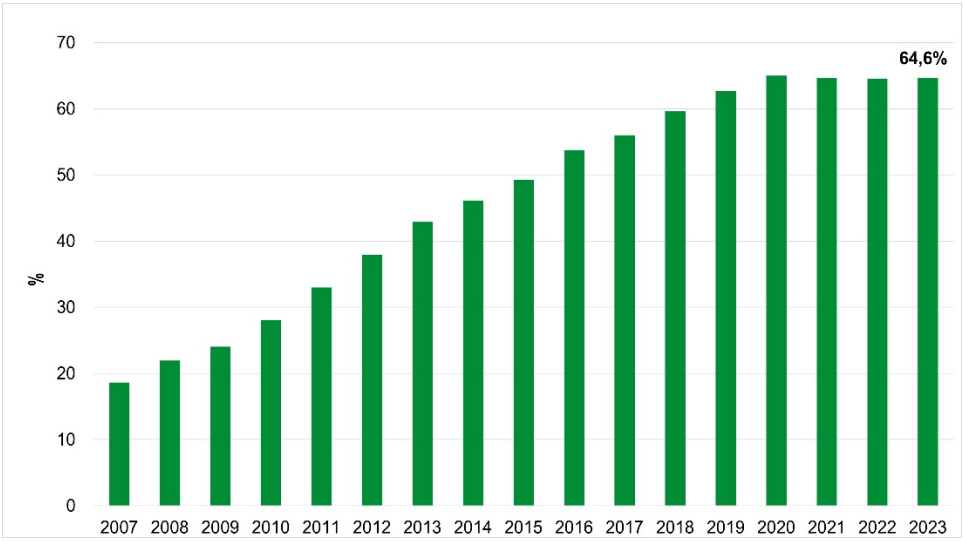
Percentuale di energia rinnovabile nel consumo di energia finale lordo



Nota: NB: per il periodo 2012-2020 viene applicata la metodologia di monitoraggio definita dalla direttiva 2009/28/CE (RED I); a partire dal 2021 viene invece applicata la metodologia definita dalla direttiva (UE) 2018/2001 (RED II).
Fonte: GSE

L'andamento della percentuale dei consumi energetici da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia, in Abruzzo, presenta un andamento altalenante nel periodo 2012-2022; raggiungendo il suo valore massimo nel 2020, segue un calo evidente nel 2021 e una nuova risalita nel 2022, attestandosi al valore del 23,2%.

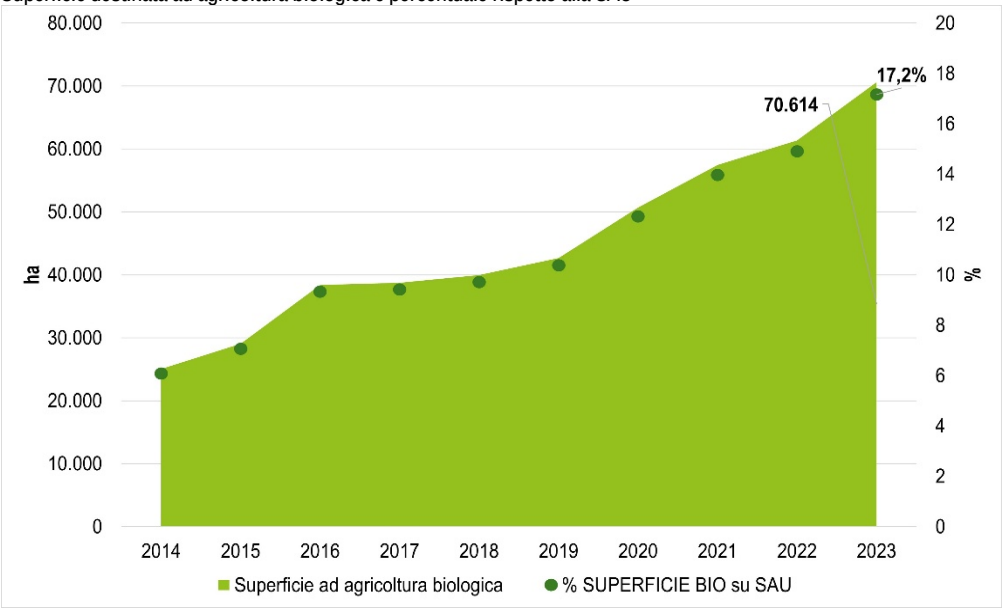
Raccolta differenziata



Fonte: ISPRA

La percentuale dei rifiuti raccolti in modo differenziato, nel 2023, è stata pari al 64,6%, leggermente al di sotto del valore previsto quale obiettivo nazionale (65%)..È evidente il *trend* in crescita fino al 2020 da cui ha poi inizio una fase di stabilizzazione.

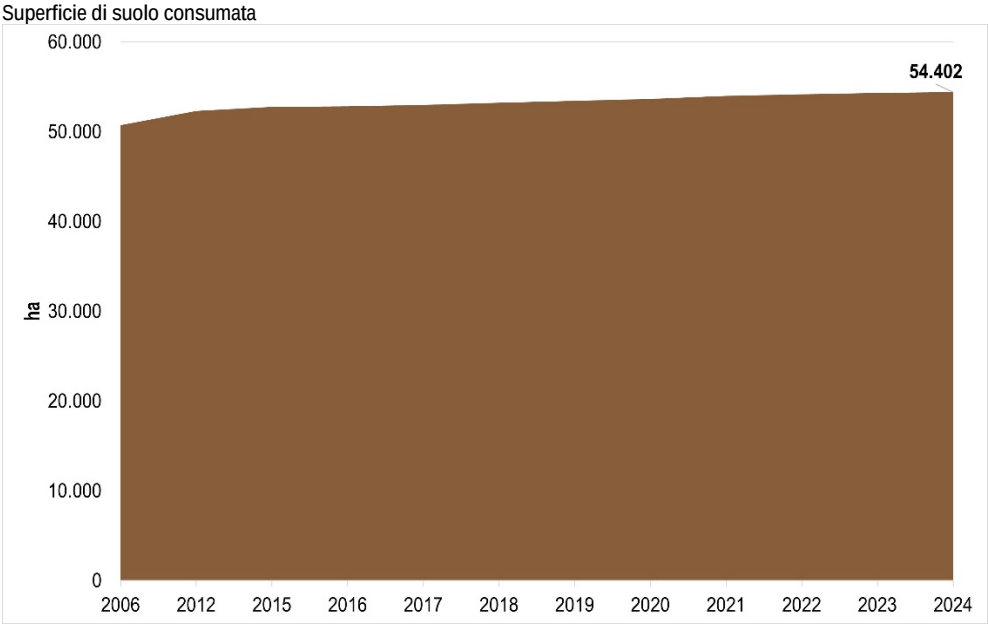
Superficie destinata ad agricoltura biologica e percentuale rispetto alla SAU



Fonte: Elaborazioni SNPA su dati SINAB e Istat

L'andamento della superficie agricola destinata ad agricoltura biologica, in Abruzzo, registra un andamento in costante crescita dal 2014 al 2023, con una superficie rispetto alla SAU che si attesta al 17,2%, valore quasi triplicato rispetto al 2014 (da 6,1 % a 17,2 %).

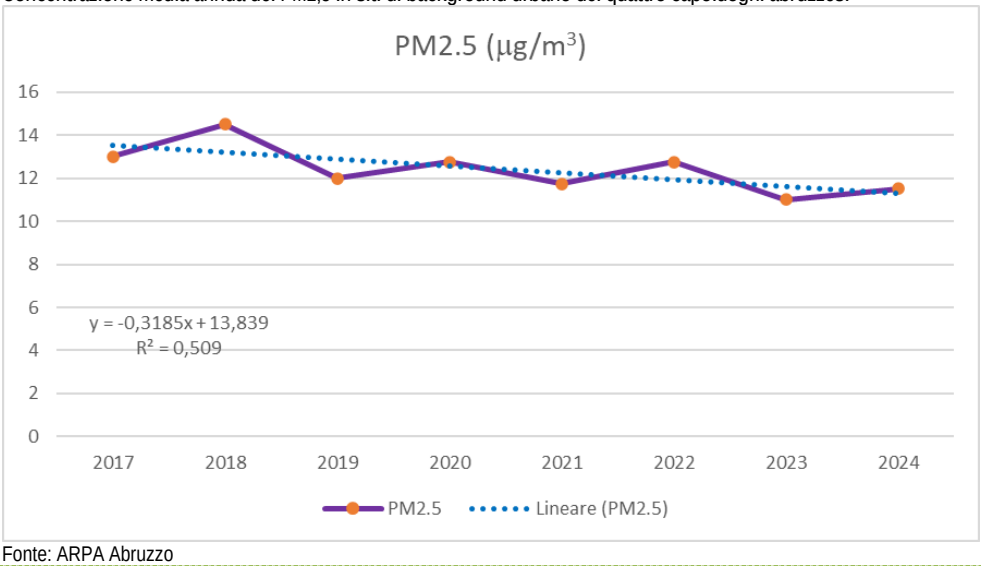
Superficie di suolo consumata



Fonte: SNPA

La superficie di suolo consumato in Abruzzo, nel 2024, è stata pari al 5,05% della superficie totale, corrispondente a 54.402 ettari. L'andamento del consumo di suolo, dal 2006 al 2024, presenta un andamento in costante crescita.

Concentrazione media annua del PM2,5 in siti di background urbano dei quattro capoluoghi abruzzesi



Fonte: ARPA Abruzzo

Da un'analisi dell'andamento temporale della concentrazione media annua del PM2.5 in siti di background urbano dei quattro capoluoghi abruzzesi, tra il 2017 e il 2024, risulta significativo ($p<0,0,5$) un *trend* lineare di riduzione della concentrazione pari a 3,2 µg/m³ per decade

Ringraziamenti (Contributori)

Si ringraziano P. De Marco (ARPA Abruzzo), S. Palermi (ARPA Abruzzo), G.Desiderio (ARPA Abruzzo), R.Di Cesare (ARPA Abruzzo), M. Petrini (ARPA Abruzzo).

Bibliografia

ARPA Abruzzo, A*cque superficiali classificazione stato chimico sessennio 2015-2020* (https://www.artaabruzzo.it/acque-superficiali.php?id_page=1)

ARPA Abruzzo, *Rapporto qualità dell'aria Regione Abruzzo, anni 2017/2024*. (https://www.artaabruzzo.it/aria_qa.php?id_page=5)

ARPA Abruzzo, *Qualità delle acque di balneazione della Regione Abruzzo* (https://www.artaabruzzo.it/balneazione.php?id_page=4)

MOLISE
dati 2024

287.966
popolazione residente
(N. abitanti)

64,8
densità demografica
(N. abit./Km²)

16.987*
reddito medio pro capite
(Euro procapite)

4.461
superficie territoriale
(Km²)

56,9%
tasso di occupazione
(Percentuale)

55,3% Montagna; **44,7%** Collina; **0,0%** Pianura

superficie
per zona altimetrica
(Percentuale)

* dati 2022

Autori: Maria Grazia CERRONI; Michela PRESUTTI
ARPA Molise

STATO DELL'AMBIENTE IN PILLOLE

Il quadro che emerge dal monitoraggio della qualità dell'aria nella regione Molise per l'anno 2023 è la persistenza delle criticità legate ai livelli di ozono e dei valori di polveri sottili nella città di Venafro, dove la stazione di monitoraggio Venafro2 ha fatto registrare 52 superamenti del limite giornaliero a fronte dei 35 consentiti dalla legge. Gli altri inquinanti monitorati non hanno superato i rispettivi standard normativi.

Nel corso della stagione balneare 2024, tutti i campionamenti effettuati lungo il litorale del territorio regionale hanno dato esito di conformità ai limiti prescritti al D.M 30 marzo 2010.

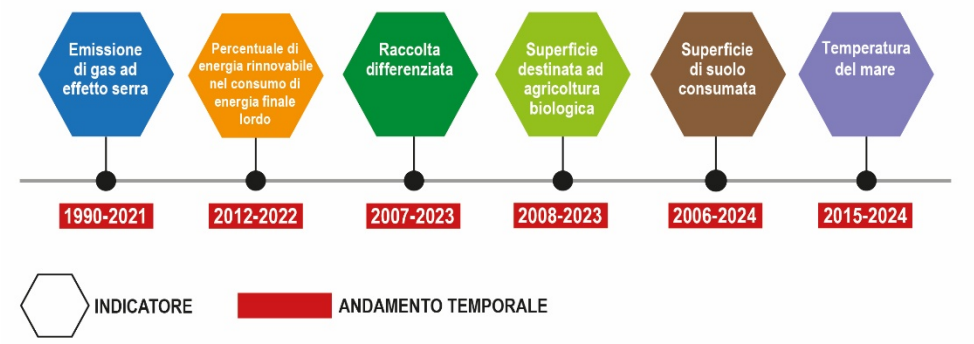
Per 22 acque di balneazione presenti nel tratto di costa molisana è stata attribuita la classe di qualità "Eccellente", le restanti 2 acque di balneazione sono scritte alla classe di qualità "Buono".

Rispetto al 2023 si evidenzia un *trend* in miglioramento.

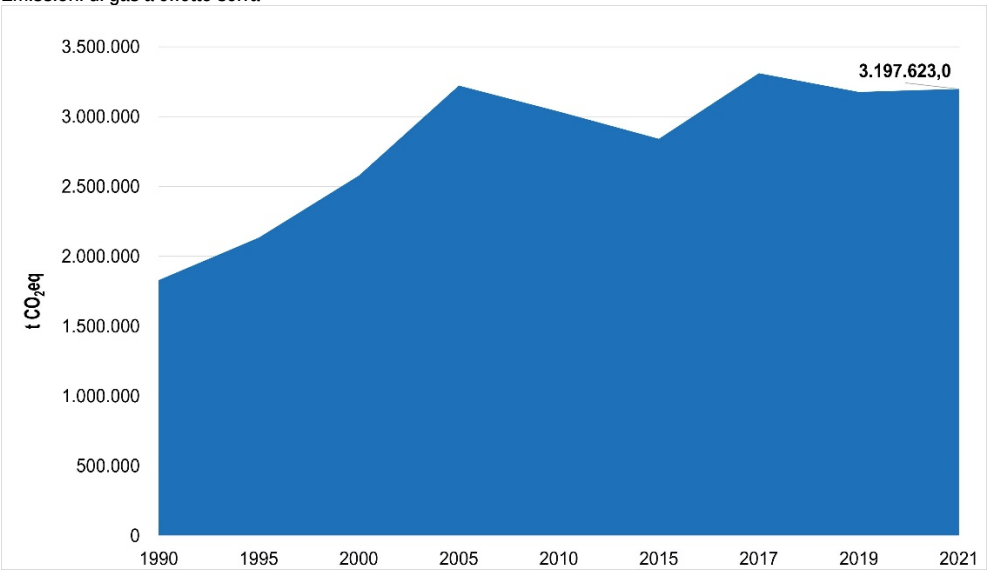
Per quanto riguarda le acque superficiali interne (fiumi e invaso), nel sessennio 2014-2019, lo stato chimico è risultato "buono" al 100%, mentre, lo stato ecologico, ha raggiunto la classe "buono" per il 92,9% di essi. Nello stesso periodo, il 90,5% dei corpi idrici sotterranei evidenzia uno stato chimico "buono" e per i corpi idrici marino costieri, lo stato chimico è "buono" per il 100%.

Nel 2023, anche se la percentuale dei rifiuti raccolti in modo differenziato (60.8%), rispetto alla produzione totale dei rifiuti urbani, è in aumento rispetto all'anno precedente purtroppo non ha ancora consentito il raggiungimento dell'obiettivo del 65% previsto dalla normativa nazionale.

Sono stati eseguite nel 2023 n. 410 misure CEM ai sensi del D.Lgs. 259/2003 e ss.mm.ii., nel 2024 le misure sono state n. 670. Inoltre, per la verifica dei limiti ai sensi del D.M. 8 Luglio 2003 G.U. n. 199/2003, nel 2023 le misure sono state n. 177 e nel 2024 n. 230.



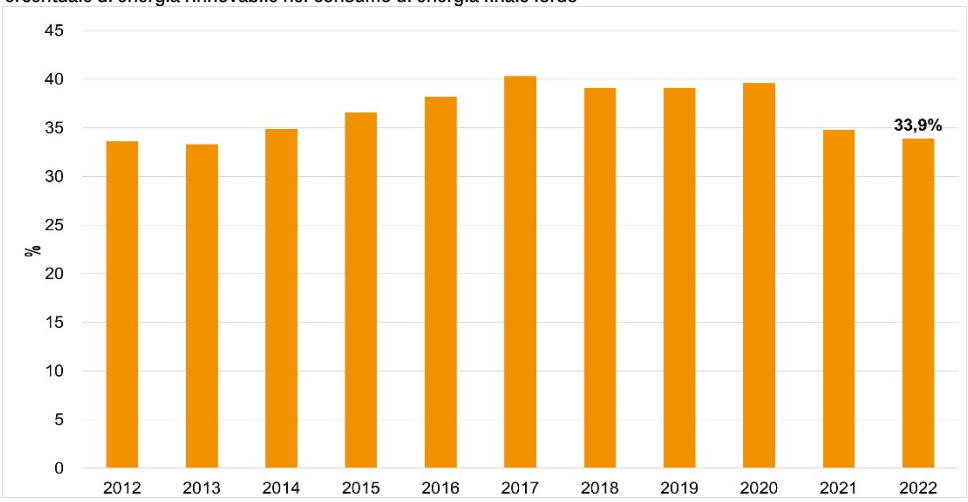
Emissioni di gas a effetto serra



Fonte: ISPRA

L'andamento, in Molise, delle emissioni di gas ad effetto serra, nel periodo 1990-2021 (+75% circa) (espresso in tonnellate di CO_2 equivalente), dopo una fase di crescita fino al 2005 e di successivo calo fino al 2015, presenta valori più o meno costanti o in leggera crescita fino al 2021.

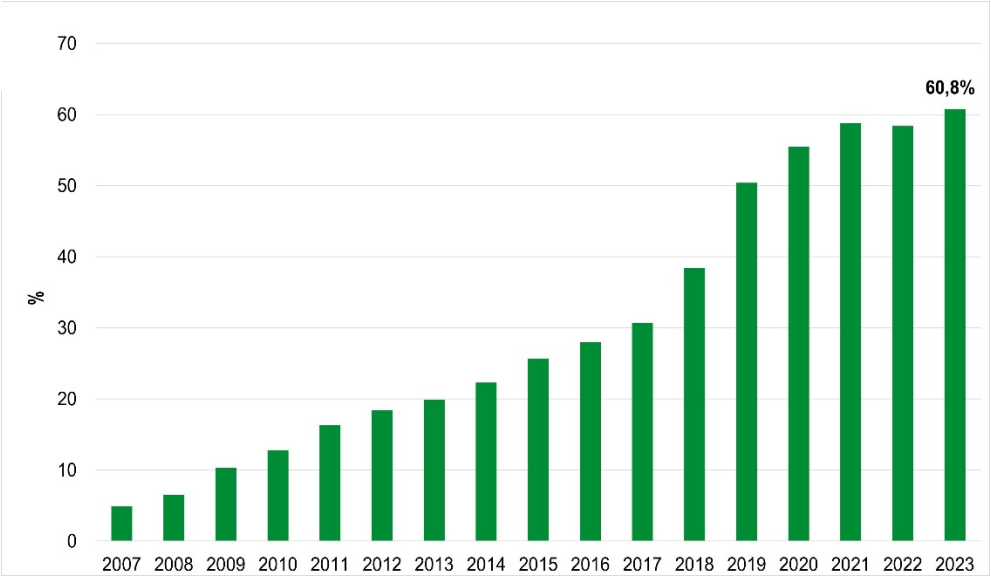
Percentuale di energia rinnovabile nel consumo di energia finale lordo



Nota: NB: per il periodo 2012-2020 viene applicata la metodologia di monitoraggio definita dalla direttiva 2009/28/CE (RED I); a partire dal 2021 viene invece applicata la metodologia definita dalla direttiva (UE) 2018/2001 (RED II).
Fonte: GSE

L'andamento della percentuale dei consumi energetici da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia, in Molise, presenta un andamento che, seppure leggermente altalenante, risulta tendenzialmente in crescita nel periodo 2012-2020; da registrare un leggero calo nel 2021 a cui segue una nuova risalita nel 2022, attestandosi al 33,9%.

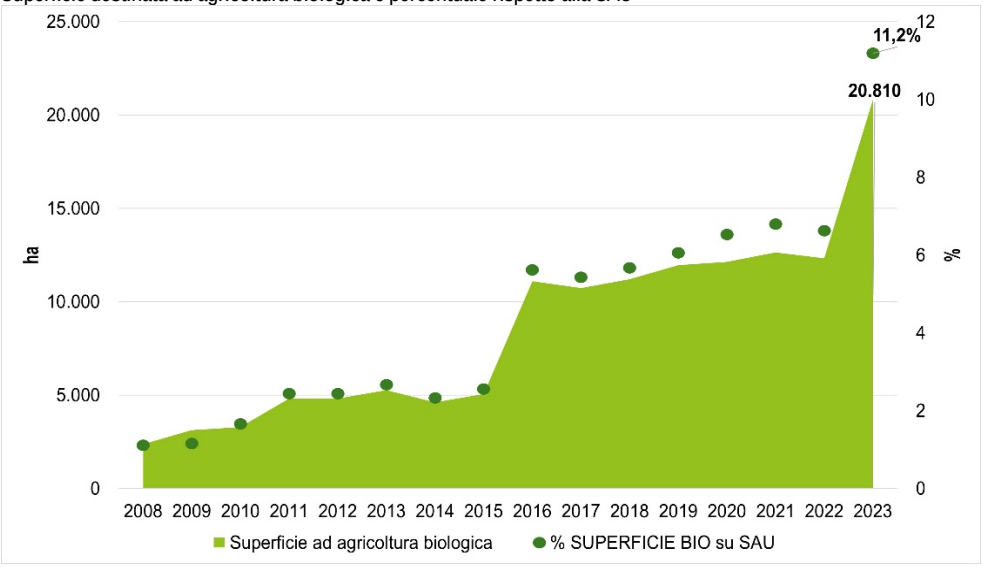
Raccolta differenziata



Fonte: ISPRA

La percentuale dei rifiuti raccolti in modo differenziato, rispetto alla produzione totale dei rifiuti urbani (60,8% nel 2023), è in aumento in Molise; purtroppo, l'obiettivo del 65%, previsto dalla normativa nazionale, non è ancora stato raggiunto.

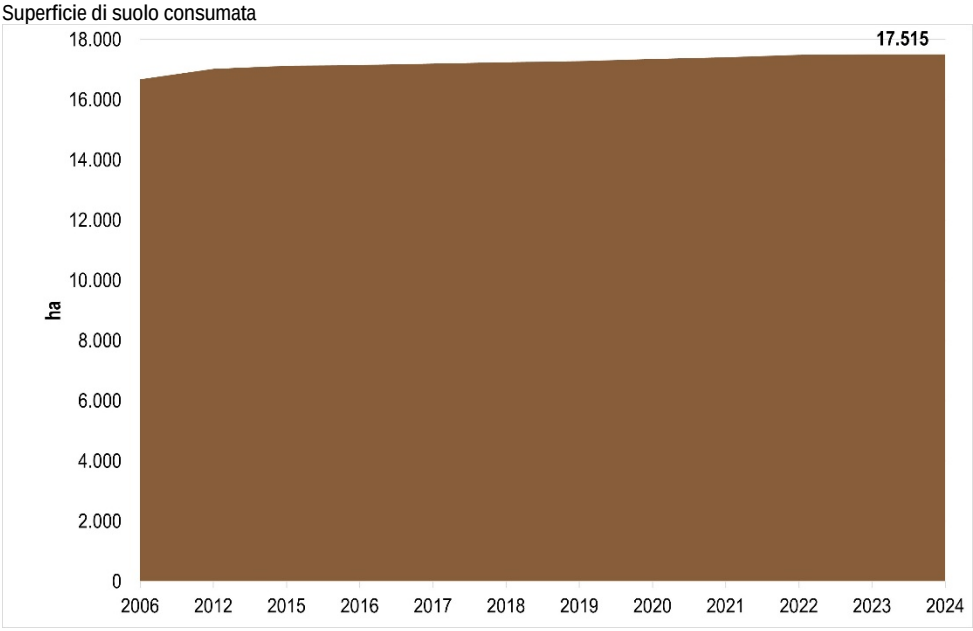
Superficie destinata ad agricoltura biologica e percentuale rispetto alla SAU



Fonte: Elaborazioni SNPA su dati SINAB e Istat

In Molise, l'andamento della superficie agricola destinata ad agricoltura biologica dopo una fase di quasi statica dal 2008-2016, registra un andamento in crescita dal 2016 al 2022 con un incremento quasi doppio nel 2023, pari a all'11,2% della SAU.

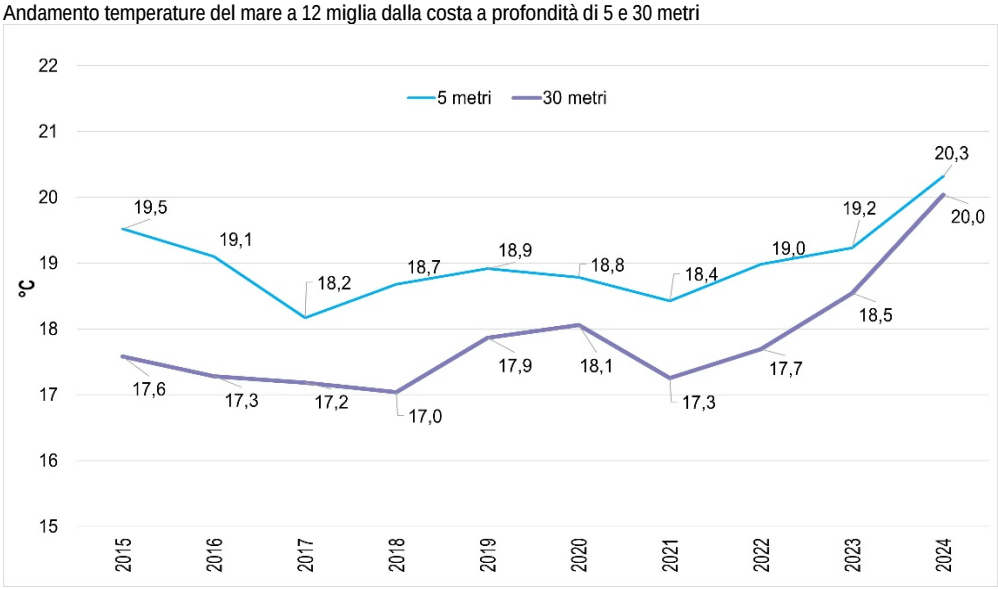
Superficie di suolo consumata



Fonte: SNPA

La superficie di suolo consumato in Molise è di circa il 4 % della superficie totale, nell'ultimo decennio l'andamento risulta essere pressocchè stazionario, ben oltre al di sotto del valore nazionale del 7,17%.

Andamento temperature del mare a 12 miglia dalla costa a profondità di 5 e 30 metri



Fonte: Archivio ARPA Molise

Nel tratto di mare Adriatico antistante la costa molisana il *trend* delle temperature rilevate negli ultimi 10 anni, a 5 e a 30 metri di profondità, risulta abbastanza simile, con andamento altalenante tra il 2015 e il 2021 e in risalita di circa 2° C dal 2022 al 2024.

Ringraziamenti
Si rignaziano per la collaborazione: A. Cioffi, M. Giancola, A. Leonardi e L. Pierno.

Bibliografia/sitografia
ARPA Molise, *La qualità dell'aria in Molise – Report 2023*;
ARPA Molise, *Qualità delle Acque di balneazione della Regione Molise - Report monitoraggio 2024*;
ARPA Molise, Archivio Dati Acque marine;
GSE, Gestore Servizi Energetici dati e scenari/monitoraggio-fer/monitoraggio-regionale/Molise;
ISTAT, banchedati;
ISPRA, indicatoriambientali.isprambiente.it;
ISPRA, Rapporto Rifiuti Urbani edizione 2024;
ISPRA, Presentazione Rapporto Consumo di Suolo edizione 2024;
SINAB, navigazione-banca-dati.

CAMPANIA
dati 2024

5.593.906
popolazione residente
(N. abitanti)

409,0
densità demografica
(N. abit./Km²)

15.428*
reddito medio pro capite
(Euro procapite)

13.676
superficie territoriale
(Km²)

45,4%
tasso di occupazione
(Percentuale)

34,6% Montagna; **50,8%** Collina; **14,7%** Pianura

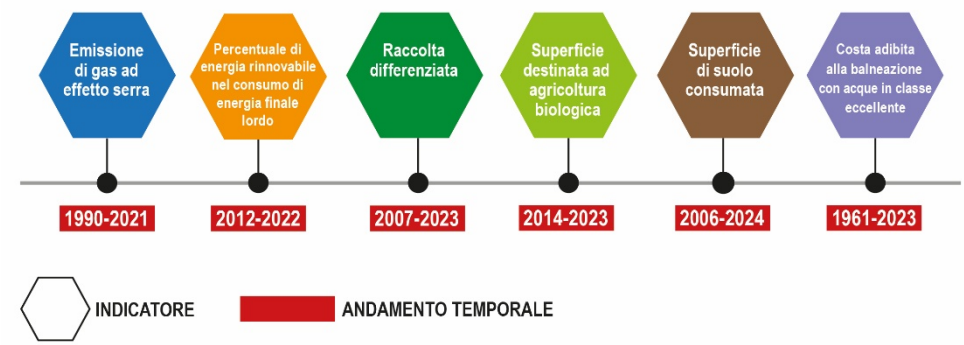
superficie
per zona altimetrica
(Percentuale)

* dati 2022

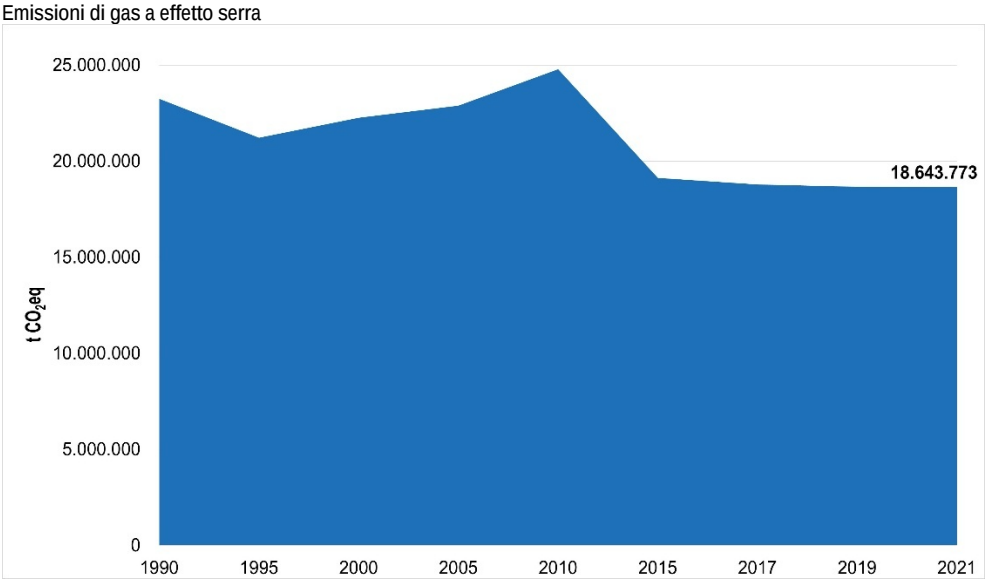
Autore: Paola Sonia Petillo
ARPA Campania

STATO DELL'AMBIENTE IN PILLOLE

La qualità dell'aria in Campania nel 2024 mostra una tendenza alla stabilità dei valori di concentrazione di PM10 rispetto al 2023. Nel 2024 il valore limite annuale del PM10 (40 µg/m³) non è mai stato superato mentre si registra il superamento del valore limite giornaliero (50 µg/m³) per n.8 stazioni ricadenti nell'agglomerato Napoli – Caserta. Sempre per il 2024 si rileva il non superamento del valore limite annuale di 25 µg/m³ per il PM2.5.
Per quanto riguarda i corpi idrici fluviali, nel triennio 2021-2023 rispetto al precedente 2018-2020, si riscontra l'incremento della percentuale dei corpi idrici che raggiungono l'obiettivo di qualità (stato ecologico buono o elevato), che passano dal 13% al 19% mentre quelli che non raggiungono l'obiettivo passano dal 61% al 55%. I corpi idrici sotterranei, con riferimento all'ultimo sessennio 2015-2020, presentano uno stato chimico buono in ragione dell'86% mentre l'11% mostra uno stato chimico scarso rilevando che il 3% dei corpi idrici non risulta monitorato.
Positivo è il *trend* della qualità delle acque di balneazione evidenziando, nel periodo 2013– 2024, il costante incremento della percentuale dei chilometri di costa balneabile, con acque in classe eccellente, che va dal 77% del 2013 al 90% nel 2024.
Analogamente, dal 2007 al 2023, si registra la costante crescita della raccolta differenziata che si attesta nel 2023 al 56,6%. Alla scala comunale nel 2023 sono 323 i comuni campani che superano il 65% di raccolta differenziata, rilevando che 36 comuni, aventi 1.565.325 abitanti, sono in ritardo rispetto all'obiettivo del 65% imposto dalla legge.
Un *trend* positivo si registra per la quota regionale di energia rinnovabile nel consumo di energia finale lordo che nel 2022 si attesta sul valore di circa il 18,2% con un significativo e tendenzialmente costante incremento dal 2012.
Infine, dal 2006 al 2024 la superficie di suolo consumato è in aumento raggiungendo nel 2024 il 10,61% della superficie totale regionale, con un valore assoluto pari a 144.055 ettari. Nello stesso periodo 2006- 2024 l'incremento di suolo consumato è pari a 8.567 ettari.



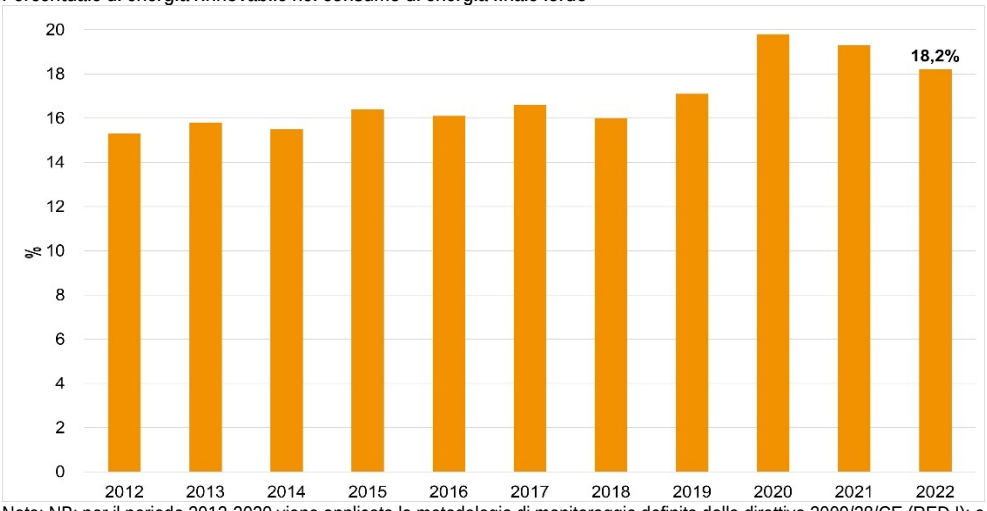
Emissioni di gas a effetto serra



Fonte: ISPRA

In Campania, dal 1990 al 2010 le emissioni di gas ad effetto serra presentano un andamento in costante aumento. Significativo è l'inversione del *trend* dal 2010 al 2015, con un decremento delle emissioni, a cui susseguono, dal 2015 e fino al 2021, valori pressoché stazionari.

Percentuale di energia rinnovabile nel consumo di energia finale lordo

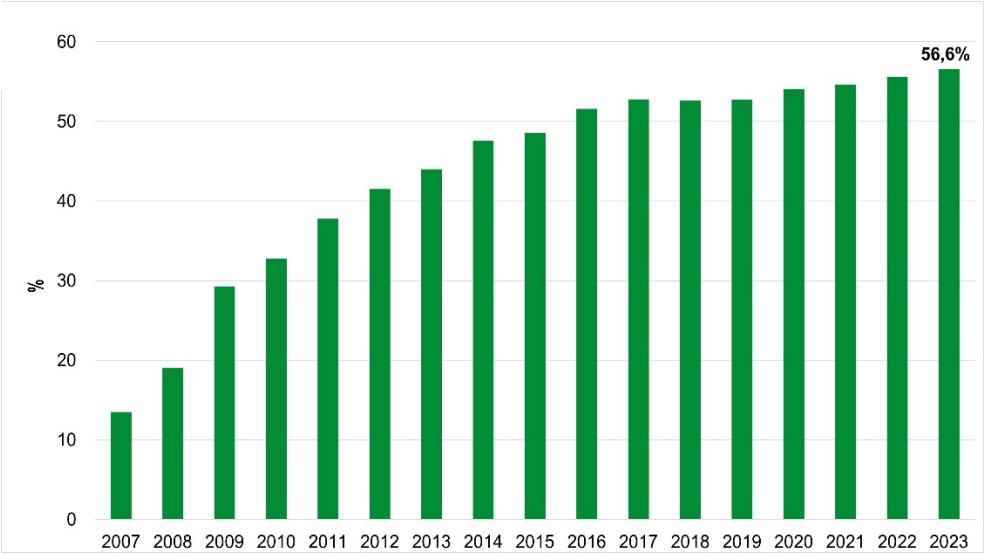


Nota: NB: per il periodo 2012-2020 viene applicata la metodologia di monitoraggio definita dalla direttiva 2009/28/CE (RED I); a partire dal 2021 viene invece applicata la metodologia definita dalla direttiva (UE) 2018/2001 (RED II).

Fonte: GSE

In Campania nel periodo 2012-2022 la crescita della percentuale di energia rinnovabile rispetto al consumo finale di energia finale lordo è tendenzialmente costante. Dal valore del 15,3% del 2012 si raggiungono valori in percentuale superiori al 19% negli anni 2020 e 2021 con attestazione, nel 2022, sul valore del 18,2%.

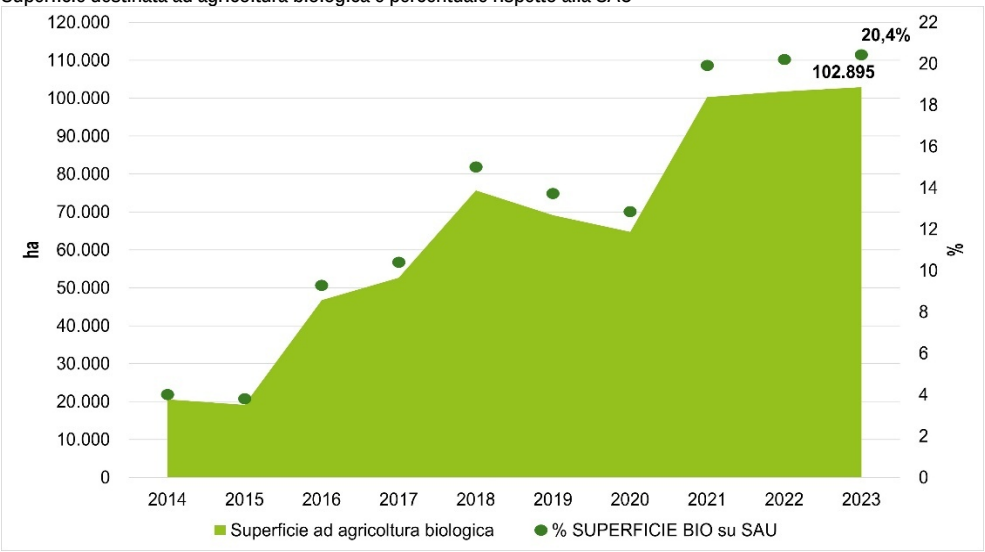
Raccolta differenziata



Fonte: ISPRA

In Campania nel periodo 2007–2023 la crescita della percentuale dei rifiuti raccolti in modo differenziato è costante. Nel 2023 la percentuale raggiunge il 56,6%, rilevando comunque il non raggiungimento del *target* nazionale del 65% previsto dal D.Lgs. 152/06 smi.

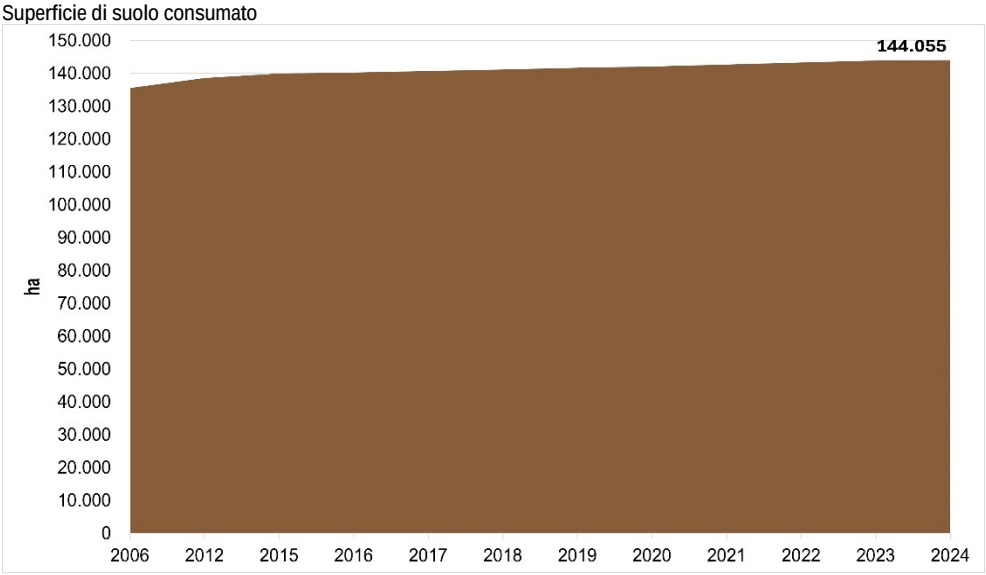
Superficie destinata ad agricoltura biologica e percentuale rispetto alla SAU



Fonte: Elaborazioni SNPA su dati SINAB e Istat

In Campania, dal 2014 al 2023 la superficie agricola destinata ad agricoltura biologica, a meno di una flessione nel periodo 2018 - 2020, è tendenzialmente in costante aumento, con valore nel 2023 pari a 102.895 ha, corrispondenti a poco più' del 20% della SAU regionale al di sopra di quello nazionale (19,8%).

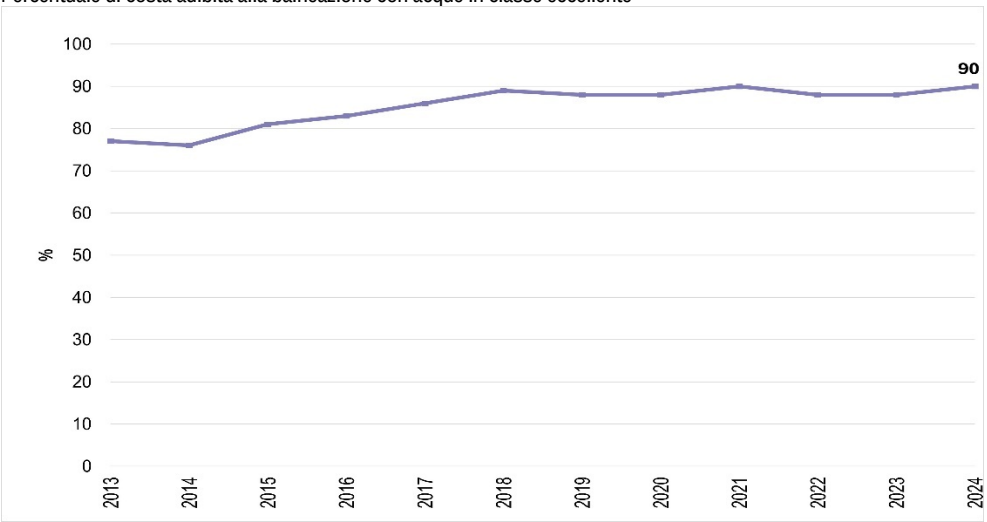
Superficie di suolo consumato



Fonte: SNPA

In Campania dal 2006 al 2024 la superficie di suolo consumato è in costante aumento raggiungendo nel 2024 il 10,61 % della superficie totale regionale. Nello stesso periodo 2006 – 2024 l'incremento di suolo consumato è pari a 85,67 Km^2.

Percentuale di costa adibita alla balneazione con acque in classe eccellente



Fonte: ARPA Campania

Nel 2024 la Campania presenta 480 Km di costa adibita alla balneazione di cui il 90% con acque in qualità eccellente. La tendenza evolutiva in termini di specifica attribuzione di classe rileva, dal 2013 al2024, un netto e costante miglioramento della qualità delle acque di balneazione con derivante incremento della percentuale dei chilometri di costa balneabile, con acque in classe eccellente, che va dal 77% del 2013 al 90% nel 2024.

Ringraziamenti (Contributori)
Si ringrazia: Piero Cau (ARPAC), Cristiano Gramegna (ARPAC), Adolfo Mottola (ARPAC), Emma Lionetti (ARPAC), Alberto Grosso (ARPAC), Gianluca Ragone (ARPAC).

Bibliografia

RSA ARPAC: https://rsa.arpacampania.it

PUGLIA
dati 2024

199,1
densità demografica
(N. abit./Km²)

3.890.661
popolazione residente
(N. abitanti)

16.242*
reddito medio pro capite
(Euro procapite)

51,2%
tasso di occupazione
(Percentuale)

1,5% Montagna; 45,2% Collina; 53,3% Pianura

superficie
per zona altimetrica
(Percentuale)

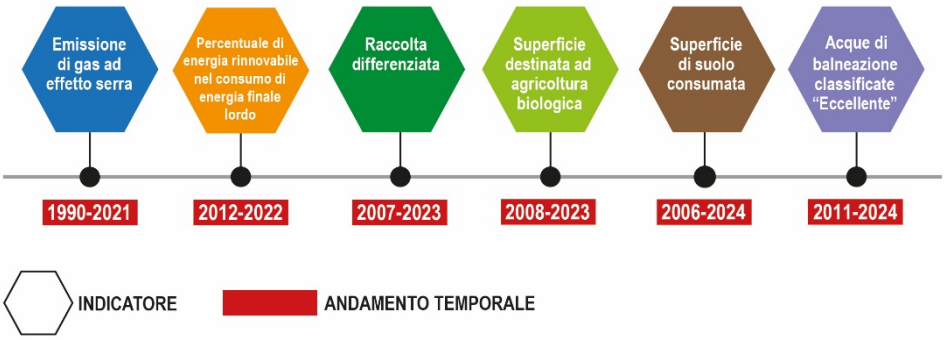
19.543
superficie territoriale
(Km²)

* dati 2022

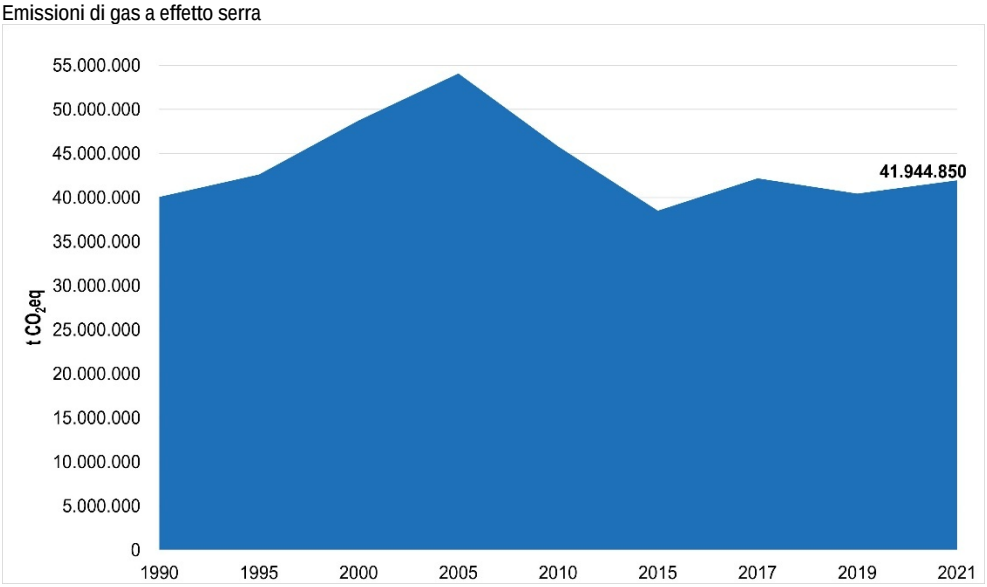
Autore: Erminia Sgaramella
ARPA Puglia

STATO DELL'AMBIENTE IN PILLOLE

Nel 2023, la qualità dell'aria in Puglia mostra un *trend* in lieve miglioramento per il particolato atmosferico, con concentrazioni medie di PM10 e PM2,5 generalmente inferiori rispetto agli anni precedenti. Per il PM10, il valore limite annuale (40 µg/m³) non è stato superato in nessuna stazione di monitoraggio, confermando una stabilizzazione delle concentrazioni su livelli contenuti. Il valore limite giornaliero (50 µg/m³), pur con differenze tra le aree urbane e rurali, è stato superato in alcune stazioni; tuttavia, al netto del contributo delle polveri naturali, il numero di superamenti è stato ovunque inferiore al limite normativo di 35 giorni. Per il PM2,5, il valore limite annuale di 25 µg/m³ è stato rispettato ovunque, con un valore massimo di 19 µg/m³ registrato a Torchiarolo-Don Minzoni. Le concentrazioni di PM2,5 si mantengono in linea con i livelli degli ultimi cinque anni, confermando un *trend* stabile o in lieve miglioramento. Nel 2024, il 99,8% delle acque pugliesi destinate alla balneazione (per un tratto complessivo di litorale pari a 838 km, circa l'84% dell'intera lunghezza della costa pugliese) sono risultate in classe di qualità "eccellente", la più alta prevista dal sistema di classificazione europeo. Riguardo ai corpi idrici superficiali interni e marini, nel triennio 2019-2021 lo stato chimico è risultato "buono" per il 44% dei corpi idrici, mentre lo stato ecologico "buono" è stato riscontrato nel 25% di essi. Il 57% dei corpi idrici pugliesi presenta inoltre una classificazione ecologica stabile nell'intero periodo di monitoraggio ai sensi della Direttiva Acque (2016-2021), percentuale questa che si riduce sensibilmente in riferimento alla stabilità dello stato chimico. Nel sessennio 2016-2021, il 10% dei corpi idrici sotterranei è in stato chimico "buono", corrispondente al 21% in termini di superficie. Tra i corpi idrici in stato "scarso" emergono situazioni riconducibili fenomeni di intrusione salina, oltre che a contaminazioni diffuse di tipo agricolo o zootecnico. Con riferimento alla raccolta differenziata, la percentuale dei comuni pugliesi che superano il *target* minimo è raddoppiata negli ultimi 6 anni, attestandosi al 59% del totale, mentre criticità si registrano ancora nei piccoli comuni, con popolazione residente inferiore ai 5.000 abitanti. La produzione regionale di energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili (FER), nel 2022, è pari a circa il 22% del totale, con un *trend* complessivamente in crescita (+ 7 punti percentuali). Nel 2024, la superficie di suolo consumato in Puglia risulta pari all'8,19% della superficie totale regionale, con lievissimo decremento dello 0,86% rispetto all'anno precedente.



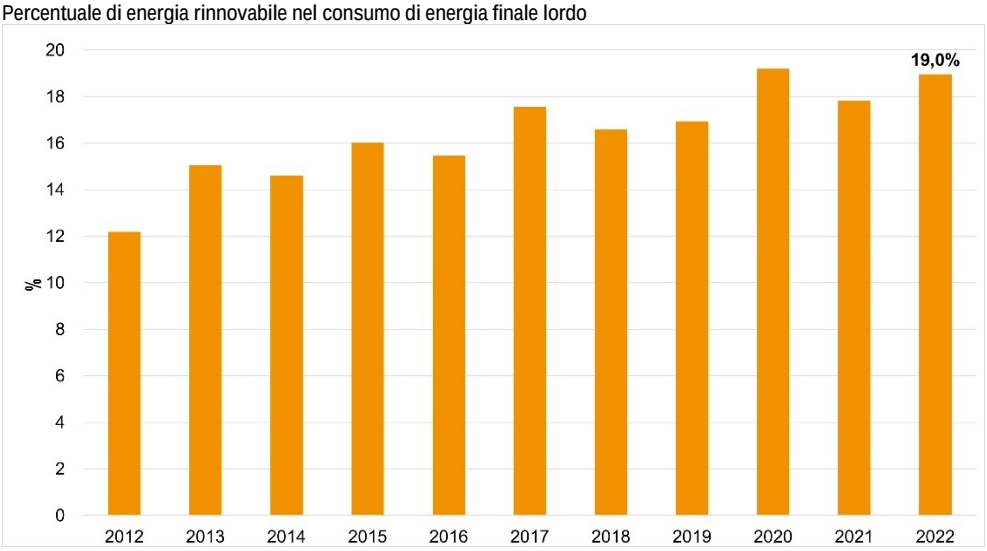
Emissioni di gas a effetto serra



Fonte: ISPRA

In Puglia, nel periodo 1990-2021 (+4,7%), le emissioni di gas ad effetto serra (espresse in tonnellate di CO_2 equivalente) presentano un andamento in crescita fino al 2005, in progressivo calo nel decennio seguente per assestarsi infine su valori più o meno costanti o in leggera crescita fino al 2021.

Percentuale di energia rinnovabile nel consumo di energia finale lordo

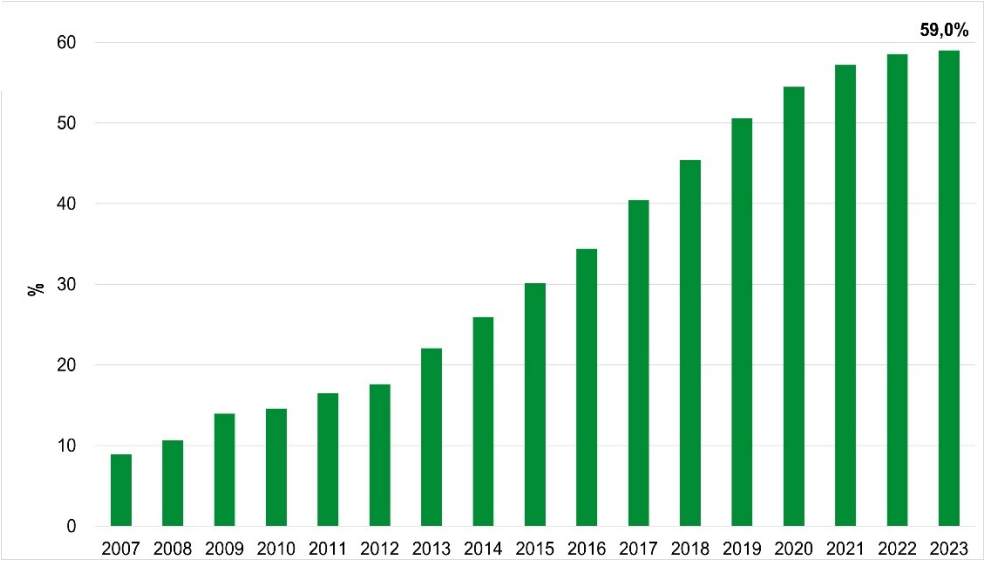


Nota: NB: per il periodo 2012-2020 viene applicata la metodologia di monitoraggio definita dalla direttiva 2009/28/CE (RED I); a partire dal 2021 viene invece applicata la metodologia definita dalla direttiva (UE) 2018/2001 (RED II).

Fonte: GSE

In Puglia, nel periodo 2012-2022 si registra una crescita dell'apporto complessivo da fonti rinnovabili al consumo finale di energia, seppur con alcune lievi oscillazioni; complessivamente si è passati dal valore registrato nel 2012, pari al 12%, al 19% nel 2022.

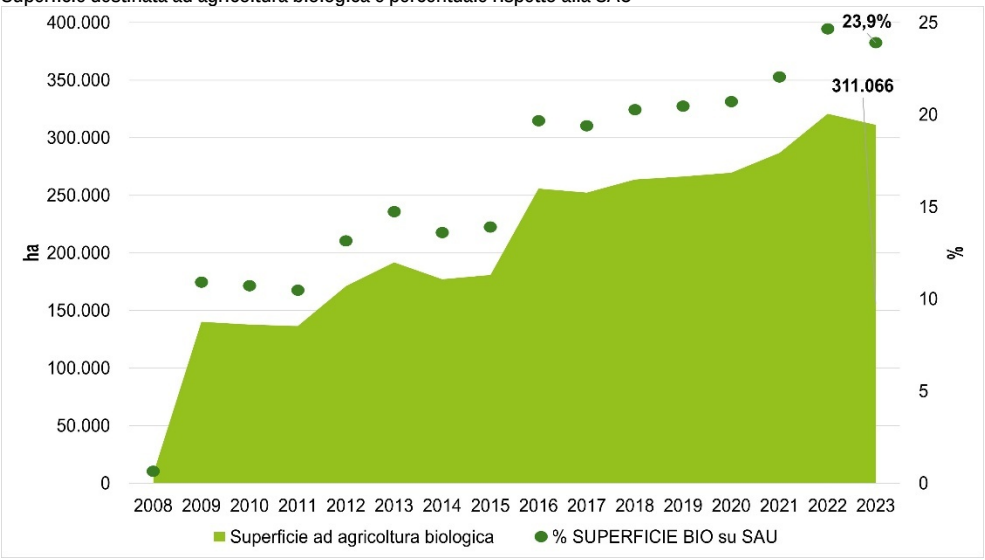
Raccolta differenziata



Fonte: ISPRA

La percentuale dei rifiuti raccolti in modo differenziato si attesta nel 2023, in Puglia, al 59%. Benchè il dato sia ancora inferiore al *target* fissato dalla normativa nazionale pari al 65%, si evidenzia un *trend* positivo in crescita.

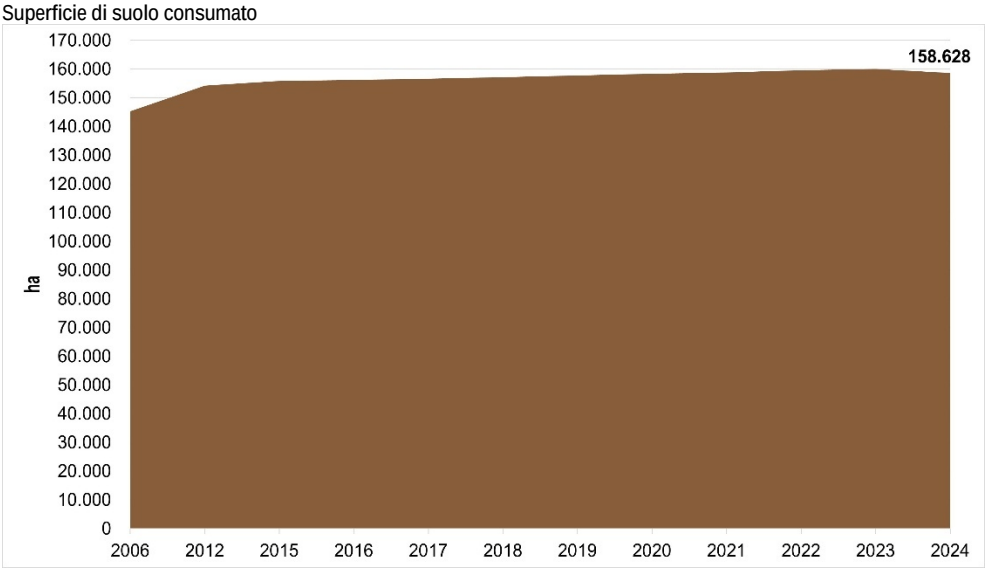
Superficie destinata ad agricoltura biologica e percentuale rispetto alla SAU



Fonte: Elaborazioni SNPA su dati SINAB e Istat

La superficie agricola destinata ad agricoltura biologicasi si attesta in Puglia nel 2023 al 23,9% della SAU; il dato, pur se in leggero calo rispetto all'anno precedente (-0,8%), è superiore al valore nazionale del 19,8%. In generale, a partire dal 2008 si è registrato un notevole incremento, a tratti repentino, della superficie ad agricoltura biologica, complessivamente più che duplicata rispetto al 2009.

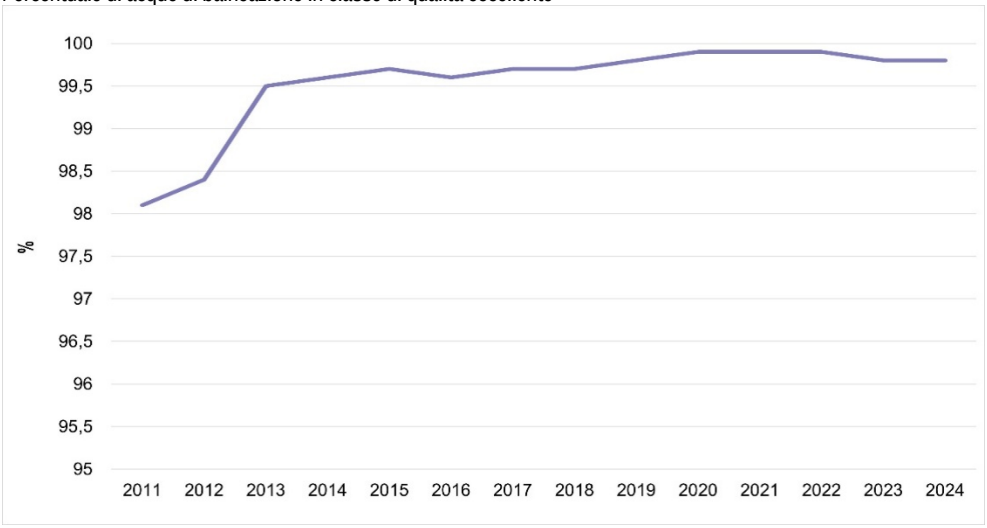
Superficie di suolo consumato



Fonte: SNPA

La superficie di suolo consumato in Puglia è complessivamente pari all'8,19% della superficie totale. Negli ultimi 13 anni sono stati consumati 43,9 km², ovvero lo 0,2% della superficie regionale, con una tendenza negli anni a un lieve ma costante aumento.

Percentuale di acque di balneazione in classe di qualità eccellente



Fonte: ARPA Puglia

Dei circa 995 km di costa marina pugliese, 838,4 km sono destinati alla balneazione, ripartiti in 616 "acque". Nel 2024, il 99,8% della costa pugliese è in classe di qualità "eccellente" e lo 0,2% in classe "buona". A partire dal 2011 si è osservato un progressivo miglioramento della qualità delle acque di balneazione, con un aumento della percentuale di acque in classe "eccellente" e la contestuale diminuzione nelle restanti classi.

Ringraziamenti (Contributori)
Si ringrazia Caterina Rotolo, Fabio Arturo D'Aprile, Mina Lacarbonara, Patrizia Lavarra, Alessandra Nocioni, Gerardo Pezzano, Claudia Marcella Placentino, Antonietta Porfido, Roberto Primerano, Nicola Ungaro.

Bibliografia

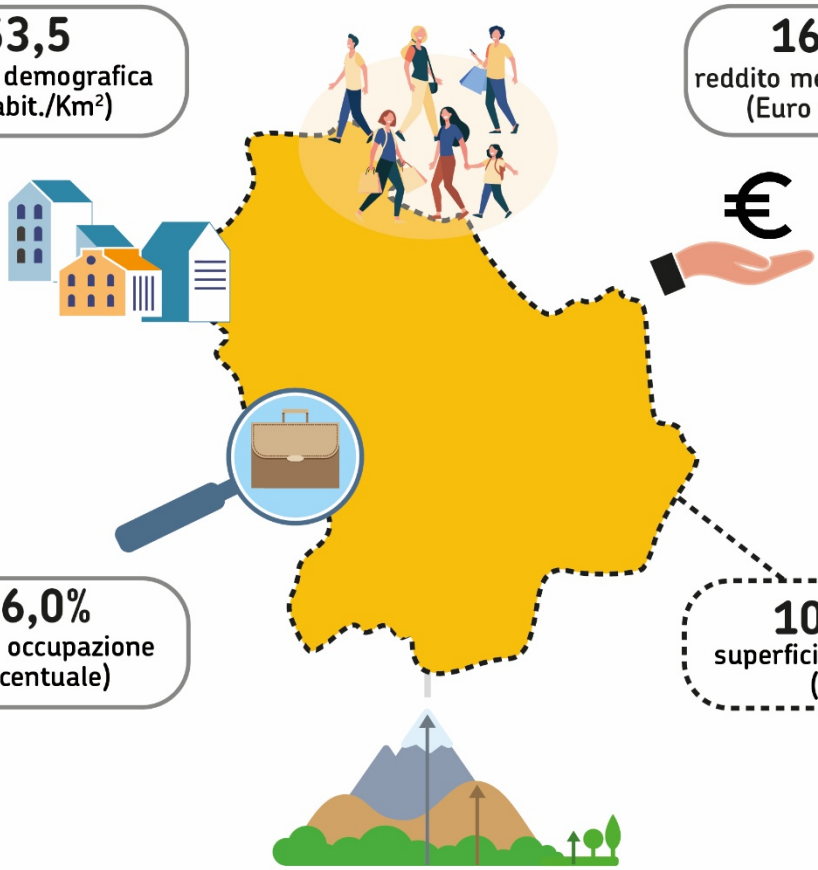
ARPA Puglia, Indicatori Ambientali, https://www.arpa.puglia.it/pagina2837_indicatori-ambientali.html.
ARPA Puglia - UOC Acqua e Suolo, A. F. D'Aprile, *La raccolta differenziata dei rifiuti solidi urbani nei comuni pugliesi Anni 2018/2023,* Report ARPA Puglia 12/2024_Acqua, 2024.

BASILICATA
dati 2024

533.233
popolazione residente
(N. abitanti)

53,5
densità demografica
(N. abit./Km²)

16.356*
reddito medio pro capite
(Euro procapite)



56,0%
tasso di occupazione
(Percentuale)

10.073
superficie territoriale
(Km²)

46,9% Montagna; **45,1%** Collina; **8,1%** Pianura

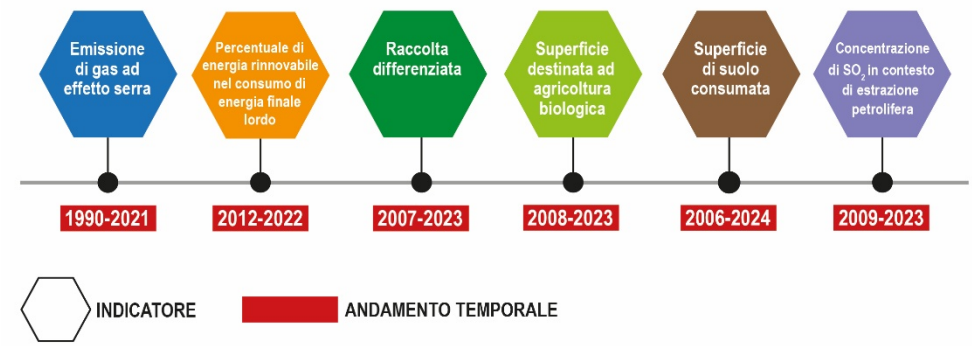
superficie
per zona altimetrica
(Percentuale)

* dati 2022

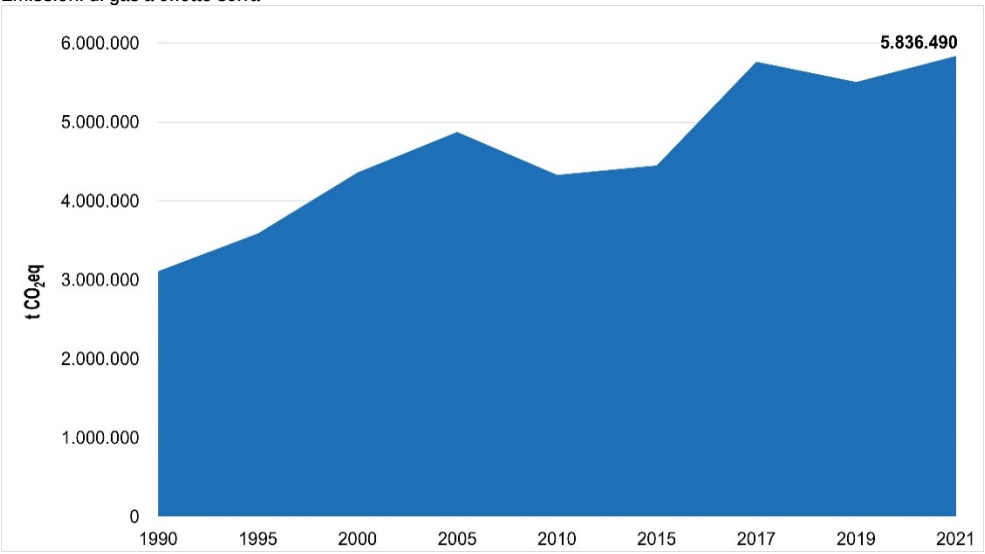
Autore: Adelchi Acampora
ARPAB Basilicata

STATO DELL'AMBIENTE IN PILLOLE

La qualità dell'aria in Basilicata conferma per il 2023, come per gli anni precedenti, livelli di concentrazione degli inquinanti quasi sempre inferiori ai limiti e superamenti massimi ammissibili (con poche eccezioni relative al numero di superamenti del Valore Obiettivo per l'Ozono). Anche nel contesto delle estrazioni petrolifere del COVA si conferma tale qualità, registrando tra l'altro, una marcata tendenza alla diminuizione, negli ultimi 15 anni, dei valori orari massimi annuali e della media oraria annuale dell'SO_2, tipico inquinante direttamente connesso alle attività estrattive.
Le quote di energie rinnovabili rispettano tutti gli obiettivi regionali previsti dal DM del 15/03/2012 del MISE, sfiorando nel 2023 il 44%, ad un passo dal 45% previsto per il 2030 a livello nazionale.
La tendenza della percentuale di raccolta differenziata dovrebbe agevolmente consentire il raggiungimento degli obiettivi nazionali per il 2030 (65%) attestandosi già nel 2023 al 64,9%.
La superficie destinata all'agricoltura biologica raggiunge già nel 2023 l'obiettivo del 25% della Superficie Agricola Utilizzata prevista per il 2027 dal "Piano Strategico della Politica Agricola Comune 2023-2027", attestandosi al 27,6%.
La percentuale di suolo consumato nel 2024 è pari a 3,21%, poco meno della metà della media nazionale, e anche gli incrementi rispetto agli anni precedenti sono in genere tra i più bassi in Italia.
Particolare attenzione è dedicata ai controlli e ai monitoraggi relativi alla presenza di amianto, sia di origine naturale sia antropica. Nel 2023 è stata rilevata la presenza di tremolite in meno di un terzo dei campionamenti di aerodispersi, mentre nei campionamenti su rifiuti e manufatti la presenza di fibre è stata riscontrata nell'87,5% dei casi.
Un altro tema di rilievo, anche in considerazione della presenza del sito nucleare ITREC, riguarda la radioattività ambientale. Tutti i campionamenti effettuati nel 2023 su diverse matrici, tra cui acqua e alimenti, non hanno evidenziato anomalie, risultando conformi ai limiti normativi presenti.



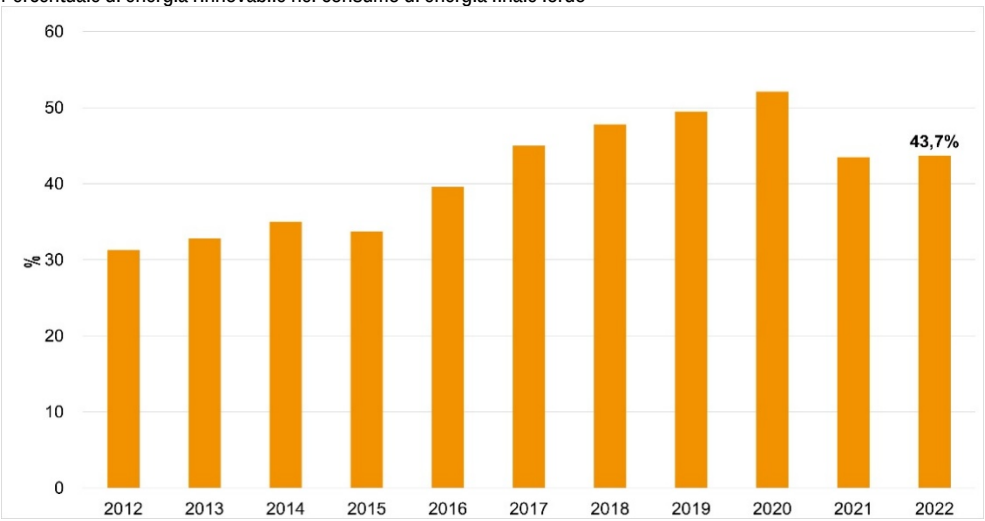
Emissioni di gas a effetto serra



Fonte: ISPRA

L'andamento, in Basilicata, delle emissioni di gas ad effetto serra, nel periodo 1990-2021 (espresso in tonnellate di CO_2 equivalente), risulta in forte crescita (+87,7%), con le eccezioni degli anni 2010 e 2015 - in calo rispetto alla rilevazione del 2005 - e del 2019 - in calo rispetto al 2017.

Percentuale di energia rinnovabile nel consumo di energia finale lordo

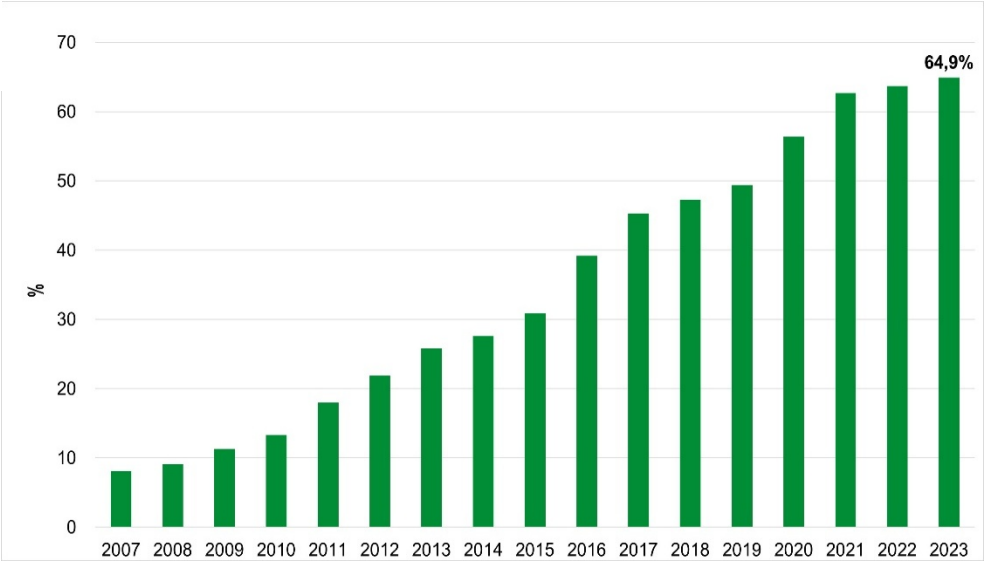


Nota: NB: per il periodo 2012-2020 viene applicata la metodologia di monitoraggio definita dalla direttiva 2009/28/CE (RED I); a partire dal 2021 viene invece applicata la metodologia definita dalla direttiva (UE) 2018/2001 (RED II).

Fonte: GSE

L'andamento della percentuale dei consumi energetici da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia in Basilicata presenta una tendenza sempre in crescita nel periodo 2012-2020, con l'eccezione dell'anno 2015, fino a raggiungere il 52% nel 2020; da registrare un calo nel 2021 e 2022 che tuttavia può essere influenzato dalla applicazione di una diversa metodologia di monitoraggio.

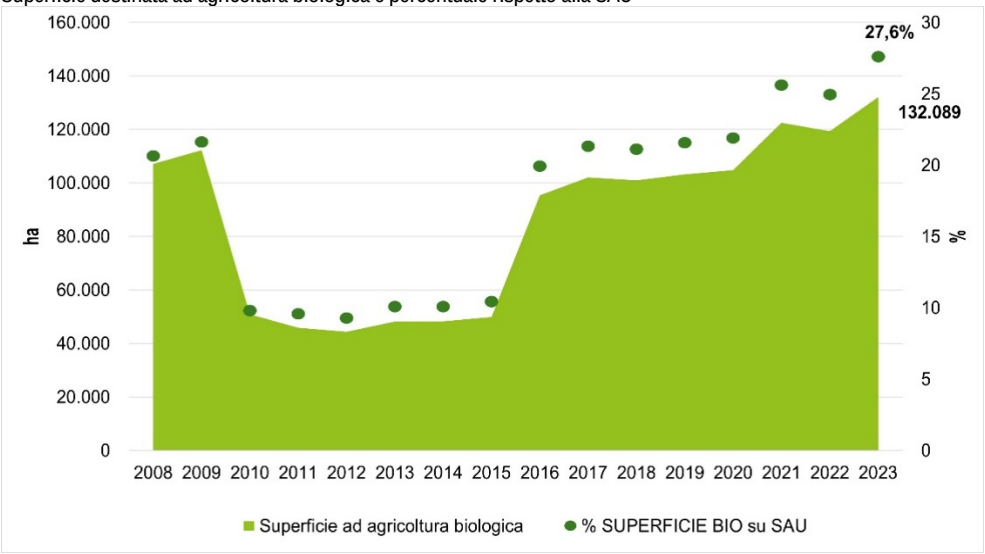
Raccolta differenziata



Fonte: ISPRA

La percentuale di raccolta differenziata in Basilicata ha pressocchè raggiunto l'obiettivo del 65% previsto dalla normativa nazionale entro il 2030. I ritmi di crescita registrati fino al 2021 avrebbero consentito di superare abbondantemente tale obiettivo, ma negli anni 2022 e 2023 l'incremento è stato più contenuto.

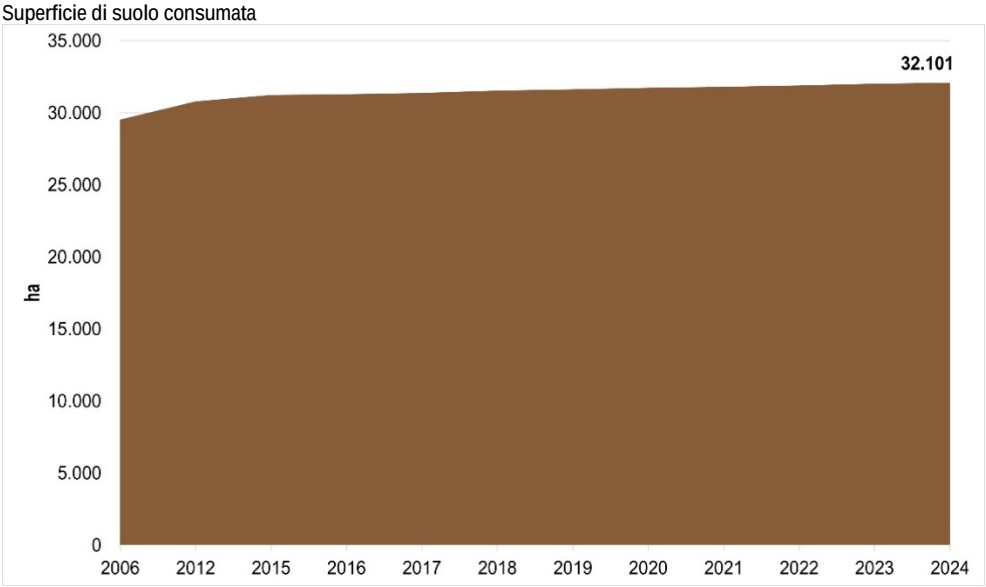
Superficie destinata ad agricoltura biologica e percentuale rispetto alla SAU



Fonte: Elaborazioni SNPA su dati SINAB e Istat

La superficie destinata ad agricoltura biologica in Basilicata risulta alquanto disomogenea; tuttavia, dopo un periodo alquanto stabile (2010-2015) ha registrato un forte incremento dal 2016, mantenendo una crescita costante fino al 2023, dove raggiunge il 27,6% della SAU, oltre la quota nazionale (19,8%).

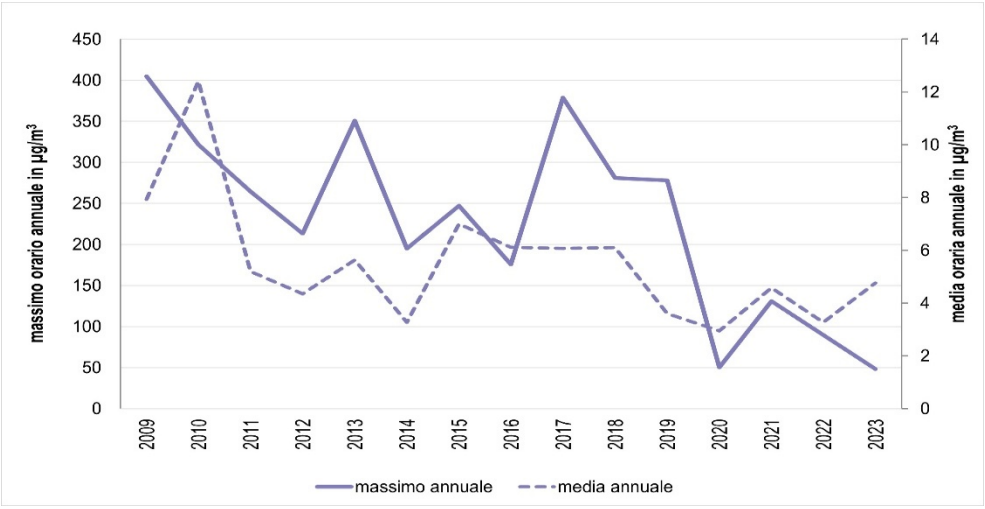
Superficie di suolo consumata



Fonte: SNPA

La superficie di suolo consumato in Basilicata è pari al 3,21% della superficie totale, corrispondente a 321 km^2. L'andamento del consumo di suolo nel tempo, se pur con incrementi minimi, è sempre in crescita.

Concetntrazioni di SO_2 nel contesto di estrazione petrolifera del Centro Olio Val d'Agri – centralina di Viggiano zona industriale



Fonte: ARPA Basilicata

L'andamento delle concentrazioni di biossido di zolfo nel contesto di estrazione petrolifera del Centro Olio Val d'Agri – centralina di Viggiano zona industriale –, se pur altalenante, mostra nel periodo 2009-2023 una considerevole diminuizione sia nei valori orari massimi annuali, sia nella media oraria annuale.

Ringraziamenti

Si ringraziano, per il contributo fornito, Carola Biscione - dirigente Ufficio Radioattività e Amianto - e Mariella Divietri - dirigente Ufficio Aria Controlli e Verifica Emissioni, Valutazione Qualità dell'Aria.

Bibliografia

ARPAB, 2024. L'Ambiente in Basilicata – Annuario dei dati ambientali 2023 – Parte 1. Stato dell'ambiente N.1-2024.
https://www.arpab.it/arpab/wp-content/uploads/2024/07/annuario_2023_parte1.pdf
ARPAB, 2024. L'Ambiente in Basilicata – Annuario dei dati ambientali 2023 – Parte 2. Stato dell'ambiente N.2-2024.
https://www.arpab.it/arpab/wp-content/uploads/2024/07/annuario_2023_parte2.pdf
Commissione Europea, 2023. Relazione della Commissione al Parlamento Europeo e al Consiglio COM(2023) 707. Sintesi dei piani strategici della PAC per il periodo 2023-2027: uno sforzo congiunto e un'ambizione collettiva.
Commissione Europra, 2024. Piano Strategico Nazionale PAC. Decisione C(2024)8662. https://www.reterurale.it/downloads/sfc2021-2023IT06AFSP001_4.1_202501291155_16130673482812078073.pdf
ISPRA, 2024. Rapporto Rifiuti Urbani Edizione 2024. Rapporti 406/2024.

CALABRIA
dati 2024

1.838.568
popolazione residente
(N. abitanti)

120,8
densità demografica
(N. abit./Km²)

16.190*
reddito medio pro capite
(Euro procapite)

44,8%
tasso di occupazione
(Percentuale)

15.222
superficie territoriale
(Km²)

40,0% Montagna; **35,0%** Collina; **25,0%** Pianura

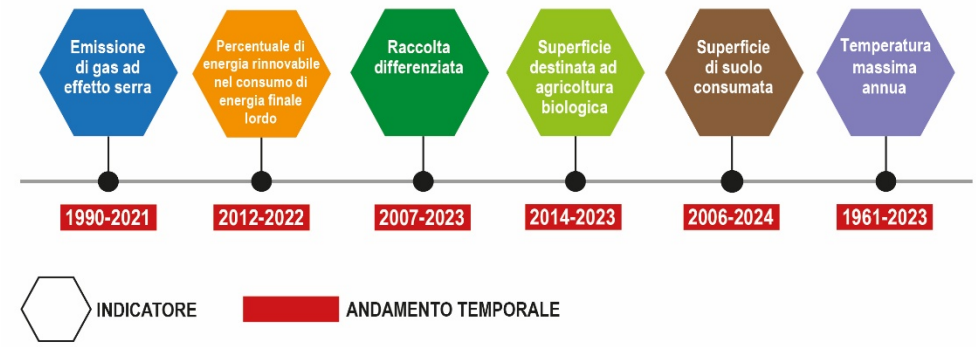
superficie
per zona altimetrica
(Percentuale)

* dati 2022

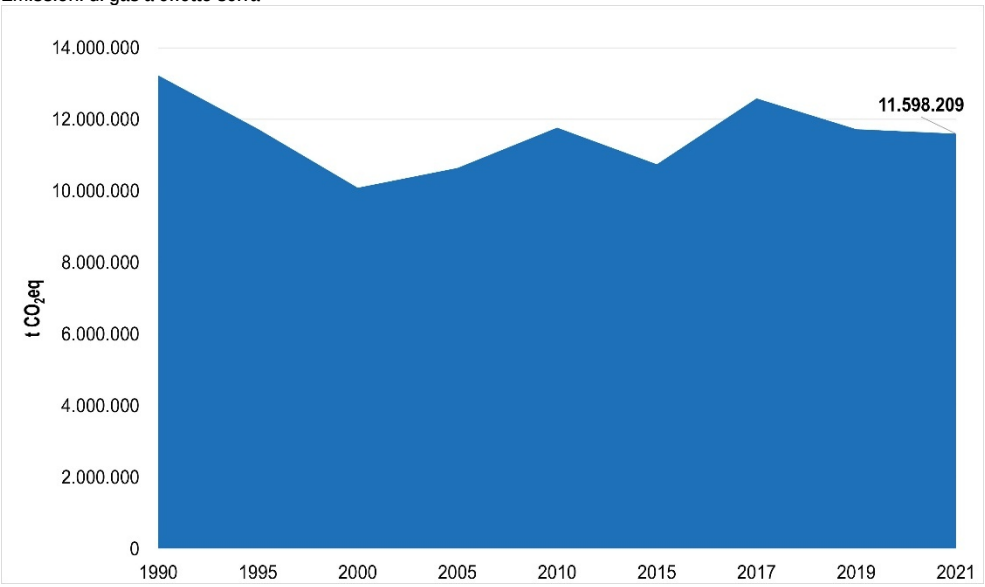
Autori: Teresa Benincasa, Pasquale Crea.
ARPA Calabria

STATO DELL'AMBIENTE IN PILLOLE

Nel 2023, la qualità dell'aria in Calabria continua a registrare livelli di concentrazione degli inquinanti al di sotto dei limiti previsti, con eccezione dei superamenti sulle medie mobili per l'Ozono dovuti a fattori naturali e non antropici. Rispetto all'anno 1990, la stima delle emissioni di CO_2 rileva un andamento in diminuzione costante nell'ultimo decennio, registrando la stima inferiore nel 2017.
Per quanto riguarda le energie rinnovabili, la Calabria ha raggiunto nel 2020 una quota prossima al 43%. L'ultimo anno di riferimento, il 2022, ha registrato una lieve flessione di tale percentuale attestandosi al 37,1%. Tuttavia, il *trend* fa ritenere ampiamente raggiungibile l'obiettivo del 45% fissato per il 2030 dal DM del 15 marzo 2012 del MISE.
La raccolta differenziata in Calabria ha avuto un andamento in forte crescita tra il 2014 e il 2020, raggiungendo il 55% nell'ultimo anno di monitoraggio disponibile. La percentuale di raccolta differenziata, sebbene gradualmente, è proiettata verso il raggiungimento degli obiettivi nazionali previsti per il 2030 (65%).
Per quanto riguarda l'agricoltura biologica, la Calabria al 2023 vanta una superficie agricola di circa 195.000 ettari dedicata al biologico che corrisponde, in termini percentuali, a un valore superiore al 36% in rapporto al suolo complessivo utilizzato in agricoltura, superando il traguardo del 25% fissato dal "Piano Strategico della Politica Agricola Comune 2023-2027" per il 2027.
Nel 2024, la percentuale di suolo consumato in Calabria è stata del 5,10%, inferiore rispetto alla media nazionale che si attesta al 7,17%. Se si osserva l'intera serie storica disponibile si registra una crescita del consumo del suolo con un valore medio netto che è pari a 120 ettari/anno.
L'andamento della temperatura massima negli ultimi 30 anni, in Calabria, evidenzia un *trend* in crescita, più marcato nell'ultimo quinquennio. Per ogni anno di analisi e per ciascuna stazione, sono stati considerati i valori delle temperature massime assolute ragguagliati alla quota media regionale.



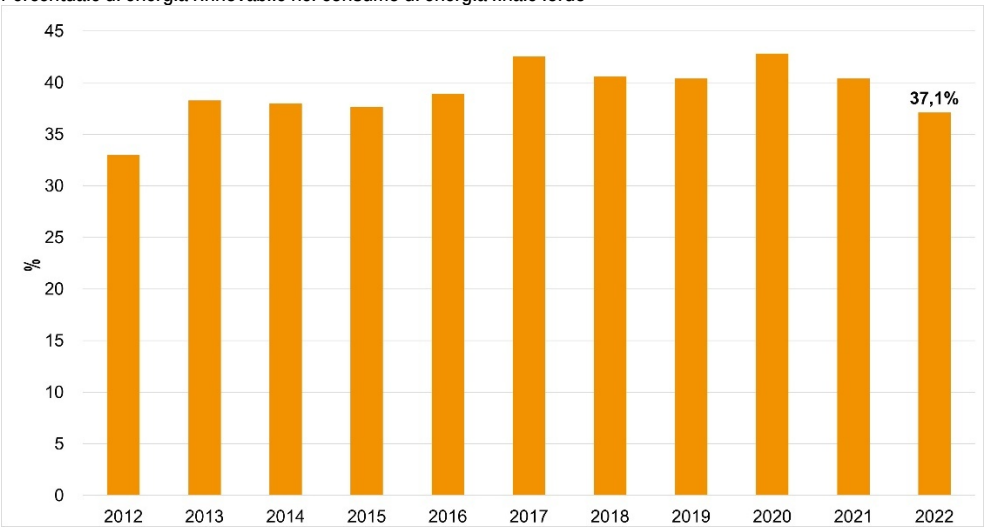
Emissioni di gas a effetto serra



Fonte: ISPRA

L'andamento, in Calabria, delle emissioni di gas ad effetto serra, nel periodo 1990-2021 (espresso in tonnellate di CO_2 equivalente), riscontra una generale diminuzione (-12,3%), con una leggera flessione nell'ultimo decennio.

Percentuale di energia rinnovabile nel consumo di energia finale lordo

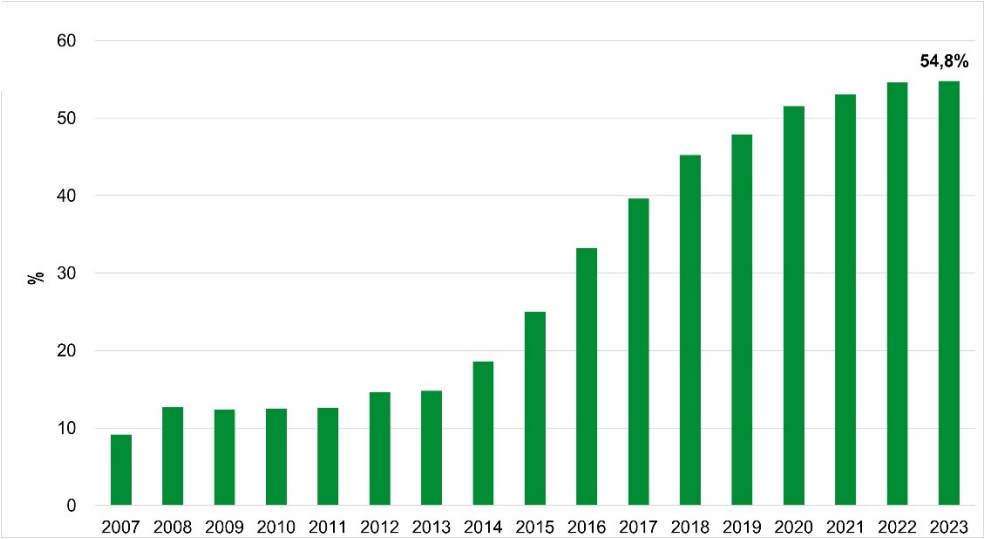


Nota: NB: per il periodo 2012-2020 viene applicata la metodologia di monitoraggio definita dalla direttiva 2009/28/CE (RED I); a partire dal 2021 viene invece applicata la metodologia definita dalla direttiva (UE) 2018/2001 (RED II).

Fonte: GSE

L'andamento della percentuale dei consumi energetici da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia in Calabria presenta una graduale crescita nel periodo 2012-2017, con un plateau registrato nel periodo 2017-2020, con il raggiungimento del 43% nel 2020; il calo registrato nel 2021 e 2022 potrebbe essere influenzato dalla applicazione di una diversa metodologia di monitoraggio.

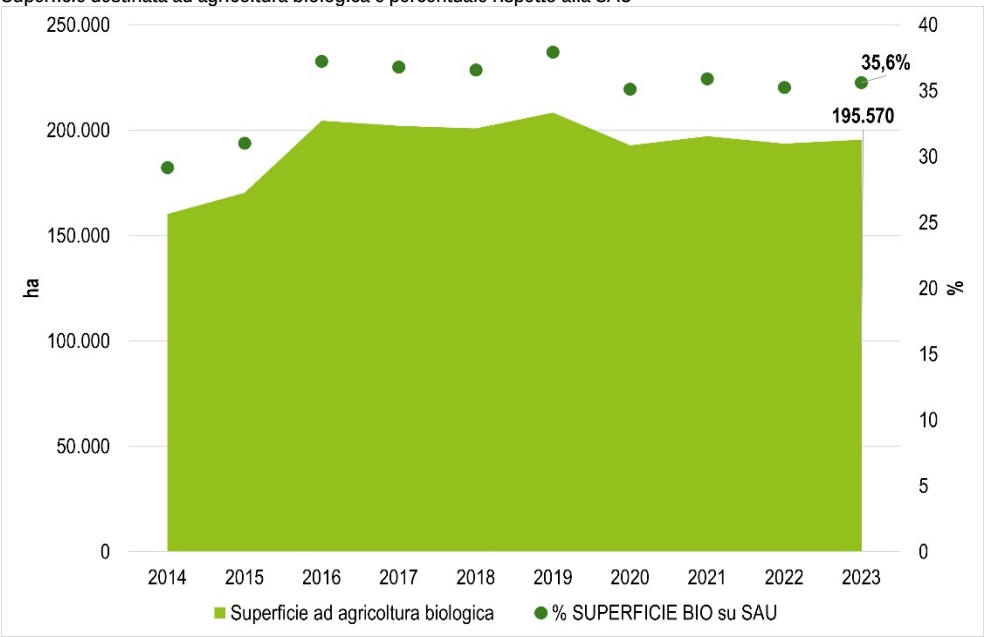
Raccolta differenziata



Fonte: ISPRA

La percentuale di raccolta differenziata in Calabria ha raggiunto il valore del 55% a seguito di un incremento percentuale nel tempo.

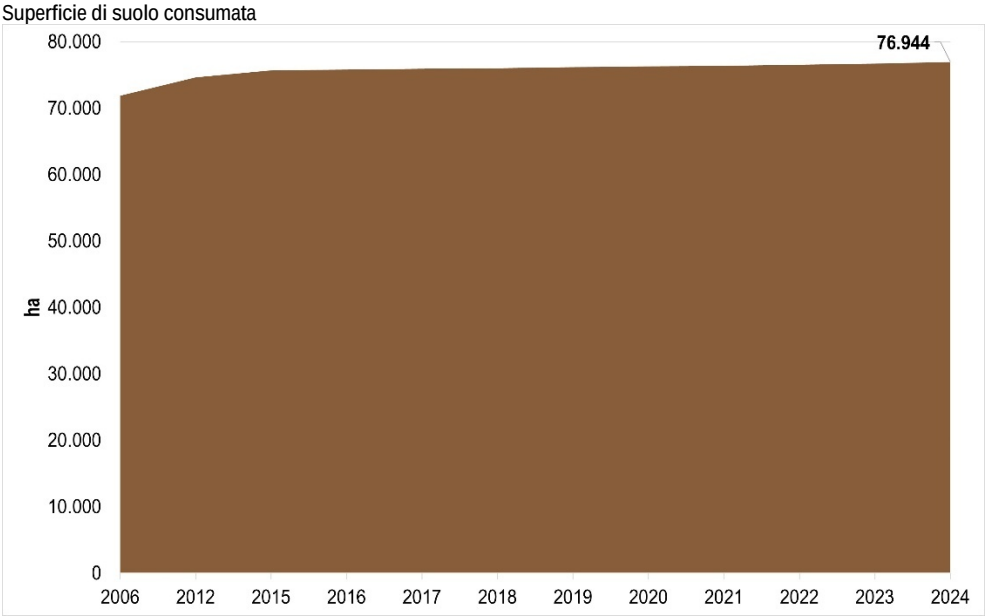
Superficie destinata ad agricoltura biologica e percentuale rispetto alla SAU



Fonte: Elaborazioni SNPA su dati SINAB e Istat

La superficie destinata ad agricoltura biologica in Calabria dal 2014 ha registrato un forte incremento fino al 2016, mantenendo successivamente un valore pressoché costante fino al 2023, dove si registra il 35,6% della SAU, abbondantemente al di sopra della quota nazionale (19,8%).

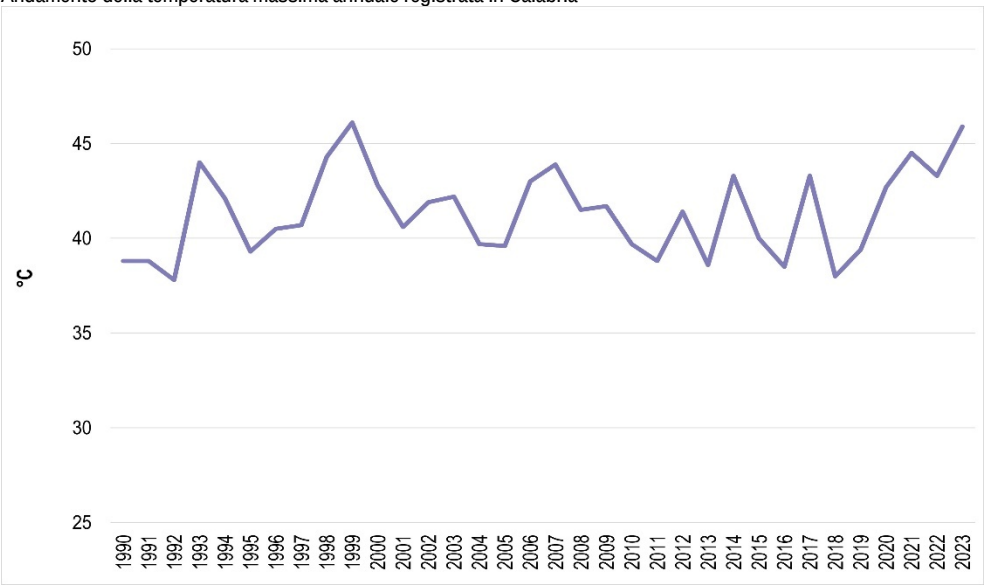
Superficie di suolo consumata



Fonte: SNPA

La superficie di suolo consumato in Calabria nel 2024 è pari al 5,10% della superficie totale, corrispondente a 2.640 km^2. L'andamento del consumo di suolo nel tempo registra incrementi minimi.

Andamento della temperatura massima annuale registrata in Calabria



Fonte: ARPACAL- Centro Regionale Funzionale Multirischi

L'andamento della temperatura massima annuale registrata in Calabria risulta globalmente in costante crescita, a partire dagli anni '90 con un andamento più marcato nell'ultimo quinquennio.

Ringraziamenti

Si ringrazia, Gaetano Vigliatore, dirigente del Servizio Bilancio, Loredana Marsico e Roberta Rotundo del Centro Regionale Multirischi di ARPAcal, Fabrizio Trapuzzano del Catasto Rifiuti e Luigi Dattola del Dipartimento Provinciale di Cosenza.

Bibliografia

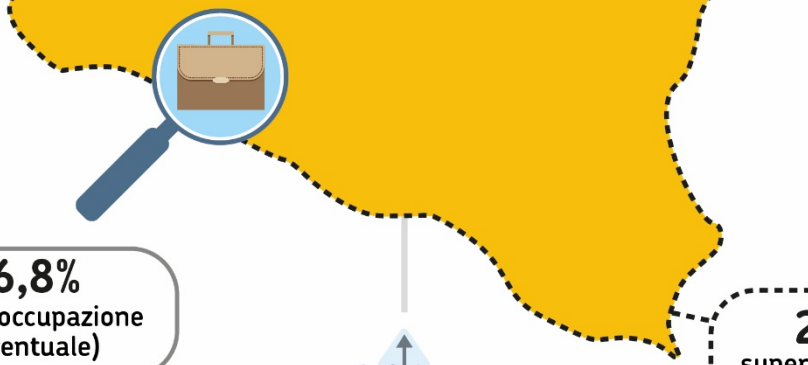
ARPACAL (2022) – Annuario dei dati ambientali
Disponibile online: https://www.arpacal.it/index.php/temi-ambientali/annuario-dei-dati-ambientali-2022
ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Dati sulle emissioni di gas serra e raccolta differenziata, consultabili sul portale indicatori ambientali: https://indicatoriambientali.isprambiente.it
GSE (Gestore Servizi Energetici) – Rapporti statistici su rinnovabili e consumi finali lordi di energia
Fonte ufficiale per il monitoraggio RED I e RED II
SNPA – Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente
Elaborazioni su dati ISPRA, SINAB, Istat per indicatori ambientali e uso del suolo
SINAB (Sistema di Informazione Nazionale sull'Agricoltura Biologica) – Dati sull'estensione dell'agricoltura biologica per regione
https://www.sinab.it
MISE – Ministero dello Sviluppo Economico (ora MIMIT)
Decreto Ministeriale 15 marzo 2012 – Obiettivi di rinnovabili al 2030
ARPACAL – Centro Regionale Multirischi
Dati meteorologici e sull'andamento della temperatura massima

SICILIA
dati 2024

4.797.359
popolazione residente
(N. abitanti)

15.830*
reddito medio pro capite
(Euro procapite)

185,7
densità demografica
(N. abit./Km²)



46,8%
tasso di occupazione
(Percentuale)

25.835
superficie territoriale
(Km²)

24,5% Montagna; **61,4%** Collina; **14,2%** Pianura

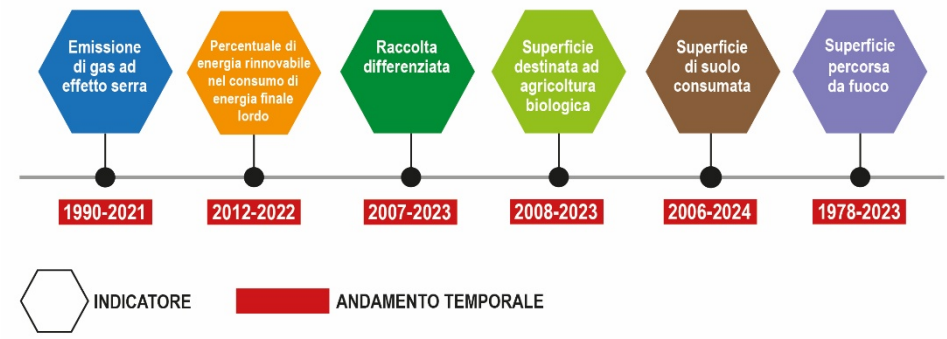
superficie
per zona altimetrica
(Percentuale)

* dati 2022

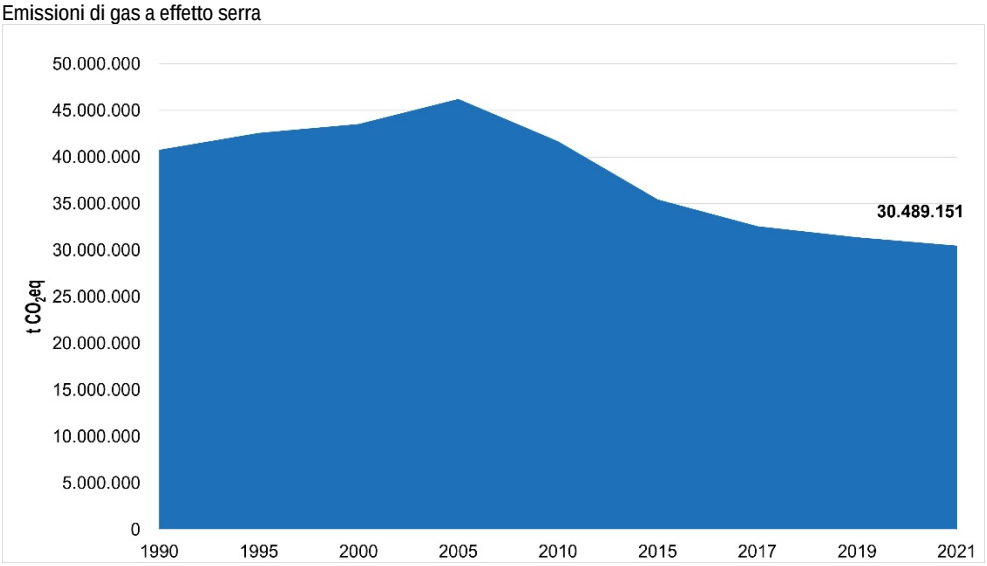
Autori: Marilù Armato, Giuseppe Cuffari, Rosa Nucera
ARPA Sicilia

STATO DELL'AMBIENTE IN PILLOLE

Nel 2024 la qualità dell'aria in Sicilia, secondo ARPA Sicilia, mostra una sostanziale stabilità per NO_2 e O_3, ma persistono criticità in alcune aree. Il limite annuo del NO_2 è stato superato in due stazioni, a Catania e Palermo. L'ozono ha superato il valore obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (120 µg/m³) in 12 su 24 stazioni; in particolare, Il valore obiettivo (n.25), come media del numero di superamenti per il triennio 2022-2024, è stato superato in 2 stazioni: Enna (n.37) e Melilli (n.34).
Per il PM10 si è registrato un peggioramento: nella stazione PA-Boccadifalco è stato superato il limite medio annuo (41 µg/m³) e in due stazioni -PA-Boccadifalco e CT-Viale Vittorio Veneto- sono stati superati i limiti di superamenti giornalieri. Nessuna stazione ha superato i limiti per il PM2.5. Tuttavia, i valori rilevati restano superiori ai futuri limiti UE (Direttiva 2024/2881) e alle linee guida OMS.Nel 2023, Lo stato ecologico delle acque siciliane è stato "Buono" nel 46%, "Sufficiente" nel 38% e "Scarso" nel 15%. Lo stato chimico risulta "Buono" solo nel 38% dei corpi idrici. Per le acque sotterranee, il 62% delle stazioni ha mostrato uno stato chimico scarso.
La raccolta differenziata ha raggiunto il 55,2%, in aumento segnando un miglioramento significativo ma ancora sotto l'obiettivo nazionale del 65%. Le emissioni di gas serra, dopo un picco nel 2005, sono diminuite nel 2021 fino a 30,5 milioni di tonnellate di CO_2 eq.
Nel settore energetico, la Sicilia si distingue per elevato potenziale nelle fonti energetiche rinnovabili. Nel 2022, la produzione regionale di energia elettrica da fonti rinnovabili (FER) ha rappresentato circa il 14,1% del totale, segnando un incremento rispetto agli anni precedenti. Un *trend* positivo che conferma le possibilità di sviluppo sostenibile dell'isola e l'importanza strategica delle sue risorse naturali.
Sul fronte del consumo di suolo, tra 2023 e 2024 la Sicilia ha consumato 773 ettari, salendo rispetto ai 482 ettari dell'anno prima, portando il dato della percentuale di superficie consumata sul totale al 6,56%.
Infine, la Sicilia è stata nel 2023 la regione italiana più colpita dagli incendi 57.533 ettari totali, di cui 10.080 ettari di bosco. Il 64% della superficie forestale bruciata in Italia si trova in Sicilia.



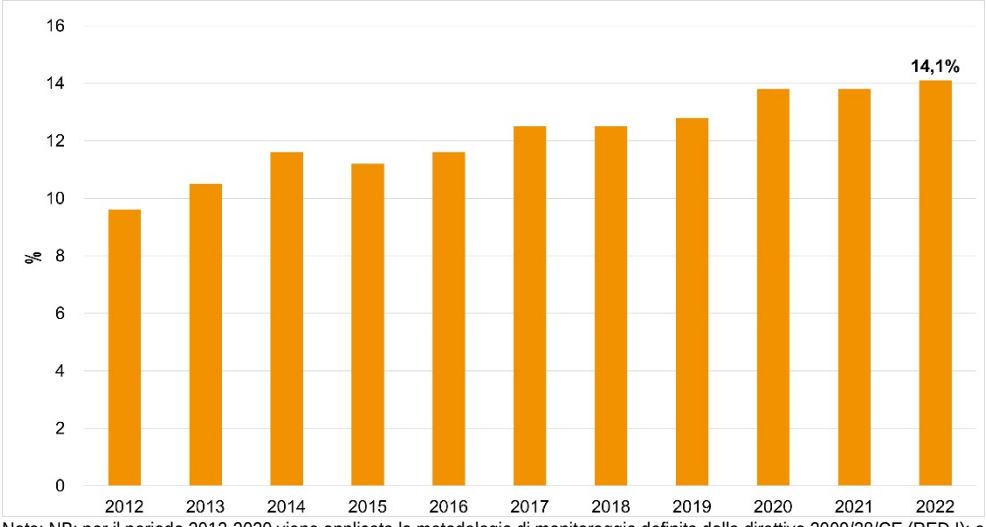
Emissioni di gas a effetto serra



Fonte: ISPRA

L'andamento, in Sicilia, delle emissioni di gas ad effetto serra, nel periodo 1990-2023 (espresso in tonnellate di CO_2 equivalente), dopo una fase di crescita fino al 2005, presenta valori in diminuzione fino al 2021, con un decremento nell'intero periodo pari al -25,2%.

Percentuale di energia rinnovabile nel consumo di energia finale lordo

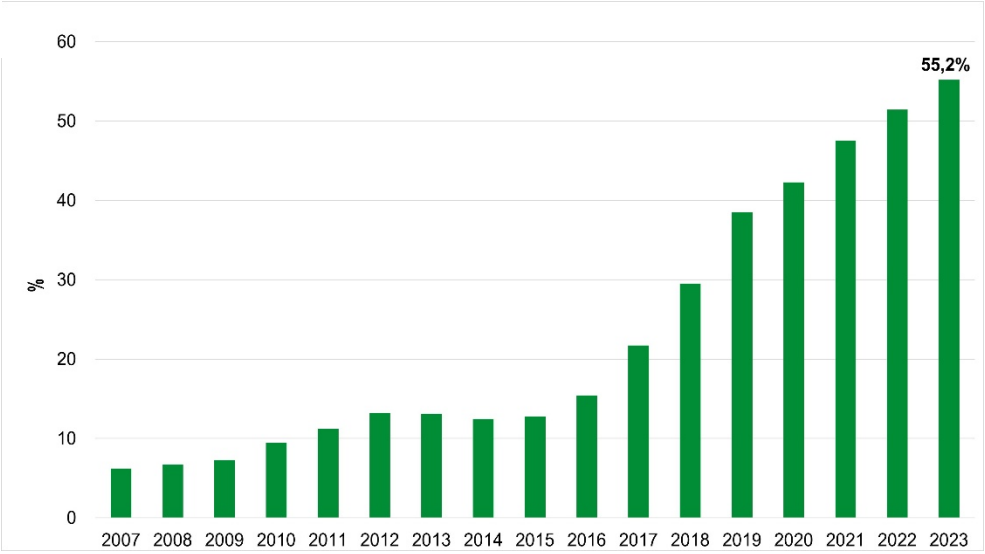


Nota: NB: per il periodo 2012-2020 viene applicata la metodologia di monitoraggio definita dalla direttiva 2009/28/CE (RED I); a partire dal 2021 viene invece applicata la metodologia definita dalla direttiva (UE) 2018/2001 (RED II).

Fonte: GSE

L'andamento della percentuale dei consumi energetici da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia, in Sicilia, presenta un andamento che, seppure leggermente altalenante, risulta tendenzialmente in crescita nel periodo 2012-2020; stabile nel 2021 a cui segue una nuova risalita nel 2022, attestandosi all'14,1%.

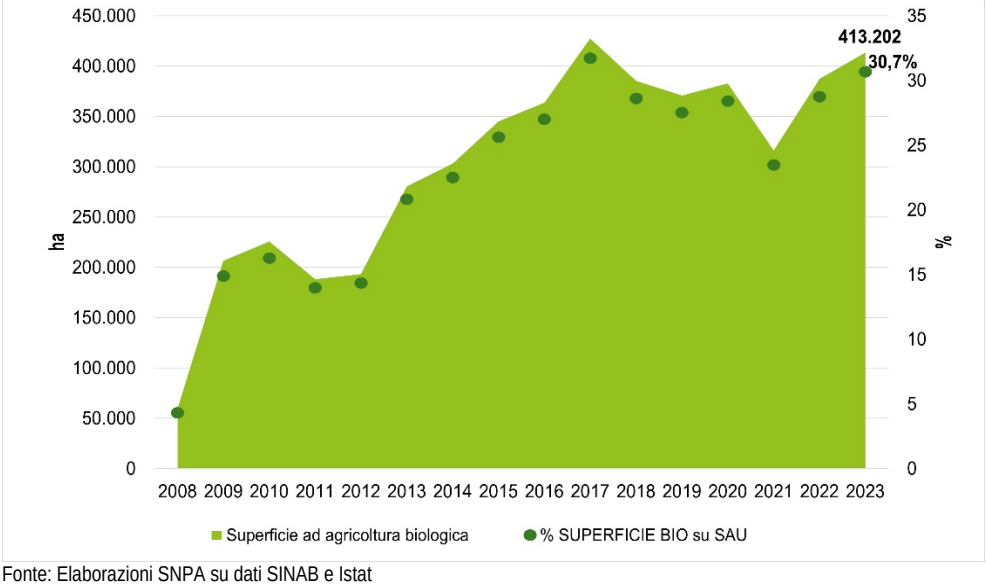
Raccolta differenziata



Fonte: ISPRA

La percentuale dei rifiuti raccolti in modo differenziato, rispetto alla produzione totale dei rifiuti urbani (56,2% nel 2023), è in costante aumento in Sicilia soprattutto dal 2016; ma l'obiettivo del 65%, previsto dalla normativa nazionale, non è ancora stato raggiunto.

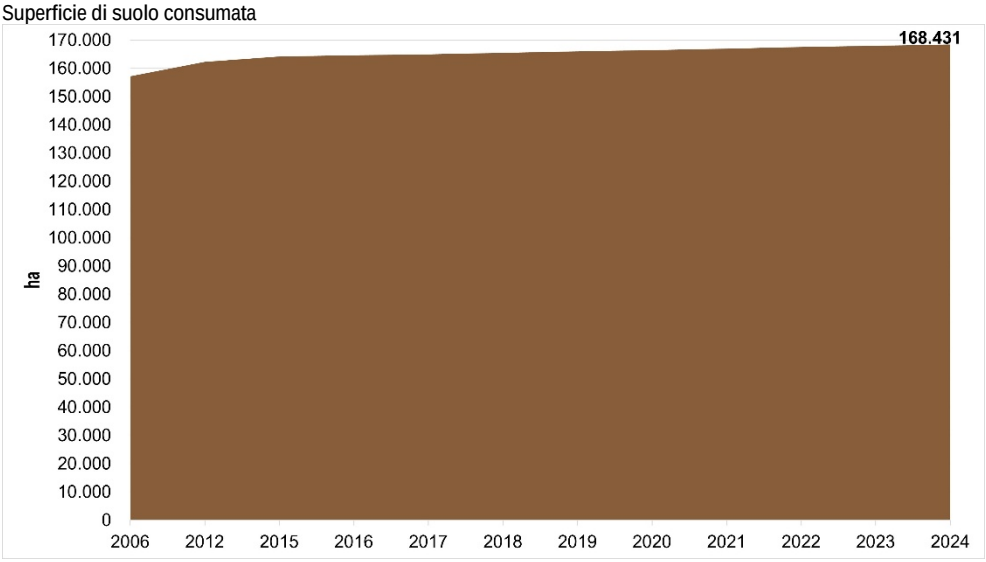
Superficie destinata ad agricoltura biologica e percentuale rispetto alla SAU



Fonte: Elaborazioni SNPA su dati SINAB e Istat

L'andamento della superficie agricola destinata ad agricoltura biologica, in Sicilia continua a crescere e raggiunge nel 2023 quasi 413.201 ettari (+6,7% rispetto a 2022). Considerando i 1.347.098 complessivi della superficie agricola utilizzata (SAU) la superifice agricola destinata al biologico è pari al 30,7% della SAU, ben oltre il dato nazionale (19,8%).

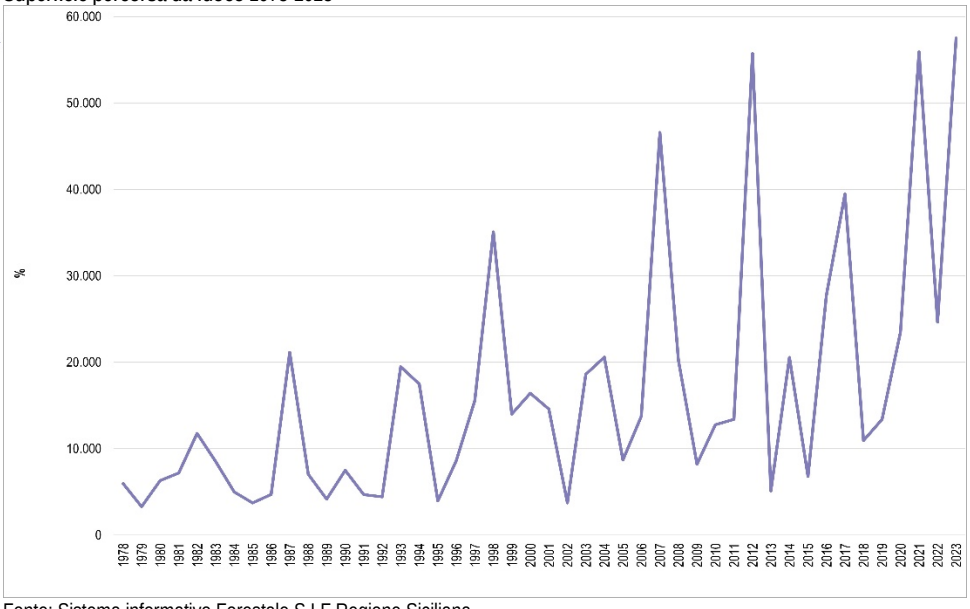
Superficie di suolo consumata



Fonte: SNPA

La superficie di suolo consumato in Sicilia, nel 2024, è pari all'6,56% della superficie totale, corrispondente a 168.431 ha. L'andamento del consumo di suolo, negli ultimi 10 anni, presenta un andamento in costante, leggera, crescita.

Superficie percorsa da fuoco 1978-2023



Fonte: Sistema informativo Forestale S.I.F Regione Siciliana

Nel periodo 1978-2023 la superfice percorsa da fuoco è aumentata del 90%. La Sicilia, oltre a essere la regione italiana con la superfice maggiormente interessata dagli incendi risulta anche la regione con la più alta superficie boschiva colpita da incendio.

Bibliografia

ARPA SICILIA, Annuario dei dati Ambientali vari anni
ARPA SICILIA, 2024 Breve sintesi dei dati di qualità dell'aria in Sicilia: NO_2, PM10, PM2.5, O_3.
ARPA SICILIA, 2024 Documento di sintesi sullo stato qualitativo delle acque sotterranee della Sicilia 2023
ARPA SICILIA, 2024 Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella Regione Siciliana 2023
ARPA SICILIA, 2023 Monitoraggio e valutazione dello stato ecologico e chimico delle acque di transizione del Distretto Idrografico della Sicilia ai sensi della Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE e del D.Lgs 152/2006 e ss.mm.ii 2023

SARDEGNA
dati 2024

1.570.453
popolazione residente
(N. abitanti)

65,1
densità demografica
(N. abit./Km²)

17.960*
reddito medio pro capite
(Euro procapite)

24.108
superficie territoriale
(Km²)

57,7%
tasso di occupazione
(Percentuale)

13,6% Montagna; **67,9%** Collina; **18,5%** Pianura

superficie
per zona altimetrica
(Percentuale)

* dati 2022

Autore: Sergio Pilurzu
ARPA Sardegna

STATO DELL'AMBIENTE IN PILLOLE

Il clima della Sardegna nel 2023 vede la conferma della crescita delle anomalie rispetto alle medie del periodo di riferimento (1995-2014) evidenziata negli ultimi anni. Le temperature massime sono state superiori alle corrispondenti medie climatiche per ben 10 mesi e le minime per 9 mesi; le precipitazioni corrispondono al 90% delle medie climatiche, con valori inferiori nella parte costiera orientale e meridionale dell'Isola.

La qualità dell'aria, che non può essere rappresentata da valori indicativi del'intera regione ma più propriamente per zone omogenee, non ha comunque registrato nel 2023 dati eccedenti i limiti di legge e con concentrazioni di inquinanti spesso inferiori al 2022.

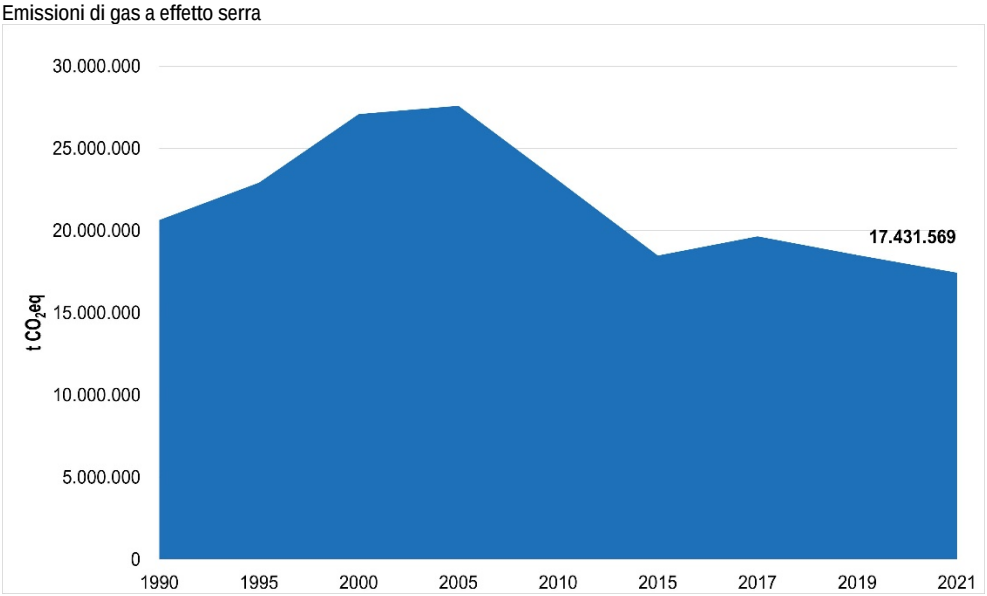
Il monitoraggio dei corpi idrici evidenzia che oltre l'80% dei corsi d'acqua raggiunge lo stato chimico "buono" e circa il 45% lo stato ecologico "buono", mentre per quanto riguarda le acque sotterranee, lo stato complessivo "Buono" è raggiunto dal 70% dei corpi idrici. Le acque marino-costiere evidenziato tutte uno stato ecologico "buono" o "elevato", mentre lo stato chimico è talora "non buono" (circa il 10% dei corpi idrici), principalmente a causa della presenza di metalli nei sedimenti delle aree costiere del Sulcis, interessate dalla importante presenza delle storiche attività minerarie.

Queste ultime costituiscono una delle maggiori pressioni ambientali della Sardegna che, a causa delle enormi dimensioni del problema e delle particolarità rispetto ad un sito contaminato industriale classico, richiedono procedure specifiche.

La raccolta differenziata dei rifiuti urbani raggiunge nel 2023 il 76,3%, inserendo la Sardegna tra le regioni maggiormente virtuose d'Italia.

Un altro importante risultato riguarda la qualità delle acque di balneazione, che nel 2023 ha evidenziato una qualità "eccellente" in 642 delle 663 stazioni di monitoraggio, confermando il *trend* storico che vede il raggiungimento del richiesto stato di qualità almeno "sufficiente" in oltre il 99,5% delle acque.

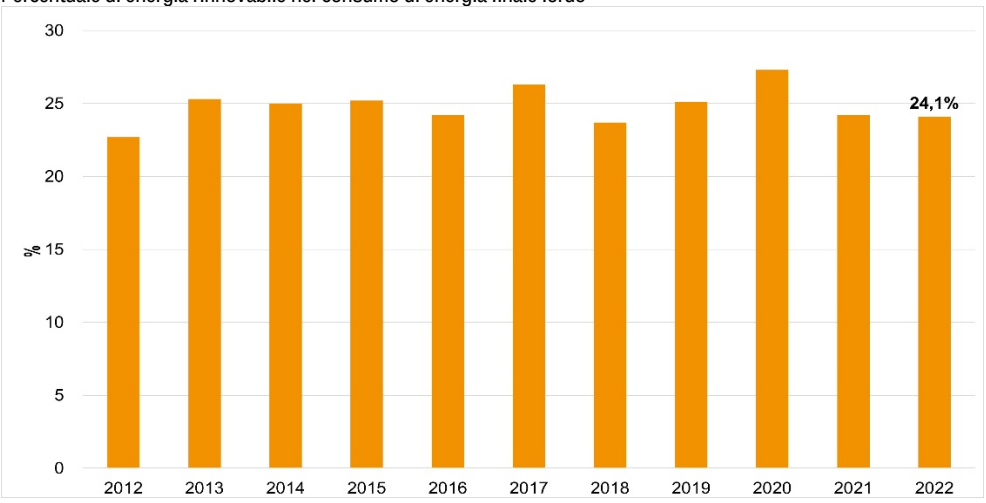
Emissioni di gas a effetto serra



Fonte: ISPRA

Le emissioni di gas ad effetto serra stimate per la Sardegna nel periodo 1990-2021 (-15,6%), espresse in tonnellate di CO_2 equivalente, presentano un andamento analogo al dato nazionale, con una crescita sino al 2005, un rapido calo nei dieci anni successivi e una successiva stabilizzazione su valori inferiori a quelli registrati nel 1990.

Percentuale di energia rinnovabile nel consumo di energia finale lordo

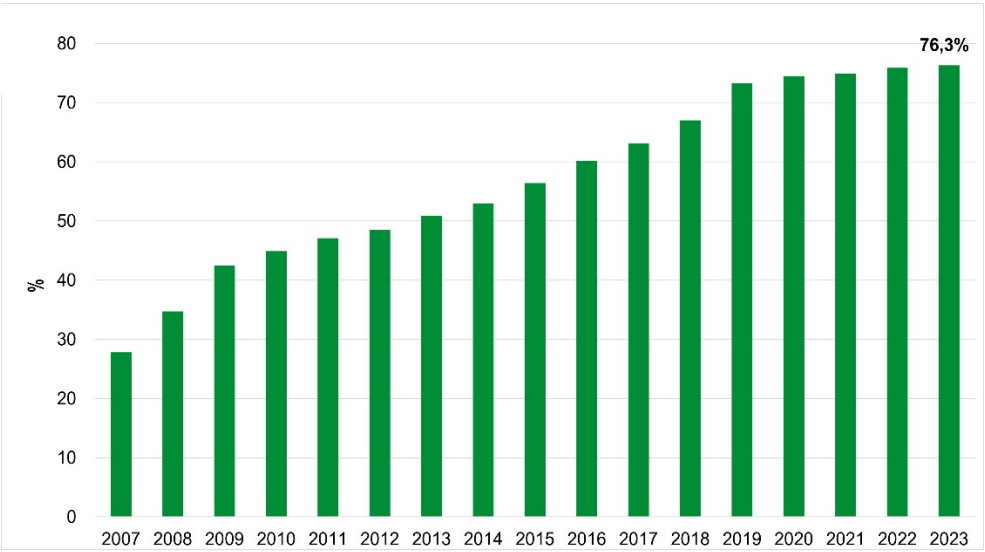


Nota: NB: per il periodo 2012-2020 viene applicata la metodologia di monitoraggio definita dalla direttiva 2009/28/CE (RED I); a partire dal 2021 viene invece applicata la metodologia definita dalla direttiva (UE) 2018/2001 (RED II).

Fonte: GSE

La percentuale dei consumi energetici da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia in Sardegna, successivamente al picco del 2020 (27,3%), anche nel 2022 si mantiene pressochè stabile su valori al 24,1%

Raccolta differenziata



Fonte: ISPRA

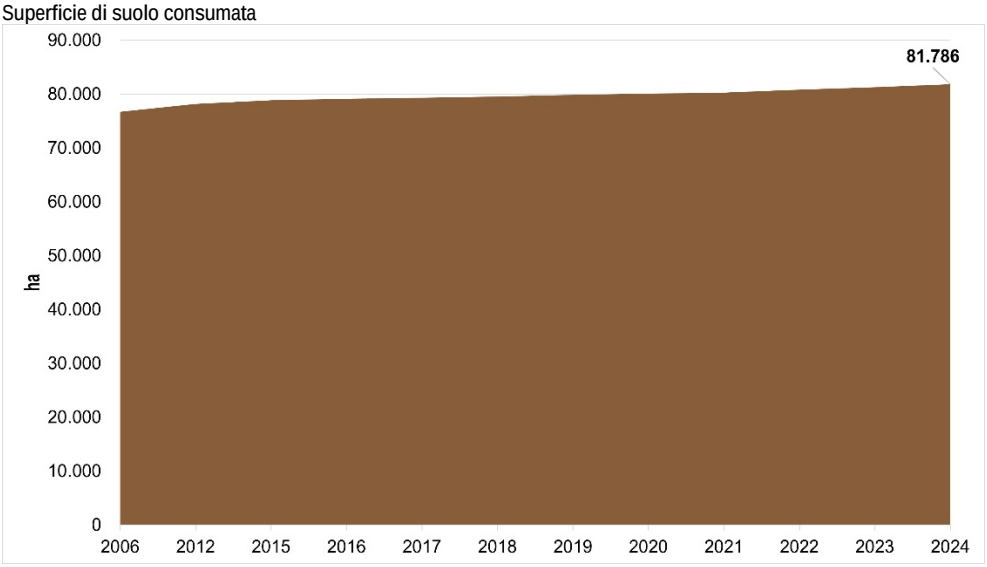
La raccolta differenziata dei rifiuti urbani in Sardegna cresce ancora nel 2023, raggiungendo il valore del 76,3%. L'andamento in crescita costante mostra un rallentamento a partire dal 2020, in conseguenza della pandemia da COVID-19.

Superficie destinata ad agricoltura biologica e percentuale rispetto alla SAU

Fonte: Elaborazioni SNPA su dati SINAB e Istat

In Sardegna gli andamenti della superficie di suolo destinata ad agricoltura biologica e della percentuale rispetto alla superficie agricola utilizzata (SAU) sono pressoché coincidenti, a testimoniare la conversione di coltivazioni tradizionali a coltivazioni biologiche. I dati evidenziano una rapida crescita a partire dal 2019, raggiungendo una percentuale di superfifice agricola biologica su SAU pari al 15,2%.

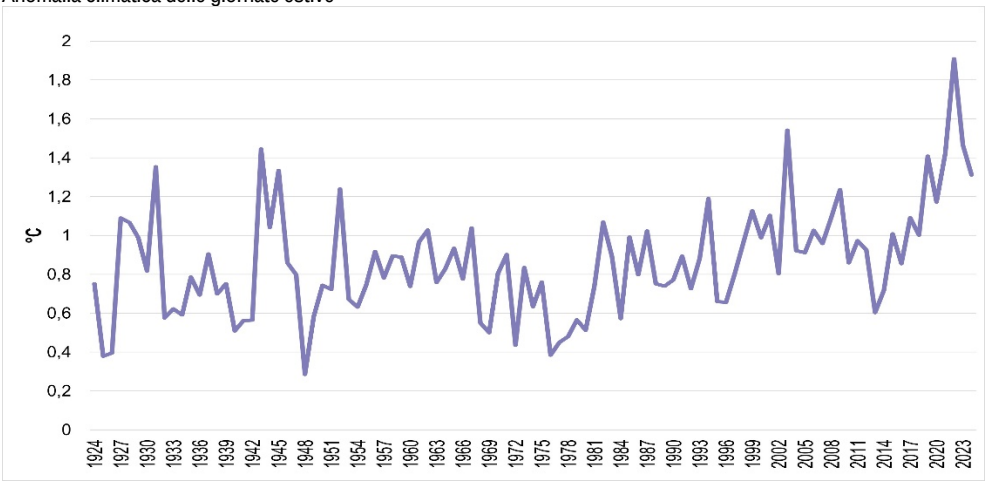
Superficie di suolo consumata



Fonte: SNPA

Il consumo di suolo cresce costantemente in Sardegna di circa 250 ettari/anno, con un importante incremento tra il 2021 e il 2022, anno nel quale è stato registrato un consumo di suolo di oltre 537 ettari. La percentuale di suolo consumata nel 2024 si attesta al 3,39% ben al di sotto del dato nazionale del 7,17%.

Anomalia climatica delle giornate estive



Fonte: ARPAS – Dipartimento meteoclimatico e SNPA

L'indicatore Anomalia climatica delle giornate estive descrive la tendenza dei fenomeni di caldo intenso e, per la Sardegna, è calcolato come rapporto tra il numero di giorni in cui la temperatura massima è uguale o superiore a 30 °C e il corrispondente numero di giorni medio climatico riferito al trentennio 1981-2010. I dati evidenziano una sostanziale stabilità del clima estivo, con alternanze di anni caldi e freddi, sino al 2017, anno dal quale l'indicatore si mantiene costantemente oltre il valore medio di riferimento.

Ringraziamenti (Contributori)
Si ringraziano i colleghi dell'ARPA Sardegna per il supporto fornito.

Bibliografia

ARPA Sardegna, 2024, 25° Rapporto sulla gestione dei rifiuti urbani in Sardegna - Anno 2023.

INDICATORI AMBIENTALI

Quadro Sinottico Indicatori

INDICATORE	SCOPO	Copertura temporale	Stato e *Trend*	Valutazione *Trend*	Core set di appartenenza
Cambiamenti climatici (Pressioni e azioni)					
Emissioni di gas a effetto serra	Stimare le emissioni nazionali/regionali e valutare i contributi settoriali per verificare il raggiungimento degli obiettivi di neutralità climatica: ridurre le emissioni nette di gas serra di almeno il 55 % rispetto ai livelli del 1990 entro il 2030.	2023	Tra il 1990 e il 2023, le emissioni di gas serra diminuiscono del 26,4%. Sebbene tale riduzione abbia consentito di superare il traguardo europeo previsto per il 2020, gli attuali sforzi dovranno essere intensificati per soddisfare i più ambiziosi obiettivi climatici fissati per il 2030		VIII PAA 13 AGIRE PER IL CLIMA REDUCING our climate impact SNSVS strategianazionaleperlosviluppposostenibile
Quota di energie rinnovabili nel consumo di energia finale lordo	Monitorare la quota di energia sostenibile al fine di verificare il raggiungimento dell'obiettivo per l'Italia al 2030 del 38,7%, come riportato nel PNIEC inviato alla Commissione europea il 1° luglio 2024	2023	Dall'analisi del *trend* 2004-2023 emerge che l'uso delle energie rinnovabili è aumentato, con una quota triplicata rispetto al 2004, quando le energie rinnovabili coprivano il 6,3% del consumo lordo di energia finale. La quota nazionale di energia da fonti rinnovabili, nel 2023, è pari al 19,6% rispetto al consumo finale lordo, un valore inferiore all'obiettivo del 38,7% assegnato all'Italia per il 2030.		VIII PAA 7 ENERGIA PULITA E ACCESSIBILE REDUCING our climate impact SNSVS strategianazionaleperlosviluppposostenibile

INDICATORE	SCOPO	Copertura temporale	Stato e *Trend*	Valutazione *Trend*	Core set di appartenenza
Strategie e Piani di adattamento ai cambiamenti climatici regionali	Individuare il numero di Regioni italiane impegnate nella predisposizione/adozione/approvazione di strumenti per la pianificazione dell'adattamento ai cambiamenti climatici (Strategie e/o Piani), indicando la fase in cui ciascuna Regione si trova all'interno del processo.	2025	Nel 2025 le Strategie approvate sono 7, quattro in più rispetto al 2021. Una lieve tendenza positiva ma ancora del tutto insufficiente. Nonostante ciò, non sembra però chiaro il concetto di urgenza, poiché i Piani, che dovrebbero contenere le indicazioni concrete, le azioni/misure da adottare, non sono stati attuati: solo uno in più rispetto al 2021.		
Economia circolare e gestione rifiuti					
Produzione dei rifiuti urbani	Monitorare la produzione dei rifiuti urbani al fine di ridurre in modo significativo la quantità totale di rifiuti urbani prodotti entro il 2030.	2023	La produzione nazionale di rifiuti urbani nel 2023 raggiunge 29,3 milioni di tonnellate, con un lieve aumento rispetto al 2022 (+0,74%). Dopo le flessioni legate alla pandemia, il *trend* dell'ultimo triennio si conferma sostanzialmente stabile.		
Incidenza del turismo sui rifiuti	Fornire l'incidenza del settore turistico sulla produzione di rifiuti urbani.	2023	Nel 2023 la ripresa dei flussi turistici accresce la pressione sui servizi di igiene urbana, con punte in montagna e lungo le coste dove i rifiuti prodotti dai turisti superano di oltre quattro volte la media nazionale.		
Raccolta differenziata	Verificare il raggiungimento degli obiettivi di raccolta differenziata per una gestione sostenibile dei rifiuti.	2023	Nel 2023 la raccolta differenziata cresce al 66,6% (+1,4 punti sul 2022), pari a 19,5 milioni di tonnellate. In dieci anni l'aumento supera i 24 punti percentuali, con progressi diffusi in tutte le macroaree		

INDICATORE	SCOPO	Copertura temporale	Stato e *Trend*	Valutazione *Trend*	Core set di appartenenza
Rifiuti urbani smaltiti in discarica	Migliorare la gestione dei rifiuti urbani, in particolare riducendo il conferimento in discarica e aumentando la raccolta differenziata dei rifiuti nelle regioni meridionali.	2023	Nel 2023 i rifiuti urbani smaltiti in discarica scendono a 4,6 milioni di tonnellate (15,7% del totale), in calo del 10,8% sul 2022. Negli ultimi dieci anni la riduzione è stata del 51%, ma servirà accelerare per raggiungere l'obiettivo europeo del 10% entro il 2035.		
Produzione di rifiuti speciali	Monitorare la produzione dei rifiuti speciali al fine di ridurre in modo significativo la quantità totale di rifiuti speciali prodotti entro il 2030.	2023	Nel 2023 i rifiuti prodotti dal sistema produttivo nazionale tornano a crescere, raggiungendo 164,5 milioni di tonnellate (+1,9% sul 2022). La produzione aumenta più del PIL (+0,7%), confermando la stretta relazione tra attività economica e generazione di rifiuti.		
Ambiente e salute (Inquinamento zero)					
Qualità dell'aria: PM 2,5	Fornire informazioni sullo stato e il *trend* della qualità dell'aria attraverso l'analisi delle concentrazioni di PM 2,5 misurate in Italia, la verifica del rispetto dei valori limite stabiliti dalla normativa e il confronto con i valori di riferimento OMS.	2023	L'andamento delle concentrazioni del particolato PM 2,5 nel medio periodo (2013–2023) è generalmente decrescente; il valore limite previsto dalla normativa è stato superato solo nello 0,3% delle stazioni., mentre l'obiettivo di raggiungere il livello raccomandato dall'OMS appare lontano.		

INDICATORE	SCOPO	Copertura temporale	Stato e *Trend*	Valutazione *Trend*	Core set di appartenenza
Esposizione della popolazione al PM 2,5	Stimare l'esposizione media della popolazione ai principali inquinanti aerodispersi, valutare i livelli di esposizione per il confronto con i valori di riferimento dell'OMS e valutare l'andamento nel tempo dell'esposizione.	2023	Un modello di machine learning ad alta risoluzione (1 km²) consente di stimare l'esposizione media della popolazione al PM2,5. Tra il 2016 e il 2023 la media nazionale scende da 15 a 12 µg/m³ (-20%), pur senza un *trend* statisticamente definibile su un orizzonte così breve.		
Qualità dell'aria: PM10	Fornire informazioni sullo stato della qualità dell'aria attraverso i parametri statistici calcolati a partire dai dati di concentrazione del PM10 nell'aria ambiente, la verifica del rispetto dei valori limite previsti dalla normativa e il confronto con i valori di riferimento stabiliti dall'OMS.	2023	Nel 2023 i livelli di PM10 continuano a diminuire: per la prima volta il limite annuale è rispettato in tutte le stazioni. Restano però criticità: l'obiettivo OMS è superato nell'84% dei casi e il limite giornaliero non è rispettato nel 12% delle stazioni		
Stato chimico delle acque superficiali	Fornire informazioni sullo stato chimico delle acque superficiali sulla base degli standard di qualità ambientale delle sostanze prioritarie definiti dalla Direttiva Acque al fine di raggiungere e mantenere gli obiettivi ambientali dei corpi idrici superficiali riducendo progressivamente l'inquinamento causato da tali sostanze.	2015-2021	Sia a livello nazionale sia di distretto, per quanto riguarda i fiumi e laghi, si registra un generale aumento, rispetto al ciclo precedente, dei corpi idrici classificati in stato chimico buono e una riduzione dei corpi idrici non classificati. Rimangono comunque, per qualche distretto, percentuali significative di corpi idrici in stato chimico non buono e non ancora classificati.		

INDICATORE	SCOPO	Copertura temporale	Stato e *Trend*	Valutazione *Trend*	Core set di appartenenza
Stato ecologico delle acque superficiali	Fornire informazioni sullo stato ecologico delle acque superficiali sulla base sulla base degli indicatori biologici, dei parametri chimici, chimico-fisici e idromorfologici indicati dalla Direttiva Acque al fine di raggiungere e mantenere la qualità ambientale dei corpi idrici superficiali. Lo stato ecologico delle acque superficiali è espressione della qualità della struttura e del funzionamento degli ecosistemi acquatici.	2015-2021	A livello nazionale, lo stato ecologico delle acque superficiali interne – fiumi e laghi - raggiunge l'obiettivo buono e superiore per il 43% dei corpi idrici, mentre il 10% dei corpi idrici è ancora in stato sconosciuto. In generale lo stato ecologico non differisce molto dal precedente ciclo di gestione, se non per la percentuale di laghi in stato buono, aumentata dal 17% al 35%.		
Stato chimico delle acque sotterranee (SCAS)	Fornire informazioni sullo stato chimico delle acque sotterranee sulla base dei parametri indicati dalla Direttiva Quadro Acque al fine di raggiungere e mantenere la qualità ambientale dei corpi idrici sotterranei anche limitando l'immissione di inquinanti e riducendo progressivamente l'inquinamento derivato dall'impatto delle attività umane.	2015-2021	A livello nazionale, nel sessennio di classificazione 2016-2021, il 70% dei corpi idrici sotterranei italiani è classificato in stato chimico buono e il 27% di corpi idrici in stato scarso. A livello di distretto si hanno percentuali variabili di raggiungimento del buono stato ma in generale aumento rispetto al precedente PdG.		

INDICATORE	SCOPO	Copertura temporale	Stato e *Trend*	Valutazione *Trend*	Core set di appartenenza
Stato ecologico delle acque marino costiere	Monitorare lo stato ecologico delle acque marino costiere come definito dalla direttiva quadro sulle acque, al fine di garantire ai cittadini dell'UE la possibilità di beneficiare di standard elevati per l'acqua potabile e le acque di balneazione, così come una gestione del ciclo dei nutrienti (azoto e fosforo) più sostenibile ed efficiente sotto il profilo delle risorse.	2016-2021	L'analisi delle acque marino costiere, a livello nazionale, mostra che i corpi idrici in stato ecologico buono ed elevato sono più del 66% (291 corpi idrici su 394 totali), con avvicinamento all'obiettivo previsto dalla normativa vigente.		
Stato chimico delle acque marino costiere	Monitorare lo stato chimico delle acque marino costiere come definito dalla direttiva quadro sulle acque, al fine di garantire ai cittadini dell'UE la possibilità di beneficiare di standard elevati per l'acqua potabile e le acque di balneazione, così come una gestione del ciclo dei nutrienti (azoto e fosforo) più sostenibile ed efficiente sotto il profilo delle risorse.	2016-2021	Lo stato chimico delle acque marino-costiere italiane è eterogeneo: nel 2016-2021 il 51% dei corpi idrici risulta in stato buono, mentre il 49% resta in stato non buono, in lieve aumento rispetto al ciclo precedente		
Superficie nazionale ad agricoltura biologica	Monitorare la superficie agricola destinata all'agricoltura biologica al fine del raggiungimento dell'obiettivo del 25% dei terreni agricoli entro il	2023	Nel 2023 l'agricoltura biologica in Italia copre 2,46 milioni di ettari (19,8% della SAU) e coinvolge circa 94,4 mila operatori. Dal 2010 superficie e operatori biologici sono raddoppiati, rendendo		

INDICATORE	SCOPO	Copertura temporale	Stato e *Trend*	Valutazione *Trend*	Core set di appartenenza
	2027. È l'obiettivo previsto nel Piano strategico nazionale politica agricola comune 2023 - 2027[2] per raggiungere in anticipo il *target* del 25% della quota di agricoltura biologica nell'UE entro il 2030.		l'Italia tra i Paesi UE più virtuosi nel settore		
Sorgenti di rumore controllate	Un importante obiettivo per il 2030 del piano d'azione per l'inquinamento zero è la riduzione del 30 % rispetto al 2017 della percentuale di persone che soffrono di disturbi cronici dovuti al rumore dei trasporti. L'indicatore evidenzia quali sorgenti di rumore risultano maggiormente controllate da parte delle ARPA/APPA e in che misura le sorgenti controllate presentino situazioni di non conformità. Lo scopo è valutare in termini qualitativi e quantitativi l'inquinamento acustico determinato dalle diverse tipologie di sorgenti.	2023	Nel 2023 le attività di servizio e commerciali restano la principale fonte di rumore (57,3%), seguite da quelle produttive (31,5%) e dalle infrastrutture di trasporto (7,1%). I superamenti dei limiti normativi raggiungono il 53,9%, il valore più alto dell'ultimo decennio, evidenziando un impatto crescente sulla qualità della vita e sulla salute.		

[2] https://www.reterurale.it/PAC_2023_27/PianoStrategicoNazionale

INDICATORE	SCOPO	Copertura temporale	Stato e *Trend*	Valutazione *Trend*	Core set di appartenenza
Biodiversità e capitale naturale					
Aree terrestri e marine protette designate[3]	Monitorare la % di aree marine e terrestri protette al fine del raggiungimento degli obiettivi prefissati: tutelare giuridicamente almeno il 30 % della superficie terrestre dell'UE e il 30 % dei suoi mari entro il 2030[4]	2023	Nel 2023 le aree protette italiane coprono 6,53 milioni di ettari a terra (21,7% del territorio) e 4,07 milioni di ettari a mare (11,6% delle acque territoriali). Per raggiungere l'obiettivo UE del 30% entro il 2030 servono ulteriori 2,5 milioni di ettari terrestri e 6,6 milioni di ettari marini. L'efficacia della tutela dipende però da governance solida, gestione efficace e criteri scientifici rigorosi.		
Consumo di suolo	Valutare il consumo di suolo a scala nazionale, regionale, provinciale e comunale. La nuova strategia dell'UE per il suolo, adottata il 17 novembre 2021, sottolinea l'importanza di proteggerlo, gestirlo in modo sostenibile e ripristinare i suoli degradati al fine di conseguire gli obiettivi del *Green Deal* così come la neutralità in termini di degrado del suolo entro il 2030.	2024	Dal 2006 al 2024 il suolo consumato in Italia è cresciuto di quasi 132.000 ettari, concentrandosi soprattutto in Lombardia, Veneto, Piemonte ed Emilia-Romagna. Nel 2024 il consumo netto è stato di 7.850 ha (2,5 m²/s). Il *trend*, dal punto di vista ambientale resta negativo, ben distante dal ritmo che consentirebbe di raggiungere lo zero netto entro il 2050.		

[3] Siti designati a livello nazionale o siti Natura 2000.
[4] Strategia dell'UE sulla biodiversità.

INDICATORE	SCOPO	Copertura temporale	Stato e *Trend*	Valutazione *Trend*	Core set di appartenenza
Monitoraggio e controlli					
Controlli SNPA (AIA e Seveso)	Monitorare i controlli ambientali svolti da tutto il sistema delle Agenzie e di ISPRA presso gli impianti soggetti al rispetto dell'autorizzazione integrata ambientale (AIA) e presso gli impianti assoggettati alla normativa Seveso	2022	Nel 2022 il sistema SNPA ha effettuato 1.967 visite ispettive su 6.505 installazioni AIA (30% del totale), suddivise tra competenza statale (71) e regionale (1.896), rispettando la programmazione annuale. Per gli stabilimenti Seveso, le visite ordinarie hanno interessato 114 siti SS (23%) e 99 SI (21%), con un aumento del 6% rispetto al 2021 per le installazioni AIA e un incremento del 62,3% per gli stabilimenti SI, mentre quelli SS hanno registrato un calo del 9,5%.		
Comunicazione ed educazione ambientale					
Comunicazione ambientale	Descrive la comunicazione e l'informazione ambientale delle Agenzie attraverso Web, social media e prodotti editoriali di informazione ambientale	2024	Nel SNPA l'uso dei social media continua a crescere per avvicinare la comunicazione ambientale ai cittadini. Twitter (X) conta 17 account attivi nel 2024, Facebook mantiene le presenze consolidate, mentre YouTube con 18 account rappresenta una piattaforma strategica per la diffusione di contenuti video.		

LEGENDA:

Simbolo	Valutazione *TREND*	
	POSITIVO	L'andamento va nella direzione auspicabile dal punto di vista ambientale.
	STABILE	L'andamento osservato è stabile rispetto alla direzione auspicabile dal punto di vista ambientale.
	NEGATIVO	L'andamento NON va nella direzione auspicabile dal punto di vista ambientale.
	NON DEFINIBILE	L'andamento non è definibile.

Simbolo	Core set
	Indicatori chiave individuati per il monitoraggio dell'Ottavo Programma d'azione ambientale
	Green Deal europeo: Indicatori chiave individuati dalla CE per il monitoraggio e la valutazione dei progressi verso un'economia più sostenibile e resiliente (Ridurre il nostro impatto sul clima, Proteggere il nostro pianeta e la nostra salute)
	Indicatori individuati per il monitoraggio della Strategia nazionale per lo sviluppo sostenibile
	Indicatori individuati per il monitoraggio dei 17 obiettivi dell'Agenda 2030

EMISSIONI DI GAS SERRA

Autori: Daniela Romano, Ernesto Taurino, Cristina Frizza
ISPRA

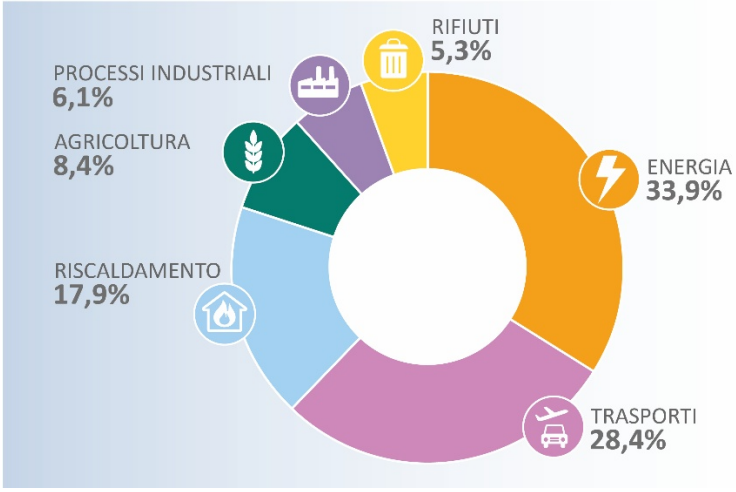
Messaggi chiave

Le emissioni antropogeniche di sostanze climalteranti, i gas serra, sono considerate tra le principali cause della velocità e ampiezza dei cambiamenti climatici in corso. Le emissioni di gas serra sono in gran parte dovute alle emissioni di anidride carbonica (CO_2), connesse, per quanto riguarda le attività antropiche, principalmente all'utilizzo dei combustibili fossili. Contribuiscono all'effetto serra anche il metano (CH_4), le cui emissioni sono legate principalmente all'attività di allevamento in ambito agricolo, allo smaltimento dei rifiuti e alle perdite nel settore energetico, e il protossido di azoto (N_2O) derivante soprattutto dalle attività agricole e dal settore energetico, inclusi i trasporti. Il contributo generale all'effetto serra degli F-gas o gas fluorurati (HFCs, PFCs, SF_6, NF3) è minore rispetto ai suddetti inquinanti e la loro presenza deriva essenzialmente da attività industriali e di refrigerazione.
Nel 2023, le emissioni di gas serra in Italia mostrano un decremento del 6,8% rispetto al 2022.

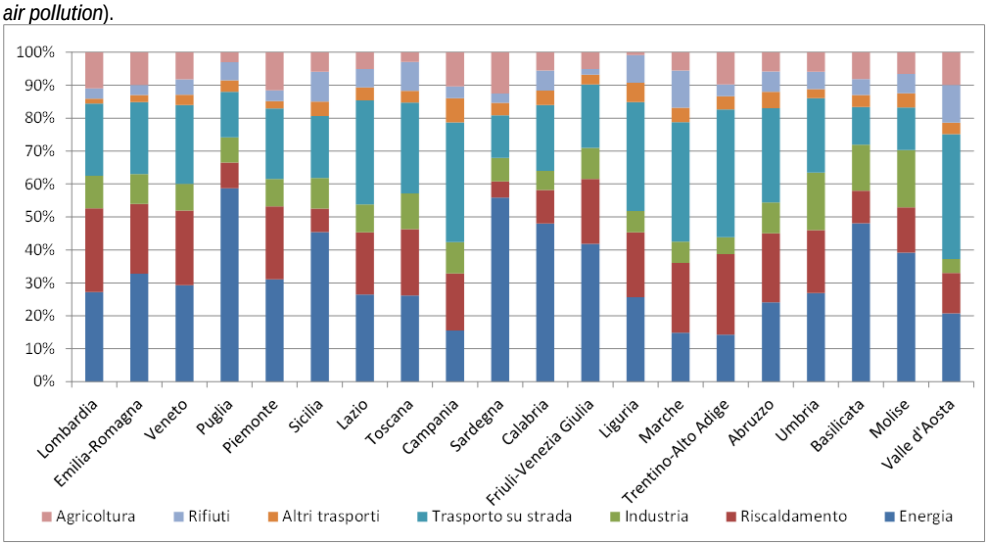
Messaggi in pillole

Negli ultimi trent'anni le emissioni di gas serra prodotte dall'Italia si sono ridotte di circa un quinto rispetto al 1990. Nello specifico, le emissioni nazionali di gas serra sono passate da 522,8 a 384,7 milioni di tonnellate di CO_2 equivalente dal 1990 al 2023, riducendosi del 26,4%. Sebbene tale riduzione abbia consentito di superare il traguardo europeo previsto per il 2020, gli attuali sforzi dovranno essere intensificati per soddisfare i più ambiziosi obiettivi climatici fissati per il 2030. Tale tendenza è stata determinata principalmente dalla recessione economica che ha frenato i consumi negli ultimi anni ma anche da un maggiore utilizzo di energie rinnovabili, con conseguente riduzione delle emissioni di CO_2 provenienti dai processi energetici, che costituiscono, in media, circa l'80% del totale delle emissioni nazionali lungo l'intero periodo di riferimento.
Dal 1990 al 2023, le emissioni dei processi energetici sono diminuite del 27,5%, con andamenti differenti per i vari settori. I settori che hanno contribuito in modo determinante a tale riduzione sono le industrie manifatturiere e quelle energetiche.

Gas serra: distribuzione delle emissioni per settore. Anno 2023



GHG, 2021: distribuzione delle emissioni regionali di gas serra per settore emissivo SNAP (*Selected nomenclature for air pollution*).



Fonte: ISPRA

In Lombardia si emette circa il 18% delle emissioni di gas serra italiane. Fra le regioni che sono maggiormente responsabili della produzione di gas serra seguono con una quota compresa fra l'8 ed il 10%, l'Emilia-Romagna, la Puglia, il Veneto e il Piemonte. Ciascuna regione è caratterizzata da categorie emissive specifiche che ne riflettono la struttura economica e la distribuzione della popolazione. Pertanto, in alcune regioni come la Sardegna, la presenza di grandi centrali di produzione di energia elettrica comporta che tale settore rappresenti il 56% delle emissioni regionali. L'agricoltura è pari oltre il 10% delle emissioni regionali in Sardegna, Lombardia e Piemonte. Le emissioni dei trasporti stradali e quelle per il riscaldamento degli edifici, che sono più correlate, da un lato alla densità abitativa e dall'altro alle condizioni climatiche, sono oltre il 50% delle emissioni totali per Trentino Alto Adige, Marche, Campania, Liguria, Lazio e Valle d'Aosta.

QUOTA DI ENERGIE RINNOVABILI NEL CONSUMO DI ENERGIA FINALE LORDO

Autori: Antonio Caputo, Francesca Palomba
ISPRA

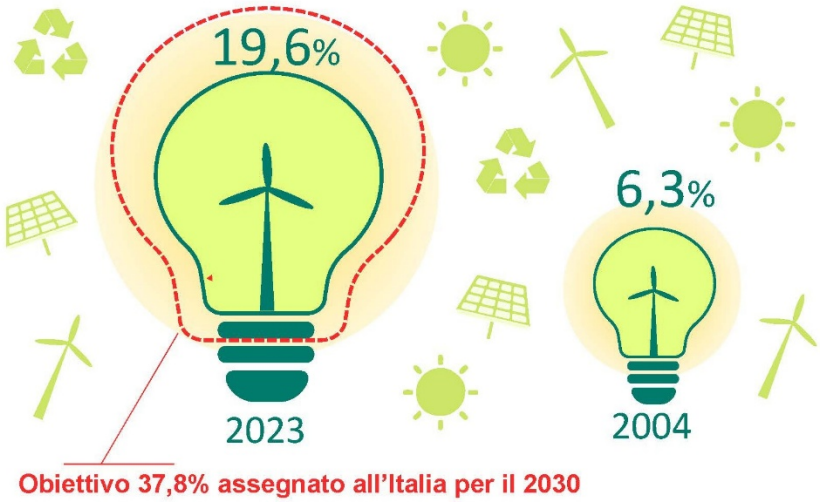
Messaggi chiave

L'uso di fonti di energia rinnovabili (FER) contribuisce alla riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, alla diversificazione dell'approvvigionamento energetico e a una minore dipendenza dai mercati dei combustibili fossili. La quota di energie rinnovabili sul consumo finale lordo di energia è un indicatore chiave per monitorare il raggiungimento degli obiettivi sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili.

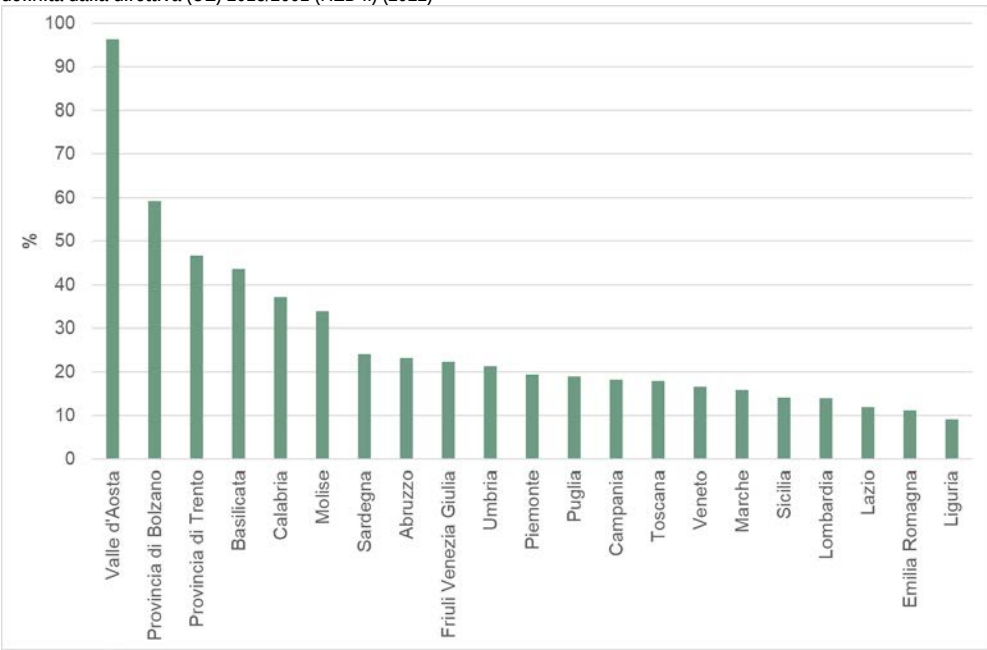
Messaggi in pillole

La Direttiva (UE) 2018/2001, o RED II, recepita in Italia con il Decreto Legislativo n. 199 del 2021, ha introdotto delle variazioni metodologiche nell'elaborazione dei dati di monitoraggio, a partire dal 2021, per il raggiungimento del *target* UE sulle FER al 2030. Il Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) stabilisce degli obiettivi per il 2030 sempre più stringenti in materia di decarbonizzazione, di efficienza energetica, di energie rinnovabili e di sicurezza energetica. Per gli anni precedenti al 2021, il principale riferimento è costituito dalla Direttiva 2009/28/CE, o RED I, recepita in Italia con il Decreto Legislativo n. 28/2011, che ha assegnato, come obiettivo nazionale vincolante, il raggiungimento, entro il 2020, di almeno il 17% di quota di FER sul consumo finale lordo. Nel 2023, la quota di consumo da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia si è attestato ad un valore pari a 19,6 % (secondo i criteri della RED II), registrando un incremento di 0,5 punti percentuali rispetto all'anno precedente. L'obiettivo per l'Italia al 2030 è 38,7%, come riportato nel PNIEC inviato alla Commissione europea il 1° luglio 2024. La quota di energia rinnovabile è triplicata rispetto al 2004 quando copriva solo il 6,3% del consumo lordo di energia finale.

Quota del consumo da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia



Percentuale dei consumi finali lordi di energia coperta da fonti rinnovabili utilizzando la metodologia di monitoraggio definita dalla direttiva (UE) 2018/2001 (RED II) (2022)



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati GSE

Fino al 2020, la quota dei consumi finali lordi di energia coperta da fonti rinnovabili (FER) coincideva con l'indicatore utilizzato per monitorare gli obiettivi intermedi e finali stabiliti dal Decreto 15 marzo 2012 del Ministero dello Sviluppo Economico (c.d. decreto *Burden Sharing*). Dal 2021, il monitoraggio è stato aggiornato secondo la metodologia definita dalla Direttiva (UE) 2018/2001 (RED II), che ha sostituito la precedente Direttiva 2009/28/CE (RED I).
Nel calcolo degli obiettivi regionali, non sono considerati i consumi di energia da FER nel settore dei trasporti.
Nel 2022, la percentuale più alta di copertura dei consumi finali lordi di energia da fonti rinnovabili si osserva in Valle d'Aosta (96,3%), seguita dalla Provincia autonoma di Bolzano (59,2%) e dalla Provincia autonoma di Trento (46,6%). Questi territori montani si distinguono per un'elevata disponibilità di risorse idroelettriche, che contribuiscono in modo significativo al raggiungimento di tali valori. Al contrario, regioni come Liguria (9,1%), Emilia-Romagna (11,1%) e Lazio (11,9%) presentano percentuali molto più basse, evidenziando un divario significativo rispetto ai territori più virtuosi. Questo *gap* può essere attribuito a diversi fattori, tra cui la minore disponibilità di risorse naturali favorevoli alla produzione di energia rinnovabile, una struttura economica e industriale più energivora, e una minore diffusione di impianti FER.

STRATEGIE E PIANI DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI REGIONALI

Autori: Federica Aldighieri
ISPRA

Messaggi chiave

Le Strategie e i Piani regionali di Adattamento sono lo strumento principale a disposizione delle Regioni per affrontare gli impatti dei cambiamenti climatici e implementare azioni finalizzate a ridurre le vulnerabilità. L'aggiornamento di questo indicatore ci segnala che tutte le Regioni/Provincie autonome sembrano aver preso coscienza dell'argomento. Rimangono però ancora troppo poche le Strategie regionali adottate in Italia. Per quanto riguarda i Piani, gli strumenti attuativi, non si vedono progressi, con una situazione di assenza quasi totale.

Messaggi in pillole

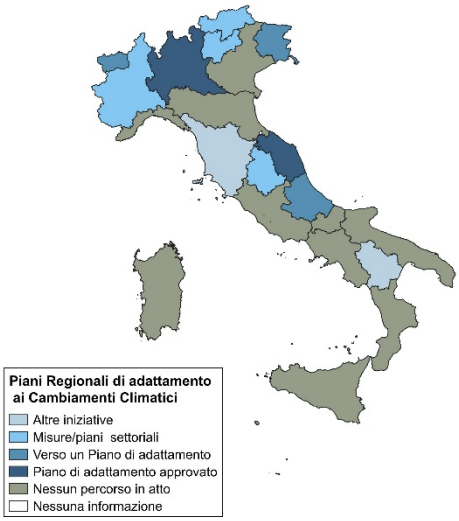
L'indicatore risponde alla domanda: Quante Regioni si sono dotate di una Strategia di Adattamento ai Cambiamenti Climatici e quante hanno successivamente adottato un Piano?
La precedente rilevazione risale al 2021 quando il MITE aveva raccolto informazioni attraverso un questionario rivolto alle Regioni e Province autonome. La presente analisi, invece si basa sulle informazioni contenute nel documento *National climate change adaptation planning and strategies*, elaborato dal MASE nel marzo del 2025, per adempiere alla richiesta della Commissione europea ai sensi dell'articolo 19(1) della *Governance Regulation* 2018/1999, il meccanismo che regola il modo in cui gli Stati membri dell'UE devono riferire sui loro progressi in materia di energia e clima. Nei quattro anni che separano le due rilevazioni si nota che le Strategie approvate sono aumentate da 3 a 7, su 21 amministrazioni. Però questa volta si nota come tutte le altre Regioni/Provincie autonome abbiano in qualche modo preso in considerazione il tema dell'Adattamento con un percorso verso l'approvazione della Strategia o con altre iniziative: non esistono più "vuoti di conoscenza" come era invece nel 2021. Nonostante ciò, non sembra però chiaro il concetto di urgenza, poiché i Piani, che dovrebbero contenere le indicazioni concrete, le azioni/misure da adottare, non sono stati attuati: solo uno in più rispetto al 2021, in totale sono stati realizzati solo due Piani.

Gli step verso un Piano di adattamento ai cambiamenti climatici. Anno 2025

Strategie regionali di adattamento ai cambiamenti climatici (A) e Piani regionali di adattamento ai cambiamenti climatici (B) (2025)

A

B



Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati MASE

La Lombardia e le Marche si trovano nella fase più avanzata del processo di adattamento, avendo già approvato sia una Strategia Regionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (rispettivamente 2014 e 2021), che il conseguente Piano (2016 e 2025). Le Regioni che hanno approvato la sola Strategia sono, oltre all' Emilia-Romagna e Sardegna, la Liguria la Valle d'Aosta e il Molise. Dunque, le Strategie regionali approvate in Italia sono 7.

Nel 2025, le Regioni/Provincie autonome che hanno avviato un percorso verso la Strategia sono 9: Provincia di Trento (2021), Umbria (2019 e 2021), Puglia (2020), Piemonte (2022), Friuli Venezia Giulia (2023), Lazio (2023), Campania (2024), Veneto (2024), Sicilia (2023).

Le Regioni /Provincie autonome che hanno avviato altre iniziative sono: la Basilicata (2018), la Toscana (2022), la provincia di Bolzano (2024) e la Calabria (2024); anche l'Abruzzo è in questo gruppo di altre iniziative perchè nel 2015 ha avviato un percorso ma solo verso un Piano di Adattamento. Spesso le altre iniziative vedono il tema dell'Adattamento inserito in piani ambientali di altro tipo (decarbonizzazione, sviluppo sostenibile…): questo tipo di scelta potrebbe avere il vantaggio di conciliare la necessaria e imprescindibile Mitigazione dei cambiamenti climatici (riduzione delle emissioni), con l'Adattamento, mettendo più attenzione ad evitare il cosiddetto Maladattamento.

La rilevazione del 2025 non ci permette di indagare sui progetti intrapresi sul tema dell'adattamento dalle Regioni/Provincie e di cogliere l'esistenza o meno di analisi climatiche e di valutazioni di vulnerabilità del proprio territorio. Ricordiamo che questi due studi sono i primi gradini del percorso verso la Strategia e il successivo Piano di Adattamento.

PRODUZIONE DEI RIFIUTI URBANI

Autori: Simona Buscemi, Fabio Tatti
ISPRA

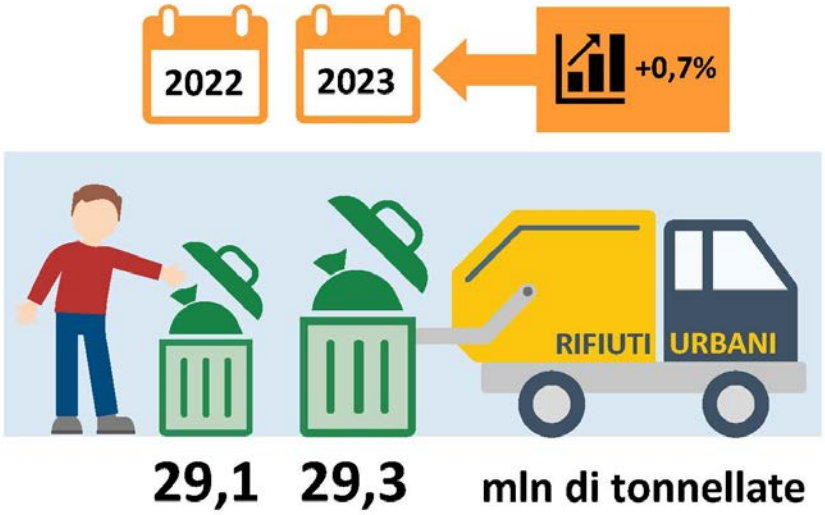
Messaggi chiave

Sono definiti rifiuti urbani (articolo 183, comma 1, lettera b-ter del D.Lgs. n. 152/2006) i seguenti tipi di rifiuti: domestici indifferenziati e da raccolta differenziata; non pericolosi indifferenziati e da raccolta differenziata provenienti da locali/luoghi adibiti ad uso non abitativo; provenienti da spazzamento di strade e dallo svuotamento dei cestini portarifiuti; giacenti su strade ed aree pubbliche o private soggette ad uso pubblico o su spiagge marittime e lacuali e su rive di corsi d'acqua; provenienti dalla manutenzione delle aree verdi, dalla pulizia dei mercati e dalle aree cimiteriali; provenienti da esumazioni ed estumulazioni.

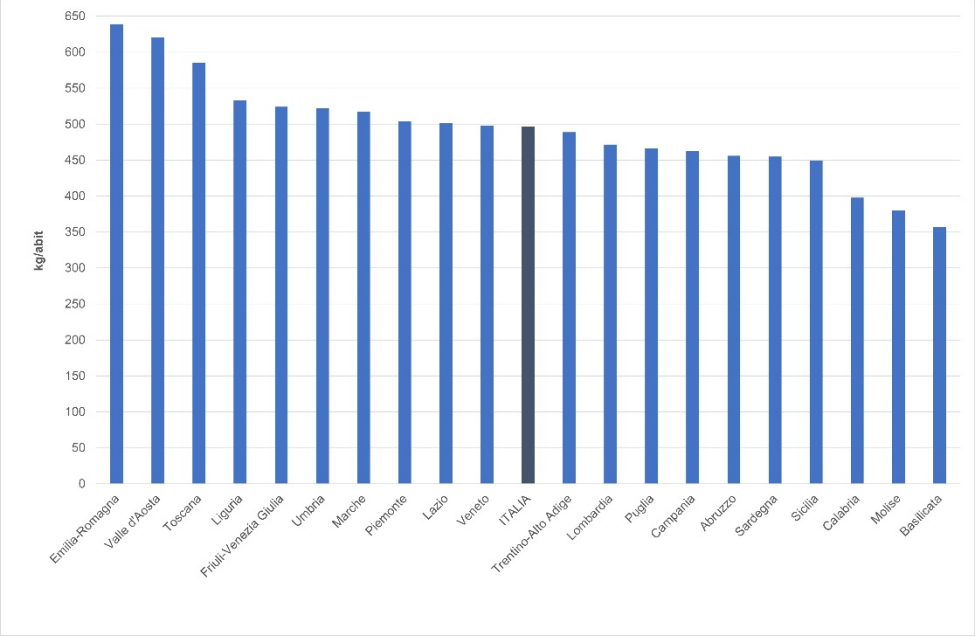
Messaggi in pillole

Nel 2023, la produzione nazionale dei rifiuti urbani si attesta a 29,3 milioni di tonnellate, in aumento dell'0,75% rispetto al 2022 (+218 mila tonnellate). Dopo il calo rilevato nel 2017, il dato di produzione ha superato per due anni consecutivi i 30 milioni di tonnellate per poi decrescere in modo significativo per effetto della pandemia nel 2020. Nell'ultimo triennio la produzione mostra un andamento altalenante, con lievi aumenti nel 2021 e nel 2023 e una modesta diminuzione nel 2022. Nel complesso il *trend* può definirsi pressoché stabile.
Ogni cittadino italiano ha prodotto nel 2023 496 chilogrammi di rifiuti, facendo registrare un incremento dello 0,5%, rispetto al 2022.

Produzione dei rifiuti urbani



Produzione *pro capite* dei rifiuti urbani (2023)



Fonte: ISPRA

I valori più alti di produzione pro capite si osservano per il Centro, con quasi 531 chilogrammi per abitante, con una riduzione di quasi 1 kg per abitante rispetto al 2022. Il valore medio del nord Italia si attesta a 515 chilogrammi per abitante, in crescita di 9 kg per abitante rispetto al 2022, mentre il dato del Sud si attesta intorno a circa 449 kg per abitante, con un decremento di quasi 5 kg. La produzione pro capite di questa macroarea risulta inferiore di oltre 47 chilogrammi per abitante rispetto al dato nazionale e di quasi 82 chilogrammi in raffronto al valore medio del Centro.
Otto regioni fanno rilevare una decrescita della produzione dei rifiuti urbani, tra il 2023 e il 2022. Di queste Liguria, Campania, Calabria, Sicilia e Sardegna registrano un calo maggiore dell'1%. I maggiori incrementi si osservano per il Friuli-Venezia-Giulia (+6,3%), il Veneto (+4,5%) e la Lombardia (+2,3%).
I maggiori incrementi si osservano per il Friuli-Venezia-Giulia (+6,3%), il Veneto (+4,5%) e la Lombardia (+2,3%). Analogamente ai precedenti anni, la produzione pro capite più elevata, con 639 chilogrammi per abitante per anno, si rileva per l'Emilia-Romagna, il cui dato risulta in crescita di circa 6 kg rispetto al 2022. Segue la Valle d'Aosta, il cui pro capite si attesta a 620 chilogrammi per abitante, che fa rilevare una crescita di 4 kg. In tali contesti il valore è influenzato dalla tendenza all'assimilazione, che porta a computare nei rifiuti urbani anche quelli da attività artigianali, commerciali e di servizio.

INCIDENZA DEL TURISMO SUI RIFIUTI

Autori: Giovanni Finocchiaro, Silvia Iaccarino
ISPRA

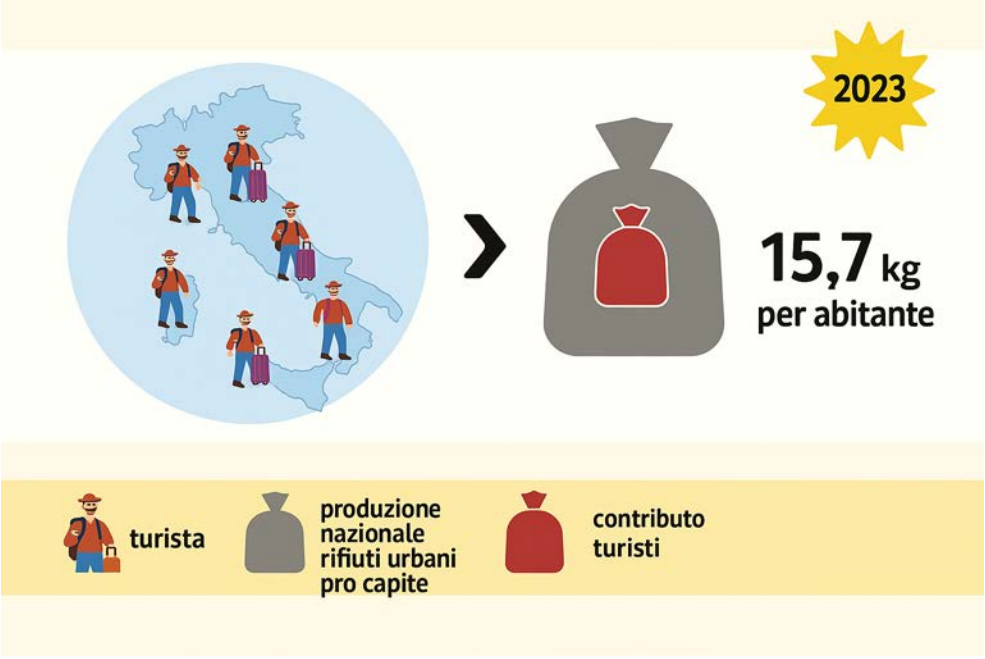
Messaggi chiave

• 15,7 kg/ab eq nel 2023: valore più alto dopo il picco del 2019 (15,9 kg/ab eq) e nettamente superiore al biennio pandemico.
• Le regioni alpine e quelle a spiccata vocazione balneare presentano i carichi più alti, indicando una forte stagionalità e concentrazione dei flussi.
• La gestione dei rifiuti deve tenere conto dei contributi provenienti da seconde case e dalle visite giornaliere, sempre più determinanti.

Messaggi in pillole

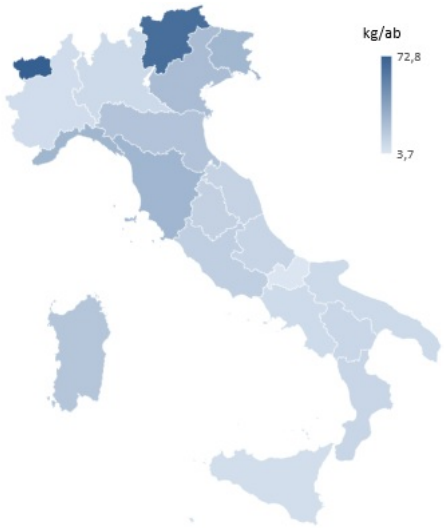
Il valore nazionale dell'indicatore mostra una crescita costante dal 2019, interrotta solo dalla parentesi pandemica. Nel 2023 si conferma la ripresa dei flussi turistici e, con essa, la pressione esercitata sui servizi di igiene urbana. In montagna e nelle regioni costiere l'incidenza dei rifiuti prodotti dai turisti raggiunge punte oltre quattro volte la media nazionale. Questo risultato suggerisce l'opportunità di modulare l'offerta in base alla stagionalità, promuovere pratiche di riduzione alla fonte e responsabilizzare sia i visitatori sia i proprietari di seconde case. Quanto osservato è in controtendenza rispetto a quanto auspicato dai principi dell'economia circolare; pertanto, è necessario accelerare l'adozione di strategie di prevenzione e di tariffazione che riflettano il reale utilizzo dei servizi.

Produzione nazionale di rifiuti urbani prodotta dai turisti.



Distribuzione regionale della quota pro capite dei fiuti solidi urbani attribuibili al turismo (2023)

	kJ Quota pro capite dei rifiuti solidi urbani attribuibili al turismo (kg/ab eq)
Valle d'Aosta	72.8
Friuli-Venezia Giulia	28.1
Liguria	28.6
Toscana	28.3
Veneto	24.6
Emilia-Romagna	21.0
Sardegna	20.2
ITALIA	15.7
Lazio	15.5
Umbria	14.3
Marche	13.3
Abruzzo	12.4
Calabria	11.8
Basilicata	11.2
Lombardia	10.1
Puglia	9.8
Campania	9.4
Piemonte	8.1
Sicilia	7.9
Molise	3.7



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ISPRA, ISTAT e Banca d'Italia

Nel 2023 la Valle d'Aosta registra l'incidenza più elevata (oltre 70 kg/ab eq), seguita da Trentino-Alto Adige e Friuli-Venezia Giulia. Ciò riflette sia l'intensa presenza di seconde case sia un'elevata frequenza di visite giornaliere. Al contrario, le grandi regioni interne presentano valori più contenuti ma comunque in crescita. Questa eterogeneità richiede strumenti di governance flessibili: piani di prevenzione che valorizzino il turismo responsabile, sistemi di raccolta adattivi ai picchi stagionali e meccanismi di corresponsabilità economica tra visitatori, operatori turistici e cittadini. In assenza di tali interventi, la tendenza al rialzo dell'indicatore potrebbe tradursi in costi ambientali e gestionali sempre maggiori.

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ISPRA, Istat e Banca d'Italia

RACCOLTA DIFFERENZIATA

Autori: Simona Buscemi, Fabio Tatti
ISPRA

Messaggi chiave

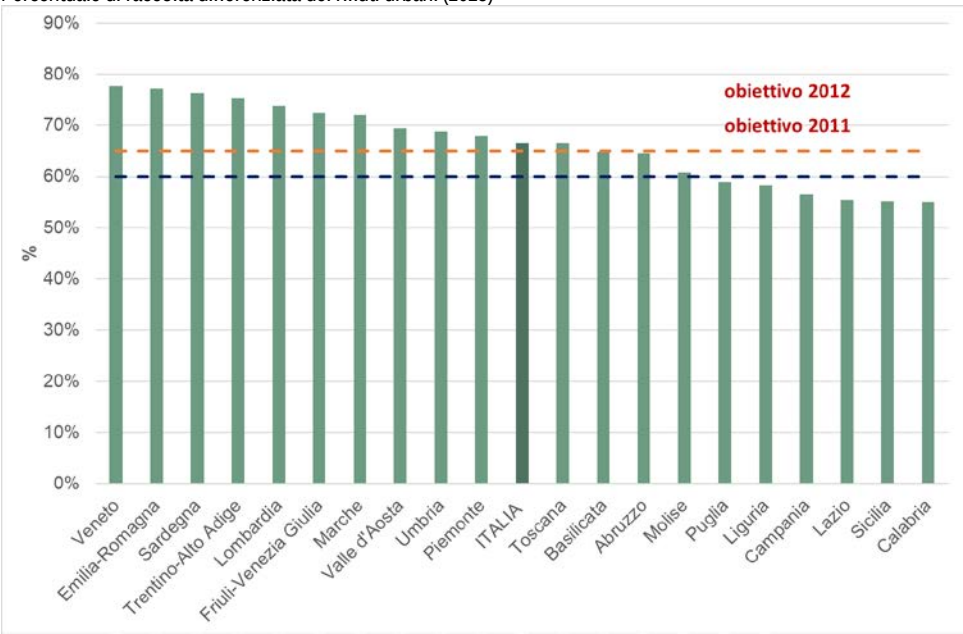
La raccolta differenziata rappresenta una modalità di conferimento, attuata dai cittadini, grazie alla quale i vari flussi di rifiuti sono mantenuti separati in base alle loro caratteristiche e natura, per facilitarne il successivo trattamento finalizzato, in via prioritaria, al recupero di materia. Il D.Lgs. n. 152/2006 e la Legge 27 dicembre 2006, n. 296 individuano per il 2011 l'obiettivo di raccolta differenziata del 60% e del 65% per il 2012.
La direttiva quadro sui rifiuti 2008/98/CE è stata ampiamente modificata dalla direttiva 2018/851/UE, che ha aggiunto ulteriori obiettivi per la preparazione per il riutilizzo e il riciclaggio, da conseguirsi entro il 2025 (55%), 2030 (60%) e 2035 (65%).

Messaggi in pillole

Si conferma il *trend* di crescita della raccolta differenziata anche nel 2023 con +1,4 punti percentuali a livello nazionale rispetto al 2022; che raggiunge così il 66,6%. In termini quantitativi, la raccolta differenziata aumenta di 575 mila tonnellate (+3,0%), attestandosi a 19,5 milioni di tonnellate. Tutte le macroaree geografiche mostrano incrementi più o meno consistenti della percentuale di raccolta differenziata: Nord +1,6 punti, Sud +1,4 punti e Centro +0,9 punti, rispetto al 2022. Dal 2013 al 2023 la percentuale è aumentata di oltre 24 punti percentuali, passando dal 42,3% al 66,6%.
Tra i rifiuti differenziati, l'organico si conferma la frazione più raccolta in Italia (circa 7,5 milioni di tonnellate) rappresentando il 38,3% del totale con un incremento di quasi il 3,2% rispetto al 2022. Al secondo posto per quantità, carta e cartone (19,1% del totale), con 3,7 milioni di tonnellate e +2,0% rispetto al 2022. Segue il vetro con oltre 2,3 milioni di tonnellate (11,9% del totale, -0,5 punti percentuali).

Percentuale di rifiuti urbani raccolti in modo differenziato

Percentuale di raccolta differenziata dei rifiuti urbani (2023)



Fonte: ISPRA

Nel 2023, la regione Veneto ha conseguito la più alta percentuale di raccolta differenziata a livello nazionale, attestandosi al 77,7%. Seguono Emilia-Romagna (77,1%), Sardegna (76,3%), Trentino-Alto Adige (75,3%), Lombardia (73,9%) e Friuli Venezia Giulia (72,5%). Tra queste, Friuli Venezia Giulia ed Emilia-Romagna mostrano gli incrementi più significativi rispetto al 2022, con aumenti pari rispettivamente a 5,0 e 3,1 punti percentuali. In particolare, l'Emilia-Romagna supera nell'ultimo anno sia la Sardegna sia il Trentino-Alto Adige, avvicinandosi al valore del Veneto. Oltre a queste, superano l'obiettivo del 65% previsto dalla normativa per il 2012 anche le Marche (72,1%), la Valle d'Aosta (69,4%), l'Umbria (68,8%), il Piemonte (67,9%) e la Toscana (66,6%). Si collocano poco al di sotto di tale soglia la Basilicata (64,9%) e l'Abruzzo (64,6%). Complessivamente, sono undici le regioni che presentano una percentuale di raccolta differenziata pari o superiore alla media nazionale, fissata al 66,6%. In posizione intermedia si trovano il Molise (60,8%), la Puglia (59,0%) e la Liguria (58,3%). Valori inferiori si registrano in Campania (56,6%), Lazio (55,4%), Sicilia (55,2%) e Calabria (55,1%). Si segnala, infine, il netto miglioramento della regione Sicilia, che rispetto al 2022 registra un incremento di 3,7 punti percentuali. L'aumento diventa ancora più marcato nel confronto con gli anni precedenti: +7,7 punti rispetto al 2021, +13 punti rispetto al 2020 e quasi +17 punti rispetto al 2019. Tale progressione consente alla Sicilia di superare la Calabria e di avvicinarsi al dato del Lazio.

RIFIUTI URBANI SMALTITI IN DISCARICA

Autori: Patrizia D'Alessandro, Cristina Frizza,
ISPRA

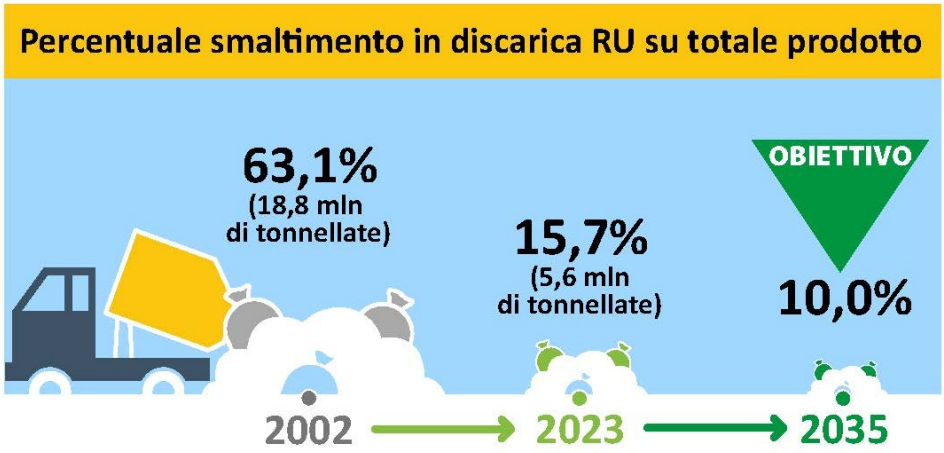
Messaggi chiave

Per discarica dei rifiuti si intende un'operazione di smaltimento e deposito permanente in un'area con caratteristiche ben definite. L'art. 179 del D. Lgs 152/2006 stabilisce la gerarchia dei rifiuti, intesa come ordine di priorità nella politica e nell'attività di gestione dei rifiuti; il conferimento in discarica costituisce l'ultima opzione. Secondo il D.Lgs 121/2020 a partire dal 2030 è vietato lo smaltimento in discarica di tutti i rifiuti idonei al riciclaggio o al recupero di altro tipo, in particolare i rifiuti urbani, ad eccezione dei rifiuti per i quali il collocamento in discarica produca il miglior risultato ambientale conformemente all'articolo 179 del D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152.

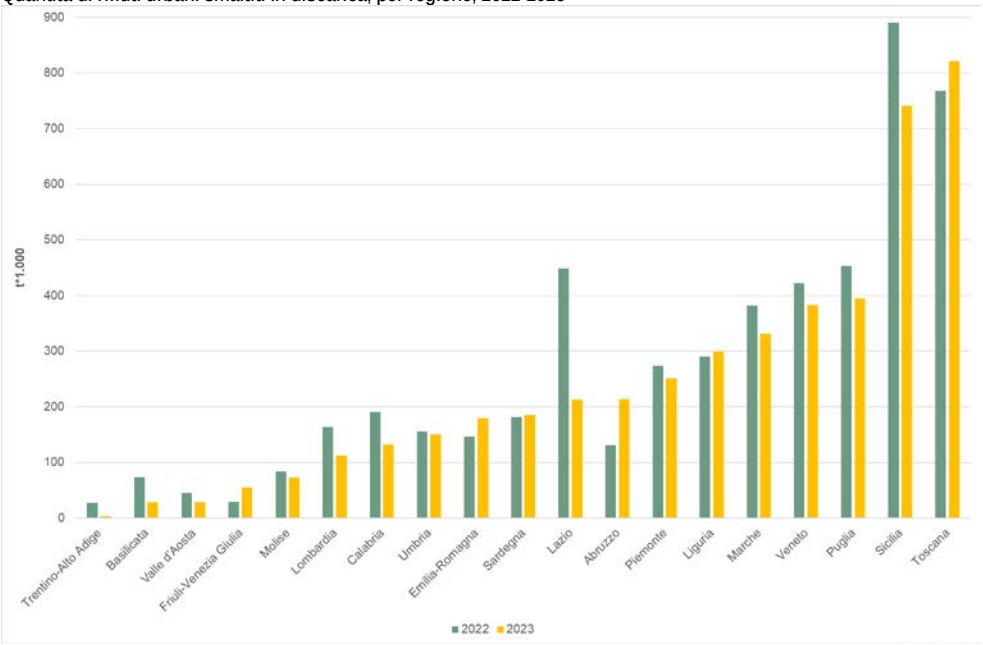
Messaggi in pillole

Nel 2023, i quantitativi di rifiuti urbani complessivamente smaltiti in discarica ammontano a 4,6 milioni di tonnellate, pari al 15,7% del quantitativo dei rifiuti urbani prodotti a livello nazionale (29,3 milioni di tonnellate), e il numero delle discariche operative è pari a 112 impianti: Nord 49, Centro 24 e Sud 39 impianti. La percentuale di rifiuti urbani smaltiti in discarica sale al 17,3% se si utilizza la metodologia di calcolo previsto dal D. Lgs. 36/2003, la cui finalità è il raggiungimento dell'obiettivo del 10% entro il 2035. Si registra una riduzione, rispetto al 2022, delle quantità totali di rifiuti urbani smaltiti in discarica del 10,8% (pari a 559 mila tonnellate di rifiuti), e del numero degli impianti pari al 4,3% (-5 impianti). Nell'ultimo decennio (2014-2023) c'è stata una riduzione dei quantitativi di rifiuti urbani smaltiti in discarica pari a circa il 51%, a fronte di una riduzione meno consistente del numero di impianti (-35%). L'analisi dei dati evidenzia la necessità di imprimere una accelerazione nel miglioramento del sistema di gestione per consentire il raggiungimento dei nuovi sfidanti obiettivi previsti dalla normativa europea; lo smaltimento in discarica nei prossimi 12 anni dovrà essere dimezzato (10% entro il 2035).

Percentuale di rifiuti urbani smaltiti in discarica



Quantità di rifiuti urbani smaltiti in discarica, per regione, 2022-2023



Fonte: ISPRA

Tra il 2022 e il 2023, le quantità di rifiuti urbani smaltiti in discarica registrano un calo complessivo, più marcato nelle regioni del Centro (-13,6%) e del Sud (-11,7%), mentre al Nord la diminuzione è più contenuta (-6,1%). Il decremento più significativo si osserva nel Lazio, dove i rifiuti smaltiti si riducono del 52,5% (circa -236 mila tonnellate), a fronte di un lieve miglioramento della raccolta differenziata (+0,9 punti percentuali). Seguono la Sicilia con -149 mila tonnellate (-16,8%) e la Calabria con -59 mila tonnellate (-30,7%). In Basilicata la contrazione è ancora più marcata in termini percentuali (-61,6%), sebbene su volumi inferiori. Al Nord, le riduzioni più rilevanti si registrano in Trentino-Alto Adige (-87,9%), Lombardia (-31,2%) e Valle d'Aosta (-36,9%), con cali anche in Veneto e Piemonte. All'opposto, aumentano i quantitativi smaltiti in discarica in Abruzzo (+63,6%, pari a circa 83 mila tonnellate), Emilia-Romagna (+22,5%), Friuli Venezia Giulia (+87,1%), Liguria (+2,9%) e Sardegna (+2%). Le regioni con i maggiori volumi di rifiuti urbani smaltiti in discarica nel 2023 sono la Sicilia, che si conferma al primo posto nonostante il calo registrato, seguita da Abruzzo, Lazio (in netto calo rispetto all'anno precedente) e Puglia. In Campania, invece, non si registrano quantitativi smaltiti in discarica all'interno del territorio regionale, in quanto gli impianti non sono operativi già dal 2021; i rifiuti vengono avviati allo smaltimento fuori regione.

PRODUZIONE DEI RIFIUTI SPECIALI

Autori: Cristina Frizza, Costanza Mariotta
ISPRA

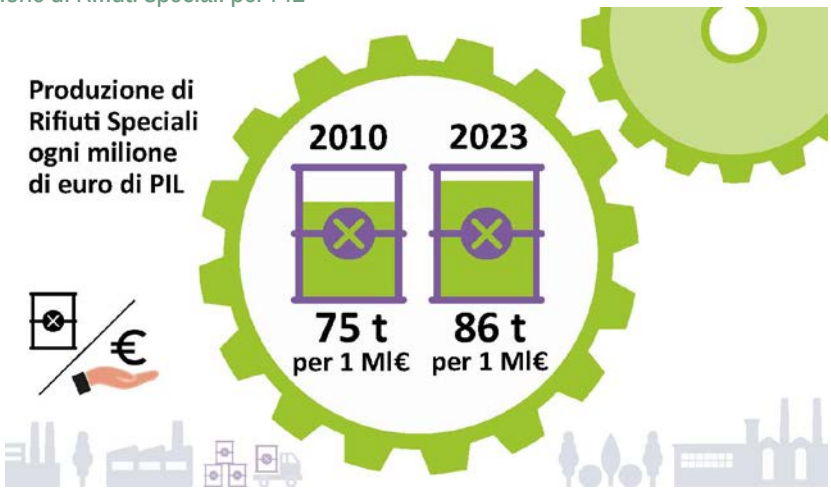
Messaggi chiave

L'indicatore misura la quantità totale di rifiuti speciali prodotti in Italia dalle attività economiche ed è, pertanto, legato alle attività insistenti su uno specifico territorio. Tale valore viene rapportato al Prodotto Interno Lordo (valori concatenati, anno di riferimento 2020). L'economia circolare è un modello di produzione e consumo sostenibile alternativo al modello lineare utilizzato da oltre un secolo, fondato sulle fasi "estrazione-produzione-consumo-smaltimento". L'elemento di innovazione è rappresentato dal prolungamento del ciclo di vita dei prodotti, ovvero dall'ottimizzazione delle risorse raggiungibile attraverso strategie di eco-progettazione che garantiscano una maggior durabilità, riutilizzabilità, possibilità di *upgrading* e riparabilità dei prodotti, un maggior impiego di materiali riciclati e una maggior riciclabilità quando giungono a fine vita, con conseguente riduzione degli impatti ambientali e di rifiuti prodotti. A tal fine, è importante promuovere processi industriali innovativi, anche in un'ottica di simbiosi industriale e creazione dei cosiddetti "distretti circolari", attraverso cui rifiuti o sottoprodotti di un'industria diventano materie prime per un'altra, mantenendo la produttività delle risorse il più a lungo possibile, rendendo la catena del valore industriale più efficiente e più competitiva.

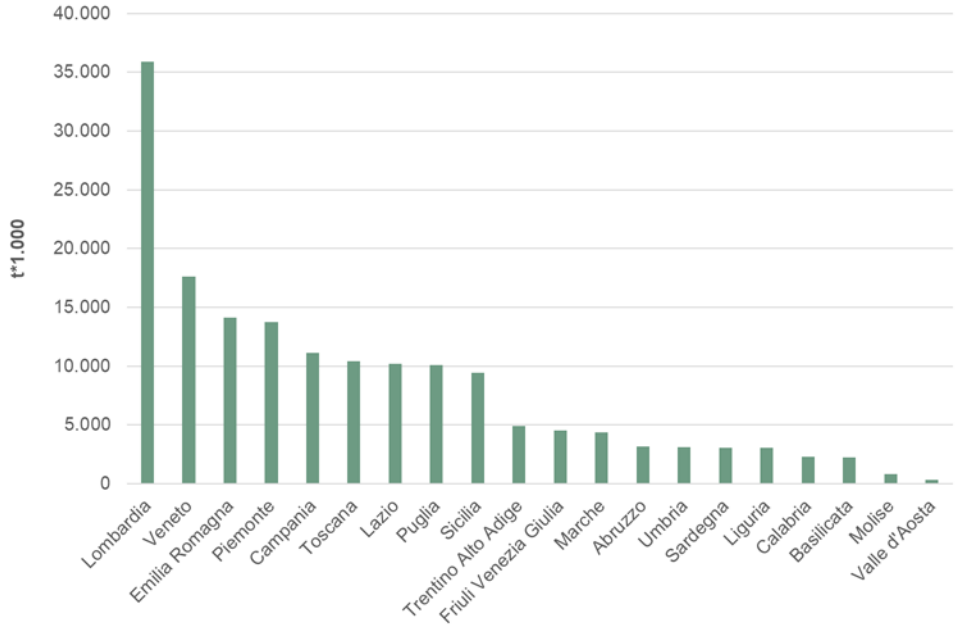
Messaggi in pillole

Dopo la flessione registrata nel biennio 2021–2022 (-2,1%), nel 2023 la produzione complessiva di rifiuti generati dal sistema produttivo nazionale — che comprende attività industriali, commerciali, artigianali, di servizi, nonché quelle legate al trattamento dei rifiuti e al risanamento ambientale — torna a crescere attestandosi a circa 164,5 milioni di tonnellate (+1,9%, oltre 3 milioni di tonnellate in più rispetto al 2022). Questo aumento si inserisce in un contesto di crescita economica, seppur più contenuta rispetto all'anno precedente: nel 2023, il PIL nazionale è salito dello 0,7%, a fronte del +4,8% registrato nel 2022. A conferma della stretta relazione tra attività economica e generazione di rifiuti, il rapporto tra rifiuti speciali prodotti e PIL risulta in lieve aumento: si passa da 84,7 tonnellate per ogni milione di euro di PIL nel 2022 a 85,6 tonnellate nel 2023. Un dato che segnala come la produzione di rifiuti cresca leggermente più rapidamente dell'economia nel suo complesso.

Produzione di Rifiuti speciali per PIL



Produzione dei rifiuti speciali, per regione (anno 2023)



Fonte: ISPRA

Nel 2023, la produzione di rifiuti speciali risulta fortemente concentrata in alcune regioni, con rilevanti differenze tra le macroaree geografiche del Paese.
Al Nord, dove si registra un totale di circa 94,1 milioni di tonnellate di rifiuti speciali, la Lombardia si conferma la principale regione produttrice, con quasi 35,9 milioni di tonnellate, pari al 38,1% del totale dell'area. Seguono il Veneto con circa 17,6 milioni di tonnellate (18,7%), l'Emilia-Romagna con 14,1 milioni di tonnellate (15%) e il Piemonte con 13,7 milioni di tonnellate (14,6%).
Nel Centro Italia, la produzione complessiva si attesta a quasi 28,1 milioni di tonnellate. I quantitativi maggiori si registrano in Toscana, con 10,4 milioni di tonnellate (37,2% del totale della macroarea), e nel Lazio, con circa 10,2 milioni di tonnellate (36,3%).
Anche nel Mezzogiorno si osservano concentrazioni significative: su un totale di quasi 42,3 milioni di tonnellate di rifiuti speciali prodotti nel 2023, la Campania contribuisce con oltre 11,1 milioni di tonnellate (26,4%), seguita dalla Puglia con 10,1 milioni (23,8%) e dalla Sicilia con 9,4 milioni (22,3%).
Questi dati confermano come la produzione di rifiuti speciali sia strettamente legata alla distribuzione delle attività produttive sul territorio nazionale, con una prevalenza marcata nelle regioni più industrializzate.

QUALITÀ DELL'ARIA: PM 2,5

Autori: Giorgio Cattani, Mariacarmela Cusano, Alessandro Di Menno di Bucchianico, Raffaela Gaddi, Alessandra Gaeta, Alessandra Galosi, Giuseppe Gandolfo, Gianluca Leone
ISPRA

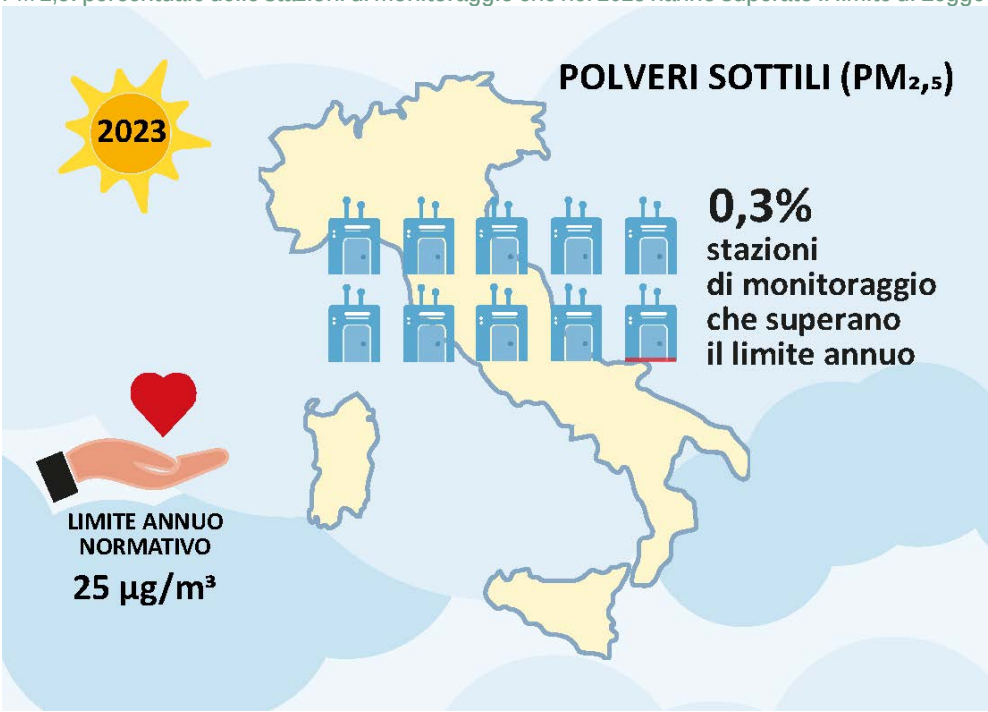
Messaggi chiave:

L'inquinamento atmosferico è un fattore di rischio per la salute umana e per gli ecosistemi. L'andamento delle concentrazioni del particolato PM 2,5 nel medio periodo (2014–2023) è generalmente decrescente; il valore limite previsto dalla normativa è rispettato nella quasi totalità delle stazioni, mentre l'obiettivo di raggiungere il livello raccomandato dall'OMS appare lontano.

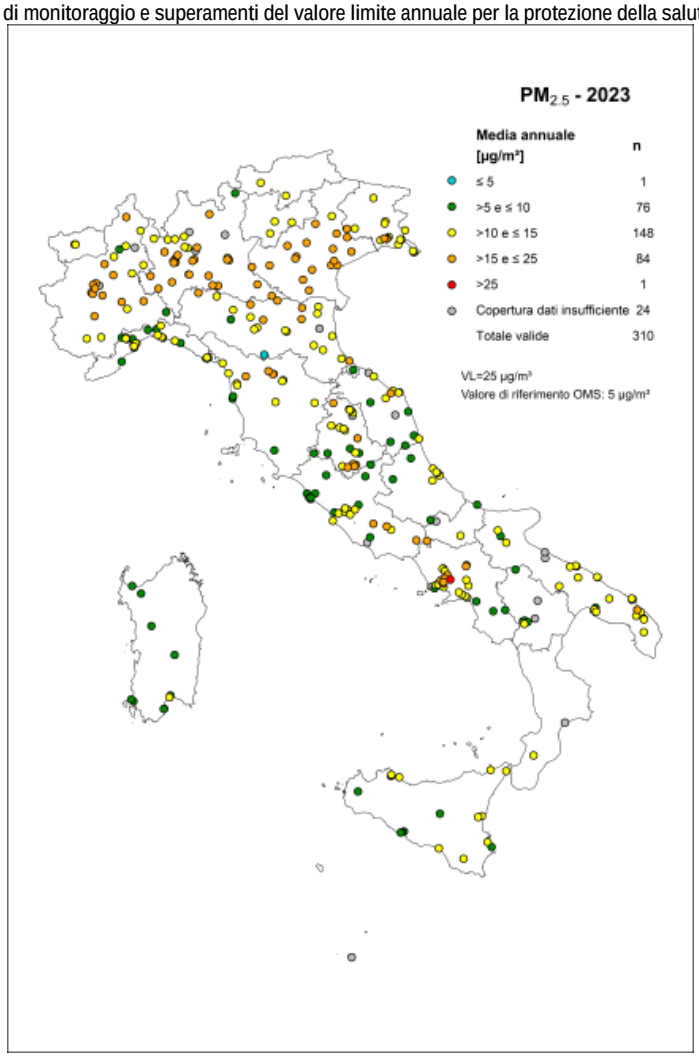
Messaggi in pillole

L'andamento decrescente dei livelli atmosferici di PM 2,5 prosegue, come risultato della riduzione congiunta delle emissioni di particolato primario e dei principali precursori del secondario (ossidi di azoto, ossidi di zolfo, ammoniaca e composti organici volatili). Il valore limite annuale del PM2,5 (25 µg/m³) è stato superato in una stazione pari allo 0,3% dei casi. Risulta tuttavia superato, nella maggior parte delle stazioni di monitoraggio, il valore di riferimento annuale dell'OMS (99,7% dei casi) che nelle nuove linee guida è pari a 5 µg/m³.

PM 2,5: percentuale delle stazioni di monitoraggio che nel 2023 hanno superato il limite di Legge



PM 2,5 - Stazioni di monitoraggio e superamenti del valore limite annuale per la protezione della salute (2023)



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati SNPA

Il valore di riferimento annuale dell'OMS, che è molto più rigoroso degli standard fissati dalla normativa vigente e si basa su quanto è ritenuto necessario per garantire la protezione della salute umana, è superato nella quasi totalità delle stazioni di monitoraggio (99,7%). In particolare, valori medi annui superiori a 15 µg/m³ (che rappresenta l'*interim target* 3 dell'OMS) sono stati registrati prevalentemente nelle regioni del bacino padano (Piemonte, Lombardia, Veneto ed Emilia-Romagna) e in Campania.
Tali valori interessano anche, il Friuli Venezia Giulia (provincia di Udine e Pordenone), la Toscana (in provincia di Lucca, Pistoia e Prato), l'Umbria, le Marche, il Lazio (a Roma e nella zona della Valle del Sacco), il Molise (la provincia di Isernia) e la Puglia (Brindisi); in questi casi i superamenti del valore di 15 µg/m³ sono per lo più limitati a specifiche aree dove esistono localmente fonti emissive significative e/o condizioni meteorologiche che favoriscono l'accumulo degli inquinanti.

.

ESPOSIZIONE DELLA POPOLAZIONE AL PM 2,5

Autori: Alessandra Gaeta[1], Massimo Stafoggia[2], Federica Nobile[2], Massimiliano Bultrini[1], Simona Buscemi[1], Giorgio Cattani[1], Maria Antonietta Reatini[1]
[1]ISPRA
[2]Dipartimento di Epidemiologia del Servizio Sanitario Regionale-Regione Lazio ASL Roma 1

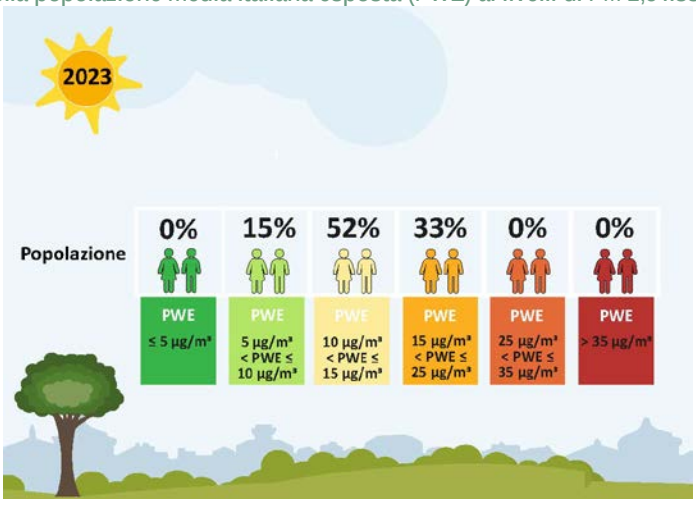
Messaggi chiave

Le stime sanitarie più accreditate attribuiscono una porzione significativa di morti premature e riduzione della speranza di vita legate all'esposizione agli inquinanti atmosferici. La valutazione dell'esposizione della popolazione e della relativa variabilità spaziale e temporale *outdoor* rappresenta un passaggio fondamentale per gli studi epidemiologici che mettono in relazione l'esposizione all'inquinamento atmosferico e gli effetti sulla salute.

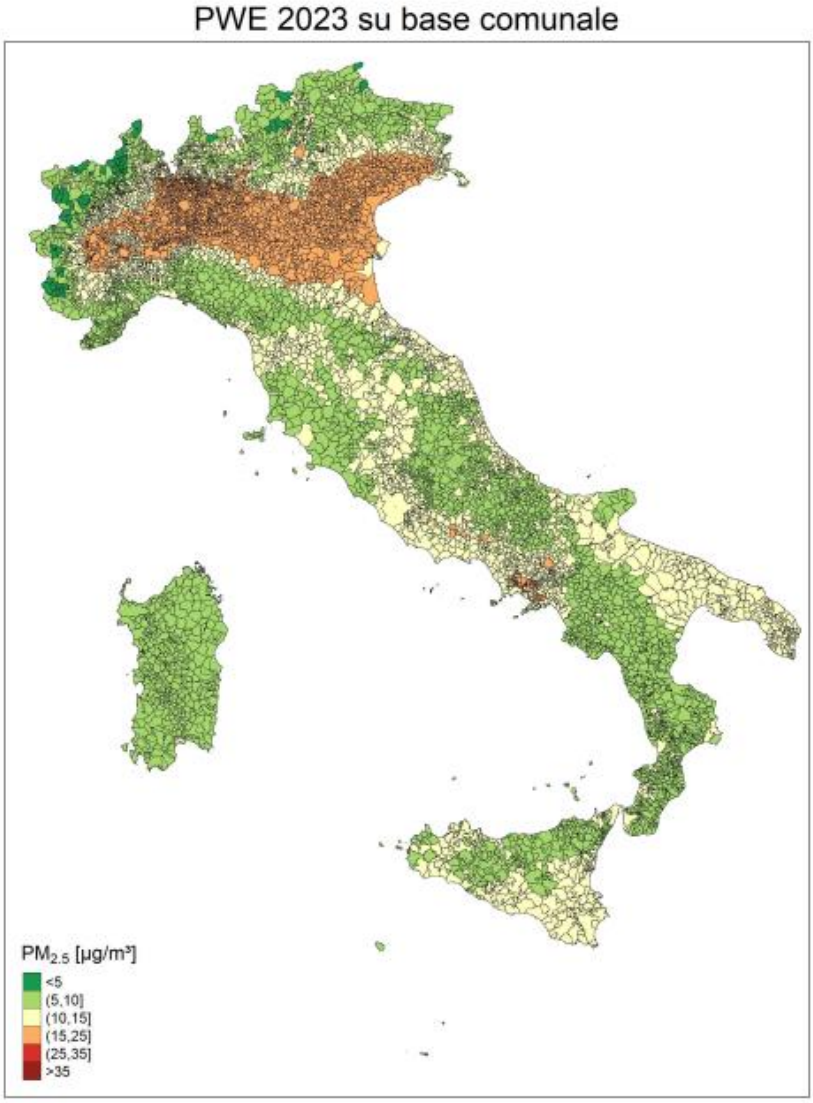
Messaggi in pillole

Al fine di stimare livelli medi giornalieri di PM 2,5 sull'intero territorio italiano è stato sviluppato e validato un modello alla risoluzione di 1km^2 basato su un algoritmo di *machine learning, il random forest*, mettendo in relazione le concentrazioni giornaliere misurate nelle stazioni di monitoraggio con predittori spaziali (densità di popolazione, rete stradale, copertura del suolo, altitudine, ecc.) e spazio-temporali (modelli di dispersione, variabili meteorologiche). L'esposizione media annuale della popolazione è stata calcolata pesando le concentrazioni stimate a livello di singola cella di 1 km^2 per la popolazione residente all'interno della cella stessa (*Population Weighted Exposure*, PWE). Dal 2016 al 2023, si registra, nel complesso, una tendenza dei valori della PWE alla diminuzione, con la sola eccezione del 2017, anno in cui si osserva un valore medio più elevato (16 µg/m^3). La media nazionale, infatti, passa da 15 µg/m^3 nel 2016 a 12 µg/m^3 nel 2023, facendo registrare una riduzione pari al 20%. Il periodo investigato comunque è troppo breve per poter stimare un *trend* e la sua significatività statistica, che quindi è non definibile e appare evidente, nella maggior parte dei casi, quando si analizzano i dati su un orizzonte temporale di 10 anni o più.

Percentuale della popolazione media italiana esposta (PWE) ai livelli di PM 2,5 fissati dall'OMS.



Esposizione media al PM 2,5 pesata per la popolazione su base comunale (2023).



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati del Dipartimento di epidemiologia del servizio sanitario regionale del Lazio

Nel 2023, il 100% della popolazione è stato esposto a livelli superiori al valore guida dell'OMS (5 µg/m^3); l'85% risulta esposto a livelli superiori all'*interim target* IT 4 (10 µg/m^3); il 33% della popolazione è stato esposto a livelli superiori all'IT3 (15 µg/m^3). In quest'ultimo caso la popolazione esposta è concentrata principalmente nell'area padana, interessando Lombardia, Veneto, Piemonte ed Emilia-Romagna. In nessun comune si sono registrati livelli di PWE superiore all'IT2 (25 µg/m^3).
La media nazionale della PWE è stata pari a 12 µg/m^3 (4 - 25 µg/m^3, range minimo-massimo).

QUALITÀ DELL'ARIA: PM10

Autori: Giorgio Cattani, Mariacarmela Cusano, Alessandro Di Menno di Bucchianico, Raffaela Gaddi, Alessandra Gaeta, Alessandra Galosi, Giuseppe Gandolfo, Gianluca Leone
ISPRA

Messaggi chiave

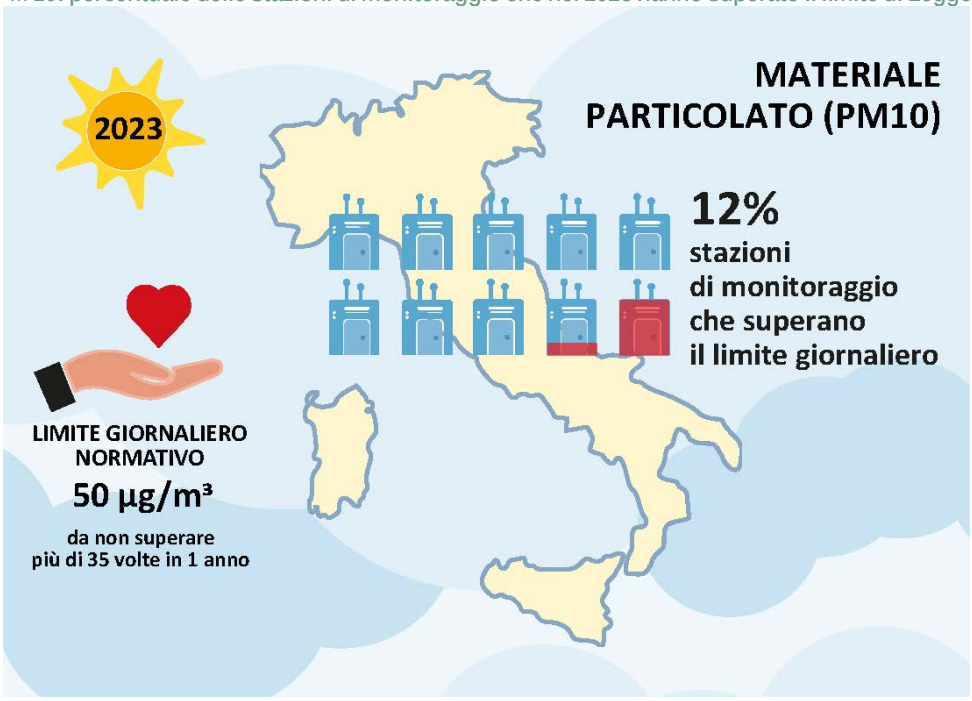
L'inquinamento atmosferico è un fattore di rischio per la salute umana e per gli ecosistemi. L'andamento delle concentrazioni del particolato PM10 nel medio periodo (2014–2023) è generalmente decrescente; tuttavia, i limiti previsti dalla normativa non sono rispettati e l'obiettivo di raggiungere i livelli raccomandati dall'OMS appare lontano.

Messaggi in pillole

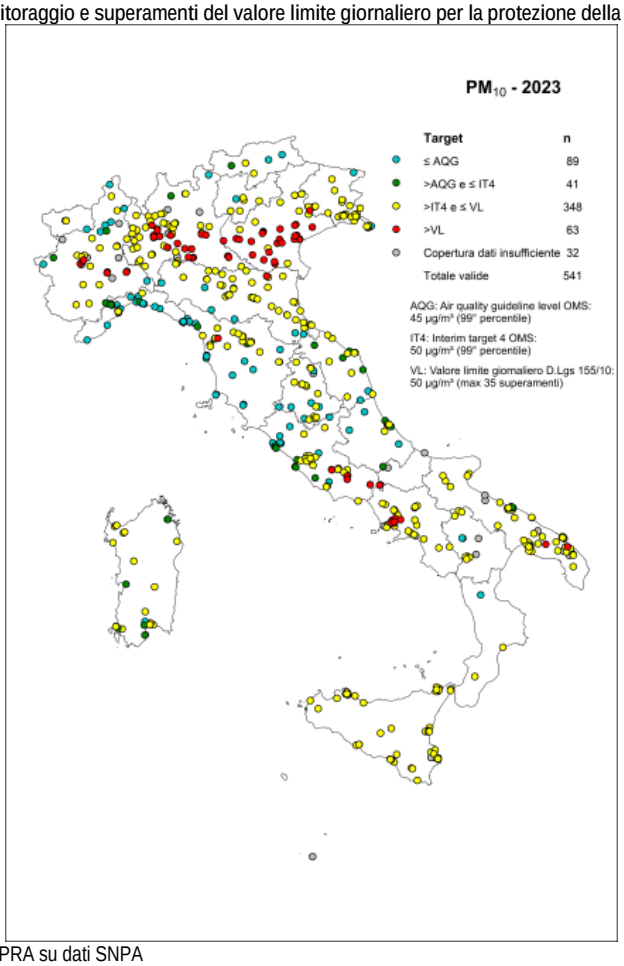
Nel 2023 i livelli di PM10 in Italia hanno continuato a diminuire, grazie alla riduzione congiunta delle emissioni di particolato primario e dei principali precursori del particolato secondario (ossidi di azoto, ossidi di zolfo, ammoniaca, composti organici volatili). Per la prima volta da quando si effettuano misurazioni in Italia, il valore limite annuale di 40 µg/m³ è stato rispettato in tutte le stazioni di monitoraggio.

Tuttavia, restano criticità: l'obiettivo dell'OMS, pari a 45 µg/m³ calcolato al 99° percentile delle medie giornaliere, è stato superato nell'84% dei casi. Anche il rispetto del limite giornaliero previsto dalla normativa (50 µg/m³, con non più di 35 superamenti l'anno) non è stato raggiunto ovunque: nel 2023 si registrano superamenti nel 12% delle stazioni.

PM 10: percentuale delle stazioni di monitoraggio che nel 2023 hanno superato il limite di Legge.



PM10 Stazioni di monitoraggio e superamenti del valore limite giornaliero per la protezione della salute (2023)



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati SNPA
Legenda: AQG - Air Quality Guideline Levels OMS: 45 µg/m³, 99° percentile; IT4 - *Interim Target* 4 OMS: 50 µg/m³, 99° percentile; VL - Valore Limite per la protezione della salute umana D.Lgs.155/2010: 50 µg/m³, da non superare più di 35 volte per anno civile

I superamenti del valore limite giornaliero sono localizzati nel bacino padano dove esistono condizioni meteoclimatiche e orografiche uniche, anche rispetto al contesto europeo, che favoriscono, in particolare nei mesi invernali, l'accumulo degli inquinanti in atmosfera e i processi chimico-fisici che determinano la formazione di particolato secondario.
Altri superamenti del valore limite giornaliero sono stati rilevati nel Lazio, nell'area della Valle del Sacco (provincia di Frosinone) e in Campania, in provincia di Napoli
Isolati superamenti si registrano inoltre in Friuli, nella zona di pianura in provincia di Pordenone; in Toscana nella zona della piana Lucchese; in Molise, nella zona della pianura Venafrana, in provincia di Isernia e in provincia di Brindisi; in questi casi i superamenti sono per lo più limitati a specifiche aree dove esistono localmente fonti emissive significative e/o condizioni meteorologiche che favoriscono l'accumulo degli inquinanti.

STATO CHIMICO DELLE ACQUE SUPERFICIALI INTERNE

Autori: Silvia Iaccarino, Francesca Piva
ISPRA

Messaggi chiave

Lo stato chimico è valutato in base alle concentrazioni, nelle matrici acqua e biota, delle sostanze chimiche appartenenti all'Elenco di Priorità di tab 1/A (D.Lgs. 152/2006 ss.mm.ii), distinte in prioritarie, pericolose prioritarie e altre sostanze. Per ogni sostanza dell'Elenco di Priorità la norma italiana, in attuazione delle Direttive europee, fissa gli Standard di Qualità Ambientale (SQA) che devono essere rispettati per poter assegnare lo stato chimico buono a un corpo idrico. Lo stato chimico concorre, assieme allo stato ecologico, alla valutazione dello "stato ambientale" complessivo di ogni corpo idrico.

Messaggi in pillole

Sulla base dei dati contenuti nei Database distrettuali del Reporting WISE (aggiornamento ottobre 2022) del 3° Piano di Gestione delle Acque (PdG) (2021-2027), nei sette distretti idrografici nazionali, i corpi idrici superficiali interni identificati sono 7.226, di cui 6.878 fiumi e 348 laghi. A livello nazionale, il 78% dei fiumi è in stato chimico buono, il 13% non buono e il 9% non è stato classificato. Per i laghi, il 69% è in stato buono, il 11% non buono e il 20% non è stato classificato. Complessivamente, si registra un generale aumento, rispetto al 2° PdG, dei corpi idrici superficiali acque interne classificati in stato chimico buono e una riduzione dei corpi idrici non classificati.

Stato chimico acque interne. Monitoraggi 2015-2021

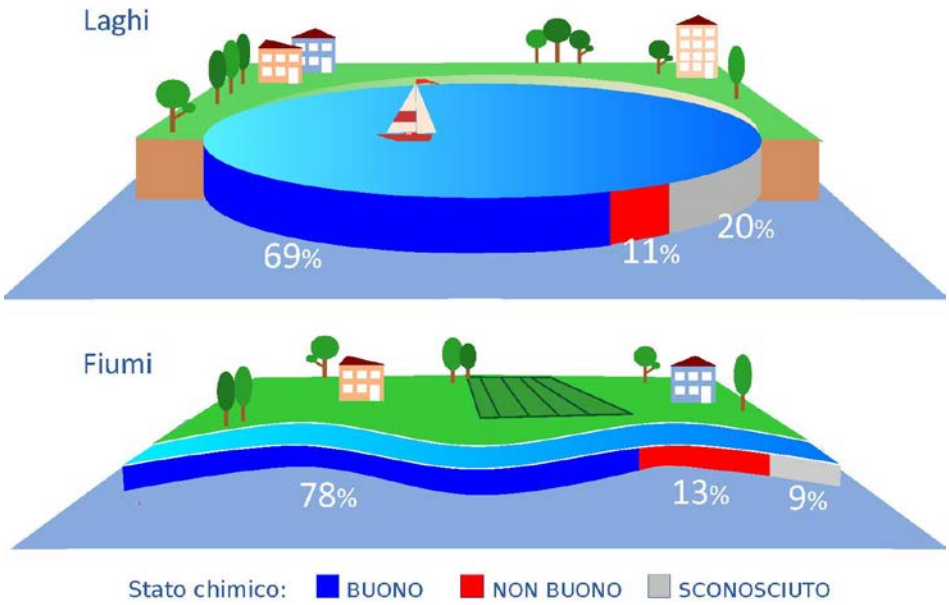
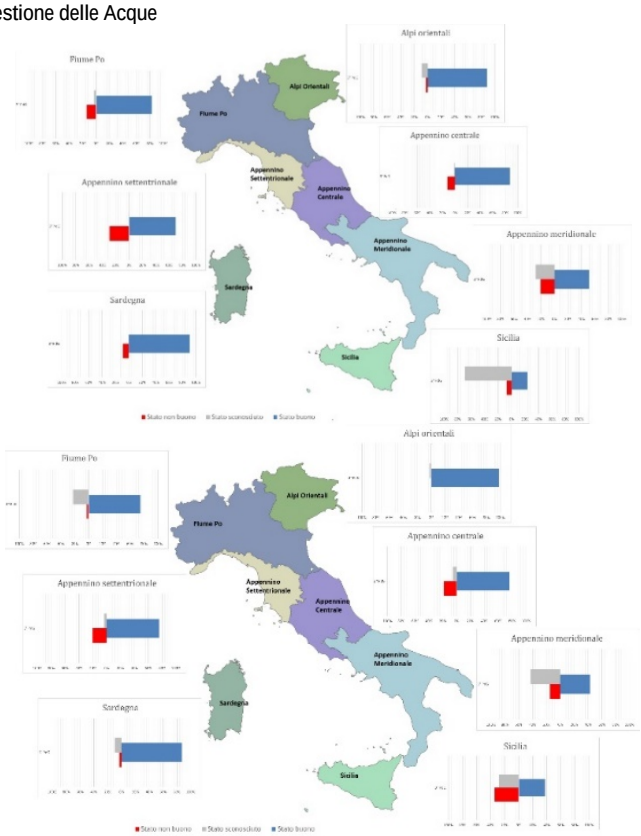


Figura: Stato chimico dei corpi idrici superficiali per distretto idrografico- fiumi (sopra) e laghi (sotto) - 3° ciclo (2021-2027) dei Piani di Gestione delle Acque



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati reporting WISE 2022 (aggiornamento ottobre 2022)

A livello nazionale, per quanto riguarda i fiumi, si registra un aumento, rispetto al 2° PdG, dei corpi idrici classificati in stato chimico buono, che salgono al 78%, mentre i corpi idrici in stato non buono si attestano al 13%. Dimezzata, invece, la percentuale di corpi idrici non classificati, che scende al 9%. Per i laghi si evidenzia una crescita netta dei corpi idrici in stato chimico buono, che raggiunge il 69%, mentre quelli in stato non buono restano sostanzialmente invariati; diminuiscono, invece, i corpi idrici non classificati (20%). Nella maggior parte dei distretti aumentano i corpi idrici fluviali in stato chimico buono rispetto al precedente sessennio, pur con percentuali di raggiungimento dell'obiettivo molto diverse tra loro. Un leggero calo si registra nei Distretti Fiume Po e Appennino Centrale, per i quali tuttavia le percentuali di corpi idrici che raggiungono l'obiettivo risultano comunque superiori alla media nazionale, attestandosi, rispettivamente, all'83% e 87%. Il miglioramento più marcato si registra nel Distretto Sardegna: 91% dei fiumi raggiunge lo stato chimico buono, con la totalità dei corpi idrici classificati. Nei Distretti Appennino Meridionale e Sicilia, le percentuali dei corpi idrici in stato buono restano inferiori alla media nazionale, 23% e 51%, ma si evidenzia un significativo aumento dei corpi idrici classificati rispetto al precedente ciclo di gestione. Per quanto riguarda i laghi, aumentano sensibilmente i corpi idrici in stato chimico buono in quasi tutti i distretti, con percentuali che raggiungono l'87% nel Distretto Sardegna e il 97% in quello delle Alpi Orientali. Nei Distretti Sicilia e Appennino Meridionale, invece, i corpi idrici che raggiungono l'obiettivo non superano il 40-45%, ma si è comunque ridotta significativamente la percentuale di laghi non classificati.

STATO ECOLOGICO DELLE ACQUE SUPERFICIALI INTERNE

Autori: Silvia Iaccarino, Francesca Piva
ISPRA

Messaggi chiave

Lo stato ecologico si basa sulla valutazione degli Elementi di Qualità Biologica (EQB), da monitorare nei corpi idrici, selezionati in base all'analisi delle pressioni e degli impatti, supportati dalle caratteristiche fisico-chimiche della colonna d'acqua, dagli elementi chimici (inquinanti specifici) e dalle caratteristiche idromorfologiche del corpo idrico. Gli EQB monitorati nelle acque superficiali interne sono: macrobenthos, macrofite, fauna ittica e il fitobenthos (diatomee) nei fiumi, il fitoplancton nei laghi.

Messaggi in pillole

Sulla base dei dati contenuti nei Database distrettuali del Reporting WISE (aggiornamento ottobre 2022) del 3° Piano di Gestione delle Acque (PdG) (2021-2027), nei sette distretti idrografici nazionali, i corpi idrici superficiali interni identificati sono 7.226, di cui 6.878 fiumi e 348 laghi. La Direttiva 2000/60/CE (recepita in Italia con il D.Lgs. 152/2006) impone il raggiungimento del "buono" stato di qualità dei corpi idrici che è dato dalla valutazione dello stato ecologico e dello stato chimico. A livello nazionale, lo stato ecologico delle acque superficiali interne – fiumi e laghi - raggiunge l'obiettivo buono e superiore per il 43% dei corpi idrici, mentre il 10% dei corpi idrici è ancora in stato sconosciuto. In generale lo stato ecologico non differisce molto dal precedente ciclo di gestione se non per la percentuale di laghi in stato buono, aumentata dal 17% al 35%.

Stato ecologico delle acque superficiali interne. Monitoraggi 2015-2021

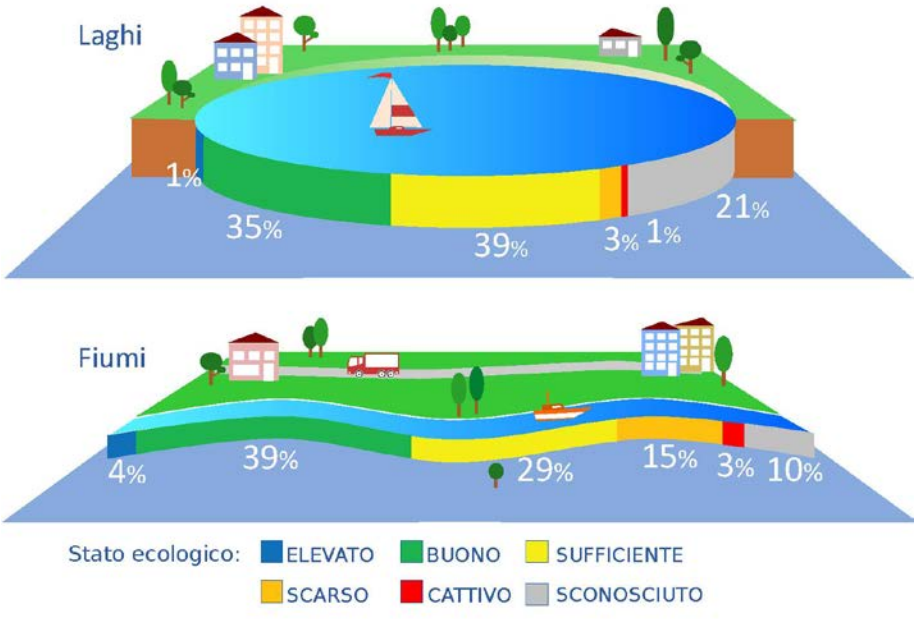
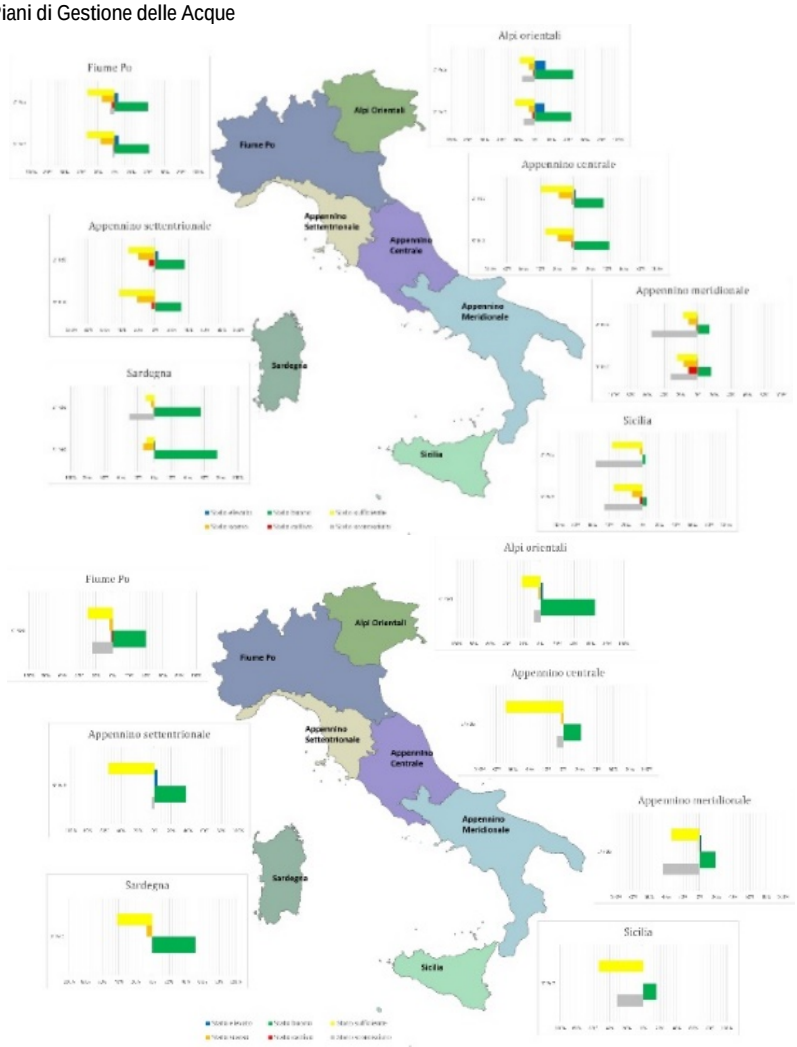


Figura: Stato ecologico dei corpi idrici superficiali per distretto idrografico - fiumi (sopra) e laghi (sotto) - 3° ciclo (2021-2027) dei Piani di Gestione delle Acque



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati reporting WISE 2022 (aggiornamento ottobre 2022)

I dati di classificazione contenuti nel 3° PdG mostrano che lo stato ecologico dei fiumi non si differenzia di molto rispetto al 2°PdG, per tutti i Distretti tranne che per la Sardegna, dove si ha un aumento della percentuale di corpi idrici in stato buono che passa dal 55% al 76%. Per quanto riguarda i laghi, invece, si rileva un aumento dei corpi idrici che hanno raggiunto l'obiettivo buono e superiore in quasi tutti i Distretti, anche se le percentuali sono ancora basse, tranne per il Distretto Alpi Orientali (68%) e il Distretto Sardegna che passa dal 9% del 2° PdG al 52% del 3° PdG. Da considerare anche che il numero dei corpi idrici è cambiato tra il 2° e il 3° ciclo di gestione, in particolare per i fiumi: infatti, si avevano 7.493 corpi idrici nel 2° PdG a fronte dei 6.878 del 3° PdG. Per quanto riguarda i laghi il numero di corpi idrici è aumentato di uno (348) nel 3° PdG. Con la Legge 221/2015 sono stati ridefiniti i limiti dei Distretti Idrografici e quindi per operare un confronto tra 2° e 3° ciclo del PdG, i corpi idrici del 2° ciclo sono stati assegnati ai Distretti secondo la nuova perimetrazione.

STATO CHIMICO DELLE ACQUE SOTTERRANEE (SCAS)

Autori: Silvia Iaccarino, Francesca Piva
ISPRA

Messaggi chiave:

L'indicatore di Stato Chimico delle Acque Sotterranee (SCAS) fornisce una valutazione della qualità chimica dei corpi idrici sotterranei italiani in base al confronto delle concentrazioni di alcuni inquinanti rispetto agli Standard di Qualità Ambientale e ai Valori Soglia delle tabelle 2 e 3 del DM 6/7/2016. A seconda se vengono rispettati o meno i limiti di concentrazione tabellari, lo stato chimico di un corpo idrico può risultare in stato buono o scarso e concorre, insieme allo stato quantitativo, a definire lo stato complessivo dei corpi idrici sotterranei.

Messaggi in pillole

A livello nazionale, nel sessennio di classificazione 2015-2021, inerente al 3° Piano di Gestione delle acque (PdG), si evidenzia un aumento dei corpi idrici sotterranei classificati in stato chimico buono, che raggiungono il 70% del totale (rispetto al 58% del 2° PdG), con una percentuale di corpi idrici in stato scarso del 27%. A livello di distretto si rilevano percentuali variabili di raggiungimento del buono stato, ma in generale aumento rispetto al precedente PdG.

Stato chimico delle acque sotterranee. Monitoraggi 2015-2021

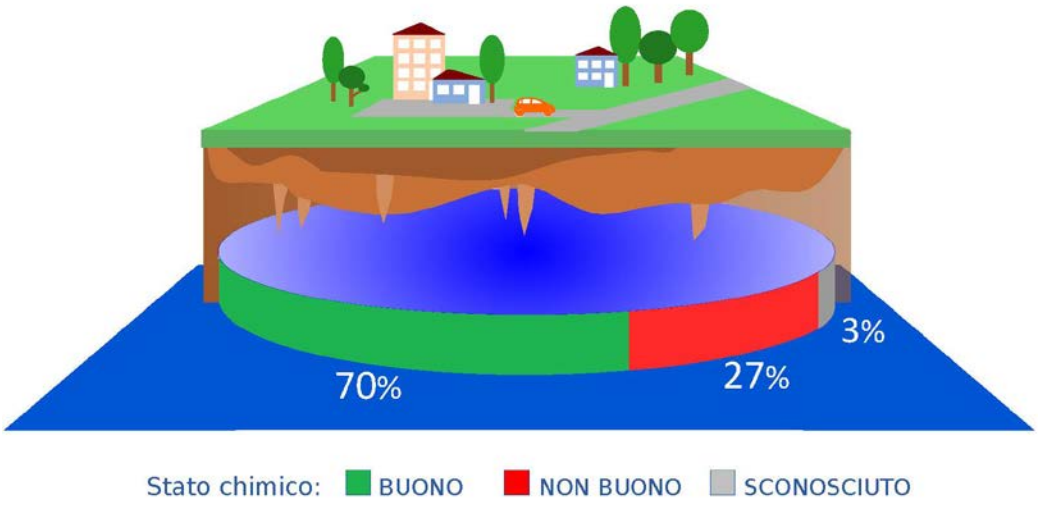
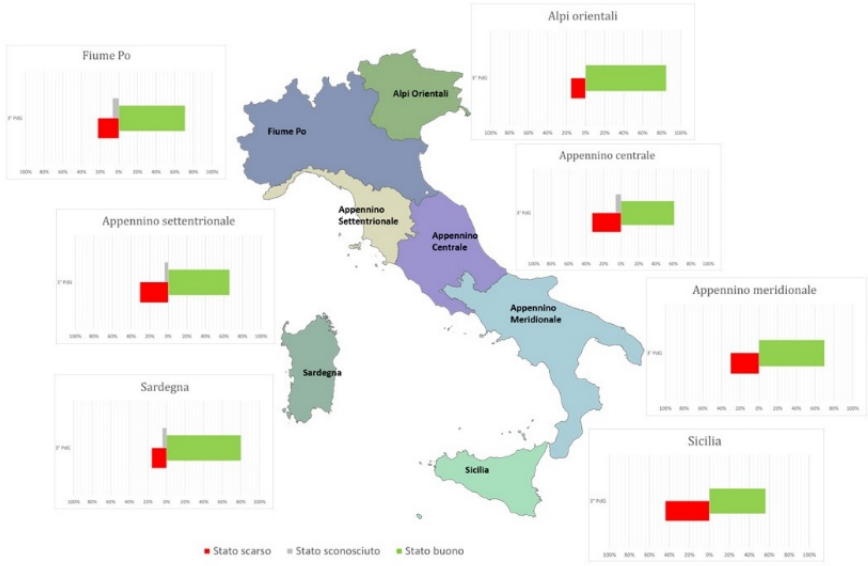


Figura: Stato chimico dei corpi idrici sotterranei per distretto idrografico - 3° ciclo (2021-2027) dei Piani di Gestione delle Acque



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Reporting WISE 2022 (aggiornamento ottobre 2022)

A livello nazionale, nel sessennio di classificazione 2015-2021, inerente il 3° PdG (dati reporting WISE aggiornati a ottobre 2022), l'obiettivo del buono stato chimico è raggiunto da 708 corpi idrici sotterranei su 1.009 totali. Rispetto al ciclo precedente, si evidenzia un aumento dei corpi idrici sotterranei classificati in stato chimico buono, che raggiungono il 70% del totale (rispetto al 58% del 2° PdG), con una percentuale di corpi idrici in stato scarso del 27% e un'esigua percentuale di corpi idrici ancora non classificati. A livello di distretto, le percentuali di corpi idrici sotterranei che raggiungono lo stato chimico buono variano dal 56%, registrato nel Distretto Sicilia, all'85%, nel Distretto Alpi Orientali. Si evidenzia un generale aumento di corpi idrici in stato chimico buono rispetto al precedente PdG. Nei Distretti Alpi Orientali, Fiume Po, Appennino Meridionale e Sardegna si rilevano percentuali di raggiungimento dell'obiettivo pari o superiori alla media nazionale. La percentuale di corpi idrici sotterranei in stato chimico scarso è variabile tra distretti ed è compresa tra il 15% e il 33% del totale, a eccezione del Distretto Sicilia dove risulta pari al 44%. Si evidenzia, tuttavia, che la classificazione è stata estesa alla maggior parte dei corpi idrici sotterranei, con percentuali di corpi idrici non classificati in netta riduzione in quasi tutti i distretti e la totalità di corpi idrici classificati nei Distretti Alpi Orientali, Appennino Meridionale e Sicilia.

STATO ECOLOGICO DELLE ACQUE MARINO COSTIERE

Autori: Silvia Iaccarino, Marina Penna
ISPRA

Messaggi chiave:

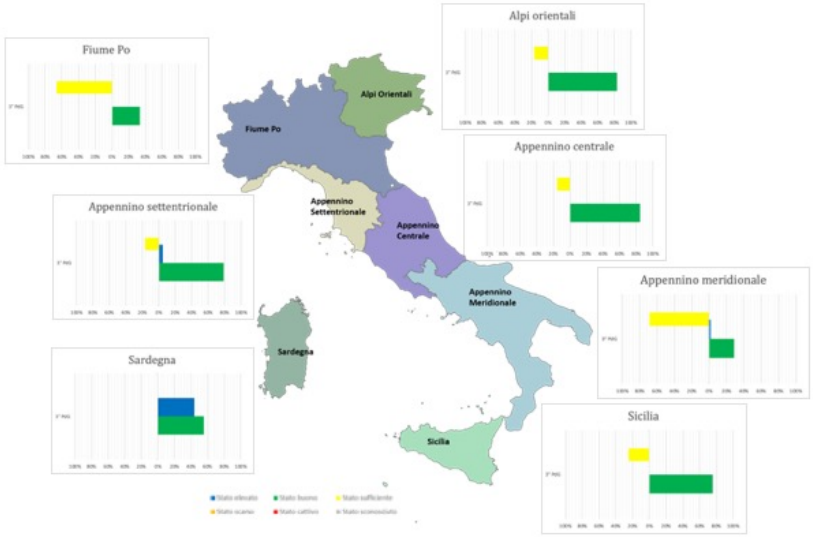
La definizione dello stato ecologico delle acque marino-costiere si basa sulla valutazione dello stato di qualità della flora acquatica e dei macroinvertebrati bentonici supportati dalle caratteristiche fisico-chimiche della colonna d'acqua e dalle caratteristiche idromorfologiche del corpo idrico, sulla base di metodiche condivise da tutti i Distretti idrografici e a livello europeo. È assegnato in base al più basso dei valori di classificazione degli EQB (fitoplancton, macroinvertebrati bentonici, macroalghe e angiosperme), selezionati in base all'analisi delle pressioni, secondo il principio del "*one out - all out*", sintetizzato, poi, attraverso un giudizio basato su cinque classi di qualità: "elevato", "buono", "sufficiente", "scarso" e "cattivo".

Messaggi in pillole

In base all'analisi dei dati riportati dai Distretti nel 3° Reporting alla Commissione europea relativo al sessennio 2021-2027 (3° Piano di Gestione delle Acque – PdG - aggiornamento ottobre 2022), lo stato ecologico delle acque marino costiere italiane risulta eterogeneo. A livello nazionale i corpi idrici in stato ecologico buono ed elevato sono più del 60% del totale (291 corpi idrici su 394 totali). Dal confronto tra i dati del 2° PdG (2015-2021) e del 3° PdG, si rileva un aumento dei corpi idrici nello stato ecologico buono ed elevato, che passano dal 55% al 66%.

Stato ecologico delle acque marino costiere. Monitoraggi 2015-2021

Figura: Stato ecologico dei corpi idrici marino costieri per distretto idrografico - 3° ciclo (2021-2027) dei Piani di Gestione delle Acque



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Reporting WISE 2022 (aggiornamento ottobre 2022)

L'analisi delle acque marino costiere a livello nazionale mostra che i corpi idrici in stato ecologico buono ed elevato sono più del 66% (291 corpi idrici su 394 totali), pertanto si sta avvicinando l'obiettivo previsto dalla normativa vigente. I Distretti delle Alpi Orientali, Appennino Settentrionale, Appennino Centrale, Sicilia e Sardegna presentano una percentuale di corpi idrici in stato buono ed elevato maggiore o uguale al 70%. Il Distretto della Sardegna è quello con la percentuale più alta di corpi idrici in stato ecologico elevato (44%), mentre il Distretto del Fiume Po e dell'Appennino Meridionale hanno rispettivamente il 67% (2 corpi idrici su 3 totali) e il 69% (100 corpi idrici su 145 totali) in stato ecologico sufficiente. Tale indicatore intercetta il traguardo 14.1 dell'SDG 14, cioè quello di prevenire e ridurre entro il 2025 in modo significativo ogni forma di inquinamento marino, in particolar modo quello derivante da attività esercitate sulla terraferma.

STATO CHIMICO DELLE ACQUE MARINO COSTIERE

Autori: Silvia Iaccarino, Marina Penna
ISPRA

Messaggi chiave

Lo stato chimico delle acque marino costiere si basa sulla valutazione della presenza di sostanze inquinanti, da rilevare nelle acque, nei sedimenti o nel biota, indicate come “prioritarie” e “pericolose prioritarie” con i relativi Standard di Qualità Ambientale (SQA), che non devono essere superati nei corpi idrici ai fini della classificazione del buono stato chimico. La normativa (D.Lgs. 152/2006) impone il raggiungimento del “buono" stato dei corpi idrici (chimico + ecologico) entro le date fissate dalla normativa vigente, al mancato raggiungimento degli obiettivi ambientali conseguono le misure di risanamento.

Messaggi in pillole

In base all’analisi dei dati riportati dai Distretti nel 3° Reporting alla Commissione europea relativo al sessennio 2021-2027 (3° PdG), lo stato chimico delle acque marino costiere italiane risulta eterogeneo. A livello nazionale il 51% dei corpi idrici marino costieri è nello stato chimico buono. In termini generali, i corpi idrici nello stato chimico buono sono comparabili nei due PdG, tuttavia sono aumentati i corpi idrici nello stato chimico non buono nel 3° PdG (49%).

Stato chimco delle acque marino costiere. Monitoraggi 2015-2021

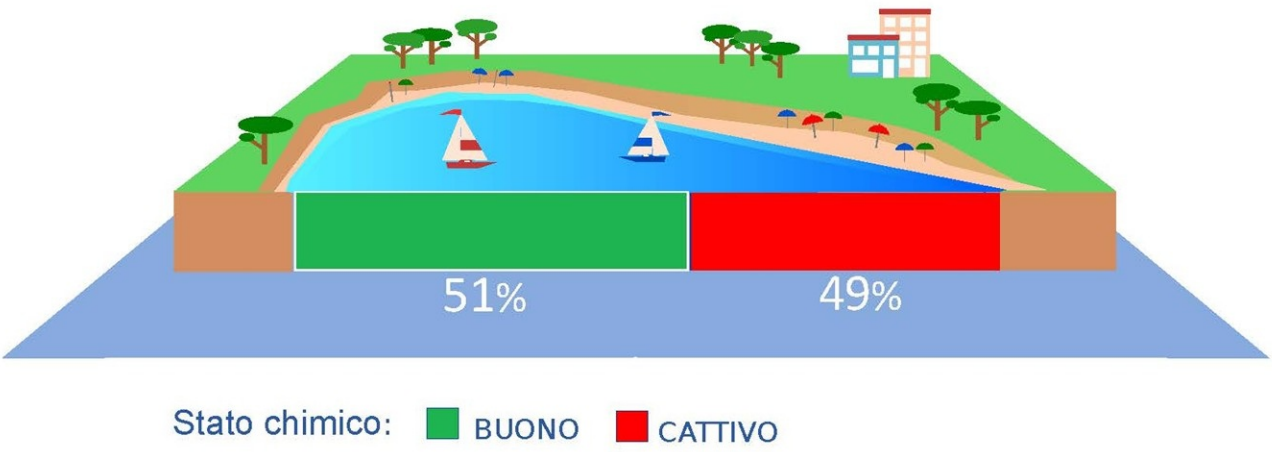
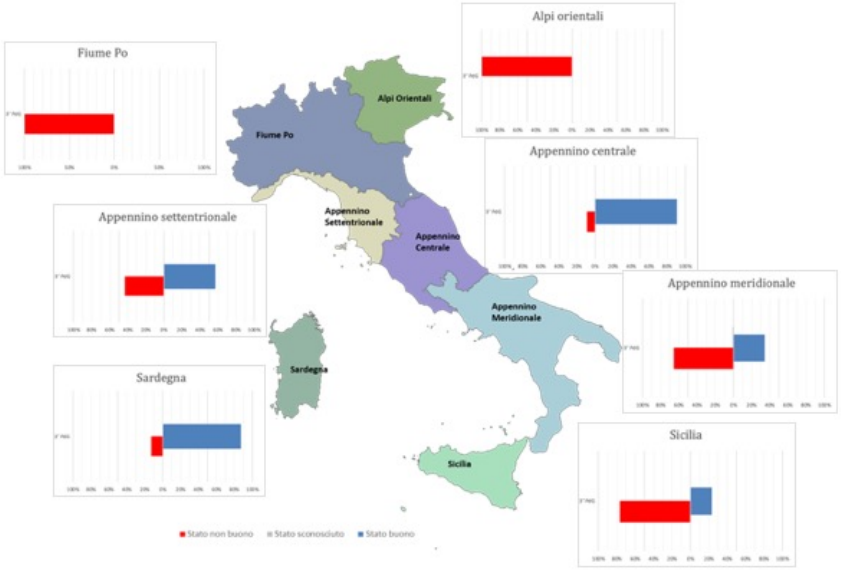


Figura: Stato chimico delle acque marino costiere – 3° ciclo (2021-2027) dei Piani di Gestione



Fonte: Elaborazione ISPRA su su dati Reporting WISE 2022 (aggiornamento ottobre 2022)

Nel sessennio di monitoraggio 2015-2021 (aggiornamento ottobre 2022), il 51% dei corpi idrici marino costieri è nello stato chimico buono, non raggiungendo ancora l'obiettivo previsto dalla normativa. I Distretti delle Alpi Orientali e del Fiume Po presentano la totalità dei corpi idrici in stato chimico non buono (rispettivamente 12 e 3 corpi idrici); anche la Sicilia e il Distretto dell'Appennino Meridionale mostrano percentuali elevate di corpi idrici in stato non buono, rispettivamente più del 70% e più del 60%. Nei Distretti dell'Appennino Settentrionale, dell'Appennino Centrale e della Sardegna si rilevano, invece, rispettivamente più del 50%, più del 90% e più dell'80% in stato chimico buono. Dal confronto tra Piani di Gestione, emerge che nel 2° PdG i corpi idrici con stato chimico sconosciuto sono stati il 26% (147 corpi idrici su 561 totali), mentre nel 3° PdG si ha solo un corpo idrico. Per quanto attiene il confronto tra i Distretti emerge che per le Alpi Orientali e il Fiume Po lo stato chimico è passato dal 38% (9 corpi idrici su 24) e 20% (un corpo idrico su 3), rispettivamente, di corpi idrici in stato buono al 100% in stato non buono (rispettivamente 12 corpi idrici e 3 corpi idrici). Per i Distretti della Sicilia e dell'Appennino Meridionale, che nel 2° PdG avevano rispettivamente il 74% (48 corpi idrici su 65) e il 56% (98 corpi idrici su 176) di corpi idrici in stato sconosciuto, lo stato chimico non buono è passato rispettivamente dal 20% (13 corpi idrici su 65 totali) al 77% (50 corpi idrici su 65 totali) e dal 27% (47 corpi idrici su 176 totali) al 65% (96 corpi idrici su 145 totali).

SUPERFICIE NAZIONALE AD AGRICOLTURA BIOLOGICA

Autori: Roberto Daffinà, Alessandra Galosi, Valerio Silli
ISPRA

Messaggi chiave

L'analisi della evoluzione delle superfici agricole con metodi di produzione biologica consente di conoscere la diffusione sul territorio delle pratiche colturali agronomiche più idonee a garantire un buon livello di qualità ambientale e di biodiversità, la salubrità degli alimenti e il benessere degli animali da allevamento. L'obiettivo nazionale del 25% della superficie a biologico entro il 2027, definito nel Piano Strategico Nazionale Politica Agricola Comune 2023-2027, si caratterizza per essere più ambizioso rispetto all'analogo obiettivo europeo (definito dalla Strategia *Farm to Fork*), fissato al 2030.

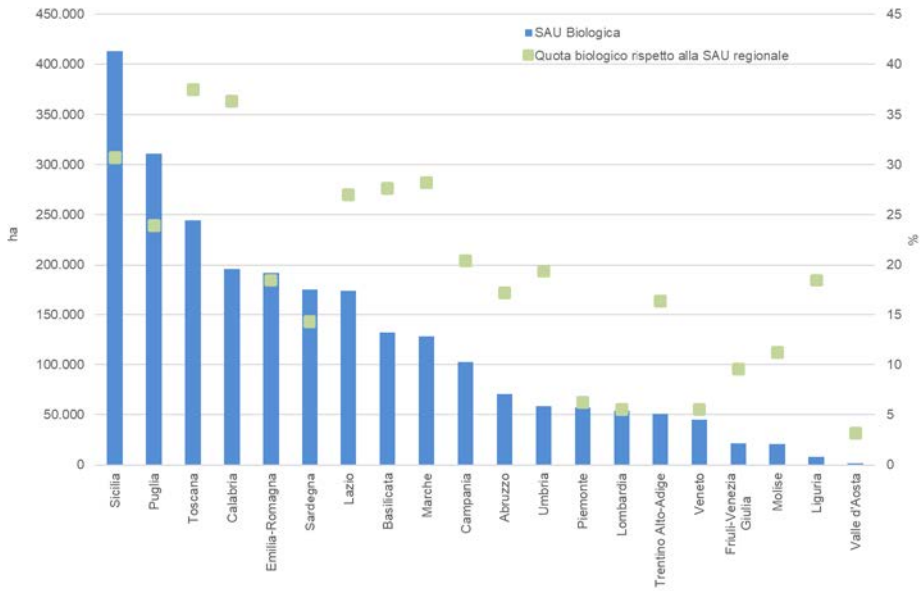
Messaggi in pillole

Nel 2023, il SINAB (Sistema di Informazione Nazionale sull'Agricoltura Biologica) indica che l'agricoltura biologica in Italia ha raggiunto una superficie coltivata di 2.456.020 ettari, coinvolgendo circa 94,4 mila operatori biologici. Il biologico interessa il 19,8% della superficie agricola utilizzata (SAU) e il 7,4% del numero di aziende agricole (Censimento ISTAT 2020). Negli ultimi 33 anni l'andamento è stato crescente sia in termini di operatori sia di superficie coltivata, in controtendenza rispetto allo storico declino della superficie agricola utilizzata in Italia. In particolare, dal 2010 sia la superficie agricola utilizzata sia il numero di operatori biologici sono raddoppiati. A livello europeo, l'Italia è tra gli stati membri più virtuosi: la superficie agricola biologica complessiva dell'UE27 è circa il 10% della SAU.

Agricoltura biologica: superficie coltivata e operatori. Anno 2023

Legenda: pp = punti percentuali

Superficie agricola utilizzata con il metodo biologico nelle regioni italiane (2023)



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati MiPAAF (SINAB) e ISTAT

Nel complesso, l'agricoltura biologica italiana si concentra prevalentemente in cinque regioni: Sicilia, Puglia, Toscana, Calabria ed Emilia-Romagna, che vanno a rappresentare, nell'ordine, il 55% della superficie agricola biologica nazionale e il 53% degli operatori biologici. Il monitoraggio per regione del raggiungimento della soglia del 25% di delle superfici agricole al regime di produzione biologica, contenuta nella Strategia *Farm to Fork* e nel PSP 2023-2027, evidenzia come numerosi territori del Mezzogiorno e del Centro (Toscana, Calabria, Sicilia, Marche, Basilicata e Lazio) abbiano già conseguito tale obiettivo al contrario di quelli del Nord, che risultano distanti, anche a causa della maggiore incidenza, nel Settentrione, di colture intensive condotte con metodo convenzionale e di superfici in cui sussistono pratiche agronomiche aderenti a misure agroambientali che sostengono lo sviluppo di altri modelli di agricoltura sostenibile, come ad esempio la produzione integrata.
In genelare, le diverse dinamiche regionali nell'adesione all'agricoltura biologica in Italia sono frutto di un mix complesso di: politiche pubbliche regionali e incentivi (PSR); variabilità territoriale nei premi, requisiti e accesso ai fondi; impatto di fenomeni eccezionali e scelte politiche localizzate; dtruttura delle aziende agricole e capacità di sostegno e contesti produttivi e specializzazioni regionali naturalmente più orientate al bio.
Per quanto riguarda le tipologie di colture, i prati e i pascoli, le colture foraggere destinate agli animali e i cereali rappresentano i principali orientamenti produttivi del biologico.

SORGENTI DI RUMORE CONTROLLATE

Autori: Cristina Frizza, Francesca Sacchetti
ISPRA

Messaggi chiave

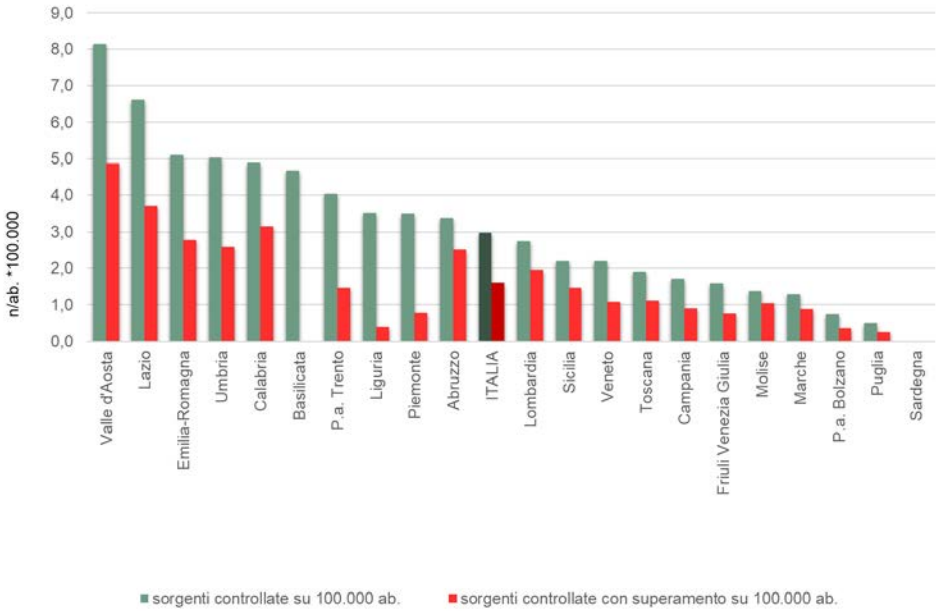
Il rumore prodotto dal traffico, dalle industrie e da altre attività antropiche costituisce uno dei principali problemi ambientali e può provocare diversi disturbi alla popolazione. Per il contenimento dell'inquinamento acustico e quindi la regolamentazione delle sorgenti, la normativa nazionale sul rumore (LQ 447/95 e decreti attuativi) ha definito, per le diverse tipologie di sorgenti, valori limiti assoluti (di immissione e di emissione) per l'ambiente esterno (in allineamento a quanto disposto dalla classificazione acustica del territorio comunale) e limiti differenziali, per l'interno degli ambienti abitativi.

Messaggi in pillole

Anche nel 2023, le principali sorgenti di rumore oggetto di controllo da parte delle ARPA/APPA si confermano essere le attività di servizio e commerciali, che rappresentano il 57,3% del totale controllato. Seguono le attività produttive (31,5%) e, in misura minore, le infrastrutture di trasporto (7,1%), con una netta prevalenza delle strade (5,2%). L'elevata percentuale di casi in cui vengono riscontrati superamenti dei limiti normativi (53,9%) evidenzia l'impatto potenzialmente dannoso di queste sorgenti sull'ambiente acustico e, di conseguenza, sulla qualità della vita e sulla salute della popolazione. Tale percentuale è in crescita rispetto al 2022 (+8,5 punti percentuali) e risulta la più alta dell'ultimo decennio, superando i livelli già elevati registrati nel 2021 (42,7%) e nel 2020 (37,4%). Sebbene l'incidenza delle sorgenti controllate sul territorio – pari a 3 ogni 100.000 abitanti nel 2023 – sia in linea con l'anno precedente (3,1 nel 2022) e leggermente superiore rispetto al biennio 2020–2021 (2,6 - dato che potenzialmente risente del periodo di emergenza sanitaria dovuta al covid), essa risulta inferiore ai valori rilevati tra il 2017 e il 2019, quando si attestava tra 3,7 e 4,6.

Sorgenti di rumore maggiormente controllate. Anno 2023

Numero di sorgenti controllate e di sorgenti controllate con superamento su 100.000 abitanti (2023)



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA e ISTAT

Nel 2023, le Agenzie regionali e provinciali per la protezione dell'ambiente (ARPA/APPA) hanno effettuato controlli su 1.755 sorgenti di rumore, la grande maggioranza delle quali (circa il 93%) su segnalazione da parte dei cittadini. In oltre la metà dei casi (53,9%) è stato rilevato il superamento di almeno un limite normativo, confermando come l'inquinamento acustico rappresenti una criticità ambientale diffusa, con potenziali ripercussioni sulla salute e sul benessere della popolazione.
A livello nazionale, nel 2023 si contano circa 3 sorgenti controllate ogni 100.000 abitanti; in 1,6 sorgenti controllate su 100.000 abitanti è stato accertato almeno un superamento dei limiti acustici. Questo dato risulta in lieve aumento rispetto all'anno precedente (1,4 sorgenti controllate su 100.000 abitanti), segnalando una tendenza da monitorare con attenzione.
Le regioni che presentano un'incidenza di controlli superiore alla media nazionale sono: Valle d'Aosta (8,1 sorgenti controllate ogni 100.000 abitanti), Lazio (6,6), Emilia-Romagna (5,1), Umbria (5,0), Calabria (4,9), Basilicata (4,7), Provincia di Trento (4,0), Liguria e Piemonte (3,5) e Abruzzo (3,4). Al contrario, risultano significativamente inferiori alla media i valori registrati in Puglia (0,5), Provincia di Bolzano (0,7), Marche (1,3), Molise (1,4), Friuli Venezia Giulia (1,6), Campania (1,7) e Toscana (1,9). Non sono disponibili i dati per la regione Sardegna.
Questi numeri evidenziano come l'inquinamento acustico sia ancora oggi un tema centrale per la tutela dell'ambiente e della salute pubblica, in particolare nelle aree urbane e densamente popolate.

AREE TERRESTRI E MARINE TUTELATE

Autori: Sabrina Agnesi, Susanna D'Antoni, Stefania Ercole, Silvia Properzi, Luca Segazzi
ISPRA

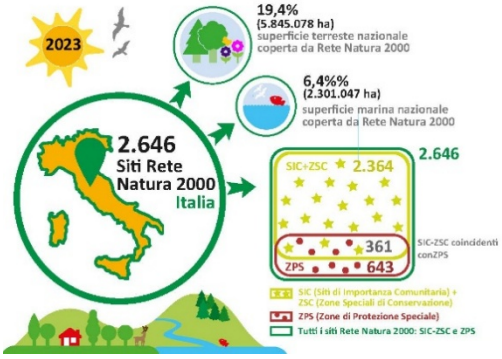
Messaggi chiave

Il sistema delle aree di tutela della biodiversità nel nostro Paese è formato dall'integrazione e sovrapposizione delle Aree protette nazionali e regionali (istituite ai sensi delle leggi L.394/91 e s.m.i, L.979/1982) e dei siti della Rete Natura 2000, istituiti ai sensi delle Direttive Habitat e Uccelli per garantire il mantenimento a lungo termine degli habitat e delle specie di flora e fauna minacciati o rari a livello comunitario. L'Italia aderisce a convenzioni e accordi internazionali per la tutela della biodiversità (es. CBD, Ramsar, Convenzione di Barcellona) ed è impegnata nell'attuazione delle Direttive comunitarie Habitat e Uccelli e della Direttiva Quadro sulla Strategia Marina, oltre che nel raggiungimento degli obiettivi delle Strategie Europea e Nazionale per la Biodiversità al 2030. La Commissione europea, infatti, ha adottato la Strategia Europea per la Biodiversità al 2030 (SEB 2030, COM(2020) 380 final) che tra i suoi obiettivi chiede agli Stati membri di proteggere almeno il 30% di territorio nazionale e il 30% dei mari e che almeno un terzo di queste zone sia rigorosamente protetto. Tali obiettivi sono ripresi nella Strategia Nazionale per la Biodiversità al 2030 (SNB 2030 – approvata con DM del 3/8/2023).

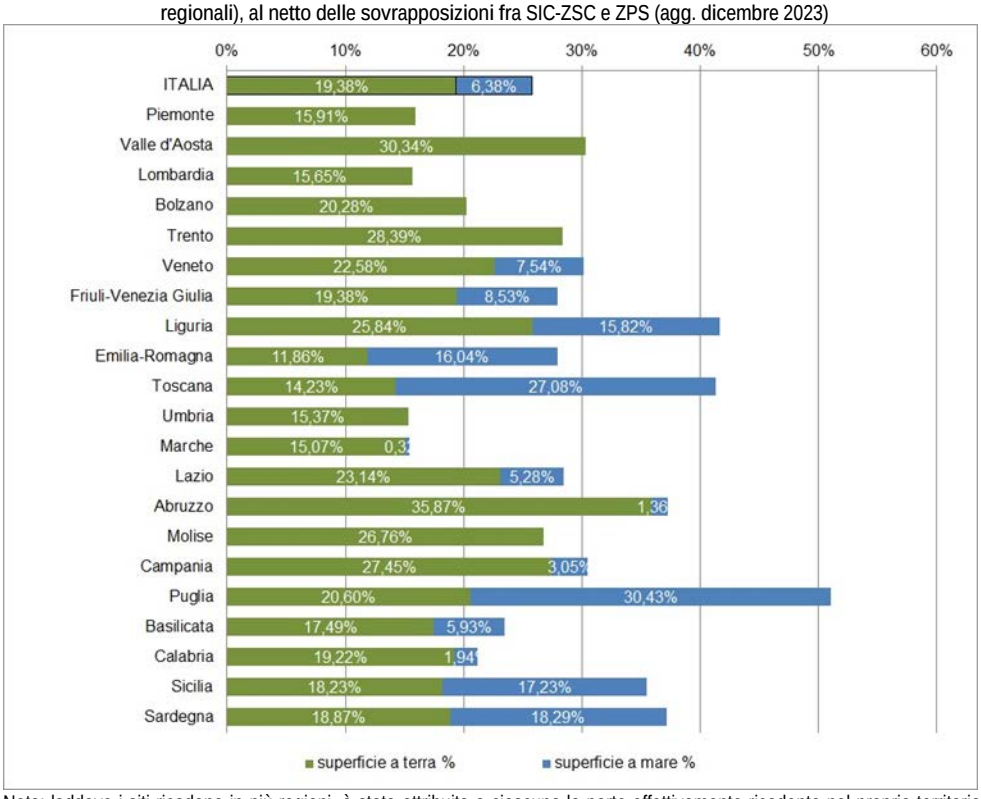
Messaggi in pillole

In Italia, la copertura di superficie protetta è garantita da Aree protette, siti della Rete Natura 2000 e, per l'ambiente marino, dalle aree SPAMI (*Specially Protected Areas of Mediterranean Importance*), in parte sovrapposte tra loro. Al netto delle sovrapposizioni, al 2023 risultano protetti circa 6,5 milioni di ettari a terra (21,68% del territorio nazionale) e oltre 4 milioni di ettari a mare (11,62% delle acque territoriali e ZPE italiane). Per raggiungere l'obiettivo del 30% (Strategia Europea per la Biodiversità 2030 (SEB 2030)), occorre tutelare circa 2,5 milioni di ettari aggiuntivi a terra (+8%) e 6,6 milioni a mare (+18%). Il nuovo Elenco Ufficiale delle Aree naturali Protette (EUAP) e l'inclusione futura delle aree OECM (*Other Effective area-based Conservation Measures*) potranno contribuire all'incremento delle superfici protette. Tuttavia, l'estensione territoriale non è di per sé indicativa dell'efficacia nella conservazione della biodiversità. Una tutela realmente efficace richiede governance solida, strumenti gestionali efficaci e delimitazioni spaziali basate su criteri scientifici rigorosi. Considerando la sola Rete Natura 2000, in Italia risultano designati 2.646 siti, per una superficie al netto delle sovrapposizioni di oltre 5,8 milioni di ettari a terra (19,4% del territorio) e 2,3 milioni a mare (6,4% delle acque), comprendenti ZPS, SIC e ZSC (dati aggiornati a dicembre 2023).

Biodiversità: Aree protette e Rete Natura 2000



Estensione regionale della superficie a terra e a mare della Rete Natura 2000 (% calcolate rispetto ai territori/acque regionali), al netto delle sovrapposizioni fra SIC-ZSC e ZPS (agg. dicembre 2023)



Nota: laddove i siti ricadono in più regioni, è stata attribuita a ciascuna la parte effettivamente ricadente nel proprio territorio. Numero ed estensione dei siti sono stati calcolati escludendo le sovrapposizioni fra i SIC-ZSC e le ZPS.
Fonte: Elaborazione ISPRA su dati MASE

La superficie regionale tutelata comprende il sistema delle aree protette e i siti della Rete Natura 2000 che in parte ricadono all'interno di aree protette o, talvolta, si sovrappongono parzialmente a esse.
Nelle diverse regioni e province autonome italiane le percentuali di copertura dei siti della Rete Natura 2000 sono eterogenee: oscillano dal 12% (Emilia-Romagna) al 36% (Abruzzo) per le superfici a terra e da valori inferiori all'1% (Marche) al 30% (Puglia) per le superfici a mare (Figura 1, Tabella 1). Analizzando le percentuali a livello regionale si rileva che l'Abruzzo e la Valle d'Aosta raggiungono già il *target* della SEB2030 con i loro siti che coprono il 36% e 30% del territorio, mentre si avvicinano al *target* la Provincia Autonoma di Trento (28%), il Molise (27%), la Campania (27%) e la Liguria (26%). Per le aree a mare le percentuali sono in generale più basse, ad eccezione della Puglia, i cui siti marini tutelano il 30% dei mari raggiungendo il *target*, e della Toscana (27%) che si avvicina al *target*.
Le regioni che dal 2022 al 2023 hanno registrato un incremento del numero di siti e della superficie tutelata sono Friuli Venezia Giulia , Liguria, Puglia e Basilicata. Si aggiungono inoltre i due siti posti al di fuori dalle acque territoriali.

CONSUMO DI SUOLO

Autori: Marco Di Leginio, Giovanni Finocchiaro
ISPRA

Messaggi chiave

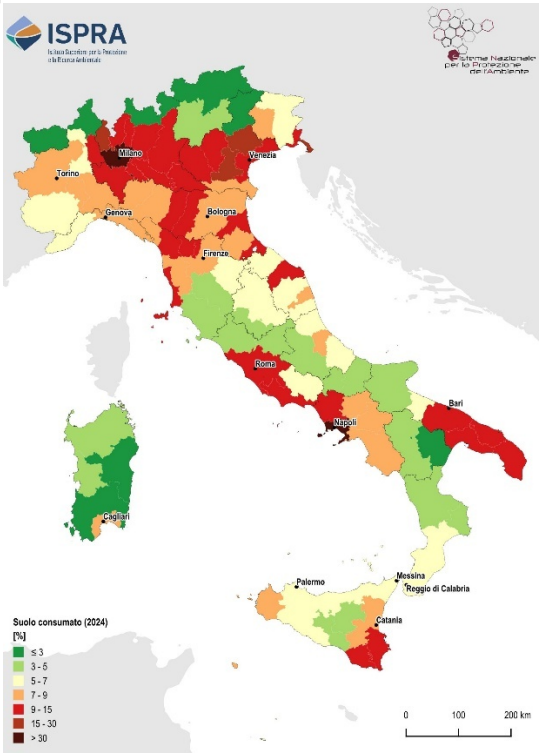
Nel 2024 risultano cementificati oltre 21.550 km² di territorio, di cui circa l'87% su suoli potenzialmente produttivi. La cancellazione di suolo naturale continua a crescere: le nuove impermeabilizzazioni sono aumentate di 24,5 km² rispetto all'anno precedente e, in oltre la metà dei casi, hanno comportato un consumo di suolo irreversibile. Queste trasformazioni hanno compromesso aree naturali, semi-naturali e agricole riducendo i servizi ecosistemici e allontanando l'Italia dall'obiettivo di azzeramento del consumo netto.

Messaggi in pillole

Dal 2006 al 2024 il suolo consumato in Italia è cresciuto di quasi 132.000 ettari. La maggior parte di questo incremento è concentrato in Lombardia, Veneto, Piemonte ed Emilia-Romagna. Nel 2024 il suolo consumato netto è stato di 7.850 ha, pari a 2,5 m² al secondo. La Puglia registra la densità di consumo più elevate: con oltre 4 m²/ha supera di gran lunga la media nazionale che è pari a 2,7 m²/ha. Il *trend*, dal punto di vista ambientale resta negativo, ben distante dal ritmo che consentirebbe di raggiungere lo zero netto entro il 2050. La crescita del suolo consumato non è in linea con l'andamento demografico: l'indicatore SDG 11.3.1 a livello nazionale scende a −8,26, segnalando un uso del territorio insostenibile. Solo Lombardia, Trentino-Alto Adige e Liguria mostrano nel 2023-2024 valori prossimi alla sostenibilità (0-1).

Consumo di suolo in Italia. Anno 2024

Suolo consumato a livello provinciale



Fonte: Elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Nel 2024 le nuove coperture artificiali hanno riguardato circa 83,7 Km^2 con un consumo netto di oltre 7.850 ha. L'incidenza maggiore si osserva nel Nord-Est e nel Sud dove si concentra quasi la metà dei cambiamenti (oltre 4.000 ha): l'Emilia-Romagna (1.013 ha), Lombardia (834 ha) e Campania (818 ha) sono le regioni in cui si è consumato di più. In valori assoluti la Lombardia supera i 290.000 ha di suolo coperto, mentre la Valle d'Aosta si ferma a poco più di 7.000 ha. Il rapporto tra variazione del consumo di suolo e variazione della popolazione (SDG 11.3.1) evidenzia squilibri marcati: il Piemonte mostra il valore massimo positivo (46,10 tra 2023-2024), indicativo di espansione urbana non giustificata dalla crescita demografica, mentre il Lazio tocca il valore più negativo (-5,34), segno di spopolamento concomitante a ulteriore artificializzazione. L'attuale traiettoria risulta incompatibile con il quadro normativo europeo (*Soil Monitoring & Resilience Directive, Nature Restoration Law*) che mira alla neutralità del degrado del territorio entro il 2050.

CONTROLLI SNPA (AIA E SEVESO)

Autori: Roberto Borghesi, Fabrizio Vazzana, Tiziana Mazza, Roberto Cristofaro
ISPRA

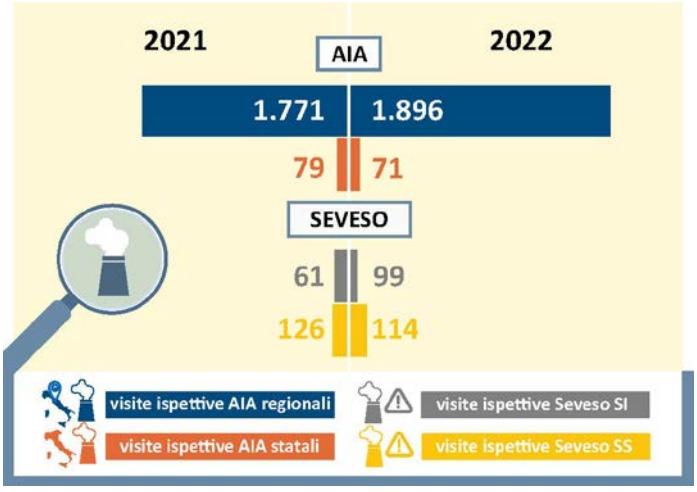
Messaggi chiave

I dati 2022, relativi ai controlli, monitoraggi e ispezioni ambientali AIA RIR del SNPA, svolti a livello statale e regionale, sono raccolti ed elaborati dalla Rete dei Referenti RR TEM 07 – linea di attività 1, che coinvolge l'intero Sistema delle agenzie ed ISPRA. Tali dati si riferiscono sia alle installazioni industriali soggette al rispetto dell'Autorizzazione Integrata Ambientale (ex art. 29-decies D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.) sia agli stabilimenti soggetti al rispetto della Direttiva Seveso (D.Lgs. 105 del 26/6/2015).

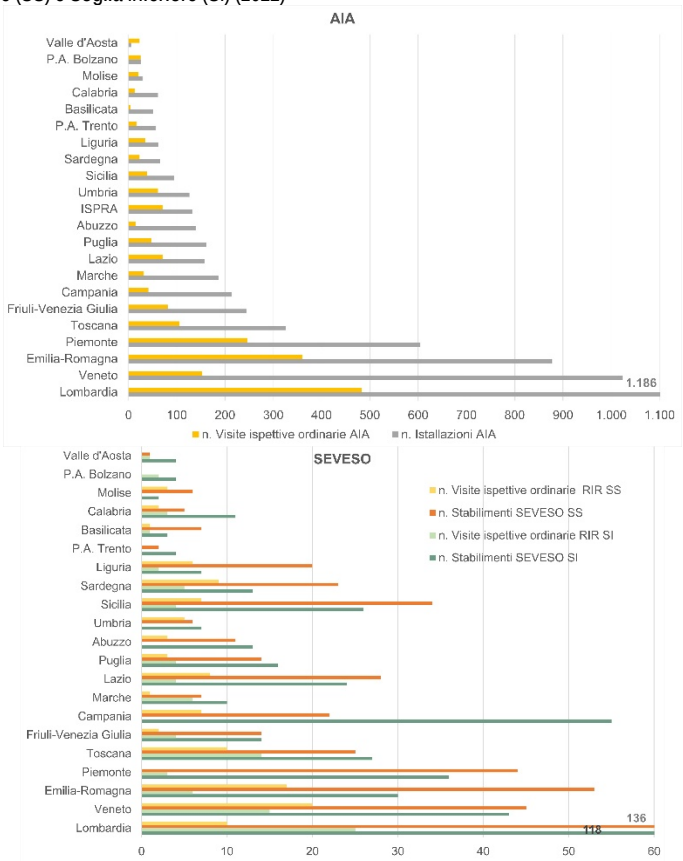
Messaggi in pillole

L'attività di controllo, effettuata nel 2022, per le installazioni assoggettate all'AIA, si attesta su un numero similare, sia per le installazioni di competenza statale, sia per quelle regionali nel suo complesso, nel rispetto della programmazione annuale. Nello specifico, a fronte di 6.505 installazioni autorizzate (132 statali e 6.373 regionali), il sistema delle agenzie a rete SNPA, con un totale di 1.967 visite ispettive (71 statali e 1.896 regionali), ha garantito il controllo del 30% degli impianti presenti sul territorio italiano. Per quanto attiene agli Stabilimenti sottoposti a normativa Seveso, il numero di stabilimenti di Soglia Superiore (SS) sono 503; quelli di Soglia Inferiore (SI) sono 467; sono state effettuate rispettivamente 114 e 99 visite ispettive ordinarie, assicurando per gli stabilimenti in SS il controllo di circa il 23% e per quelli in SI del 21% degli Stabilimenti a Rischio di Incidente Rilevante (RIR). Il 2022 è proseguito, sulla scia dell'organizzazione utilizzata nel periodo di pandemia da COVID 19, con le attività di controllo attraverso le riunioni in videoconferenza per la fase di verifica documentale e, non appena possibile, con i sopralluoghi mirati presso le installazioni, effettuando i campionamenti e le analisi a cura delle Agenzie regionali. Da un confronto tra il 2021 e il 2022, si evince che le visite ispettive ordinarie presso le installazioni assoggettate ad AIA sono aumentate di poco più del 6%; mentre, per quanto riguarda gli stabilimenti sottoposti alla Direttiva Seveso, per quelli in Soglia Inferiore si nota un aumento del 62,3%, dovuto probabilmente al recupero post pandemia, mentre per gli Stabilimenti in Soglia Superiore si osserva una diminuzione pari al 9,5%.

Controlli SNPA presso stabilimenti AIA e Seveso



Numero di visite ispettive ordinarie AIA e RIR e numero di installazioni assoggettate all'AIA e agli stabilimenti Seveso di Soglia Superiore (SS) e Soglia Inferiore (SI) (2022)



Fonte: ISPRA, ARPA-APPA

Premesso che la Direttiva 2024/1785 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 24 aprile 2024 (ex 75/2010/CE IED *Industrial Emission Directive*) prevede che i controlli presso le istallazioni siano effettuate almeno ogni 3 anni a seconda della valutazione sistematica dei rischi ambientali, il numero delle visite ispettive ordinarie AIA regionali evidenzia come quasi tre quarti delle regioni hanno garantito il controllo su più del 30% degli impianti autorizzati presenti nei diversi territori, con rilievo per la Valle d'Aosta, la Provincia Autonoma di Trento e di Bolzano, l'Emilia- Romagna, il Lazio, la Liguria, il Molise, la Sicilia e l'Umbria che superano il 40%. Tra il 30% e il 40% ricadono il Friuli Venezia Giulia , la Sardegna-e la Toscana; tra il 10% e il 30% troviamo l'Abruzzo, la Calabria, la Campania, le Marche, la Puglia e il Veneto. In Lombardia i controlli hanno riguardato il 26% dei 1.861 impianti con AIA regionali; tale valore è riconducibile all'elevata presenza di impianti appartenenti alla categoria 6 - All. VIII, Parte II del D.Lgs. 152/06 (quali ad esempio produzione di carta, concia delle pelli, macelli, allevamenti, ecc.), i cui controlli avvengono con minor frequenza a seguito degli esiti delle analisi di rischio più basse. Riguardo ai controlli AIA statali, ISPRA, con il supporto delle Agenzie regionali territoriali, con 71 visite ordinarie ha assicurato il controllo su circa il 54% degli impianti autorizzati complessivamente pari a 132. Per gli stabilimenti Seveso Soglia Superiore e Soglia Inferiore, nel complesso (ISPRA – ARPA – APPA) hanno assicurato il controllo di circa il 22% degli Stabilimenti assoggettati alla Direttiva Seveso. Tutto il sistema SNPA ha garantito il numero di controlli svolti con quanto programmato a inizio anno.

COMUNICAZIONE AMBIENTALE

Autori: Carlotta Alaura[1], Alessandra Galosi[2], Daniela Genta[2], Francesca Lombardi[3]
[1] ARPA Toscana, [2] ISPRA, [3] ARPA Puglia

Messaggi chiave

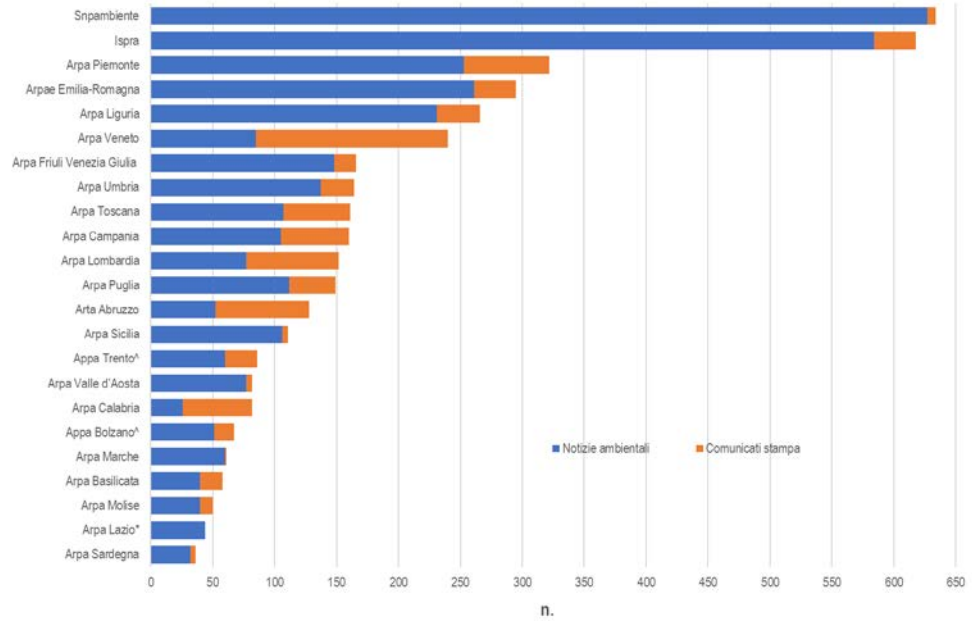
Con le attività di comunicazione e informazione ambientale le Agenzie declinano dati e informazioni in più dimensioni utilizzando vari canali: *Web, social media*, relazione con i media (ufficio stampa), ufficio relazioni con il pubblico, prodotti editoriali e convegnistica contribuiscono in modo integrato e sinergico alla diffusione dei messaggi. Tra tutti, il web è il canale principale: tutte le Agenzie presentano sul proprio sito pubblicazioni, documenti e prodotti divulgativi, aggiornamenti in tempo reale sulle proprie attività indirizzati alle comunità di riferimento e alle testate giornalistiche presenti sul territorio: nel 2024 sui siti web del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente sono stati pubblicati oltre 3.300 notizie, 119 report ambientali e 813 comunicati stampa (dati complessivi che comprendono i siti di ISPRA, delle ARPA/APPA e il sito di Sistema https://www.snpambiente.it/).

Messaggi in pillole

L'utilizzo dei social media nel SNPA continua a crescere rapidamente, per avvicinare sempre più la comunicazione ambientale ai cittadini. I social rappresentano ancora uno dei canali più efficaci per comunicare con il vasto pubblico. Oltre alle presenze già consolidate su X (ex Twitter), con 17 account nel 2024, e su Facebook, le agenzie stanno rafforzando la loro comunicazione su piattaforme professionali, come Linkedin, e multimediali, in particolare YouTube (con 18 account attivi) rappresenta una piattaforma strategica per i contenuti video.

SNPA, ISPRA ARPA/APPA e social media. Anno 2024

Comunicati stampa e notizie ambientali pubblicati on-line dal SNPA, da ISPRA e ARPA/APPA (2024)



Legenda:
*Agenzia priva di un proprio ufficio stampa
^ I comunicati vengono diffusi attraverso gli uffici della Provincia autonoma
Fonte: SNPA

Come contributo alla diffusione della conoscenza ambientale, per una divulgazione capillare dell'informazione, tutte le Agenzie presentano sul sito web notizie, pubblicazioni e prodotti divulgativi. In dettaglio, il SNPA e tutte le Agenzie nel 2024 hanno diffuso complessivamente online 813 comunicati stampa, 3.315 notizie sulle proprie attività e/o sulle questioni ambientali del territorio di riferimento e 119 report ambientali. Il grafico soprastante mostra una notevole varietà nel numero di notizie ambientali e comunicati pubblicati dalle diverse Agenzie e indica, tra le più attive per la produzione di questo tipo di contenuti, oltre a SNPA e a ISPRA, l'ARPA Piemonte e l'ARPAE Emilia-Romagna.
Per quanto riguarda la diffusione di Report ambientali, dall'indagine svolta nel 2024 nell'ambito del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, emerge che l'Arpa Veneto è l'Agenzia con più pubblicazioni (17) seguita da Arpa Piemonte, (14), ISPRA e Arpa Sardegna (13). Da tenere presente che i valori registrati dalle singole Agenzie possono essere influenzati sensibilmente dagli eventi ambientali occorsi nell'anno e nel territorio preso a riferimento per la rilevazione. Nelle attività delle singole Agenzie persiste, poi, una certa disomogeneità, legata alla tipologia di servizi informativi erogati, alle problematiche ambientali del territorio, all'occorrenza di manifestazioni convegnistiche/fieristiche con rilevanza ambientale e alla diversa consistenza delle Agenzie, anche in termini di organico da dedicare alla comunicazione. In generale, a livello dei singoli enti (ISPRA e ARPA/APPA), i contenuti che attirano maggiormente l'attenzione del pubblico generalista sono legati soprattutto ai servizi meteo e alle informazioni su crisi o emergenze. Al contrario, la comunicazione congiunta del SNPA ha una dinamica di formazione dei contenuti diversa o, meglio, ha tempi più lunghi e si basa spesso su raccolte annuali di dati, presentate in rapporti e pubblicazioni strutturate. Nonostante ciò, le campagne stampa lanciate in occasione di questi rapporti riescono comunque in diversi casi a raggiungere un pubblico ampio, anche grazie alla ripresa dei contenuti da parte dei media tradizionali, come i quotidiani e i telegiornali/giornali radio nazionali.

FOCUS SINTESI

CAMBIAMENTI CLIMATICI

Le attività di ISPRA e delle ARPA/APPA rappresentano un presidio fondamentale per affrontare i cambiamenti climatici in modo scientifico e operativo. Attraverso progetti territoriali, strumenti digitali e modelli predittivi, le Agenzie supportano le politiche di adattamento e mitigazione, contribuendo alla gestione del rischio e alla pianificazione resiliente. ARPA Piemonte ha sviluppato una mappatura delle aree urbane più sensibili agli effetti delle isole di calore, prendendo come caso studio la città di Torino. L'analisi, basata su dati climatici, morfologici e di uso del suolo, mira a supportare le strategie di adattamento urbano individuando le zone a maggior rischio e proponendo interventi di mitigazione mirati. ARPA Liguria ha sperimentato un modello idrologico applicato ai piccoli bacini, con il coinvolgimento diretto dei comuni liguri. L'obiettivo è migliorare la gestione del rischio idrogeologico in un contesto di cambiamenti climatici che aumentano la frequenza e l'intensità degli eventi meteorici estremi, fornendo strumenti predittivi e operativi più accurati. ARPA **Lazio** con il progetto GARMOSAT, ha adottato un approccio multidisciplinare per stimare le emissioni fuggitive di biogas da discarica. L'attività combina rilievi in situ e dati satellitari, con l'obiettivo di affinare le metodologie di monitoraggio e contribuire alla riduzione delle emissioni climalteranti in linea con le strategie di mitigazione. ISPRA ha illustrato i programmi nazionali di collaborazione nell'ambito dei servizi europei Copernicus, evidenziando come le sinergie tra enti e la condivisione dei dati satellitari consentano di migliorare il monitoraggio climatico e ambientale, supportando politiche basate su evidenze scientifiche. Infine, ARPA Veneto ha presentato CLINE, una piattaforma *open source* dedicata al clima del Nord-Est. Questo strumento fornisce un quadro aggiornato e dettagliato delle condizioni climatiche regionali e degli scenari futuri, favorendo la pianificazione territoriale e la definizione di strategie di adattamento da parte di amministrazioni e *stakeholde*r locali.

ECONOMIA CIRCOLARE E GESTIONE DEI RIFIUTI

ISPRA e ARPA/APPA, attraverso strumenti digitali, campagne di sensibilizzazione e analisi dei flussi di rifiuti, contribuiscono concretamente alla transizione verso l'economia circolare rafforzando il monitoraggio, promuovendo comportamenti sostenibili e migliorando la gestione dei materiali. In tale ambito, ARPA Lombardia ha sviluppato l'Applicativo Fanghi, uno strumento digitale per il controllo delle attività di recupero in agricoltura dei fanghi derivanti dal trattamento delle acque reflue. L'applicativo consente di valorizzare e integrare i dati di verifica sui terreni e sui rifiuti utilizzati, migliorando il monitoraggio e garantendo un uso conforme alla normativa, in un'ottica di economia circolare e tutela ambientale.

APPA Trento ha promosso la campagna di comunicazione "Rispetta il Trentino", finalizzata a sensibilizzare cittadini, turisti e operatori economici sulla riduzione e la gestione sostenibile dei rifiuti. L'iniziativa ha previsto azioni di informazione, strumenti pratici e messaggi mirati per favorire comportamenti responsabili e il riciclo, con particolare attenzione agli impatti nei contesti turistici.

ARPA Campania ha presentato un'analisi sulla produzione e gestione dei RAEE (Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche) nel 2023, evidenziando quantitativi raccolti, flussi di trattamento e criticità ancora presenti nel sistema regionale. Lo studio sottolinea l'importanza di potenziare le reti di raccolta, rafforzare la tracciabilità e incrementare il recupero di materiali di valore, riducendo al contempo l'impatto ambientale.

AMBIENTE E SALUTE

Le attività di ISPRA e delle ARPA/APPA nel campo ambiente e salute rafforzano la prevenzione e la tutela della popolazione attraverso monitoraggi innovativi, strumenti digitali e studi integrati. Questi interventi permettono di valutare l'esposizione a fattori ambientali critici e di supportare decisioni sanitarie basate su dati scientifici. ARPA Campania ha realizzato l'app mobile "Balneazione ARPAC", che permette a cittadini e turisti di verificare in tempo reale la balneabilità delle acque in Regione Campania, fornendo dati aggiornati e indicazioni sulla qualità delle acque di balneazione.
INGV e ARPA Sicilia hanno condotto un'attività di monitoraggio *indoor* di H_2S e CO_2 sull'isola di Vulcano, finalizzata alla tutela della salute pubblica in un'area caratterizzata da emissioni gassose di origine vulcanica, con particolare attenzione agli edifici scolastici e agli spazi chiusi frequentati dalla popolazione. ARPA Friuli Venezia Giulia ha implementato un progetto pilota per il monitoraggio dell'antibiotico resistenza nelle acque reflue urbane con l'obiettivo di monitorare non solo la presenza di antibiotici, ma anche i microrganismi resistenti e il materiale genetico in grado di veicolare l'antibiotico resistenza. Inoltre, ha anche sviluppato uno studio sulla presenza di farmaci nelle acque reflue urbane e nei corpi idrici superficiali, analizzando la diffusione di principi attivi e la loro potenziale incidenza sugli ecosistemi acquatici e sulla salute umana.
ARPA Basilicata ha svolto controlli sul rumore in contesti urbani ed extraurbani, evidenziando criticità nelle aree a basso rumore, dove anche sorgenti deboli possono arrecare disturbo. Le verifiche, richieste da Comuni o Procure, hanno riguardato anche impianti eolici ed eventi temporanei. L'Agenzia propone di rafforzare la classificazione acustica comunale e rivedere i criteri nazionali per tutelare meglio popolazione ed ecosistemi. ARPA Veneto presenta il Progetto IN-SINERGIA nell'ambito dell'attuazione del Piano Nazionale degli investimenti Complementari (PNC) che ha realizzato la caratterizzazione del profilo di contaminazione nei Siti di Interesse Nazionale (SIN), valutando l'esposizione della popolazione a inquinanti organici persistenti, metalli e PFAS, con particolare attenzione ai gruppi più vulnerabili. L'attività, condotta con metodologie armonizzate, fornisce dati fondamentali per correlare i livelli ambientali agli effetti sanitari e orientare interventi di risanamento mirati. ARPA Abruzzo ha condotto uno studio di biomonitoraggio dell'ozono utilizzando kit miniaturizzati con piante di Nicotiana tabacum, in grado di rilevare i danni da esposizione a questo inquinante atmosferico. Inoltre, presenta, nell'ambito del progetto "One Water, One Health", che applica un approccio basato sulla valutazione del rischio per le acque destinate al consumo umano, integrando metodologie innovative e metodi alternativi per il controllo, il metodo alternativo Enterolert-DW per la ricerca degli enterococchi intestinali, ritenendolo strategico per garantire tempestività nell'informazione alle ASL e conseguentemente ai Sindaci.
ARPA Valle d'Aosta ha avviato un progetto di mappatura del campo elettrico sul territorio regionale per valutare l'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici generati da impianti di telecomunicazione. L'attività, basata su misurazioni diffuse e georeferenziate, consente di individuare

le aree a maggiore criticità e supporta azioni di prevenzione e informazione a tutela della salute pubblica. ARPA Marche ha avviato un progetto di monitoraggio dell'inquinamento indoor nell'ambito del programma MISSION, mirato a ridurre i rischi sanitari legati alla qualità dell'aria interna, in particolare in ambienti scolastici e pubblici.
Questo tema si chiude con ISPRA che presenta il progetto CAP-FISH, che valuta l'impatto dei contaminanti ambientali tossici e persistenti di interesse prioritario nei prodotti ittici del Mar Mediterraneo, analizzando scenari di esposizione alimentare e potenziali effetti sulla salute umana.

BIODIVERSITÀ E CAPITALE NATURALE

La biodiversità marina e terrestre italiana è sottoposta a pressioni crescenti, tra cui l'introduzione di specie aliene, l'inquinamento chimico e lo sfruttamento delle risorse. Le attività di monitoraggio condotte dalle Agenzie ambientali regionali offrono un quadro aggiornato e scientificamente fondato su fenomeni emergenti e criticità ecologiche, contribuendo alla gestione sostenibile del capitale naturale.
Nel porto di Catania, ARPA Sicilia ha individuato due nuove specie aliene nella componente macrozoobentonica: il tunicato Phallusia nigra e il crostaceo isopode Dynoides amblysinus. Quest'ultimo rappresenta il primo record noto per l'intero bacino del Mediterraneo. Il ritrovamento è avvenuto grazie a campionamenti su substrati duri e pannelli sperimentali, confermando il ruolo dei porti come punti di ingresso privilegiati per le specie non indigene e la necessità di un monitoraggio continuo. ARPA Puglia ha condotto una valutazione sulla distribuzione del riccio di mare Paracentrotus lividus, evidenziando una densità media estremamente bassa e una predominanza di esemplari giovanili. Il declino della specie, attribuito a sovrasfruttamento e cambiamenti ambientali, ha portato all'adozione di misure regionali restrittive, come il divieto triennale di raccolta, e alla necessità di una gestione sostenibile della risorsa. Sul fronte della biodiversità agraria, ARPA Umbria ha avviato la "Collezione Polvese", una banca del germoplasma dedicata alla conservazione delle varietà orticole locali. Il progetto coinvolge agricoltori custodi e comunità locali nella tutela delle sementi tradizionali, promuovendo l'agricoltura sostenibile e valorizzando il patrimonio genetico e culturale regionale. L'iniziativa si configura come un ponte tra territorio, innovazione e tradizione. ARPA Toscana ha analizzato la presenza di PFAS nei tessuti di delfini Stenella coeruleoalba spiaggiati lungo la costa toscana, rilevando una contaminazione diffusa e significativa, anche nel cervello. Lo studio conferma il ruolo dei cetacei come bioindicatori e solleva interrogativi sulla persistenza e gli effetti ecotossicologici di queste sostanze nei mammiferi marini. Nel Golfo di Lamezia, ARPA Calabria ha documentato fioriture anomale della microalga Pyramimonas spp, responsabili di colorazioni verdi e schiume superficiali. Il fenomeno, correlato alla concentrazione di nutrienti e alla temperatura dell'acqua, è stato monitorato con analisi microbiologiche e chimiche, evidenziando l'importanza di un controllo stagionale per la gestione della qualità delle acque balneabili. In Alto Adige, APPA Bolzano ha illustrato interventi di gestione su due laghetti minacciati da specie esotiche invasive: la carpa erbivora asiatica nel laghetto di Fiè e la pianta acquatica Elodea nuttallii nel laghetto di Rablà. Le azioni di eradicazione, ripristino ecologico e reintroduzione di specie autoctone dimostrano l'efficacia di un approccio integrato e territoriale alla tutela della biodiversità. ARPA Liguria ha approfondito le modalità di ingresso delle specie aliene invasive e le tecniche di monitoraggio nei siti sensibili. L'analisi include l'identificazione di "porte potenziali" e l'uso di strumenti innovativi come fototrappole,

acustica ambientale e modelli di distribuzione delle specie. L'approccio multidisciplinare consente di anticipare le invasioni e di pianificare interventi mirati.
Infine, ARPA Sardegna ha raccolto dati su 361 avvistamenti di meduse tra il 2018 e il 2023, identificando 10 specie, tra cui la non indigena Phyllorhiza punctata. Le meduse, spesso percepite negativamente, svolgono ruoli ecologici fondamentali e la loro presenza può indicare cambiamenti ambientali. Il monitoraggio contribuisce alla conoscenza della biodiversità marina e alla sensibilizzazione pubblica.
Questi contributi regionali dimostrano come il monitoraggio ambientale, la ricerca scientifica e la gestione territoriale siano strumenti essenziali per la tutela della biodiversità e del capitale naturale italiano, in un'ottica di sostenibilità e resilienza ecologica.

MONITORAGGIO E CONTROLLI

Nel contesto delle attività di monitoraggio e controllo ambientale, le Agenzie del SNPA hanno sviluppato numerosi progetti che coniugano innovazione tecnologica, approccio scientifico e attenzione alla tutela della salute pubblica. ARPA Piemonte, con il progetto SPOTT, realizza un programma di sorveglianza a lungo termine sugli effetti dell'esposizione agli inquinanti atmosferici emessi dal termovalorizzatore di Torino, integrando misure in campo, modelli di dispersione e studi epidemiologici. ARPA Valle d'Aosta ha messo a punto un algoritmo innovativo che, sfruttando misure fisico-ottiche ad alta risoluzione temporale, permette di attribuire in tempo reale le concentrazioni di PM10 alle diverse sorgenti di aerosol. L'applicazione su una serie pluriennale di dati di un sito urbano in valle alpina ha migliorato la comprensione delle dinamiche locali di inquinamento atmosferico e le possibilità di intervento mirato. Per supportare le attività di ispezione, ARPA Basilicata ha creato una piattaforma WebGIS che integra e visualizza dati ambientali in tempo reale. Lo strumento facilita la pianificazione e il coordinamento delle ispezioni, consentendo l'accesso immediato alle informazioni territoriali e ai dati analitici, a supporto delle attività di vigilanza e controllo. Sempre a tal fine, ARPAE Emilia-Romagna ha impiegato droni per il rilievo delle aree colpite dall'alluvione, documentando i danni, localizzando i punti critici e supportando le operazioni di messa in sicurezza. Questa tecnologia ha permesso di ottenere immagini ad alta definizione e modelli tridimensionali utili per la valutazione rapida e la gestione dell'emergenza. ARPA Puglia ha condotto uno studio approfondito sulle concentrazioni di benzene in un'area industriale complessa, identificando le principali sorgenti emissive e valutando la loro incidenza sui livelli registrati. Le attività comprendono misurazioni in continuo, analisi meteorologiche e modellizzazione della dispersione degli inquinanti. In Sardegna, ARPAS ha rafforzato le sinergie con ISPRA per monitorare il rispetto delle prescrizioni contenute nei provvedimenti di Valutazione di Impatto Ambientale. L'attività ha riguardato la definizione di metodologie comuni, la condivisione di dati e la verifica dell'efficacia delle prescrizioni. ARPA **Calabria** ha analizzato l'impatto acustico delle attività commerciali con intrattenimento musicale, individuando possibili misure di mitigazione. Le indagini hanno evidenziato superamenti dei limiti normativi in diversi contesti, portando all'individuazione di possibili interventi di mitigazione. ARPA Calabria ha attivato una rete di autocampionatori refrigerati per il controllo in continuo delle acque reflue depurate nei depuratori costieri. I dati raccolti supportano le attività di controllo e garantiscono un rapido intervento in caso di anomalie. ARPA Veneto ha indagato la relazione tra sismi e variazioni nelle caratteristiche chimico-fisiche delle acque

sotterranee, evidenziando come determinati eventi tellurici possano influire sulla qualità e quantità delle risorse idriche. ARPA Lombardia ha ampliato il monitoraggio delle sostanze perfluoroalchiliche (PFAS), includendo sia composti di vecchia che di nuova generazione, in corpi idrici superficiali e sotterranei. I risultati hanno fornito un quadro aggiornato della distribuzione di questi contaminanti e delle aree maggiormente esposte. ARPAT Toscana ha studiato i meccanismi e le vie di infiltrazione preferenziale di materiali in sospensione negli acquiferi carsici delle Alpi Apuane, per comprendere meglio i rischi di contaminazione e migliorare le strategie di protezione. ARPA Lazio nell'ambito del POA ha analizzato le pressioni antropiche e gli impatti sui corpi idrici sotterranei carbonatici del Lazio, fornendo elementi per una gestione sostenibile delle risorse idriche nel distretto idrografico dell'Appennino Centrale. ARPA Marche ha implementato una rete di monitoraggio in continuo delle acque sotterranee per migliorare la conoscenza del bilancio idrico e supportare la gestione della risorsa in condizioni di stress idrico, e ARPA **Molise** ha condotto indagini sui siti a rischio di interramento illecito di rifiuti utilizzando tecniche geofisiche e analisi ambientali per confermare eventuali criticità.

COMUNICAZIONE **ED EDUCAZIONE** AMBIENTALE

Il tema della comunicazione ambientale è affrontato attraverso progetti e iniziative che coniugano innovazione tecnologica, divulgazione scientifica, educazione e partecipazione attiva. ARPA Sicilia, con il progetto RESILIO, sviluppa soluzioni digitali avanzate basate su intelligenza artificiale, Internet delle Cose e *Quantum Machine Learning,* con l'obiettivo di rafforzare la resilienza ambientale e migliorare la gestione dei dati complessi. ARPA **Campania** promuove il progetto "Informazione ambientale e sostenibilità", rivolto alle imprese, per supportare la transizione ecologica attraverso strumenti operativi e percorsi informativi. ARPAE Emilia-Romagna pubblica annualmente il Rapporto Idrometeoclima, un documento di riferimento per la diffusione di dati e analisi climatiche a scala regionale, utile a cittadini, istituzioni e ricercatori per comprendere le tendenze climatiche in atto. APPA Trento propone nelle scuole secondarie percorsi educativi basati sul pensiero sistemico, stimolando capacità di analisi integrata e promuovendo comportamenti sostenibili. ARPA Puglia unisce cultura e divulgazione con "La piccola biblioteca ambientale e un palco per l'ambiente", spazi di lettura e incontri pubblici dedicati ai temi ambientali. ARPA Toscana realizza programmi educativi per rigenerare saperi e comportamenti, promuovendo la salute globale come elemento cardine della sostenibilità. ARPA Umbria, con "Fauna selvatica in città: conoscerla per rispettarla", sensibilizza i cittadini sulla corretta convivenza con la fauna urbana. ISPRA investe nella formazione avanzata con la Scuola di Specializzazione in Discipline Ambientali, destinata alla preparazione di professionisti qualificati nella gestione delle questioni ambientali complesse. Infine, ARPA Umbria propone "Con Dany alla scoperta del ciclo dell'acqua", un progetto multimediale interattivo rivolto agli studenti, che unisce divulgazione e approccio ludico per approfondire il tema della risorsa idrica.

IL PRESIDIO TECNICO DI SISTEMA

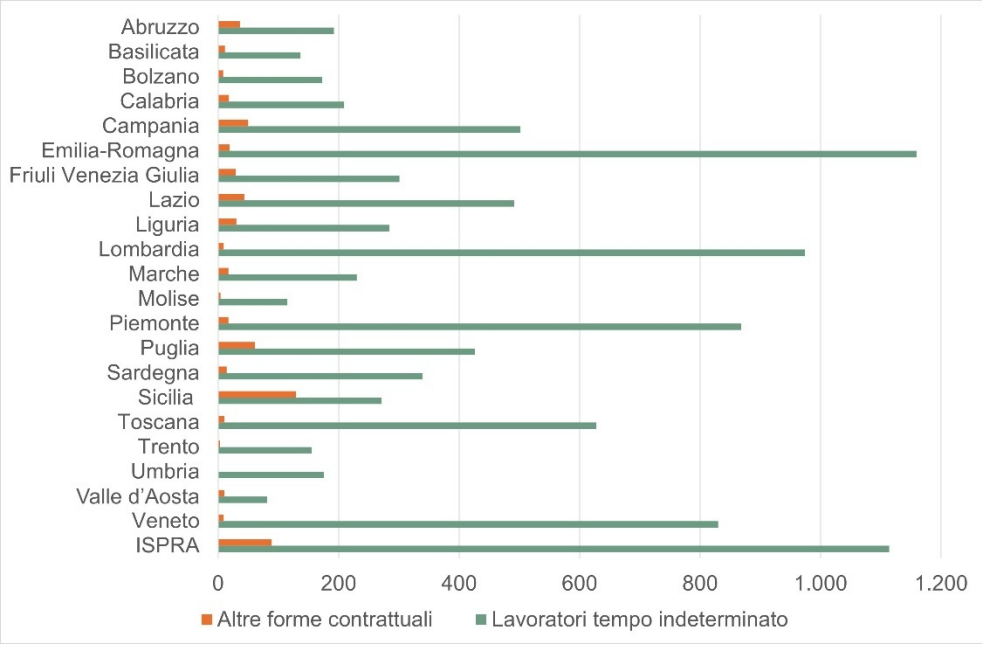
Autori: Maria Alessia Alessandro, Barbara Bellomo, Claudia Palla, Giulietta Rak, Elisa Raso
ISPRA

Il Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) opera a livello nazionale quale meccanismo di raccordo tecnico-scientifico a sostegno delle attività di governo e di tutela dell'ambiente nel Paese. L'istituzione del Sistema, con la legge 28 giugno 2016, n. 132, punta ad accrescere l'omogeneità tra territori e l'efficacia dell'azione conoscitiva e di controllo pubblico della qualità dell'ambiente e a promuovere lo sviluppo coordinato delle attività e il raggiungimento di Livelli Essenziali delle Prestazioni Tecniche Ambientali, a supporto delle politiche di sostenibilità ambientale e di prevenzione a tutela della salute pubblica.

Gli obiettivi del Sistema sono perseguiti quotidianamente attraverso la collaborazione a "rete", non gerarchica, tra le istituzioni pubbliche che svolgono le funzioni tecnico-scientifiche nel settore ambientale. Gli enti che compongono il Sistema sono l'Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale (ISPRA) e le ventuno agenzie per la protezione dell'ambiente delle regioni e delle province autonome di Trento e Bolzano (ARPA/APPA). L'ISPRA è un ente pubblico di ricerca autonomo, vigilato dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) per il quale svolge numerosi compiti, mentre le agenzie per la protezione dell'ambiente sono enti istituiti e disciplinati dalla legislazione regionale e delle province autonome di Trento e Bolzano.

Al 31 dicembre 2024 il numero dei dipendenti a tempo indeterminato facenti capo all'ISPRA e alle ARPA/APPA è stato complessivamente di n. 9.654 unità (Figura 1), in leggero incremento rispetto al 2023 (+0,66%), cui vanno aggiunti 616 lavoratori legati da altre forme contrattuali, sostanzialmente invariati.

Figura 1: Personale SNPA (ISPRA-ARPA/APPA) per tipologia contrattuale (2024)

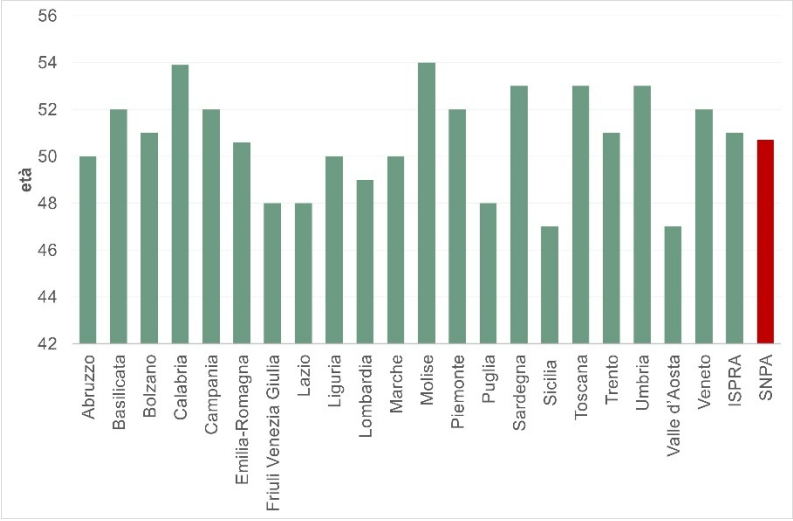


Fonte: Elaborazione Ispra su dati forniti dalle Direzioni generali delle componenti del Sistema

Complessivamente il SNPA ha fatto fronte alle complesse e crescenti competenze assegnate dalla legge e dalle amministrazioni pubbliche centrali e regionali con una forza lavoro di circa 1,74 operatori ogni 10.000 residenti, dato nazionale del 2024 che però presenta rilevanti differenze a livello regionale ed è in leggero aumento rispetto all'anno precedente.

L'età media è piuttosto elevata, 50,7 anni (Figura 2).

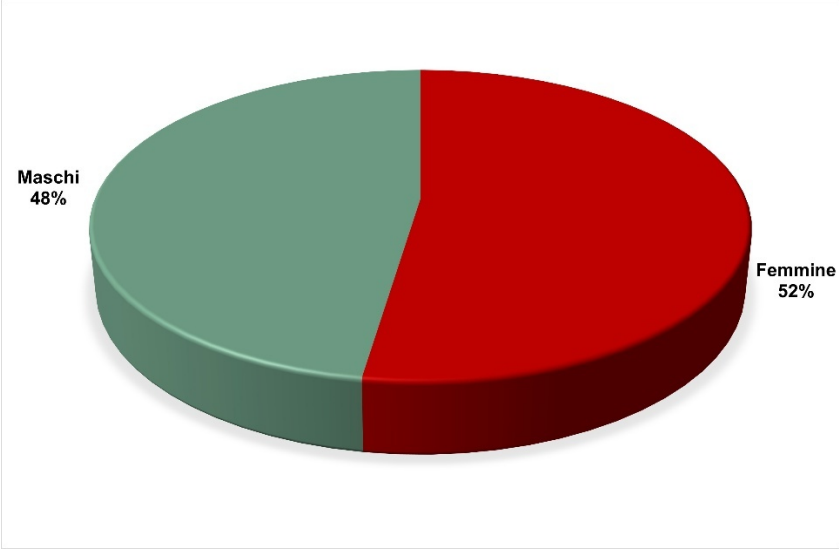
Figura 2: Età media del personale SNPA per Ente e Agenzia (2024)



Fonte: Elaborazione Ispra su dati forniti dalle Direzioni generali delle componenti del Sistema

La ripartizione percentuale per genere è equilibrata, con una leggera prevalenza di personale femminile (Figura 3).

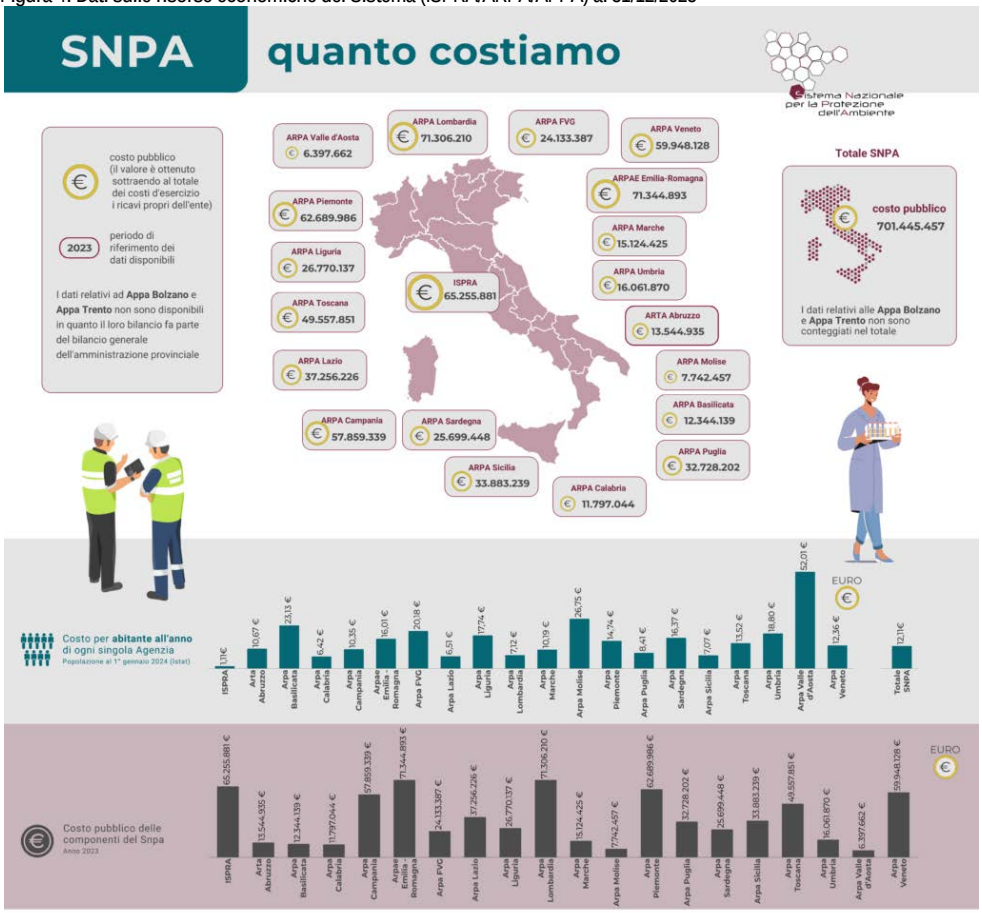
Figura 3: Personale SNPA (ISPRA-ARPA/APPA) per genere (2024)



Fonte: Elaborazione Ispra su dati forniti dalle Direzioni generali delle componenti del Sistema

Per quanto riguarda le risorse economiche del Sistema considerato nel suo complesso (bilanci ISPRA più agenzie) (Figura 4) è inferiore a quello di una azienda sanitaria locale di media grandezza e corrisponde una spesa media approssimativa annua per cittadino per lo svolgimento di tutte le funzioni tecniche ambientali (monitoraggi, controlli, valutazioni, etc.) stimata intorno ai 12,11 euro, circa 1 euro al mese.

Figura 4: Dati sulle risorse economiche del Sistema (ISPRA/ARPA/APPA) al 31/12/2023



Fonte: Elaborazione ARPA Campania e ARPA Emilia-Romagna su dati forniti dalle Direzioni generali e/o amministrative delle componenti del Sistema

Per promuovere e indirizzare la collaborazione tecnica del Sistema e tra i suoi dipendenti, la legge istituisce il Consiglio del Sistema nazionale, organo che è presieduto dal Presidente dell'ISPRA - nell'anno 2024 il Prefetto Stefano Laporta – ed è composto dal Direttore generale dell'ISPRA e dai

legali rappresentanti delle Agenzie, i quali eleggono per un biennio un Vicepresidente. Dal marzo 2024 svolge le funzioni di Vicepresidente il direttore generale dell'ARPA Friuli Venezia Giulia.

Gli atti del Consiglio SNPA che prendono la forma di deliberazioni sono pubblicati in chiaro sul sito istituzionale del SNPA, www.snpambiente.it, nella sezione dedicata agli atti del Consiglio e si aggirano intorno a n. 40 per anno.
Il Sistema è presente anche sui social con il profilo @SNPAmbiente su X, una pagina facebook https://www.facebook.com/ISPRAmbiente/ e un canale Linkedin https://www.linkedin.com/company/snpambiente/. Per facilitare le comunicazioni dirette con i cittadini è attivo un progetto che mette in relazione gli Uffici Relazioni con il Pubblico degli enti che lo compongono c.d. SI-URP.

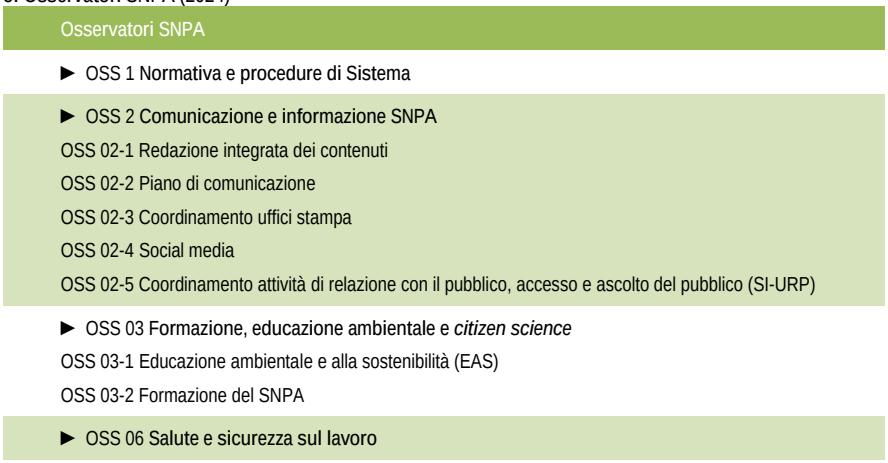
Gli atti e documenti di carattere tecnico e scientifico adottati dal Consiglio SNPA sono classificati secondo la c.d. Tassonomia di Sistema, approvata nel 2023 per ordinare e distinguere la produzione tecnica secondo tipologie condivise. Le principali tipologie di documenti pubblicati sono: linee guida SNPA, dirette a uniformare l'attività tecnico scientifica del Sistema, vincolanti per gli enti che lo compongono e anche per i terzi quando così è previsto da una normativa (es. metodologie, criteri, indicatori, metodiche, etc); report ambientali SNPA, qual'è il presente rapporto, che raccolgono sistematicamente e periodicamente dati e/o informazioni ambientali destinate al pubblico; pubblicazioni tecniche SNPA, contenenti approfondimenti scientifici e tecnici propedeutici alla preparazione di linee guida o rapporti; pareri tecnici previsti dalla legge e adottati nell'ambito di procedimenti amministrativi o, più in generale, del dialogo interistituzionale e dei processi decisionali pubblici; corsi di formazione SNPA, rivolti all'interno e all'esterno del Sistema.

Il Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente, nell'ambito delle varie funzioni ad esso attribuite dalla legge istitutiva, quindi produce una serie di dati, informazioni e conoscenze ambientali, a livello regionale e nazionale, che sono dettagliatamente descritte nel presente Rapporto.
Nello svolgimento delle sue attività, il Consiglio del Sistema si è dotato di varie articolazioni istruttorie delle sue decisioni, a garanzia di un presidio agile e permanente sulle principali tematiche di interesse che si affianca a quello ordinariamente realizzato tra gli enti.
In particolare, il Regolamento di funzionamento del Consiglio, approvato con Delibera n. 75/2020 e successive modifiche, ha individuato articolazioni operative afferenti a tre distinte aree.
Area di progetto, composta da specifici Gruppi di Lavoro (GdL), istituiti all'interno dei Tavoli Istruttori del Consiglio (TIC), che costituiscono gli strumenti operativi temporanei con cui il Sistema sviluppa il piano operativo triennale, mettendo a confronto le proprie competenze e professionalità per istruire ed elaborare prodotti su argomenti di natura tecnica e/o gestionale. I TIC, composti da due legali rappresentanti di Agenzie, con funzioni di coordinatori, e da alcuni componenti del SNPA, hanno il compito di elaborare proposte, iniziative e prodotti su tematiche di carattere strategico necessari per favorire lo sviluppo coordinato del Sistema, adottare le formali decisioni e/o i necessari atti, con specifico riferimento alle finalità di legge, nonché per supportare un'efficace azione di confronto e riscontro con gli enti ed organi istituzionali di riferimento.
Area tecnica permanente del Sistema, costituita dalle Reti tematiche SNPA (RR-TEM), composte da esperti del Sistema a presidio delle principali tematiche specialistiche di diffusa operatività, anche in

relazione agli aspetti applicativi delle norme di settore e alla conoscenza e condivisione dei dati sullo stato dell'ambiente. Esse svolgono funzioni di presidio tecnico-operativo, con l'obiettivo di uniformare servizi e prestazioni, anche mediante conoscenza e condivisione dei dati sullo stato dell'ambiente e di applicazione della normativa di settore, favorendo il confronto e l'analisi comparativa. Le Reti tematiche sono composte da rappresentanti di ISPRA e di tutte le Agenzie.
Area gestionale permanente, costituita da Osservatori e altre specifiche strutture tematiche che garantiscono il presidio di aspetti gestionali di Sistema.

Gli Osservatori SNPA sono articolazioni operative permanenti a coordinamento diretto della Presidenza del Consiglio SNPA, per il quale istruiscono le relative decisioni. Previsti dall'art. 10 del Regolamento di funzionamento del Consiglio SNPA e costituiti con delibera 148/2021, gli Osservatori hanno operato nell'anno 2024 su diversi temi (Figura 5).

Figura 5: Osservatori SNPA (2024)



Fonte: SNPA

Il Regolamento di funzionamento del Consiglio ha anche individuato un organismo, il Coordinamento Tecnico Operativo (CTO), che garantisce il presidio, il coordinamento e la gestione programmatica delle Reti tematiche, ne assicura il collegamento con il Consiglio e garantisce ottimizzazione e scambi di contributi delle Reti con i Gruppi di Lavoro dei Tavoli Istruttori del Consiglio (TIC) e con gli Osservatori. Il CTO è composto indicativamente da dieci membri, otto delle Agenzie e due di ISPRA, uno dei quali con il ruolo di coordinatore, con funzioni anche segretariali ai sensi dell'art 4, comma 3 della legge 132/2016.

Molte delle attività descritte nel presente Rapporto coinvolgono direttamente le Reti tematiche, che costituiscono il presidio tecnico permanente del Sistema.
Le Reti tematiche sono state istituite con Delibera del Consiglio SNPA n. 142 del 28 settembre 2021 e sono complessivamente 30, 14 delle quali sono articolate in linee di attività, per un totale di 61 temi

presidiati nel Sistema. Il dettaglio delle Reti e delle linee di attività, con i relativi coordinamenti, è riportato nella seguente tabella.

Tabella 1: Reti tematiche e linea di attività SNPA (Del. 142/2021)

Codice RR TEM	Denominazione RR TEM	Coord.	Codice RR TEM-LA	Denominazione Linee di attività (LA) delle RR TEM	Coord
RR TEM 01	Emergenze ambientali	ISPRA			
RR TEM 02	Danno Ambientale	ISPRA	*RR TEM 02-1*	*Approfondimenti tecnico scientifici sul danno ambientale*	ISPRA
			RR TEM 02-2	*Istruttorie sul danno ambientale*	ISPRA
RR TEM 03	Qualità dell'aria	ISPRA	*RR TEM 03-1*	*Gestione e valutazione della qualità dell'Aria*	ISPRA
			RR TEM 03-2	*QA/QC Strumentazione e metodi di misura della qualità dell'aria*	ISPRA
			RR TEM 03-3	*Modellistica atmosferica*	EMILIA ROMAGNA
RR TEM 04	POLLnet	ISPRA			
RR TEM 05	Odori	PUGLIA			
RR TEM 06	Emissioni in atmosfera	LOMBARDIA	*RR TEM 06-1*	*Interconfronti sulle misure di emissioni in atmosfera*	ISPRA
			RR TEM 06-2	*Sistemi di monitoraggio in continuo delle emissioni (SME)*	LOMBARDIA
RR TEM 07	Autorizzazioni ambientali AIA, AUA, RIR (attività istruttorie e controlli)	ISPRA	*RR TEM 07-1*	*Controlli AIA AUA RIR*	ISPRA
			RR TEM 07-2	*Attività istruttorie*	ISPRA
			RR TEM 07-3	*Sviluppo di Best Available Techniques (BAT) in ambito di cicli industriali*	ISPRA
RR TEM 08	Valutazioni ambientali, verifiche e monitoraggio e controllo grandi opere	ISPRA	*RR TEM 08-1*	*VIA*	ISPRA
			RR TEM 08-2	*VAS*	ISPRA
			RR TEM 08-3	*Accompagnamento ambientale delle grandi opere infrastrutturali – monitoraggi – verifiche - controlli*	ISPRA
RR TEM 09	Acque superficiali e sotterranee	ISPRA	*RR TEM 09-1*	*Applicazione Direttiva Acque*	EMILIA ROMAGNA
			RR TEM 09-2	*Applicazione Direttiva Nitrati*	ISPRA
			RR TEM 09-3	*Acque reflue*	ISPRA
			RR TEM 09-4	*Acque potabili*	ISPRA
RR TEM 10	Acque marine, marino costiere e di transizione	ISPRA	*RR TEM 10-1*	*Strategia marina*	ISPRA
			RR TEM 10-2	*Tutela del mare e delle coste*	ISPRA
			RR TEM 10-3	*Acque di transizione*	ISPRA
			RR TEM 10-4	*Balneazione*	ISPRA
RR TEM 11	Gestione dei sedimenti	ISPRA	*RR TEM 11-1*	*DM173/16 – movimentazione e gestione dei sedimenti marino costieri*	ISPRA
			RR TEM 11-2	*Sedimenti acque interne*	ISPRA

Codice RR TEM	Denominazione RR TEM	Coord.	Codice RR TEM-LA	Denominazione Linee di attività (LA) delle RR TEM	Coord
RR TEM 12	Siti contaminati	ISPRA	*RR TEM 12-1*	*Data Base siti contaminati*	ISPRA
			RR TEM 12-2	*Istruttoria tecnica nei SIN*	ISPRA
			RR TEM 12-3	*Analisi di rischio, monitoraggio e tecnologie di caratterizzazione e bonifica dei siti contaminati*	ISPRA
RR TEM 13	Geologia	ISPRA	*RR TEM 13-1*	*Monitoraggio idrogeochimico*	ISPRA
			RR TEM 13-2	*Monitoraggio delle frane*	ISPRA
			RR TEM 13-3	*Rapporti con la Rete Italiana dei Servizi Geologici (RISG)*	ISPRA
			RR TEM 13-4	*Cartografia e monitoraggio idrogeologico*	ISPRA
RR TEM 14	Rifiuti	ISPRA			
RR TEM 15	Strumenti di sostenibilità	ISPRA			
RR TEM 16	Laboratori SNPA	ISPRA	*RR TEM16-1*	*Gestione data base prove di laboratorio SNPA*	ISPRA
			RR TEM16-2	*Sviluppo e armonizzazione di metodiche analitiche*	ISPRA
			RR TEM16-3	*Confronti interlaboratorio e materiali di riferimento*	ISPRA
			RR TEM16-4	*Qualità e accreditamento dei laboratori*	ISPRA
RR TEM 17	Reporting e indicatori	ISPRA			
RR TEM 18	Qualità dell'ambiente urbano	ISPRA			
RR TEM19	Monitoraggio del territorio e del consumo di suolo	ISPRA			
RR TEM 20	Fitosanitari e pesticidi	ISPRA			
RR TEM 21	Contaminanti emergenti	ISPRA			
RR TEM 22	Campi elettromagnetici	ISPRA			
RR TEM 23	Rumore	ISPRA			
RR TEM 24	Radioattività	LOMBARDIA			
RR TEM 25	Biodiversità	ISPRA	*RR TEM 25-1*	*Tutela di specie ed habitat*	BASILICATA
			RR TEM 25-2	*Specie aliene invasive*	ISPRA
			RR TEM 25-3	*Aree protette*	ISPRA
			RR TEM 25-4	*Carta della natura*	ISPRA
			RR TEM 25-5	*Infrastrutture verdi e soluzioni nature-based*	ISPRA
RR TEM 26	Agricoltura e acquacoltura sostenibili	ISPRA	*RR TEM 26-1*	*Agricoltura sostenibile*	ISPRA
			RR TEM 26-2	*Acquacoltura sostenibile*	ISPRA
RR TEM 27	Impatti, vulnerabilità e	ISPRA			

Codice RR TEM	Denominazione RR TEM	Coord.	Codice RR TEM-LA	Denominazione Linee di attività (LA) delle RR TEM	Coord
	adattamento ai cambiamenti climatici				
RR TEM 28	Meteorologia, climatologia e idrologia operativa	ISPRA	*RR TEM 28-1*	*Climatologia operativa*	ISPRA
			RR TEM 28-2	*Meteorologia applicata (applicazioni operative del monitoraggio e della previsione meteorologica e meteo-marina)*	LOMBARDIA
			RR TEM 28-3	*Monitoraggio stato fisico del mare*	ISPRA
			RR TEM 28-4	*Idrologia*	ISPRA
RR TEM 29	Ecoreati	TOSCANA			
RR TEM 30	Catasto rifiuti	ISPRA			

Fonte: SNPA

Attraverso le Reti, il SNPA si è dotato di una fitta rete di esperti che garantiscono il presidio permanente delle principali tematiche tecniche.
I Referenti ed esperti nominati nelle Reti afferiscono a una vasta gamma di competenze, tra loro anche molto diversificate che, attraverso un indispensabile approccio matriciale, consentono di mettere in relazione diverse discipline o aree di conoscenza e di assicurare quell'analisi trasversale necessaria per affrontare le problematiche ambientali, per loro natura estremamente complesse.
La creazione di una sede stabile in cui ISPRA e tutte le Agenzie possano mettere a confronto le proprie competenze e professionalità è un grande valore aggiunto, che si manifesta sia nello svolgimento delle attività ordinarie, sia in caso di necessità di reperire rapidamente informazioni e/o di confrontarsi su tematiche tecniche e normative con tutte le componenti del Sistema.
Il presidio e il confronto permanente che avviene nelle Reti tematiche, attraverso lo scambio di informazioni, esperienze e buone pratiche, concorre infatti a favorire un approccio coordinato e condiviso, nonché a promuovere l'omogeneità dei comportamenti e delle azioni sul territorio nazionale e a raggiungere quelle prestazioni tecniche ambientali uniformi previste dalla legge istitutiva del Sistema.

A dicembre 2024 le Reti tematiche SNPA risultavano composte complessivamente da 1.089 componenti, in qualità di referenti delle Reti e di esperti delle singole linee di attività, per un totale di 838 rappresentanti SNPA, alcuni dei quali nominati in più di una Rete/linea di attività (Figura 6). Questo dato evidenzia la forte adesione e il ruolo centrale delle Reti come strumento di presidio tecnico permanente, che consente di valorizzare le competenze specialistiche distribuite sul territorio.

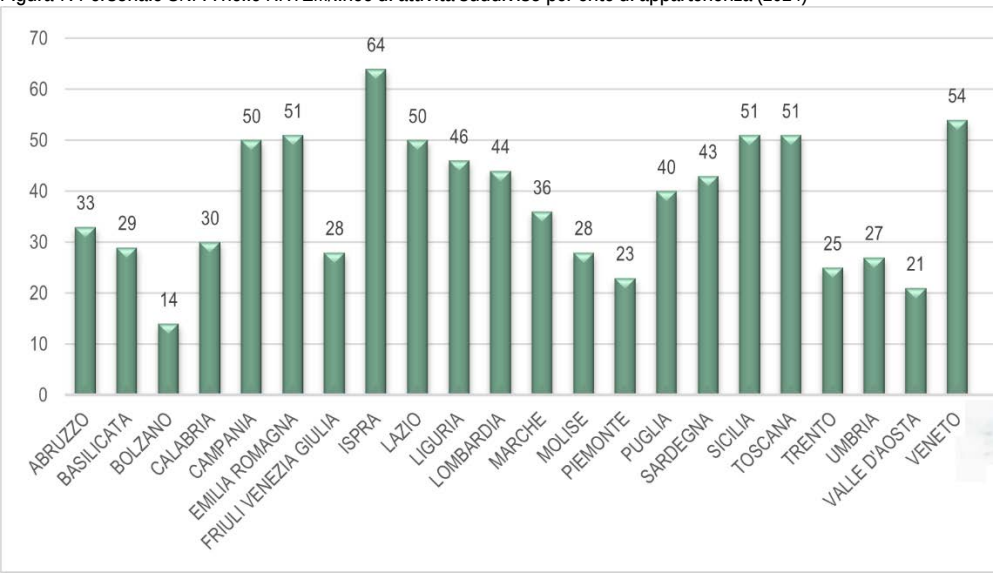
Figura 6: Personale SNPA coinvolto nelle RRTEM/linee di attività (2024)

Referenti RR TEM	Esperti LA	Componenti totali Reti	Personale SNPA nominato
622	467	1.089	838

Fonte: CTO 2025

Di seguito sono riportate alcune statistiche relative alla composizione delle Reti, con la distribuzione per componente SNPA nel 2024. L'adesione alle Reti tematiche (30) coinvolge pressoché tutte le Agenzie regionali/provinciali e ISPRA, dimostrando una capillarità organizzativa che garantisce un presidio tecnico su scala nazionale. Il dato sottolinea il contributo diffuso del SNPA nel rispondere in modo coordinato alle esigenze ambientali della collettività.

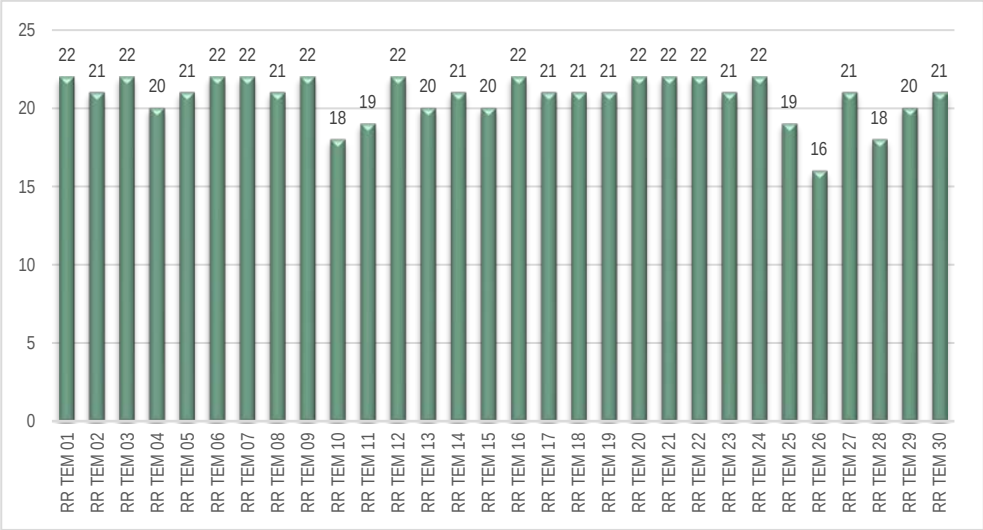
Figura 7: Personale SNPA nelle RRTEM/linee di attività suddiviso per ente di appartenenza (2024)



Fonte: CTO 2025

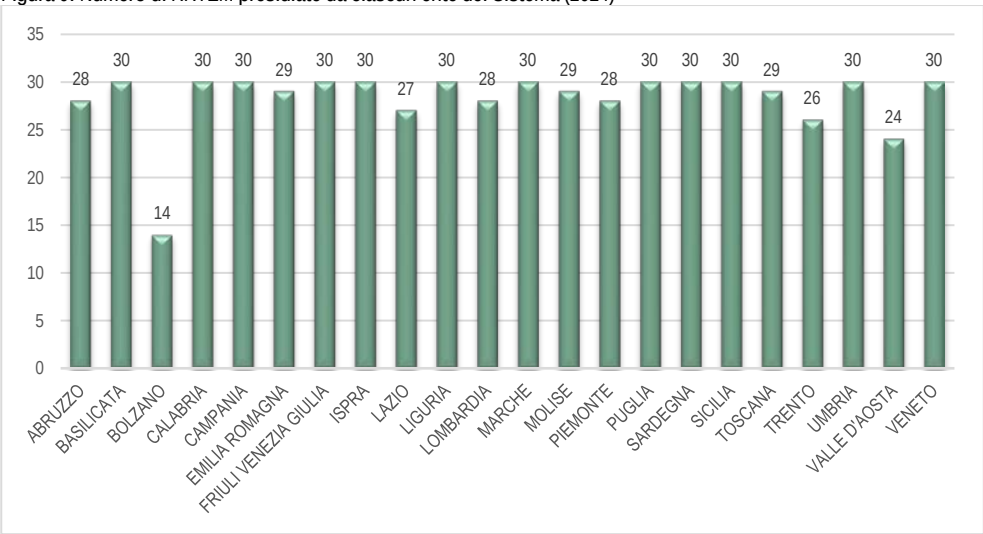
Il presidio delle Reti è garantito non solo dalla presenza dei referenti, ma anche dalla loro distribuzione su specifiche linee tematiche. La varietà dei contributi e la presenza equilibrata dei soggetti istituzionali rafforzano la capacità del SNPA di fornire risposte tecniche tempestive, armonizzate e qualificate a livello nazionale. Tale struttura rappresenta un modello di collaborazione interistituzionale a beneficio della collettività, assicurando un approccio omogeneo alla protezione dell'ambiente su tutto il territorio.

Figura 8: Numero di Referenti SNPA nelle RRTEM (2024)



Fonte: CTO 2025

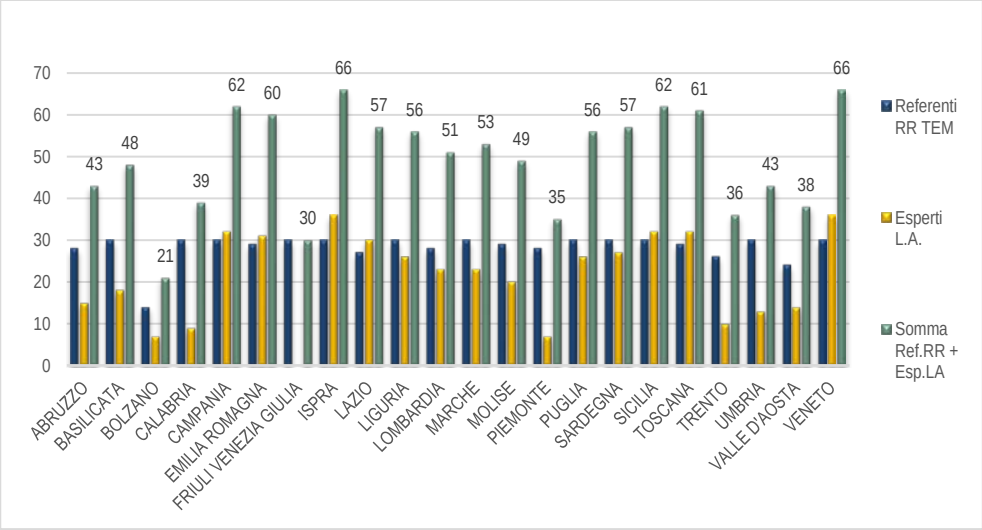
Figura 9: Numero di RRTEM presidiate da ciascun ente del Sistema (2024)



Fonte: CTO 2025

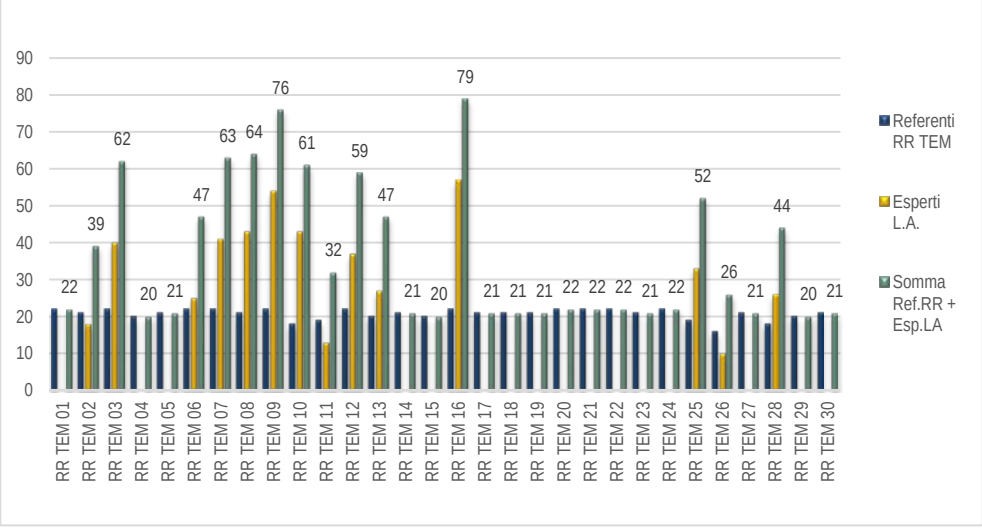
Nelle successive figure le informazioni relative alla composizione sono riportate anche con il dettaglio delle singole linee di attività (L.A.) in cui sono articolate le Reti tematiche (RR TEM).

Figura 10: Numero Referenti/esperti SNPA nelle RRTEM/linee di attività suddiviso per ente di appartenenza (2024)



Fonte: CTO 2025

Figura 11: Referenti/esperti SNPA in ciascuna RRTEM/linea di attività (2024)



Fonte: CTO 2025

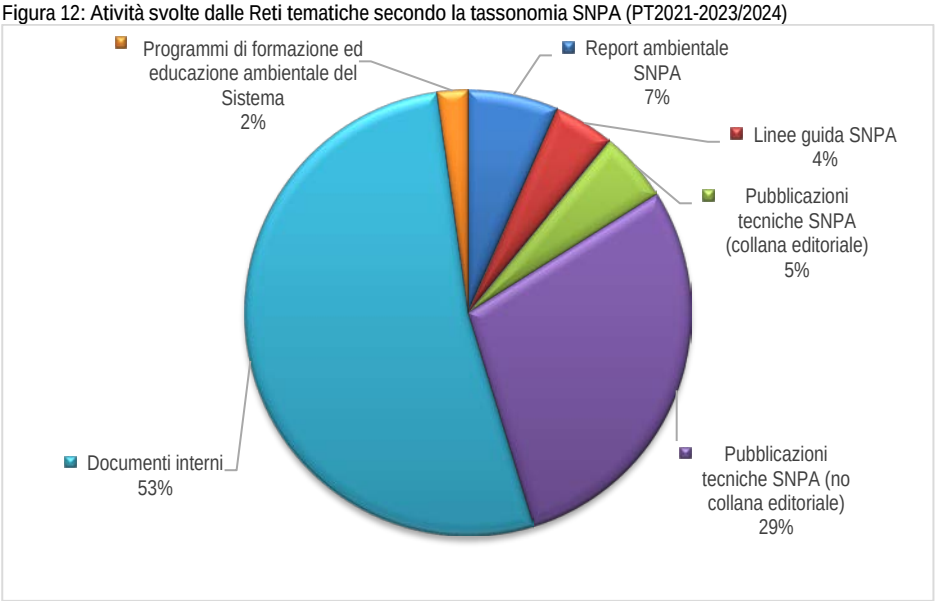
Si evidenzia che il numero di referenti ed esperti complessivamente nominati nelle Reti tematiche e relative Linee di attività (Figura 10) risulta maggiore rispetto alle risorse umane coinvolte (Figura 7), in quanto, in alcuni casi, le stesse persone sono state nominate in più di una rete o linea di attività.

Le Reti, in via prioritaria, assicurano il presidio sulla tematica di competenza e il monitoraggio della normativa di settore e possono essere utilizzate, ove necessario, per la consultazione e la condivisione preventiva di documenti di Sistema.
Inoltre, nell'ambito delle attività ordinarie programmate, le Reti, in quanto articolazioni istruttorie del Consiglio, sono coinvolte nella predisposizione di prodotti di varia natura che, in vari casi, sono destinati alla pubblicazione esterna come documenti di Sistema.

La classificazione degli atti e della documentazione del Consiglio SNPA è stata approvata con Delibera n. 206 del 18 aprile 2023 (la cosiddetta "tassonomia"), che prevede le seguenti tipologie di documenti: *Report ambientali SNPA, Linee guida SNPA, Pubblicazioni tecniche SNPA, Programmi di formazione ed educazione ambientale del Sistema, Pareri e altri atti adottati nell'esercizio di attribuzioni ex lege al Sistema, Atti del Consiglio per il funzionamento del Sistema, Documenti interni.*
Le attività che più di frequente coinvolgono le Reti sono le raccolte sistematiche e periodiche di dati e/o informazioni ambientali, la gestione e aggiornamento di banche dati di Sistema, l'elaborazione e il popolamento di indicatori ambientali, la realizzazione di confronti interlaboratorio, la predisposizione di Report ambientali SNPA e di documenti tecnici che derivano da attività di approfondimento scientifico, tecnico e/o progettuale, che costituiscono Pubblicazioni tecniche SNPA.
In alcuni casi le Reti possono essere coinvolte dal Consiglio SNPA anche nella predisposizione di documenti diretti ad uniformare il comportamento e le prassi delle componenti del Sistema nell'esercizio dell'attività tecnico scientifica (Linee guida SNPA) e possono collaborare con gli Osservatori in attività di divulgazione, formazione ed educazione ambientale.
Inoltre, le Reti sono spesso dedicate alla produzione di documenti interni condivisi nell'ambito del Sistema e non destinati alla diffusione esterna, finalizzati ad approfondimenti su tematiche tecniche e/o normative, ad attività ricognitive, ecc.

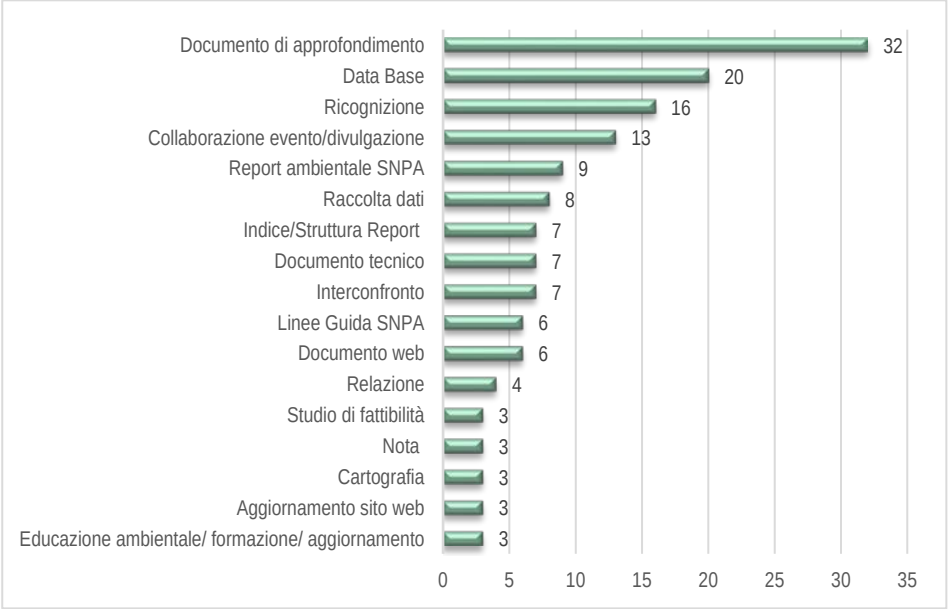
Nella successiva figura sono riportati alcuni dati relativi alle attività che sono state svolte dalle Reti tematiche nel corso del Programma triennale SNPA 2021-2023, prorogato a tutto il 2024.
Si evidenzia che i dati riportati si riferiscono solo ai documenti di Sistema che sono stati realizzati con il coinvolgimento diretto delle Reti, mentre non comprendono la documentazione predisposta nell'ambito di altre articolazioni SNPA.

Figura 12: Attività svolte dalle Reti tematiche secondo la tassonomia SNPA (PT2021-2023/2024)



Fonte: CTO 2025

Figura 13: Tipologie di attività svolte dalle Reti tematiche (PT2021-2023/2024)



Fonte: CTO 2025

Le attività svolte dalle Reti nel periodo di riferimento 2021-2023/2024, che sono oltre 150 documentate, sono state oggetto di valutazione preventiva da parte del Coordinamento Tecnico Operativo, che ha predisposto circa 120 istruttorie per il Consiglio SNPA sulla documentazione prodotta.

Dalle figure precedenti emerge che una delle attività di maggior rilievo è stata quella di gestione dei Database e di raccolta dati che, insieme alla reportistica ambientale, rappresentano una delle funzioni fondamentali del SNPA, volte alla diffusione di dati e informazioni ambientali, che costituiscono riferimento ufficiale e vincolante per le attività di competenza delle pubbliche amministrazioni, come previsto dalla legge 132/2016.
Si evidenzia, inoltre, che l'attività prevalente è stata quella di approfondimento e di ricognizione, a conferma del fatto che le Reti costituiscono un'importante sede di confronto e di dialogo tra tutte le componenti del Sistema, con la finalità di scambiare esperienze e buone pratiche e di approfondire le tematiche di competenza, anche al fine di individuare comportamenti e modalità di lavoro per quanto possibile omogenee, in coerenza con le finalità della stessa legge 132.
La documentazione SNPA predisposta dalle Reti tematiche, approvata dal Consiglio e destinata alla diffusione esterna, è scaricabile al link www.snpambiente.it.
A titolo esemplificativo, nella seguente tabella è riportato l'elenco della principale documentazione prodotta nel PT 2021-23/24 afferente alle categorie di Report ambientali SNPA, Linee guida SNPA e Pubblicazioni tecniche SNPA con collana editoriale.

Tabella 2: Report/Linee Guida/Pubblicazioni Tecniche SNPA predisposte dalle Reti tematiche (PT2021-2023/2024)

Documentazione pubblicata	*Cod. RRTEM*	*Nome RRTEM*	*Titolo*
Report ambientali SNPA	RR TEM 03	Qualità dell'aria	Rapporto nazionale sulla qualità dell'aria Edizione 2023 n. 40/2024
	RR TEM 07	Autorizzazioni ambientali AIA, AUA, RIR (attività istruttorie e controlli)	Rapporto controlli, monitoraggi e ispezioni ambientali SNPA AIA-RIR riferito ai dati del 2021 n. 35/2023
	RR TEM 17	Reporting e indicatori	Rapporto Ambiente SNPA (edizione 2023) n.39/2023
	RR TEM 19	Monitoraggio del territorio e del consumo di suolo	Rapporto "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici" ed. 2022 n.32/2022
	RR TEM 19	Monitoraggio del territorio e del consumo di suolo	Rapporto "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici" ed. 2023 n.37/2023
	RR TEM 19	Monitoraggio del territorio e del consumo di suolo	Rapporto "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici" ed. 2024 n. 43/2024
	RR TEM 20	Fitosanitari e pesticidi	Rapporto nazionale pesticidi nelle acque - Dati 2021 n. 41/2024
	RR TEM 28	Meteorologia, climatologia e idrologia operativa	Rapporto Il clima in Italia nel 2022 n.36/2023
	RR TEM 28	Meteorologia, climatologia e idrologia operativa	Rapporto Il clima in Italia nel 2023 n.42/2024

Documentazione pubblicata	*Cod. RRTEM*	*Nome RRTEM*	*Titolo*
Linee Guida SNPA	RR TEM 12	Siti contaminati	Linee Guida per la gestione dei materiali di riporto (MdR) nei siti oggetto di procedimento di bonifica (LG 46/2023)
	RR TEM 12	Siti contaminati	Indicazioni per l'applicazione dell'analisi di rischio ai materiali di riporto all'interno dei siti oggetto di procedimento di bonifica - Appendice alle Linee guida SNPA 46/2023 (LG 46BIS/2023)
	RR TEM 19	Monitoraggio del territorio e del consumo di suolo	Linee guida per il monitoraggio del consumo di suolo nell'ambito delle attività del SNPA (LG 50/2024)
	RR TEM 22	Campi elettromagnetici	Linee guida per la misura dei campi elettromagnetici generati da sistemi di telecomunicazione in tecnologia 5G (LG 54/2025)
	RR TEM 24	Radioattività	Linee Guida sulle attività delle Agenzie Regionali e delle Province Autonome per la Protezione dell'Ambiente in materia di Sorveglianza radiometrica (LG 51/2024)
	RR TEM 29	Ecoreati	Linee Guida Snpa per l'applicazione della procedura di estinzione delle contravvenzioni ambientali, ex Parte VI-BIS d.lgs. 152/2006 - Aggiornamento 2024 (LG 52/2024)
Pubblicazioni Tecniche SNPA	RR TEM 05	Odori	Emissioni odorigene: elementi di riferimento e approcci metodologici per il monitoraggio (2025)
	RR TEM 09	Acque superficiali e sotterranee	Analisi delle tendenze evolutive dei nitrati di origine agricola nelle acque superficiali e sotterranee (2025)
	RR TEM 09	Acque superficiali e sotterranee	Il riutilizzo delle acque reflue urbane da impianti di depurazione urbani: ricognizione sui controlli e quadro conoscitivo nazionale (2024)
	RR TEM 10	Acque marine, marino costiere e di transizione	Schede metodologiche utilizzate nei programmi di monitoraggio del secondo ciclo della Direttiva Strategia Marina (D.M. 2 febbraio 2021) (2024)
	RR TEM 10	Acque marine, marino costiere e di transizione	Buone pratiche per la gestione ecosostenibile degli accumuli di Posidonia oceanica e altre biomasse vegetali marine spiaggiate (2023)
	RR TEM 16	Laboratori SNPA	Metodologie analitiche utilizzate per la determinazione di sostanze organoalogenate in campioni di biota (2024)
	RR TEM 25	Biodiversità	Carta della Natura: Documento a supporto della redazione di capitolati tecnici per la realizzazione e l'aggiornamento delle regionali degli habitat (2023)

Fonte: CTO 2025

CAMBIAMENTI CLIMATICI

MAPPATURA DELLE AREE URBANE SENSIBILI AGLI EFFETTI DELLE ISOLE DI CALORE. L'ESEMPIO SULLA CITTÀ DI TORINO

Autori: Valeria Garbero, Luca Forestello, Gabriele Nicolò, Roberto Cremonini, Barbara Cagnazzi, Chiara De Luigi, Agnese Colizzi, Fulvio Raviola, Manuela Bernardi

ARPA PIEMONTE

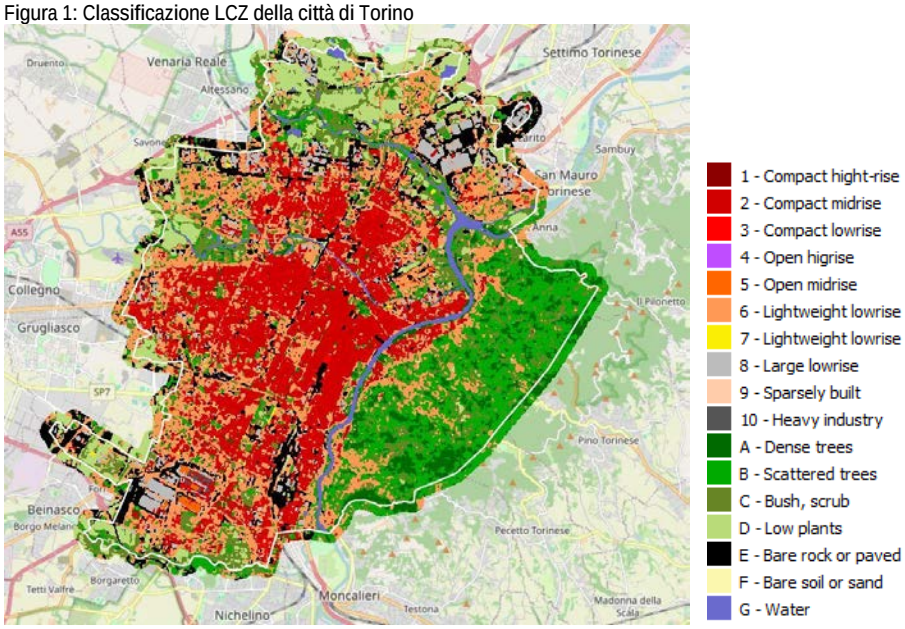
L'isola di calore urbana (*Urban Heat Island*, UHI) è un fenomeno in cui le temperature dell'aria nelle aree urbane risultano significativamente più elevate rispetto a quelle delle zone rurali circostanti. Le cause sono molteplici: l'alta densità di edifici, l'abbondanza di superfici impermeabili, la scarsità di vegetazione e il calore generato dalle attività antropiche. Questi fattori contribuiscono ad accumulare calore durante il giorno, che viene poi rilasciato durante la notte, determinando temperature notturne più alte rispetto alle aree rurali. L'intensità dell'UHI dipende dalle condizioni meteo-climatiche e dalle caratteristiche geometriche e termiche della città; a questo proposito Stewart e Oke (2012) hanno introdotto il concetto di zone climatiche locali (*Local Climate Zones*, LCZ), che mette in relazione il microclima urbano con la morfologia e la copertura del suolo. La classificazione LCZ suddivide il paesaggio urbano e rurale in base a caratteristiche omogenee di struttura e uso del suolo, individuando 10 classi "costruite" e 7 classi di "copertura del suolo". Il fenomeno UHI è particolarmente rilevante durante l'estate, poiché amplifica l'intensità delle ondate di calore e, impedendo un efficace raffrescamento notturno, aumenta il disagio percepito dalla popolazione e il rischio per la salute. In questo contesto, ARPA Piemonte ha sviluppato un sistema di sorveglianza per la prevenzione degli effetti del caldo-umido sulla salute, che prevede l'emissione di due bollettini per la previsione di giornate di caldo intenso e ondate di calore sulla regione e sulla città metropolitana di Torino (https://www.arpa.piemonte.it/bollettino/bollettino-ondate-calore).

Il metodo più semplice per stimare l'intensità dell'UHI, definita come differenza tra la temperatura urbana e quella rurale, consiste nell'utilizzare le misure di temperatura dell'aria registrate dalle stazioni meteorologiche. Tale approccio si discosta da quello basato sui dati satellitari di *Land Surface Temperature* (LST), che misurano la temperatura delle superfici e permettono di stimare l'intensità della *Surface Urban Heat Island (SUHI)*, fenomeno non adatto alla valutazione dello stress termico, che è determinato da temperature elevate dell'aria (Matthews et al., 2017). Milelli et al. (2023) hanno analizzato l'isola di calore nell'area metropolitana di Torino utilizzando i dati di temperatura rilevati dalle stazioni di ARPA Piemonte nel periodo 2007-2023, evidenziando che le temperature minime notturne nelle stazioni urbane sono, in media, superiori di 3-4 °C rispetto a quelle delle stazioni rurali. Il limite di questo approccio è che le stazioni forniscono informazioni puntuali, senza permettere una mappatura delle aree più sensibili al fenomeno. Per superare questa limitazione, è stato adottato un approccio modellistico: la modellazione spaziale del tessuto urbano, che consente di caratterizzare le aree urbane in base a zone climatiche omogenee (LCZ), e la modellazione meteorologica, che permette di ricostruire la distribuzione spaziale della temperatura e la sua evoluzione nel tempo. La metodologia illustrata è stata applicata alla città di Torino per un'analisi più approfondita dell'UHI.

La classificazione LCZ della città di Torino è stata eseguita mediante un'analisi integrata di morfologia urbana, copertura del suolo e proprietà termiche e radiative dei materiali. I parametri considerati sono: *Sky View Factor* (SVF), che indica la porzione di cielo visibile; *Canyon Aspect Ratio* (CAR), che

rappresenta il rapporto tra altezza degli edifici e larghezza delle strade; *Mean Height Canopy* (MHC), altezza media della vegetazione; *Mean Height Building* (MHB), altezza media degli edifici; *Roughness Length* (ROL), che rappresenta la rugosità del terreno; *Building Surface Fraction* (BSF), che indica il rapporto tra la superficie edificata e la superficie totale; *Impervious Surface Fraction* (ISF), frazione di superficie impervia, fornita da Copernicus alla risoluzione di 10 m (https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/suolo/copertura-del-suolo/high-resolution-layer); *Pervious Surface Fraction* (PSF), frazione di superficie pervia calcolata come complementare di ISF; *Albedo* (ALB), frazione di radiazione solare incidente riflessa, derivata a partire dalle immagini LANDSAT dell'estate 2023. La metodologia adottata prevede il calcolo dei parametri su celle raster di 10 metri. La classe LCZ di ciascuna cella viene quindi assegnata applicando un albero di decisione, che utilizza i valori assunti dai parametri e gli intervalli definiti da Stewart e Oke (2012) per ciascuna classe LCZ. In Figura 1 è mostrata la classificazione LCZ della città di Torino, utile a individuare le aree potenzialmente più sensibili al fenomeno di UHI, ossia quelle caratterizzate da strutture edilizie dense, vegetazione limitata e materiali che assorbono e trattengono il calore.

Figura 1: Classificazione LCZ della città di Torino

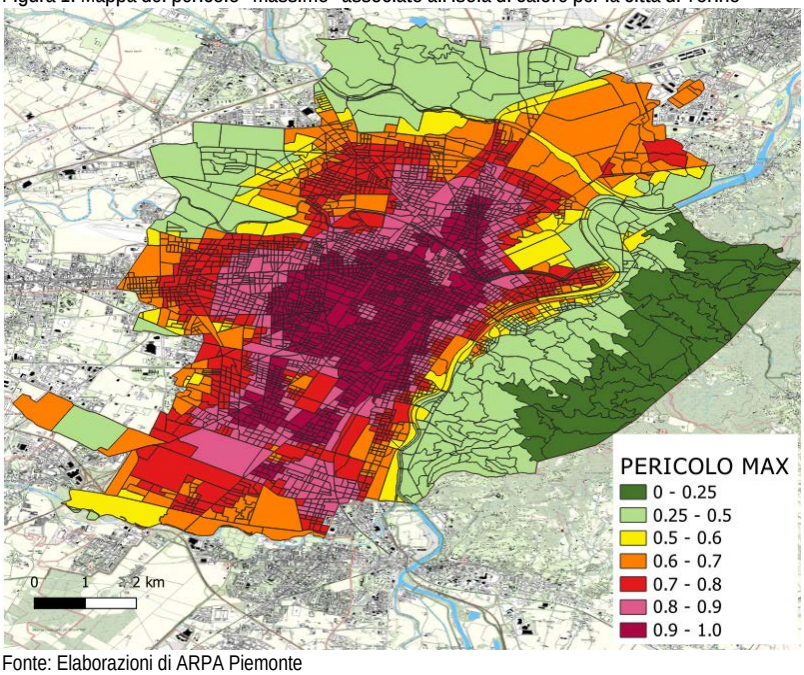


Fonte: Elaborazioni di ARPA Piemonte

L'intensità dell'isola di calore su Torino è stata infine calcolata mediante il modello urbano TERRA_URB (Wouters H. et al., 2017), implementato nel modello meteorologico COSMO (Doms G. and Schattler U., 2002). TERRA_URB è un modello urbano semi-empirico che parametrizza gli effetti della città sul bilancio energetico tra superficie e atmosfera, ricostruendo la distribuzione spaziale e l'evoluzione temporale della temperatura dell'aria a 2 metri, variabile chiave per la stima del rischio

sanitario per la popolazione. Lo schema di parametrizzazione urbana richiede in *input* le caratteristiche geometriche e termiche degli edifici, quali altezza, rapporto tra altezza e larghezza, superficie occupata dai tetti e dalle superfici impervie, capacità termica e flusso di calore antropogenico. I dati urbani utilizzati nelle simulazioni sono stati dedotti dalla classificazione LCZ. Poiché l'isola di calore amplifica l'impatto delle ondate di calore, condizioni climatiche caratterizzate da temperature elevate e persistenti che rappresentano un rischio per la salute pubblica, questo studio si è focalizzato sull'analisi della risposta della città durante questi eventi estremi. A tal fine, TERRA_URB è stato utilizzato per ricostruire quattro ondate di calore passate (9-18 giugno 2022, 21-27 luglio 2022, 15-22 luglio 2023 e 16-23 agosto 2023) su Torino e comuni limitrofi, con una risoluzione spaziale di 500 m. I risultati delle simulazioni sono stati confrontati con le misure di temperatura rilevate presso le stazioni di Torino e la stazione di Bauducchi, assunta come riferimento rurale per il calcolo dell'UHI (Bassani et al., 2022). L'analisi mostra un buon accordo, con coefficienti di correlazione tra 0,8 e 0,9 e un RMSE inferiore a 2 °C, confermando l'affidabilità del modello. Per individuare le aree di maggior impatto o pericolo associate al fenomeno dell'isola di calore, l'UHI medio notturno di ciascun evento è stato normalizzato rispetto al suo valore massimo. Successivamente, è stato calcolato il valore massimo tra gli UHI normalizzati delle quattro ondate di calore analizzate, al fine di rappresentare lo scenario più critico. La mappa del pericolo "massimo" associato all'isola di calore, riportata sulle sezioni censuarie della città di Torino (Figura 2), evidenzia come l'impatto maggiore riguardi le zone centrali, mentre risulti attenuato nelle aree periferiche e in presenza di vegetazione.

Figura 1: Mappa del pericolo "massimo" associato all'isola di calore per la città di Torino



Fonte: Elaborazioni di ARPA Piemonte

Bibliografia

Bassani F., Garbero V., Poggi D., Ridolfi L., Hardenberg J., Milelli M., 2022. *An innovative approach to select urban-rural sites for Urban Heat Island analysis: the case of Turin (Italy*). Urban Climate, Vol. 42.
Doms G. & Schattler U., 2002. *The COSMO model: Technical documentation*. Consortium for Small-Scale Modelling (COSMO).

Matthews T. K., Wilby R. L., & Murphy C., 2017. *Communicating the deadly consequences of global warming for human heat stress*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 114(15), 3861-3866.

Milelli M., Bassani F., Garbero V., Poggi D., Hardenberg J., Ridolfi L., 2023. *Characterization of the Urban Heat and Dry Island effects in the Turin metropolitan area*. Urban Climate, Vol. 47.

Stewart I. D. & Oke, T. R., 2012. *Local climate zones for urban temperature studies*. In: Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 93, p. 1879–1900.

Wouters H., Varentsov M., Blahak U., Schulz J-P., Schattler U., et al., 2017. *User guide for TERRA_URB v2.2: The urban-canopy land-surface scheme of the COSMO model*. COSMO Technical Report. DOI:10.13140/RG.2.2.33691.87847/1

MODELLO SUI PICCOLI BACINI: SPERIMENTAZIONE CON I COMUNI LIGURI

Autori: Federica Martina (ARPAL), Fabio Gardella (ARPAL)
ARPAL Liguria

La catena di modellazione idrologica di previsione a brevissimo termine delle piene nei piccoli bacini viene utilizzata operativamente in Liguria dall'Ufficio Previsioni e Analisi Idrologiche dell'U.O. Clima Meteo Idro di ARPAL (Centro Funzionale Decentrato di Protezione Civile della Regione Liguria) da diversi anni nell'attività di monitoraggio degli eventi meteo-idrologici intensi che interessano i bacini di dimensioni inferiori a 15 km^2, simulandone, in tempo quasi-reale, la risposta idrologica alle piogge intense osservate e previste a brevissimo termine (Metta et al., 2009). Il modello concentrato, basato sull'algoritmo di NASH (Nash, 1957), è implementato su più di 200 piccoli bacini idrografici liguri, costieri e d'entroterra.
A causa delle loro ridotte dimensioni, tali piccoli bacini sono caratterizzati da tempi di concentrazione ridotti, che li rende particolarmente reattivi a fenomeni di tipo *flash flood*, caratterizzati da ridotta predicibilità, fenomeni che riducono al minimo il tempo a disposizione per la messa in campo di azioni di protezione civile (Silvestro et al., 2017).
Nel 2021, la catena di modellazione è stata oggetto di un'analisi delle *performance* finalizzata alla valutazione dell'efficacia nella previsione a brevissimo termine delle piene e nella predizione di effetti al suolo critici associati al superamento di soglie di portata predefinite. Nel complesso la catena si è rivelata un efficace strumento di supporto nel monitoraggio idrologico, con un buon tasso di previsioni a brevissimo termine corrette, rispetto alle criticità osservate (Raffellini et al., 2021).

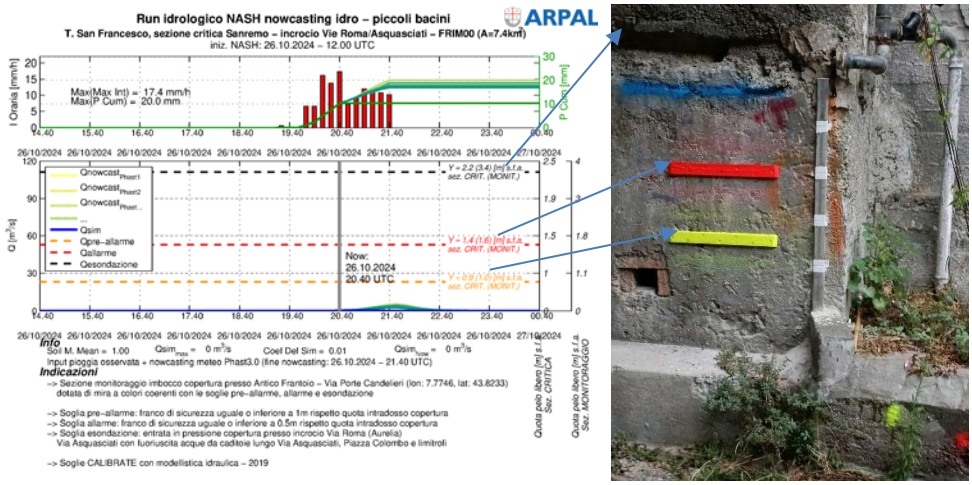
Alla luce di tali risultati, considerate le ridotte tempistiche che separano le precipitazioni più intense dalle risposte idrologiche e dalle possibili conseguenti criticità, dall'autunno del 2022 è stata avviata una sperimentazione di fornitura degli *output* grafici della catena di modellazione, direttamente ai Comuni liguri, attraverso un progetto di collaborazione ad adesione volontaria. Nell'ambito di tale sperimentazione, che vede la partecipazione di più di 50 Comuni liguri, su 234 totali, con alcuni di questi è stata avviata una più approfondita collaborazione per il miglioramento dello strumento modellistico, con particolare riguardo ad una miglior taratura delle soglie di portata di preannuncio degli effetti al suolo critici (soglie di pre-allarme e allarme). Tale attività è necessaria per disporre di una corretta rappresentazione della reale capacità di smaltimento delle sezioni più critiche, aspetto tutt'altro che scontato se si tiene conto che i piccoli bacini modellati sono oltre 200, che la prima taratura delle soglie risale al 2012 e che spesso, su tali piccoli rii, sono commissionati dai Comuni stessi lavori di sistemazione idraulica che modificano le capacità di deflusso degli alvei, con conseguente impatto sulle suddette soglie.
I Comuni che hanno deciso di aderire alla sperimentazione ricevono una formazione periodica specifica sul modello e, in generale, sugli strumenti di monitoraggio disponibili; hanno, inoltre, accesso in tempo reale ai risultati modellistici, che possono utilizzare in affiancamento ai propri strumenti operativi di presidio territoriale.
Tale collaborazione apre alla possibilità di migliorare tale strumento modellistico attraverso:

1. La condivisione degli effetti al suolo osservati a seguito degli eventi intensi meteo-idro sui corsi d'acqua oggetto della modellazione per valutare la *performance* a posteriori;

2. La condivisione del *know-how* specifico sul territorio comunale sia per individuare la migliore collocazione delle sezioni di modellazione (sezione più critica e/o sezione migliore per il monitoraggio in corso d'evento, anche da parte degli addetti al presidio territoriale), sia per meglio tarare le soglie di pre-allarme ed allarme;
3. La condivisione di dati idro-meteorologici di proprietà comunale.

La stima degli effetti al suolo osservati viene fornita dai Comuni ad ARPAL nel post-evento attraverso la compilazione di schede predefinite, schede che consentono una valutazione a posteriori sulle *performance* del modello.
Come già accennato precedentemente, con un sottoinsieme di Comuni è stata avviata una collaborazione più di dettaglio, volta al miglioramento del modello, con l'obiettivo sia di effettuare una migliore individuazione delle sezioni di modellazione, sia di migliorare la taratura delle soglie di pre-allarme ed allarme. Tra i vari, si porta ad esempio il caso del Rio San Francesco, nel Comune di Sanremo (IM), dove, con l'ausilio di studi idraulici aggiornati, è stato possibile modificare le sezioni di modellazione, ricalibrare le soglie di portata, attività svolte da ARPAL, e, ad opera del Comune, rappresentare le medesime soglie di portata modellistiche con mire colorate sull'arginatura del rio nella sezione corrispondente a quella modellistica, punto di monitoraggio del presidio idraulico comunale (Figura 1).

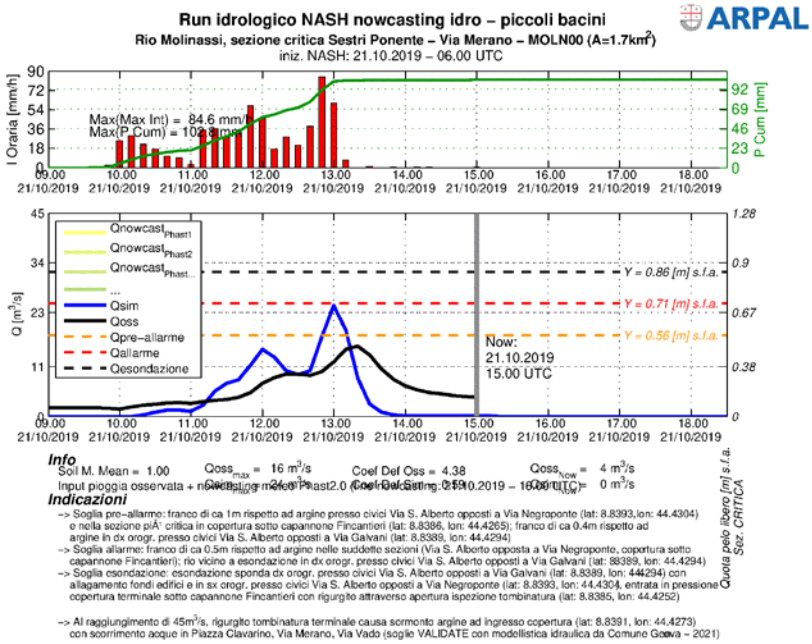
Figura 1: A sinistra, esempio di *output* grafico di un *run* della catena di modellazione idrologica di previsione a brevissimo termine sul piccolo bacino del Rio S. Francesco (Sanremo, IM). Evento meteo-idrologico del 26 ottobre 2024. In alto, è rappresentato lo ietogramma di precipitazione, mentre in basso, l'idrogramma di piena, in blu, e le soglie di pre-allarme, allarme ed esondazione, rispettivamente in arancione, rosso e nero. A Destra, rappresentazione delle soglie nella medesima sezione del corso d'acqua con indicata la corrispondenza rispetto alle soglie del grafico modellistico.



Fonte: UO-CMI di ARPAL

La collaborazione diretta con i Comuni ha aperto alla possibilità, attualmente in fase di sperimentazione su alcuni piccoli bacini pilota, di utilizzare i dati di livello idrometrico registrati in tempo reale da stazioni osservative di proprietà dei Comuni, installate sui piccoli rii. E' stato effettuato un primo tentativo sperimentale di calibrazione del modello NASH, motore di tale catena di modellazione, effettuando la trasformazione dei livelli idrometrici in portata utilizzando scale di deflusso da modellistica idraulica, nei bacini ove disponibili, confrontando, quindi, la portata "osservata" con quella simulata. I risultati ottenuti sono stati abbastanza soddisfacenti, almeno sui piccoli bacini pilota testati, anche se occorre una più approfondita riflessione sulla fondatezza scientifica di questo tipo di approccio, sulla fattibilità tecnica e sull'utilità pubblica (Figura 2).

Figura 2: Esempio di *output* grafico di un run della catena di modellazione idrologica di previsione a brevissimo termine sul piccolo bacino del Rio Molinassi (Genova - Sestri Ponente, GE). Evento meteo-idrologico del 21 ottobre 2019. L'idrogramma simulato è confrontato con quello "osservato", stimato sui livelli idrometrici della stazione osservativa del Comune di Genova (idrometro di Via Merano) attraverso scala di deflusso modellistica.



Fonte: UO-CMI di ARPAL

Un'ulteriore possibilità, ancora tutta da esplorare, è l'utilizzo di dati pluviometrici provenienti da reti comunali per migliorare la stima del campo di pioggia in *input* al modello: tale attività potrà essere realizzata solo con dati di precipitazione certificati in termini di standard di qualità, ma, potenzialmente, una migliore descrizione del campo di pioggia dovrebbe portare ad una migliore stima della portata, soprattutto in bacini così piccoli.

Bibliografia

Metta S., Von Hardenberg J.; Ferraris L.; Rebora N.; Provenzale A., 2009. *Precipitation Nowcasting by a Spectral-Based Nonlinear Stochastic Model*. J. Hydrometeorol., 10, pp. 1285-1297.

Nash J.E., 1957. *The Form of the Instantaneous Unit Hydrograph*. Publications—IAHS, 45, 114-121.

Raffellini M., Martina F., Silvestro F., Giannoni F., Rebora N., 2021. *Performance Evaluation of a Nowcasting Modelling Chain Operatively Employed in Very Small Catchments in the Mediterranean Environment for Civil Protection Purposes*. Atmosphere , 12(6), 783; https://doi.org/10.3390/atmos12060783, Special Issue Weather Radar in Rainfall Estimation.

Silvestro F., Rebora N., Cummings G., Ferraris L., 2017. *Experiences of dealing with flash floods using an ensemble hydrological nowcasting chain: implications of communication, accessibility and distribution of the results.* J. Flood Risk Manag., 10, 446–462. DOI: 10.1111/jfr3.12161s.

GARMOSAT, UN APPROCCIO MULTIDISCIPLINARE ALLA DETERMINAZIONE DELLE EMISSIONI FUGGITIVE DI BIOGAS DA DISCARICA

Autori: Stefano Coltellacci[1], Federica Gobattoni[1], Roberto Ricciarello[1], Maila Strappini[1], Beatrice Castellani[2]
[1]ARPA Lazio, Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Lazio
[2] Centro Interuniversitario di Ricerca sull'Inquinamento e sull'Ambiente "Mauro Felli"

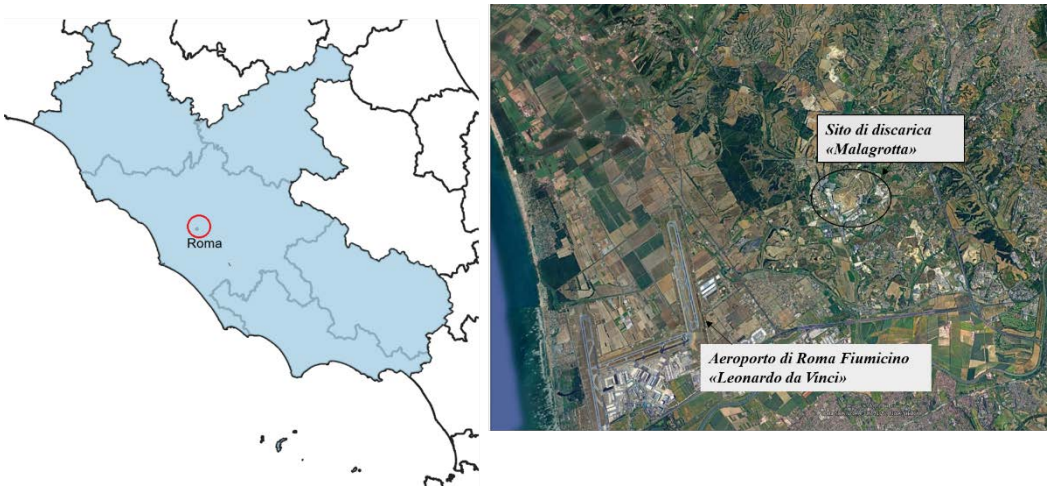
Il recente *Global Risk Report 2025*, ventesima edizione del documento realizzato annualmente dal *World Economic Forum* con la collaborazione di oltre 900 esperti internazionali, fornisce un'analisi completa dei rischi più significativi che il mondo dovrà affrontare nel prossimo decennio, mettendo in evidenza che dovremo fare i conti in modo sempre più rilevante con i rischi ambientali legati al cambiamento climatico.
L'aumento rapido dei gas serra atmosferici a partire dal periodo preindustriale ha rapidamente contribuito all'innalzamento delle temperature, impatto profondo e tangibile del cambiamento climatico in atto. Il metano (CH_4), un gas serra principalmente derivante dall'estrazione di combustibili fossili, dall'allevamento di bestiame e dalla gestione dei rifiuti, ha un impatto particolarmente significativo sul riscaldamento globale [16], soprattutto a breve termine [10], [4] a causa del suo elevato potenziale di intrappolamento del calore, che, in un secolo, è circa 28 volte superiore a quello del biossido di carbonio (CO_2), ma con una durata atmosferica più breve, di circa 10 anni [15]. Da diversi anni è in atto una politica europea volta alla riduzione delle emissioni di metano nell'ambito dell'impegno volto a raggiungere la neutralità climatica entro il 2050 [2], [5].
Nel settore della gestione dei rifiuti dell'UE, la stragrande maggioranza delle emissioni di metano, nel 2020, è legata alle discariche di rifiuti solidi (85%) [7]. La direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti, modificata dalla direttiva (UE) 2018/850, richiede ai gestori dell'UE di captare il biogas e di utilizzarlo per la produzione di energia o di calore.
La combinazione di queste caratteristiche rende il monitoraggio e il contenimento delle emissioni di metano strumenti essenziali per raggiungere gli obiettivi del *Global Methane Pledge*, sottoscritto da oltre 100 Paesi, che mira a ridurre le emissioni di metano del 30% entro il periodo 2020–2030 [1]. Data l'importanza di monitorare questa variabile atmosferica, negli ultimi anni sono stati sviluppati diversi approcci per stimarne i quantitativi emessi: i dati di osservazione della terra, resi disponibili dalle costellazioni satellitari europee attualmente in orbita, offrono un valido contributo in tal senso. Nel novembre 2022, alla COP27 di Sharm El-Sheikh, IMEO (*International Methane Emissions Observatory*) di UNEP (*UN Environment Programme*) ha annunciato il *Methane Alert and Response System* (MARS), un sistema per rilevare le emissioni di metano utilizzando i dati satellitari forniti da tutti i soggetti in grado di rilevare emissioni fuggitive di metano [9].
In questo contesto si inserisce GARMOSAT (*Garbage MOnitoring SATellite*), progetto di cui ARPA Lazio è Ente proponente, cofinanziato dall'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) nell'ambito dell'iniziativa I4DP_PA (*Innovation for Downstream Preparation – Public Administration*) che promuove lo sviluppo di servizi innovativi, basati sull'utilizzo dei dati satellitari di Osservazione della Terra (OT) eventualmente integrati anche con dati non spaziali, che rispondano ai bisogni delle Istituzioni deputate al governo del territorio, dell'ambiente, dei beni culturali e delle risorse economiche.

Obiettivo del progetto, che vede anche la partecipazione del Centro Interuniversitario di Ricerca sull'Inquinamento e sull'Ambiente (CIRIAF) "Mauro Felli" di Perugia, è la realizzazione di un sistema di supporto decisionale, basato sull'integrazione di dati satellitari con misure a terra, come strumento utile per l'individuazione e la definizione di mirati interventi sul territorio da parte delle Autorità Competenti e degli Enti preposti alla salvaguardia dell'ambiente.
L'area di studio è rappresentata da una porzione di circa 8 ha del lotto denominato "1" ricadente all'interno di un sito di discarica situato nella periferia ovest della Città Metropolitana di Roma, nella tenuta di Malagrotta, dalla quale prende il nome, in zona Castel di Guido. Malagrotta è stato per molti anni il principale sito di stoccaggio a lungo termine dei rifiuti solidi urbani indifferenziati della Città Metropolitana di Roma e di parte della sua provincia.
Non più operativo, il sito è attualmente in "gestione post-operativa" ai sensi dell'art. 13 del Decreto Legislativo 3 gennaio 2003, n. 36 e s.m.i. Il progetto GARMOSAT prevede la quantificazione del contenuto di metano, nonché di altri gas-serra quali ad esempio l'anidride carbonica, emessi in atmosfera dalla discarica, attraverso campionamento puntuale ed analisi in campo con flussimetro, e attraverso l'acquisizione di dati di concentrazione di metano con sensori specifici montati su UAV appositamente attrezzato. Le informazioni raccolte con tali metodi di misura sono poi integrate con i dati meteorologici e con i dati multispettrali e iperspettrali forniti dai satelliti della costellazione ESA Copernicus e dal satellite ASI PRISMA, per costruire un modello operativo efficace per l'individuazione delle aree potenzialmente più emissive [3], [11], [6]. Inoltre, le misure di albedo e radiazione termica ottenute da sorvoli con UAV sull'area di studio forniscono indicazioni utili per l'immediata individuazione di emissioni fuggitive di biogas sulla base di opportuni fattori di correlazione [18], [11].
Nell'area individuata come caso studio, vengono, pertanto, condotte misurazioni in situ per i gas quali metano, anidride carbonica, acido solfidrico e composti organici volatili, con cadenza mensile, al fine di integrare e verificare i dati satellitari disponibili attraverso l'utilizzo di tecniche di *machine learning* non supervisionato, come l'analisi delle componenti principali (PCA) o algoritmi di *clustering*, per scoprire correlazioni potenziali tra vari tipi di inquinanti [13], [14], [8], [17].
Specifici algoritmi di *machine learning* sono, infatti, adeguatamente "allenati" per l'identificazione, in immagini multispettrali e iperspettrali, di caratteristiche riconducibili alle emissioni di metano con possibile quantificazione della massa rilasciata in atmosfera.

I dati del satellite Sentinel-1A, con sensore SAR in banda C, saranno inoltre utilizzati per la creazione di modelli di elevazione digitale e per verificare cambiamenti volumetrici nel tempo, confrontandoli con dati LIDAR da UAV dell'Agenzia.
Le prime indagini in campo sono iniziate ad ottobre 2024 e confermano la presenza di significative emissioni di metano in diverse zone dell'area oggetto di studio: le attività proseguiranno verso le successive fasi fino alla fine del progetto, prevista per marzo 2026. I risultati preliminari delle elaborazioni di immagini satellitari, acquisite con regolarità dai satelliti della costellazione Copernicus e dal satellite ASI PRISMA, mostrati in Figura 3, costituiscono il primo passo verso la realizzazione di un sistema di consultazione dati con analisi continua e in tempo reale su piattaforma *web*, in grado di fornire risposte rapide in supporto alle decisioni delle Autorità Competenti in materia di protezione ambientale. Tale strumento costituirà un esempio di integrazione e valorizzazione di dati provenienti da più fonti diverse, con significative ricadute in termini di accrescimento della conoscenza del territorio

e disponibilità dell'informazione, ma anche in termini di efficacia ed efficienza nell'operatività, non solo per ARPA LAZIO, ma anche per ogni altro Ente Nazionale con competenze ambientali.
Il Progetto GARMOSAT si inserisce all'interno di un percorso che ARPA Lazio ha già avviato negli ultimi anni con la partecipazione attiva a progetti di ricerca di livello internazionale, nazionale e regionale al fianco di NASA, ASI ed Università, dove si sperimenta l'integrazione dei dati satellitari con i dati derivanti da misure in campo (anche da droni, UAV). In questo scenario, l'Agenzia sta investendo molto anche sulla crescita del proprio *know-how* tecnico, con l'impegno continuo nel formare e aggiornare il suo personale tecnico, nell'era delle tecnologie digitali e satellitari, al fine di espandere al massimo gli standard di Controllo e Monitoraggio Ambientale, beneficiando delle opportunità fornite dai Sistemi di Osservazione della Terra e dai recenti e imprescindibili sviluppi informatici legati al mondo dell'Intelligenza Artificiale.

Figura 1: Inquadramento dell'area di studio.

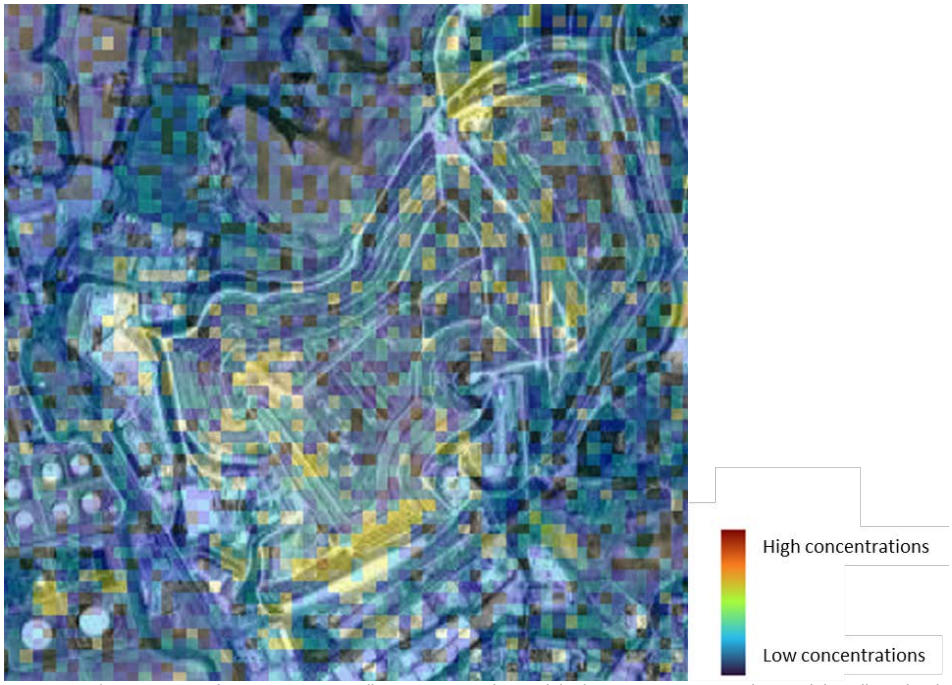


Fonte: Google Earth ed elaborazioni ARPA LAZIO

Figura 2. Ubicazione dei punti di campionamento effettuato con flussimetro e mappa di sorvolo con UAV attrezzato.

Fonte: Google Earth ed elaborazioni ARPA LAZIO

Figura 3. Risultati preliminari/in attesa di validazione delle elaborazioni di immagini satellitari PRISMA con tecniche di *machine learning* per la mappatura delle concentrazioni di metano. Risoluzione spaziale 30 m x 30 m. Acquisizione in data 4 dicembre 2024.



Fonte: "Prodotto generato da ARPA LAZIO su licenza ASI Prodotto originale PRISMA - © Agenzia Spaziale Italiana (ASI) - (2024 - 2025)".

Bibliografia

[1] Birol, F., 2021. "*Cop26 climate pledges could help limit global warming to 1.8°c but implementing them will be the key*", [online] Available: https://www.iea.org/commentaries/cop26-climate-pledges-could-help-limit-global-warming-to-1-8-c-but-implementing-them-will-be-the-key.
[2] "*Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Commettee and the Committee of the Regions on an EU strategy to reduce methane emissions"*, Brussels, 14.10.2020COM (2020) 663 final.
[3] Environment Agency Wales, 2010. "*Guidance on monitoring landfill gas surface emissions LFTGN07 v2 2010*" Rio House, Waterside Drive, Aztec West, Almondsbury, Bristol.
[4] EPA, (2023). "*Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2021"*. U.S. Environmental Protection Agency, EPA 430-R-23-002.
[5] "*European Union Methane Action Plan*" – November 2022.
[6] De Risio F. et *al*., 2003. "*Linee guida per il monitoraggio delle emissioni gassose e della qualità dell'aria nelle discariche ai sensi del d.l.vo 36/2003*" ARPA Abruzzo. Regional Agency for Environmental Protection of Abruzzo Guidelines for monitoring LFG (conveyed and diffused) from municipal waste landfills.
[7] ISPRA, 2022. "*Il metano nell'inventario nazionale delle emissioni di gas serra. L'Italia e il Global Methane Pledge*". Rapporti 374/2022 ISBN 978-88-448-1133-4.
[8] Gorroño J. et al., 2023. "*Understanding the potential of Sentinel-2 for monitoring methane point emissions*", Atmos. Meas. Tech., 16, 89–107, 2023 https://doi.org/10.5194/amt-16-89-2023.
[9] Masson Delmotte V. et *al*., 2021. (eds.): "*Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis*". Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32, https://doi.org/10.1017/9781009157896.001.
[10] Mitchell J. F., 1989. "*The 'greenhouse' effect and climate*", Rev. Geophys., vol. 27, no. 1, pp. 115-139.
[11] Rossi F. et *al*., 2022. "*A novel measurement-based method for assessing global warming mitigation via high-albedo solutions*", Energies, 15 (2022), p. 5695 https://doi.org/10.3390/en15155695.
[12] Raco B. et *al*., 2006. "*Monitoraggio del flusso di biogas diffuso dal suolo da discariche RSU: il caso di Legoli, Peccioli (PI*)". Rifiuti Solidi RS, CIPA Editore. 20:120-36. http://www.cnr.it/prodotto/i/63829.
[13] Rossi F. et *al*., 2023. "*Application of the novel satellite calibrated method "Radiative Forcing Meter" on a high albedo test facility for CO2 compensation*", Solar Energy, Volume 263, 2023, 111934, ISSN 0038-092X, https://doi.org/10.1016/j.solener.2023.111934.
[14] Pandey S. et *al*., 2023. "*Daily detection and quantification of methane leaks using Sentinel-3: a tiered satellite observation approach with Sentinel-2 and Sentinel-5p*", Remote Sensing of Environment, Volume 296, 113716. https://doi.org/10.1016/j.rse.2023.113716.
[15] Settembre D. et *al*., 2025. "*Methane Column Estimation Using PRISMA Hyperspectral Data and Comparison With Other Earth Observation Products*". IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters (Volume: 22).
[16] Skytt T. et *al*., 2020."*Global warming potential and absolute global temperature change potential from carbon dioxide and methane fluxes as indicators of regional sustainability—A case study of Jämtland Sweden*", Ecol. Indicators, vol. 110.

[17] Schuit B. J., et *al*., 2023. "*Automated detection and monitoring of methane super-emitters using satellite data*", Atmos. Chem. Phys., 23, 9071–9098, 2023, https://doi.org/10.5194/acp-23-9071-2023.
[18] UNEP IMEO, 2024. Invisible but not unseen. How data-driven tools can turn the tide on methane emissions – if we use them. Report 2024.

PROGRAMMI NAZIONALI DI COLLABORAZIONE IN AMBITO DEI SERVIZI COPERNICUS

Autore: Antonella Tornato, Manuela D'Amen, Ines Marinosci, Stefano Mariani
ISPRA

A partire dal 2022, in continuità con precedenti iniziative, la Commissione Europea (CE) ha intensificato le azioni di *user uptake* volte a promuovere e a intensificare tra gli utenti dei singoli Stati Membri l'uso di dati e prodotti del Programma Europeo di Osservazione della Terra Copernicus. Lo scopo è di garantire il pieno coinvolgimento degli Stati nell'uso e nell'evoluzione dei prodotti e dei Servizi Copernicus, garantire la coerenza tra i Servizi nazionali e quelli europei e incentivare lo sviluppo di nuovi prodotti su scala nazionale e locale, basandosi su quanto già reso disponibile dal Programma. Queste azioni sono condotte anche attraverso i progetti finanziati dal *Framework Partnership Agreement on Copernicus User Uptake* (FPCUP), come nel caso del progetto FPCUP Copernicus4SNPA (v. box) e le iniziative di coordinamento nazionale finanziate dai *National Collaboration Programme* promossi dalla CE per i singoli Servizi di Copernicus.
In Italia, il coinvolgimento degli utenti è coordinato dal Forum Nazionale degli Utenti Copernicus, che per mandato promuove il dialogo tra le comunità utenti nazionali e locali (enti istituzionali, il mondo della ricerca e il settore privato) e le Entità europee delegate dalla CE all'attuazione e gestione dei Servizi del Programma Copernicus. Un ruolo cruciale è svolto da ISPRA e dal Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) in virtù delle rispettive competenze istituzionali nel monitoraggio ambientale e tutela del territorio.
Le prime azioni di coordinamento nazionale sono state formalizzate siglando il 24 ottobre 2022 un *Memorandum of Understanding (MoU)* tra l'Italia e il Centro europeo per le previsioni meteorologiche a medio termine (ECMWF), relativo al *Copernicus Atmosphere Monitoring Service – CAMS (https://atmosphere.copernicus.eu/)* e al *Copernicus Climate Change Service – C3S (https://climate.copernicus.eu/)* della durata prevista di 48 mesi. L'Italia è rappresentata nel MoU dal Forum Nazionale degli Utenti di Copernicus e dalla Direzione Generale "Recupero industriale e grandi filiere produttive" dell'allora Ministero dello Sviluppo Economico, oggi Ministero dell'Imprese e del Made in Italy, e vede l'ISPRA come segreteria tecnica.
Nello stesso periodo, il 14 dicembre 2022, è stato sottoscritto il *CAMS National Collaboration Programme* Italia – CAMS NCP Italia *(https://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/cartella-progetti-in-corso/aria/progetto-cams-national-collaboration-programme-italia)* tra l'ECMWF e ISPRA, rivolto alle comunità nazionali e locali con l'obiettivo di promuovere l'informazione e la formazione sull'uso dei prodotti CAMS, rafforzandone l'uso all'interno di servizi operativi nazionali e regionali e/o di prototipi per il monitoraggio della qualità dell'aria. Questa iniziativa, coordinata dall'ISPRA e della durata di 18 mesi, ha coinvolto il CNR con l'istituto ISAC, l'ENEA, l'Università di Roma Tor Vergata e quattro agenzie del SNPA: ARPAE Emilia-Romagna, ARPA Lombardia, ARPA Campania e ARPA Veneto. La partecipazione delle agenzie del SNPA ha permesso di attuare specifiche azioni relative all'applicazione dei prodotti CAMS fino al livello locale.
L'iniziativa si è conclusa con successo e ha ricevuto un importante riconoscimento da Laurence Rouil, Direttore di CAMS, durante il 14° Copernicus *User Forum* in Commissione Europea tenutosi il 18 settembre 2024, che l'ha definita "un esempio di capacità e serietà". In seguito, il 1 ottobre 2024 ha avuto inizio la Fase 2 del CAMS NCP Italia *(https://www.copernicus-italia.it/?page_id=883)*, che vede

un maggior coinvolgimento delle comunità regionali. Infatti, al partenariato della precedente fase si sono aggiunte altre cinque agenzie (ARPA Liguria, ARPA Piemonte, ARPA Umbria, ARPA Valle d'Aosta e ARPA Toscana), il cui contributo prevede l'integrazione nei propri sistemi regionali di modelli nazionali e di prodotti CAMS, con l'obiettivo di migliorare l'accuratezza delle previsioni locali.
Anche per il Servizio C3S è stato avviato il percorso del *National Collaboration Programme* attraverso l'emanazione di un bando competitivo nel 2024 e una fase di selezione di proposte progettuali da parte degli Stati Membri, focalizzate su attività di informazione e formazione in merito ai prodotti C3S e di rafforzamento dell'uso di tali prodotti all'interno di servizi operativi nazionali e regionali e/o di prototipi per l'adattamento e la mitigazione ai cambiamenti climatici. La proposta dell'Italia è stata una delle 10 selezionate e il 15 ottobre 2024 è stato sottoscritto il *C3S National Collaboration Programme Italia* – C3S NCP Italia *(https://www.copernicus-italia.it/?page_id=1003)* tra l'ECMWF e l'ISPRA, con durata di 24 mesi. Il partenariato, coordinato dall'ISPRA, vede la partecipazione dell'Aeronautica Militare, dell'Agenzia ItaliaMeteo, dell'ENEA, del CNR con gli istituti IBE e IGG, del Consorzio Italiano per la Copernicus *Academy* e di quattro agenzie regionali: ARPA Campania, ARPA Lombardia, ARPA Piemonte e ARPA Valle d'Aosta. Le ARPA contribuiscono alla sperimentazione alla scala locale, agendo come "utente test locale", dei prototipi di servizi idro-climatici e ambientali che saranno sviluppati dal C3S NCP Italia.
Anche l'Agenzia Europea dell'Ambiente (AEA*)* ha recentemente avviato azioni di coordinamento con l'Italia: il 9 ottobre 2024 è stato firmato il primo *Memorandum of Understanding* tra l'ISPRA e l'AEA (https://www.isprambiente.gov.it/it/archivio/notizie-e-novita-normative/notizie-ispra/2024/10/firmato-il-memorandum-of-understanding-tra-ispra-e-agenzia-europea-ambiente), della durata di 18 mesi, per promuovere la collaborazione tra gli Stati Membri nell'utilizzo e nello sviluppo futuro del Copernicus *Land Monitoring Service* – CLMS *(https://land.copernicus.eu/).* La sottoscrizione è stata proposta all'ISPRA in virtù del ruolo di *National Focal Point* della Rete *Eionet*, responsabile del coordinamento della comunità degli utenti a livello nazionale e del mantenimento dell'interazione con l'AEA. L'Italia aderisce alla prima fase del *CLMS National Collaboration Programme*, con il CLMS NCP Italia (https://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/cartella-progetti-in-corso/suolo-e-territorio-1/clms-national-collaboration-programme-italia) (ottobre 2024 - aprile 2026), con l'obiettivo di incrementare l'utilizzo del CLMS a livello nazionale e sub-nazionale anche attraverso la Rete *Eionet* italiana (https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/reti-e-sistemi-informativi-ambientali/lagenzia-europea-dellambiente-eea-e-la-rete-eionet/la-rete-eionet-italiana), raccogliere i *feedback* su qualità e adeguatezza dei prodotti CLMS da parte degli utenti a livello nazionale e locale, con particolare riferimento alle ARPA e agli uffici regionali coinvolti nel monitoraggio del territorio e dello stato dell'ambiente.

I punti di forza degli NCP in Italia risiedono nell'efficace supporto al coordinamento tra le Istituzioni, tra cui il SNPA, gli enti di ricerca e le università, e costituisce una solida rete per la condivisione di esperienze, competenze e la raccolta delle esigenze di monitoraggio dagli utenti relativamente all'utilizzo dei dati, prodotti e servizi Copernicus. Questi programmi di collaborazione rafforzano l'efficacia delle attività del Forum Nazionale degli Utenti Copernicus nel suo dialogo con la CE e con i gestori dei Servizi Copernicus. Inoltre, tutte le iniziative svolgono un'importante funzione di formazione continua degli utenti, sia già attivi, sia potenziali, promuovendo un uso sempre più diffuso e integrato dei dati e dei servizi Copernicus nei rispettivi contesti operativi.

BOX: Formazione in ambito SNPA sull'utilizzo dei prodotti Copernicus e di osservazione della Terra per il monitoraggio ambientale

Autori: Nico Bonora, Serena Geraldini, Manuela D'Amen, Alessandra Nguyen Xuan
ISPRA

Nel 2024 è stata sviluppata l'azione FPCUP (Caroline Hershel *Framework Partnership Agreement on Copernicus User Uptake*) Copernicus4SNPA, che ha avuto l'obiettivo di ampliare la conoscenza e incrementare le capacità di utilizzo efficace dei metodi, degli strumenti e dei prodotti di osservazione della Terra erogati dal programma EU Copernicus nell'ambito delle attività ordinarie del Sistema Nazionale per la Protezione Ambientale. Sulla base di una convenzione tra Ispra e le Agenzie ambientali è stata costruita una specifica *task force* con l'obiettivo di trasferire agli operatori del Sistema i concetti chiave e le informazioni necessarie per l'utilizzo dei prodotti di Copernicus.
L'attività, della durata di un anno, ha previsto incontri preliminari con i partecipanti alla *task force*, sei sessioni collettive di introduzione ai Servizi Copernicus, l'identificazione delle principali necessità informative e formative di ciascuna Agenzia, l'organizzazione dell'evento formativo/informativo presso ciascuna Agenzia e la verifica degli impatti dell'azione. L'attività preparatoria, svolta presso l'ISPRA, ha coinvolto due o più esperti per ciascuna Agenzia con l'obiettivo di rilevare il livello di conoscenza, consapevolezza ed esperienze già maturate in relazione alla Componente dei Servizi Copernicus. Sulla base di tali informazioni, sono stati definiti i criteri per illustrare e dimostrare, attraverso casi d'uso reali, il valore aggiunto operativo derivante dall'impiego dei prodotti Copernicus. Ogni sessione ha previsto una giornata di informazione per ciascuno dei sei Servizi Copernicus *Core*, per gli aspetti di interesse per il SNPA, da parte di ciascuna *Entrusted Entity* di Copernicus, ovvero i soggetti responsabili degli sviluppi di servizi *Core* di Copernicus (Servizi di monitoraggio dell'atmosfera, del territorio, del mare, dei cambiamenti climatici, per la gestione delle emergenze e la sicurezza). Le presentazioni hanno illustrato le procedure per l'accesso e la consultazione dei dati, l'utilizzo in locale e/o da remoto tramite *script*, nonché l'integrazione con dati in situ. La seconda fase si è concentrata su attività di formazione e informazione specifiche sui temi di interesse per le singole Agenzie. In questa fase alcuni colleghi di ISPRA, con esperienza nell'utilizzo dei prodotti Copernicus per diversi ambiti, hanno sviluppato moduli di *training* personalizzati sulle necessità espresse da ciascuna agenzia. Ogni ARPA/APPA ha selezionato due Servizi *Core* su cui focalizzare la formazione, scegliendo quelli più attinenti alle proprie attività e competenze. Gli eventi, della durata di due giorni ciascuno, sono stati articolati in una prima sessione introduttiva sul Programma Copernicus, seguita da due sessioni tematiche dedicate ai Servizi *Core* selezionati.
Terminata la fase formativa, è stata condotta un'indagine finalizzata a comprendere gli impatti dell'attività condotta, il livello di conoscenza del programma Copernicus e, in ultima analisi, per definire le carenze e relative necessità implementative dei prodotti applicativi e operativi dei Servizi *Core* di Copernicus, nonché le esigenze formative per il personale, nell'ambito delle attività di sistema per l'assolvimento dei compiti istituzionali del SNPA. Il percorso con le Agenzie, che ha visto più di un migliaio partecipanti tra operatori interni ed alcuni esterni invitati dalle Agenzie regionali e provinciali, ha portato ad una crescita in termini di conoscenza e capacità di utilizzo dei prodotti europei di osservazione della Terra nell'ambito delle attività ordinarie delle Agenzie.

La crescente consapevolezza dell'opportunità di poter integrare strumenti di osservazione della Terra per il monitoraggio ambientale rende ancor più centrale il ruolo della formazione all'interno del SNPA, soprattutto alla luce della rapida evoluzione e ampliamento dei Servizi Copernicus, che richiedono un costante aggiornamento delle competenze. Come auspicato dai partecipanti alle attività di formazione, nell'ambito della Scuola in discipline ambientali promossa dall'Ispra, sarebbe opportuno sistematizzare e consolidare tali attività formative sui tematismi applicativi di monitoraggio ambientale maggiormente richiesti dal SNPA.

Si ringraziano i docenti: Antonello Bruschi, Paola Campolunghi, Luca Congedo, Elisa Coraci, Eleonora Cuccia (ARPA Lombardia), Roberta De Angelis, Paolo De Fioravante, Pasquale Dichicco, Luca Guerrieri, Paolo Gyssels, Carlo Lo Re, Stefania Magrì (ARPA Liguria), Stefano Mariani, Giulia Marchetti, Ines Marinosci, Francesco Menniti, Marco Picone, Andrea Salmeri, Daniele Spizzichino, Antonella Tornato, Michele Stortini (ARPAe).

CLINE: LA PIATTAFORMA *OPEN SOURCE* CLIMA NORD-EST. UN NUOVO STRUMENTO PER IL QUADRO CLIMATICO REGIONALE

Autori: Giovanni Massaro[1], Fabio Zecchini[1], Valentina Gallina[2], Andrea Cicogna[2], Francesco Bartoli[3], Ricardo Garcia Silva[3], Marco Montanari[3], Francesco Rech[1], Stefano Micheletti[1]

[1] ARPA Veneto, [2] ARPA Friuli Venezia Giulia, [3] Geobeyond srl

Il cambiamento climatico rappresenta una delle sfide più critiche del nostro tempo, con impatti significativi sulle condizioni ambientali e socio-economiche, specialmente nelle regioni vulnerabili come l'area del Mediterraneo (Giorgi e Lionello, 2008; Ali et al., 2022). Qui, l'aumento delle temperature, la riduzione delle precipitazioni estive e l'intensificazione degli eventi climatici estremi - come le ondate di calore e le precipitazioni estreme - richiedono approcci innovativi per valutare i rischi e sviluppare strategie di mitigazione e adattamento.

In questo contesto ARPA Veneto - con il supporto tecnico di Geobeyond srl e Inkode soc. coop., la collaborazione di ARPA FVG e finanziamenti PNRR-PNC - ha sviluppato la Piattaforma Clima Nord-Est (CliNE) (https://clima.arpa.veneto.it), una piattaforma *open source* progettata per offrire il quadro climatico regionale (ma anche comunale o puntuale) passato e futuro, strumenti di analisi e visualizzazione interattiva dei dati climatici multidimensionali, a supporto di decisori politici, ricercatori, portatori di interesse e cittadini. Essa propone le proiezioni climatiche per l'Italia nord-orientale elaborando 13 indicatori climatici: temperatura media, minima, massima, notti tropicali, giorni caldi, giorni di gelo, durata delle ondate di calore, gradi giorno di riscaldamento e raffrescamento, precipitazione, precipitazione superiore al 95° percentile, giorni secchi, giorni di neve. Tali proiezioni vengono fornite in termini di mappe e serie temporali, per diversi orizzonti temporali futuri e tre scenari emissivi, con la possibilità di estrarre e scaricare i dati per aree o punti di interesse specifici. Questi indicatori possono essere utilizzati come *proxy* di impatti specifici come siccità, disagio termico, dissesto geo-idrologico, impatti sulla domanda di energia per numerosi settori fra cui salute, risorsa idrica, energia, produzione agricola, ecosistemi terrestri. Per ciascun indicatore vengono calcolati i valori medi annuali e trentennali in termini di valore assoluto o di variazione del valore atteso nel futuro rispetto al periodo storico di riferimento 1976-2005 (anomalia) su base stagionale o annuale, considerando due periodi futuri: 2021-2050 (futuro prossimo) e 2071-2100 (futuro lontano). Vengono presi in considerazione tre diversi percorsi di concentrazione rappresentativa (RCP) (IPCC, 2013): RCP2.6 (forte mitigazione dei gas serra, secondo quanto previsto dall'Accordo di Parigi), RCP4.5 (scenario intermedio di stabilizzazione), RCP8.5 (nessuna mitigazione, il cosiddetto *business-as-usual*). Per questi scenari CliNE elabora – con un *downscaling* statistico basato sui dati provenienti dalle reti di stazioni meteorologiche regionali (Pavan *et al.*, 2019; Massaro *et al.*, 2022) – delle proiezioni utilizzando 5 diversi modelli climatici a scala europea e una media di ensemble come migliore proiezione per il futuro (Giorgi, 2005). Questi modelli sono stati selezionati tra i modelli climatici regionali (RCM) del progetto EURO-CORDEX 0.11 degs (Jacob *et al.*, 2014). Essi rappresentano lo stato dell'arte dei modelli climatici nell'area europea in termini di risoluzione spaziale e riproducono in modo accurato la climatologia dell'area regionale di interesse nel periodo di riferimento (ARPA FVG, 2018).

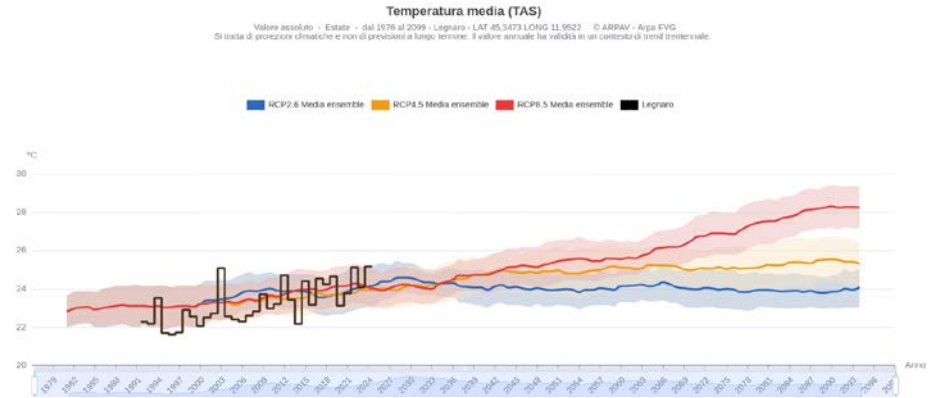
La piattaforma, *online* da giugno 2023, è stata arricchita a dicembre 2024 con ulteriori dati e funzionalità. Tra le novità, l'introduzione dei dati delle stazioni meteorologiche regionali, per permettere una comparazione tra proiezioni climatiche e dati effettivamente misurati, e il "barometro del clima" per confrontare l'andamento del clima attuale con quello dei modelli climatici. Inoltre, nel più recente aggiornamento, la piattaforma ha due nuovi indicatori climatici che forniscono indicazioni sugli impatti della domanda di energia ed è stata introdotta l'incertezza delle proiezioni climatiche. Lo strumento è anche migliorato in accessibilità e navigabilità, con una ricerca delle località di interesse per coordinate geografiche e l'introduzione dei centroidi ISTAT (ove si trova il municipio comunale). Tutto il codice sorgente del progetto è ospitato su *repository* pubblico, per promuovere la trasparenza e la replicabilità tramite riuso dal catalogo nazionale AgID (https://github.com/venetoarpa/arpav-cline-frontend; https://github.com/venetoarpa/arpav-cline-backend).

Grazie a CliNE si può verificare che gli attuali modelli regionali climatici sottostimano il *trend* di aumento della temperatura media osservato a scala locale dalle stazioni meteorologiche nel Nord-Est Italia, anche considerando lo scenario che non prevede nessuna azione di mitigazione. Ad esempio, per la stazione di Legnaro (PD) il *trend* rilevato negli ultimi 30 anni nella temperatura media estiva è di +0,9°C/10 anni, a confronto con il *trend* della media di ensemble dei modelli (nel punto più vicino) per lo stesso periodo nello scenario RCP8.5 di +0,4°C/10 anni. Per la stessa località, la temperatura media estiva passerà dai 23 °C del trentennio di riferimento 1976-2005 a una temperatura compresa tra 26,5 °C e 28,5 °C a fine secolo secondo lo scenario RCP8.5, rispetto a temperature tra 23 °C e 25 °C attese nel medesimo periodo secondo lo scenario RCP2.6 (Figura 1).

Sfruttando le mappe disponibili in CliNE si può visualizzare la variabilità spaziale degli indicatori climatici. Ad esempio, nello scenario senza mitigazione, considerando l'anomalia a fine secolo rispetto al trentennio 1976-2005, si nota come le aree di pianura saranno le più colpite in termini di diminuzione delle precipitazioni estive, raggiungendo -30% nel Veneto meridionale; a Pordenone (PN) la diminuzione attesa è di -25% (Figura 2).

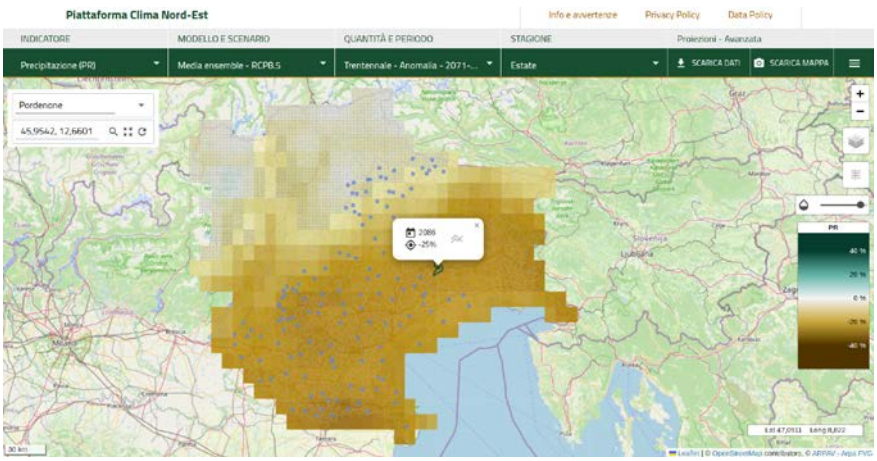
Il *database* sui cambiamenti climatici a scala locale disponibile con CliNE può rappresentare il punto di partenza per valutare gli impatti dei cambiamenti climatici in una specifica area da parte delle autorità locali e delle parti interessate in una prospettiva di strategia di adattamento (MASE, 2023). Esso rappresenta uno strumento utile a supportare la pianificazione territoriale e le politiche di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici (Regione del Veneto, 2024), aumentando la consapevolezza dei cittadini sui pericoli climatici e sull'importanza di azioni di mitigazione. Infine, CliNE dimostra il potenziale delle soluzioni *open source* nel fornire strumenti avanzati per l'analisi climatica, favorendo l'integrazione di scienza, tecnologia e politica. Grazie alla sua architettura flessibile e ai dati ad alta risoluzione, CliNE rappresenta un modello replicabile per altre regioni che siano interessate ad affrontare le sfide del cambiamento climatico in modo efficace e sostenibile.

Figura 1: (Linee colorate) Serie annuale (media mobile su 11 anni) della temperatura media (unità: °C) in estate a Legnaro (PD) dal 1976 al 2100, ottenuta come media di ensemble di 5 modelli RCM EURO-CORDEX sottoposti a *downscaling* statistico, con relativa banda di incertezza (media ensemble +/- deviazione standard dei 5 modelli). Gli anni 1976-2005 rappresentano lo "storico" del modello. Dal 2006 i modelli sono forzati con i diversi "scenari" climatici: RCP2.6 (linea blu), RCP4.5 (gialla), RCP8.5 (rossa).
(Linea nera) Corrispondente serie annuale dal 1992 al 2024 ottenuta da stazione meteorologica ARPAv ubicata a Legnaro (PD).



Fonte: https://clima.arpa.veneto.it

Figura 2: Distribuzione geografica dell'anomalia di precipitazione (unità: %) in estate per il periodo 2071-2100 rispetto al periodo di riferimento 1976-2005 nello scenario RCP8.5 ottenuta dalla media di ensemble di 5 modelli RCM EURO-CORDEX sottoposti a *downscaling* statistico. Nel comune selezionato di Pordenone (PN) si osserva una diminuzione statisticamente significativa di -25%. Al contrario, le aree dove i modelli non hanno un buon accordo (Stocker *et al.*, 2013), e quindi la proiezione non è statisticamente significativa, sono ombreggiate (media di ensemble < deviazione standard dei 5 modelli).



Fonte: https://clima.arpa.veneto.it

Bibliografia

Ali E., Cramer W., Carnicer J., Georgopoulou E., Hilmi N.J.M., Le Cozannet G., and Lionello P., 2022: *Cross-Chapter Paper 4: Mediterranean Region*. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 2233–2272, doi:10.1017/9781009325844.021.

ARPA FVG, Gallina V., Giorgi F., 2018. *1.2 Variabilità climatica futura. Proiezioni climatiche in FVG*.

Giorgi F., 2005. *Climate change prediction*. Climatic Change, 73(3), 239-265.

Giorgi F., Lionello P., 2008. *Climate change projections for the Mediterranean region. Global and planetary change*, 63(2-3), 90-104.

IPCC, 2013: *Summary for Policymakers*. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V. and Midgley P.M. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Jacob D. *et al.*, 2014. *EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research*. Regional Environmental Change,14:563-578.

MASE, 2023. *Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici*.

Massaro G., Gallina V., Cicogna A., Zecchini F., Rech F., Dalan F., Ferrario M.E., Micheletti S., and Lionello P., 2022. *Bias-correction di scenari climatici ad alta risoluzione sul Triveneto con l'utilizzo di misure da stazione.* Atti della Seconda Conferenza Nazionale sulle Previsioni Meteorologiche e Climatiche.

Pavan V. *et al.*, 2019. *High resolution climate precipitation analysis for north-central Italy*, 1961–2015. Climate Dynamics, 52(5), 3435-3453.

Regione del Veneto, DGR n. 459 del 02 maggio 2024. *Documento preliminare della Strategia Regionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici*.

Stocker *et al.* (2013). *Technical Summary Supplementary Material*. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, ... and P.M. Midgley (eds.)].

ECONOMIA CIRCOLARE E GESTIONE DEI RIFIUTI

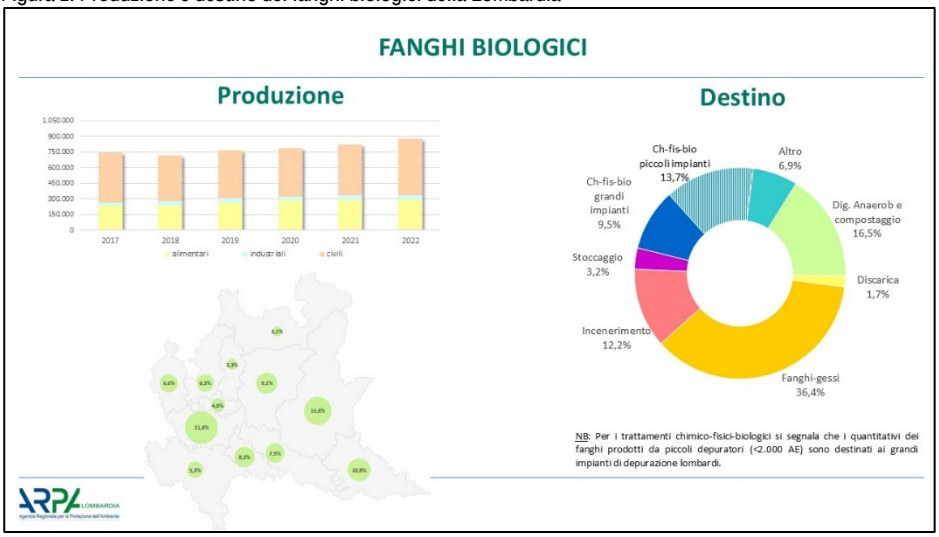
APPLICATIVO FANGHI: UN NUOVO STRUMENTO DI CONTROLLO DELLE ATTIVITÀ DI RECUPERO IN AGRICOLTURA E DI VALORIZZAZIONE DEI DATI DI VERIFICA DEI TERRENI E DEI RIFIUTI UTILIZZATI.

Autore: Elisabetta Scotto di Marco

ARPA LOMBARDIA

La Regione Lombardia è la prima per popolazione coi i suoi 10.035.481 residenti, corrispondenti al 17% della popolazione italiana, secondo i dati ISTAT al 1° gennaio 2025 [1].
Il processo di depurazione delle acque reflue urbane sul territorio regionale è garantito dall'attività di 406 impianti, per il 55% di taglia media compresa tra 2.000 e 10.000 abitanti equivalenti, e da ulteriori 1.005 impianti piccoli, di dimensione inferiore a 2.000 abitanti equivalenti.
La produzione dei fanghi da depurazione delle acque reflue urbane a livello regionale si è attestata intorno alle 490.000 tonnellate/anno, in crescita dal 2018, secondo una tendenza che si ritiene possa incrementare ulteriormente se si tiene conto delle sfide di miglioramento qualitativo delle acque di scarico, anche ai fini del riutilizzo, imposte dalla nuova direttiva acque (UE) 2024/3019.
A tale quantitativo va ad aggiungersi una quota di fanghi biologici di provenienza industriale o agroindustriale derivante dal tessuto produttivo lombardo, per una produzione annua di circa 820.000 tonnellate.
Il 36% dei fanghi biologici complessivamente prodotti in Lombardia e quasi la metà dei soli fanghi civili da depurazione delle acque reflue è destinato al recupero in agricoltura o alla produzione di gessi di defecazione, un canale rilevante di gestione per rifiuti prodotti regolarmente dalla collettività lombarda [2].

Figura 1: Produzione e destino dei fanghi biologici della Lombardia



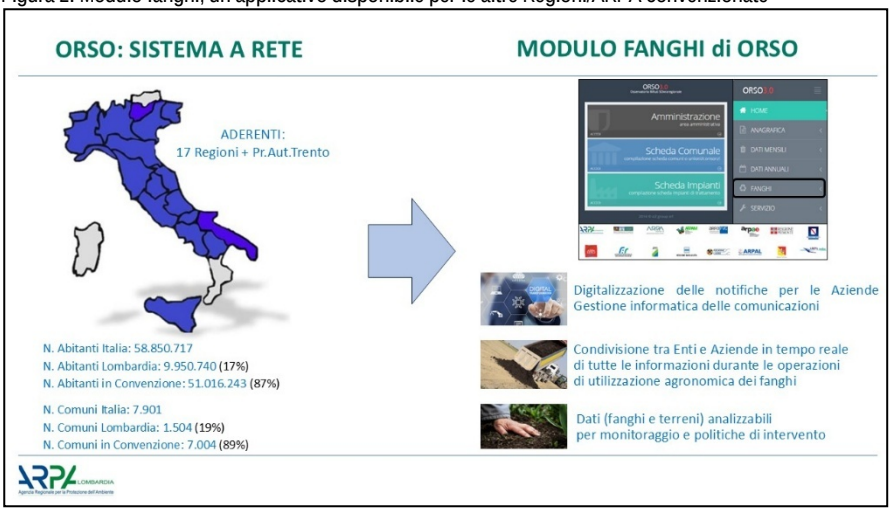
Fonte: ARPA LOMBARDIA

Regione Lombardia, nel 2014, con uno specifico provvedimento tecnico - DGR 2031/2014 – ha definito le "*Linee guida per il trattamento dei fanghi provenienti dalla depurazione delle acque reflue di impianti civili ed industriali e per il loro successivo utilizzo a beneficio dell'agricoltura*". La deliberazione definisce le condizioni per il riutilizzo dei fanghi in agricoltura, imponendo modalità autorizzative, operative e gestionali agli impianti di trattamento, con limiti alle tipologie di rifiuti recuperabili, impiego dei fanghi solo nei terreni non interessati dall'utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento e rispetto degli apporti di nutrienti previsti dai piani di utilizzazione agronomica e di fertilizzazione.
Tale disciplina è stata estesa da subito all'utilizzazione agronomica del digestato prodotto da impianti di digestione anaerobica che utilizzano rifiuti e, nel 2021, alla produzione dei gessi da defecazione, in riferimento alle caratteristiche dei fanghi impiegabili e alla tracciabilità del processo di recupero in agricoltura.
Secondo quanto stabilito dalla norma nazionale, D.Lgs. 99/92, integrata dai disposti successivi regionali, per l'utilizzo dei fanghi il soggetto autorizzato deve inoltrare all'Autorità competente, ARPA e Comuni territorialmente interessati, una notifica almeno 10 giorni prima dell'avvio della campagna di utilizzo, contenente tutte le informazioni relative alla attività di spandimento quali: date previste per l'utilizzazione presso le aziende agricole, identificazione e analisi dei terreni, disponibilità dei terreni e consenso all'utilizzo da parte del proprietario/conduttore, colture in atto e previste, impianto di trattamento di provenienza dei fanghi, EER, quantitativo e analisi dei fanghi che si intende utilizzare.
La normativa regionale, inoltre, ha previsto l'invio di una richiesta di nulla osta all'Autorità competente per l'utilizzo di nuovi terreni da parte di impianti già autorizzati alle operazioni di utilizzazione agronomica dei fanghi.

Nel biennio 2022-2023, ARPA Lombardia ha avviato un percorso di progettazione e implementazione di un applicativo per la digitalizzazione delle due procedure di notifica e richiesta di nulla osta nuovi terreni; fin dalla progettazione, il lavoro è stato condotto mediante un tavolo sistematico di confronto con le imprese e gli Enti direttamente coinvolti.
Il sistema è stato sviluppato come modulo aggiuntivo dell'Applicativo ORSO, programma di acquisizione ed elaborazione dati di produzione e gestione dei rifiuti urbani e speciali, nato nel 2000 e progressivamente evolutosi, oggi condiviso con altre 17 Regioni e una Provincia autonoma secondo obiettivi e regole definite da una specifica Convenzione.
Il modulo Fanghi si fonda sull'unità elementare "mappale", come catastalmente definito. Attraverso i mappali si individuano i terreni nelle disponibilità degli Operatori per il recupero agronomico dei fanghi. Affinchè un Operatore possa inviare una notifica o una richiesta di nulla osta nuovi terreni, deve essere caricata tutta la documentazione richiesta dai disposti di norma. Il sistema effettua decine di controlli automatici per accertare l'idoneità della richiesta - compresa la conformità delle analisi dei fanghi e dei terreni e la loro validità temporale – e, in caso di rilevazione di incongruenza, restituisce all'operatore i dettagli affinchè possa tempestivamente provvedere.
Per ciascuna campagna di spandimento, il sistema genera un quaderno di campagna che mostra il calendario degli spandimenti come definiti nella notifica inviata. L'Operatore è tenuto giornalmente, entro le 9 del mattino, ad inserire l'elenco preventivo dei mappali su cui si intende procedere agli spandimenti; attraverso il quaderno l'Operatore comunica la fine o l'interruzione degli spandimenti; entro 60 giorni da tale comunicazione, l'Operatore compila in via definitiva il quaderno, indicando, per ciascuna giornata operativa, i mappali su cui si è sparso e i quantitativi di fango apportati a ciascun

mappale; il sistema calcola, in automatico e in funzione delle analisi dei fanghi sparsi, il quantitativo complessivo di azoto apportato ai terreni.
Gli Enti pubblici e di controllo territorialmente coinvolti (Regione, Province, Comuni, ARPA) visualizzano tutte le informazioni disponibili e ricevono comunicazioni circa l'attività degli Operatori direttamente da sistema, in sostituzione delle comunicazioni PEC che questi ultimi erano chiamati ad inviare durante le attività. Le Autorità provinciali competenti possono rigettare le notifiche o le istanze di nulla osta e bloccare l'utilizzo dei mappali in caso di disdetta da parte delle aziende agricole.
In virtù della operatività sinteticamente descritta, si può intendere come il nuovo sistema abbia apportato valori aggiunti di grande rilievo, quali la semplificazione e digitalizzazione degli adempimenti per i gestori, il ricorso a controlli automatici sull'esistenza delle condizioni necessarie per l'invio della notifica e lo svolgimento delle campagne di spandimento, che ha liberato ore di lavoro di funzionari pubblici, la disponibilità di dati per gli Enti, in particolare per i Comuni, in tempo reale sulle operazioni nel corso delle campagne di spandimento, la raccolta digitale e organizzata da parte di ARPA dei dati sull'utilizzo dei fanghi in agricoltura e sulle caratteristiche dei terreni e dei fanghi stessi.
L'Agenzia, in accordo con le Autorità competenti, ha messo a punto dei Report annuali generati automaticamente dal sistema, riferiti alle diverse dimensioni territoriali (regionale, provinciale, comunale) o al singolo impianto/azienda agricola circa l'insieme delle attività di recupero agronomico di fanghi eseguite. Tali Report, oggi in fase di verifica e di prossima presentazione, vanno a sostituire tanto le relazioni annuali richieste ai Gestori degli impianti, quanto le relazioni che l'Agenzia predispone per la Regione ai fini delle comunicazioni dovute al Ministero competente e, di seguito, agli uffici della Commissione Europea. L'applicativo è stato sviluppato affinchè possa essere utilizzato anche dalle altre Regioni/ARPA convenzionate nell'utilizzo condiviso del sistema ORSO, previa verifica e adattamento alle discipline specifiche regionali vigenti.

Figura 2: Modulo fanghi, un applicativo disponibile per le altre Regioni/ARPA convenzionate



Fonte: ARPA LOMBARDIA

Dopo il primo anno di applicazione sperimentale dell'applicativo, ARPA Lombardia sta delineando, per la prima volta, il quadro completo delle attività svolte e l'analisi dei dati digitali disponibili riferiti a tutte le campagne di recupero dei fanghi in agricoltura del 2024.
Sulla scorta di questa esperienza sono stati già definiti sviluppi ulteriori del sistema; tra i più importanti, l'estensione delle funzionalità alla tracciabilità dell'utilizzo in campo dei gessi di defecazione da fanghi, l'interoperabilità con il Portale delle Aziende Agricole di Regione Lombardia, l'importazione dei dati dei registri di utilizzazione degli Operatori nel quaderno di campagna.
L'impegnativa progettazione e realizzazione di un sistema di gestione dati, missione propria dell'Osservatorio Regionale Rifiuti di ARPA Lombardia della Direzione Tecnica Controlli e Prevenzione Rischio Antropico, si è concretizzato come un rilevante passo avanti nella digitalizzazione, trasparenza e controllo di una attività importante per gli impatti che può provocare e sostanziale nel recupero di un rifiuto prodotto ordinariamente dai processi di depurazione dei reflui dell'intera società lombarda.

Materiali di approfondimento sono disponibili al link:
MODULO FANGHI - ORSO - ARPA LOMBARDIA

Bibliografia

[1] ISTAT, *IstatData Banca dati dell'istituto nazionale di statistica* - Indicatore: Popolazione al 1º gennaio 2025, Frequenza: Annuale.
[2] ARPA LOMBARDIA, Scotto di Marco E., Pizzitola C., Capolupo T. et al., 2024 – *Produzione e Gestione dei rifiuti in Lombardia – Rifiuti Speciali (dati 2022).*

RISPETTA IL TRENTINO", UNA CAMPAGNA DI COMUNICAZIONE PER LA RIDUZIONE E LA GESTIONE SOSTENIBILE DEI RIFIUTI

Autore: Marco Niro
APPA Trento

Il 26 agosto 2022 la Giunta della Provincia autonoma di Trento ha approvato il Quinto aggiornamento del Piano provinciale di gestione dei rifiuti, relativo ai rifiuti urbani. Elaborato dall'Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente (APPA), il documento ha fissato ambiziosi obiettivi da raggiungere entro i sei anni successivi, ovvero: riduzione del 2% della produzione pro-capite, sia del rifiuto indifferenziato che totale; aumento della raccolta differenziata fino a raggiungere l'80%, entro il 2028; miglioramento della qualità della raccolta differenziata e incentivazione di nuove forme di recupero di materia; perseguimento dell'obiettivo di autosufficienza territoriale, anche tramite le linee del Programma Nazionale di Gestione dei rifiuti; monitoraggio trasparente dell'andamento della gestione dei rifiuti urbani tramite opportuni indicatori; ottimizzazione territoriale della raccolta dei rifiuti urbani.
Il Quinto aggiornamento ha assegnato notevole importanza alla comunicazione, per coinvolgere in maniera capillare tutti i cittadini, gli enti pubblici, i gestori del servizio di raccolta dei rifiuti urbani, le imprese e le associazioni di categoria, così come le scuole, i turisti, la distribuzione organizzata e i mercati, la ristorazione privata e collettiva, gli organizzatori di fiere ed eventi, con l'obiettivo di potenziare l'informazione in materia di rifiuti urbani, incentivare abitudini di consumo a ridotto carico di rifiuti (contro lo spreco alimentare e l'uso eccessivo di imballaggi) e modelli di produzione sostenibili a ridotto carico di rifiuti.
Per tali ragioni, nel 2023, APPA, dopo aver effettuato l'analisi del contesto locale di riferimento e delle buone pratiche attuate a livello nazionale e internazionale, ha provveduto alla definizione di un Piano di comunicazione che sta trovando concreta attuazione nella campagna di comunicazione denominata "Rispetta il Trentino", avviata nel 2024 e destinata a proseguire per tutto il 2025. Messa in atto da APPA medesima, in collaborazione con i gestori del servizio di raccolta dei rifiuti operanti in Trentino, essa mira a sensibilizzare i cittadini sui principi dell'economia circolare, evidenziando come ogni singolo gesto — dalla corretta raccolta differenziata alla prevenzione dei rifiuti e alla riduzione degli sprechi quotidiani — possa contribuire concretamente a creare un impatto positivo sull'ambiente.
"Rispetta il Trentino" è lo slogan dell'iniziativa, che pone al centro il rispetto per il territorio. Questo slogan vuole essere un incentivo per indirizzare i cittadini verso comportamenti più sostenibili, basati sulle "3 R dei rifiuti", sintetizzati nel *claim*: "Riduci i tuoi rifiuti, Riusa ciò che hai, Ricicla più che puoi".
Il principale strumento della campagna di comunicazione è il nuovo sito web rispettailtrentino.it, uno spazio digitale pensato per diventare punto di riferimento non solo per i cittadini trentini, ma anche per i turisti che visitano il Trentino. All'interno del sito, gli utenti trovano numerose informazioni sulle modalità di gestione dei rifiuti: un quadro dei soggetti che si occupano di gestire la raccolta dei rifiuti sul territorio; una descrizione delle filiere del riciclo attive in Trentino, e di come si trasformano e cosa diventano i rifiuti prodotti; un'indicazione delle app per la raccolta differenziata a disposizione dei cittadini; una sezione dedicata alla diffusione di buone pratiche per la prevenzione dei rifiuti e l'adozione di stili di vita consapevoli, con approfondimenti specifici, manuali di supporto e video esplicativi. Il sito si caratterizza anche per alcune funzionalità particolari: "Dove lo butto?" , un riciclabolario che guida l'utente nella corretta raccolta differenziata, indicando dove conferire le diverse tipologie di rifiuti; la

"Mappa delle azioni leggere" (in fase di implementazione), che presenta le attività sul territorio che offrono servizi legati all'economia circolare e alla prevenzione dei rifiuti, come ad esempio i centri del riuso; un calendario di "Eventi Leggeri" (in fase di implementazione), che attuano azioni concrete per ridurre i rifiuti, dimostrando che è possibile contenere l'impatto ambientale anche in occasione di sagre, feste e altre situazioni di ritrovo.
Altro strumento digitale previsto dalla campagna è la piattaforma educativa "RI-Academy", uno spazio digitale rivolto ai cittadini trentini di qualsiasi età, pensato per promuovere la cultura delle 3 R. Si tratta di una vera e propria "accademia circolare" dove gli utenti, registrandosi gratuitamente, possono consultare risorse formative e di intrattenimento culturale, disponibili in *streaming on-demand*, con le quali imparare a gestire in modo più sostenibile i propri rifiuti domestici. Il cuore della piattaforma è rappresentato dai percorsi formativi sviluppati dai tecnici di APPA, che affrontano diverse tematiche inerenti al mondo dei rifiuti; al termine di tali percorsi, l'utente può svolgere un test finale per verificare le informazioni apprese e, una volta superatolo, scaricare un attestato di partecipazione, come riconoscimento dell'impegno dimostrato. Oltre ai percorsi formativi, il catalogo di RI-Academy contiene decine di risorse ulteriori e variegate: videolezioni, narrativa digitale, film e documentari, *podcast,* letture di approfondimento, giochi *online*, quiz. La piattaforma è in continua evoluzione e si aggiorna nel tempo con nuovi strumenti informativi e nuovi corsi. L'obiettivo ultimo di questo spazio digitale è stabilire relazioni con tutti i soggetti che operano sul territorio nel settore dell'economia circolare e coinvolgerli affinché mettano a disposizione propri contenuti per divulgare alla collettività il loro impegno per la sostenibilità ambientale.

Figura 1: Il logo della campagna di comunicazione "Rispetta il Trentino"

Fonte: Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente

Nel 2025, la campagna “Rispetta il Trentino” prevede l’attuazione di cinque fra rassegne e concorsi: “RI-play”, una rassegna cinematografica *online* dedicata ai temi della sostenibilità nella gestione dei rifiuti e non solo; "Io RI-uso… E tu?!", un concorso fotografico che invita tutti i cittadini trentini maggiorenni a fotografare gesti e azioni virtuose per ridurre i rifiuti e promuovere il riuso; “RI-Leggi”, una rassegna di racconti brevi che affrontano temi come il riuso, la riduzione degli sprechi e l’economia circolare; “RI-spondi e Vinci”, un gioco a premi con cui gli utenti registrati a RI-Academy potranno accumulare punti partecipando a quiz tematici, completando percorsi formativi e accedendo ai contenuti disponibili sulla piattaforma; “RI-fletti”, un ciclo di tre *webinar* che, in occasione della Settimana Europea per la Riduzione dei Rifiuti (novembre 2025), vedranno protagonisti esperti del settore e rappresentanti di APPA, che affronteranno temi come la filiera del riciclo e le tecnologie per il trattamento dei rifiuti. Quest’ultimo evento rappresenterà l’occasione per fare il punto sui risultati della campagna e condividere con i cittadini i traguardi raggiunti.

PRODUZIONE E GESTIONE DEI RAEE (RIFIUTI DA APPARECCHIATURE ELETTRICHE ED ELETTRONICHE) IN CAMPANIA NEL 2023

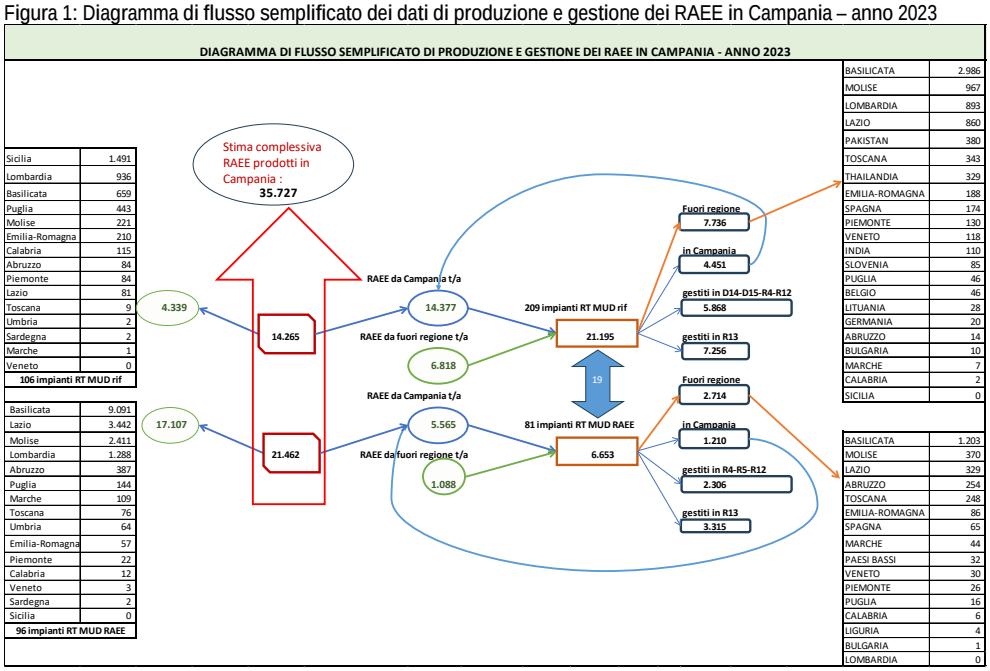
Autori: Alberto Grosso, Giuseppe De Palma, Vincenzo Veneruso
ARPA CAMPANIA

Il tema della raccolta e del recupero dei RAEE (Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche) è una priorità istituzionale, poiché l'Italia registra un tasso di raccolta del 33%, ben lontano dall'obiettivo UE del 65%, motivo per cui è stata avviata una procedura di infrazione. Per colmare questo *gap*, è stato introdotto di recente il Decreto Infrazioni 131/2024, poi convertito nella Legge 166/2024, con l'obiettivo di semplificare la normativa per incentivare una gestione più efficiente dei RAEE e migliorare i livelli di raccolta. Secondo il Rapporto 2023 del CdC RAEE[5], in Campania sono state raccolte 16.877 tonnellate di RAEE domestici. La regione registra il tasso di raccolta più basso d'Italia, con 3 kg pro capite (-12% rispetto all'anno precedente), a fronte dei 9 kg procapite di Sardegna e Valle d'Aosta.
Tra i principali ostacoli alla raccolta vi sono la scarsa informazione ambientale e la distribuzione disomogenea dei centri di raccolta, che ne rende difficile l'accesso. A tal riguardo è di interesse un'indagine statistica condotta nel 2022 da Ipsos-Erion che ha evidenziato che l'81% degli intervistati conserva a casa dispositivi elettronici inutilizzati ed il 61% conserva apparecchi rotti. Il 23% degli intervistati ignora completamente le modalità corrette di conferimento, il 15% trova difficoltà nel raggiungere i centri di raccolta, il 16% smaltisce i RAEE in modo improprio, gettandoli nell'indifferenziata o nella plastica.
Il presente studio intende fornire un quadro complessivo della produzione e gestione dei RAEE (sia speciali che urbani) in Campania, al fine di fornire un contributo informativo sul tema.
Per determinare la produzione dei RAEE nella regione, sono state effettuate elaborazioni basate sui moduli di "Comunicazione Rifiuti" e sulla scheda "RAEE" del Modello Unico di Dichiarazione Ambientale (MUD 2024), con riferimento all'anno 2023.
La produzione di RAEE speciali non derivanti dai circuiti di raccolta dei rifiuti urbani gestiti dai Comuni, così come dichiarata nel MUD, ammonta a 12.004 tonnellate, a cui si devono poi aggiungere i RAEE raccolti dai Comuni campani e dichiarati nell'applicativo web O.R.So. (12.292 tonnellate).
La differenza tra le 12.292 tonnellate di O.R.So. e le 16.877 tonnellate riportate nel rapporto del CdC RAEE è da attribuire ai RAEE raccolti presso la distribuzione e gli installatori, dati che spesso non sono conosciuti dai Comuni e pertanto non vengono dichiarati né in O.R.So. né nel MUD Comuni.
Complessivamente, quindi la produzione totale di RAEE in Campania (dati MUD + O.R.So), basata sulle dichiarazioni dei produttori di rifiuti, ammonta a circa 24.300 tonnellate.
Per quanto riguarda i rifiuti speciali, sono 2.111 i soggetti che hanno dichiarato di aver prodotto RAEE nel 2023, tra cui spiccano grandi produttori come Enel Distribuzione, che da sola, con 23 unità locali, ha generato complessivamente 2.984 tonnellate.
Le esenzioni previste nella compilazione del MUD per i rifiuti non pericolosi possono comportare una sottostima della reale produzione di RAEE, in particolare per i codici EER non pericolosi. Per superare questa lacuna, è stata sviluppata un'analisi basata sui dati dei rifiuti provenienti dalla Campania e trattati negli impianti in tutta Italia. Questo approccio permette di stimare la quantità di RAEE non

[5] Centro di Coordinamento RAEE - https://www.cdcraee.it/rapporti-raee/rapporto-annuale-2023/

dichiarata in fase di produzione, ma comunque gestita dagli impianti italiani. L'analisi, già complessa per altri flussi di rifiuti, risulta ulteriormente intricata per i RAEE a causa della struttura del MUD, che prevede due sezioni separate (Comunicazione Rifiuti e Comunicazione RAEE) in cui i dichiaranti possono inserire i dati. È quindi fondamentale evitare la duplicazione delle informazioni tra le diverse comunicazioni. Il metodo di calcolo adottato si basa sull'incrocio dei dati dichiarati dagli impianti italiani che hanno ricevuto rifiuti RAEE dalla Campania con quelli relativi ai flussi in uscita dagli impianti campani, per escludere eventuali duplicazioni.
Sulla base di queste analisi, si stima che la produzione complessiva di RAEE in Campania nel 2023 sia pari a circa 35.727 tonnellate. Confrontando questo dato con le circa 24.000 tonnellate dichiarate, emerge una sottostima di circa 11.000 tonnellate, con carenze particolarmente significative per i codici 160216, 160214 e 200136, tutti appartenenti alla categoria dei rifiuti non pericolosi.

Figura 1: Diagramma di flusso semplificato dei dati di produzione e gestione dei RAEE in Campania – anno 2023



Fonte: Elaborazione ARPAC su dati MUD 2024

La Figura 1 presenta una sintesi delle informazioni emerse dallo studio, illustrata attraverso un diagramma di flusso semplificato sulla produzione e gestione dei RAEE in Campania. Dall'analisi dei dati emerge che in Campania 209 soggetti dichiarano di aver ricevuto RAEE nella sezione Comunicazione Rifiuti, ma solo 118 di questi dichiarano operazioni di gestione. Parallelamente, 81 impianti dichiarano di ricevere RAEE nella sezione Comunicazione RAEE, mentre 19 soggetti compilano entrambe le sezioni.

Nonostante la carenza di infrastrutture costringa la Campania a esportare una parte significativa dei propri RAEE verso impianti extraregionali per il recupero, si registrano comunque flussi di importazione nella regione frutto di dinamiche di mercato, per un totale di circa 8.000 tonnellate. Un'ulteriore complessità nell'analisi dei flussi deriva dal frequente trasferimento di RAEE tra impianti all'interno della regione. Per evitare di conteggiare più volte gli stessi rifiuti, è necessario escludere questi flussi di interscambio tra impianti locali nella stima della produzione dei rifiuti.
Dall'analisi dei flussi si rileva che i RAEE di origine urbana vengono destinati prevalentemente a impianti situati in Basilicata, Lazio e Molise, con un ruolo di rilievo di un unico operatore che gestisce tre importanti impianti in queste regioni. Altri impianti di riferimento si trovano in Lombardia e Sicilia, sebbene con un focus maggiore sul trattamento di RAEE speciali. I flussi di RAEE destinati a impianti esteri, complessivamente pari a 1.280 tonnellate, rappresentano il 3,6% del totale stimato (380 t in Pakistan, 329 t in Thailandia, 239 t in Spagna, 110 t in India, 85 t in Slovenia, 46 t in Belgio, 32 t nei Paesi Bassi, 28 t in Lituania, 20 t in Germania,11 t in Bulgaria).
L'analisi condotta e la metodologia utilizzata integrano meglio le informazioni sulla gestione dei RAEE in Campania e forniscono un contributo informativo sui flussi complessivi di gestione degli stessi con ben 31.896 tonnellate di rifiuti destinati fuori regione. Questo elevato volume di esportazione suggerisce non solo un deficit infrastrutturale, ma potrebbe anche spiegare i bassi livelli di raccolta registrati in Campania.
Per colmare il divario rispetto agli obiettivi europei, è essenziale adottare un approccio integrato che coinvolga istituzioni, operatori del settore e cittadini. Il potenziamento dell'infrastruttura regionale, unito a strategie di comunicazione più efficaci, può favorire l'incremento dei tassi di raccolta e ridurre la dipendenza dagli impianti extraregionali. Ulteriori miglioramenti sono attesi grazie alle recenti novità normative, che dovrebbero semplificare e incentivare sia la raccolta "uno contro zero" che la raccolta "uno contro uno".

Bibliografia

ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) (2024). *Rapporto Rifiuti Speciali 2024*. ISPRA, Roma. Disponibile su: www.isprambiente.gov.it
ISPRA (2024). *Rapporto Rifiuti Urbani 2024*. ISPRA, Roma. Disponibile su: www.isprambiente.gov.it
Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (2023). *Programma Nazionale per la Gestione dei Rifiuti (PNGR)*. Roma. Disponibile su: www.mase.gov.it
Centro di Coordinamento RAEE (CdC RAEE) (2024). *Rapporto Annuale 2023 sulla gestione dei RAEE in Italia*. Disponibile su: www.cdcraee.it
Santolamazza, A., Fiorentino, G., Ripa, M., Ulgiati, S. (2021). *LCA analysis of WEEE recycling: A case study from Southern Italy. Resources, Conservation and Recycling*, 174, 105782
Ghisellini P., Passaro R., Ulgiati S., *Environmental and Social Life Cycle Assessment of Waste Electrical and Electronic Equipment Management in Italy According to EU Directives* - Environments 2023, 10, 106.

AMBIENTE E SALUTE

IMPATTO DEI CONTAMINANTI AMBIENTALI TOSSICI E PERSISTENTI DI INTERESSE PRIORITARIO NEI PRODOTTI ITTICI DEL MAR MEDITERRANEO. SCENARI DI ESPOSIZIONE ALIMENTARE ED EFFETTI SULLA SALUTE UMANA: IL PROGETTO CAP-FISH

Autori: Chiara Maggi[1], Gianfranco Diletti[2]
[1] ISPRA, [2] IZSAM

Premessa: L'ambiente dei luoghi di produzione degli alimenti influenza fortemente, oltre che la qualità degli stessi, anche la loro sicurezza. È noto come la presenza di alcuni contaminanti ambientali negli alimenti, negli ultimi decenni, sia diventata una priorità per la salute pubblica, rafforzando il legame tra ambiente e salute. Nonostante il fenomeno sia già noto da tempo, soltanto nell'ultimo decennio è stato possibile approfondire le relative conoscenze, anche grazie alla messa a punto di metodiche analitiche adeguate alla corretta identificazione e quantificazione di tali sostanze anche a bassissime concentrazioni. L'inquinamento degli oceani e i cambiamenti climatici fanno crescere la preoccupazione riguardo allo stato generale dell'ambiente marino ma anche riguardo alle conseguenze per la salubrità del pesce e per la salute dei consumatori. Non esistendo un legame quantitativo ben definito tra i livelli di contaminanti nell'ambiente marino e i livelli nelle diverse specie di pesce, c'è una chiara necessità di maggiore ricerca sul trasferimento dei contaminanti dall'ambiente marino al pesce. Numerosi fattori predispongono il Mar Mediterraneo al rischio chimico per gli organismi in esso presenti, poiché si tratta di un mare tendenzialmente chiuso, con un ridotto ricambio di acqua di mare proveniente essenzialmente dall'Oceano Atlantico e, questo fattore, contribuisce in maniera significativa ad aumentare i tempi di residenza dei contaminanti chimici e a favorirne l'accumulo.
La sicurezza degli alimenti ittici, dunque, rappresenta un interesse prioritario della popolazione e coinvolge in modo trasversale e con differenti ruoli le istituzioni, i consumatori, i pescatori ed il mondo scientifico. Per garantire la sicurezza degli alimenti occorre considerare tutti gli aspetti della catena alimentare come un unico processo a partire dalla produzione primaria introducendo l'impiego di uno strumento indispensabile quale l'analisi del rischio. Le tre componenti interconnesse dell'analisi del rischio, valutazione, gestione e comunicazione, forniscono una metodologia sistematica ed efficiente per definire provvedimenti a tutela della salute del consumatore.
Aspetto importante della salute del consumatore da mettere in relazione con la sicurezza del prodotto ittico è l'aumento di incidenza delle patologie neurodegenerative rispetto all'incidenza naturale ed inevitabile del declino cognitivo col passare degli anni. Molti contaminanti come pesticidi (clorpirifos, e altri organofosfati) o metalli pesanti (arsenico, metilmercurio, piombo, cadmio) che finiscono nella catena alimentare sono tossici per il cervello, e per il microbiota intestinale che è direttamente coinvolto nella patogenesi delle patologie neurodegenerative. Alcuni alimenti particolarmente ricchi di componenti salutari come acidi grassi omega-3, vitamine del gruppo B e antiossidanti, sono noti per supportare la salute del cervello, favorendo una migliore funzione mentale; tra questi i pesci ricchi di acidi grassi polinsaturi omega-3, grassi sani, che allo stesso tempo possono però anche causare l'introduzione attraverso la dieta di contaminanti organici ed inorganici contenuti all'interno dei tessuti e nella materia grassa dei pesci.
In Italia, nel caso di sostanze per le quali risulta già definito il limite massimo (ad esempio metalli pesanti, diossine e PCB), sono pianificate da diversi anni attività di controllo ufficiale che consentono di raccogliere dati per una eventuale revisione di tali limiti e, indirettamente, per verificare l'efficacia

delle misure preventive messe in atto da parte degli operatori del settore per contenere le contaminazioni. Tali controlli però, riguardano principalmente il pesce allevato e non quello pescato. Nel caso, invece, di contaminanti di interesse prioritario, per i quali non risulta ancora definito un limite massimo, i dati di contaminazione sono scarsi o incompleti anche a causa delle difficoltà analitiche incontrate nella loro determinazione negli alimenti.

Il monitoraggio, che il progetto PNC-PNRR *Impatto dei contaminanti ambientali tossici e persistenti di interesse prioritario nei prodotti ittici del Mar Mediterraneo. Scenari di esposizione alimentare ed effetti sulla salute umana CAP-fish* sta attuando, prende in considerazione le caratteristiche specifiche delle singole specie di maggior interesse, sia in termini di contaminanti presenti, sia delle possibili vie attraverso cui i contaminanti possono raggiungere i consumatori. Si basa quindi su dati scientifici fattuali relativi a criteri sanitari per garantire l'edibilità del pescato e criteri ecologico-funzionali che consentiranno di valutare la contaminazione negli organismi correlata ai diversi ambienti marini dove gli organismi vivono (bentonico, ovvero a stretto contatto con il fondale marino; pelagico, che vivono nella colonna d'acqua spesso in mare aperto; e all'interno di queste suddivisioni, specie prettamente bentoniche, bento-nectoniche e nectoniche strette). Le attività di monitoraggio sono condotte, su scala nazionale e su queste differenti specie di pesce pescato, al fine di fornire i dati necessari per una corretta definizione dei livelli di rischio di composti chimici di interesse prioritario (PCDD/F, PCB, BFR, PFAS, Metalli) e valutare l'esposizione della popolazione generale italiana attraverso il consumo di queste specie di pesci. A completamento delle informazioni, viene studiata anche la complessità fisiologica, legata alla sistematica degli organismi così come il loro modo di sfruttare le risorse trofiche e, di conseguenza, la loro collocazione nella rete trofica marina.

Strategia di campionamento

La strategia di campionamento è stata pianificata considerando le 10 specie ittiche che singolarmente, per quantità di pescato, superano il 2% rispetto al totale pescato in Italia nell'anno 2019 e, costituiscono sommate il 62% (Tabella 1).

Il piano di campionamento consiste nel prelevare 136 campioni per ciascuna delle 10 specie considerate per un totale complessivo di 1360 campioni distribuiti nel periodo 2024/2026. Questa numerosità campionaria rappresenta un buon compromesso sia da un punto di vista economico che statistico garantendo, con un intervallo di confidenza del 95%, un errore nella stima della deviazione standard del campione pari al 25% ed un errore nella stima della media (in unità di deviazioni standard) pari a 0,17.

Tabella 1: Produzione nazionale della pesca marittima e lagunare nel Mediterraneo - anno 2019, divisa per specie e incidenza percentuale rispetto al totale

Specie ittica	Nome scientifico	Pescato (tonnellate)	Incidenza (%)
Acciughe*	*Engraulis encrasicolus*	31.068	18,0
Sardine*	*Sardina pilchardus*	23.317	13,5
Vongole**	*Chamelea gallina*	15.928	9,2
Gamberi bianchi***	*Parapenaeus longirostris*	9.011	5,1
Naselli*	*Merluccius merluccius*	7.040	4,0
Triglie di fango*	*Mullus barbatus*	4.972	2,9
Seppie**	*Sepia officinalis*	4.874	2,8
Pannocchie***	*Squilla mantis*	3.949	2,3
Tonni rossi*	*Thunnus thynnus*	3.913	2,2
Polpi**	*Octopus vulgaris*	3.813	2,2
*Totale pesci		113.154	65,1
**Totale molluschi		40.198	23,1
***Totale crostacei		20.609	11,8
Totale generale		173.961	100,0

Fonte: ISTAT - https://www.istat.it/it/dati-analisi-e-prodotti/banche-dati

Per ogni specie presa in esame, la quantità di pescato è ripartita in percentuale per regione e per specie ittica. Ai fini della ripartizione dei campionamenti, è stato considerato il numero minimo di Regioni che, sommate, contribuiscono ad una quantità di pescato non inferiore all'80% per quella determinata specie ittica. La ripartizione dei campionamenti per regione è riportata in Tabella 2.

Tabella 2: Numero di campioni ripartiti per specie e per Regione

Regioni	Acciughe	Sardine	Vongole	Gamberi bianchi	Naselli	Triglie di fango	Seppie	Pannocchie	Tonni rossi	Polpi	Campioni per Regione
Abruzzo	15	-	43	7	14	-	-	-	-	-	79
Calabria	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	8
Campania	9	-	-	-	-	-	-	-	84		93
Emilia Romagna	10	48	-	-	-	14	13	42	-	-	127
Friuli VG	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	10
Lazio	-	-	-	-	11	11	-	-	-	16	38
Marche	19	22	66	-	16	25	20	32	-	-	200
Puglia	19	-	-	51	49	31	27	31	-	26	234
Sardegna	-	-	-	-	11	-	-	-	-	51	62
Sicilia	31	-	-	70	35	26	26	10	52	30	280
Toscana	-	11	-	8	-	12	8	-	-	13	52
Veneto	33	55	27	-	-	9	32	21	-	-	177
N campioni per specie	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	1.360

Fonte: ISTAT

Il numero di campionamenti per ciascuna specie viene equamente distribuito nel corso del medesimo anno solare, in base ai periodi di campionamento permessi, facendo in modo di escludere i periodi di riproduzione, così da non alterare i risultati analitici. Nella Tabella 3 sono riportate le indicazioni dei mesi, nel corso dell'anno solare, nei quali possono essere effettuati i campionamenti per ciascuna specifica specie:

Tabella 3: Mesi in cui effettuare il campionamento per specie

Specie ittica	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Acciughe	X	X	X								X	X
Sardine	X			X	X	X	X	X	X			
Vongole	X	X	X									X
Gamberi rosa	X	X	X	X				X	X			X
Naselli				X	X	X	X	X	X			
Triglie di fango	X	X	X	X				X	X			X
Seppie	X	X	X							X	X	X
Pannocchie	X	X	X							X	X	X
Tonni rossi	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X
Polpi	X	X	X	X					X	X	X	X

Fonte: ISTAT

Determinazione dei valori di concentrazione dei contaminanti in esame

Le analisi per la determinazione dei valori di concentrazione dei contaminanti selezionati sono in corso. I livelli di contaminazione sono misurati con metodi analitici validati e/o accreditati secondo criteri stabiliti da organismi riconosciuti a livello internazionale, basati sulla spettrometria di massa ad alta risoluzione quali LC-(HR)MS/MS, HRGC-HRMS per i composti organici e, spettrometria di massa con plasma ad accoppiamento induttivo (ICP-MS) per i metalli tossici.
Per stimare l'esposizione umana attraverso la dieta, i livelli di contaminazione negli alimenti vengono interpolati con i dati di consumo. Si adoperano test statistici sia parametrici che non parametrici per stabilire il reale livello di assunzione con la dieta dei contaminanti oggetto di studio. Infine, si prevede di sviluppare diversi scenari di esposizione tenendo conto delle categorie di età dei consumatori. I dati relativi ai consumi alimentari della popolazione italiana generale sono estrapolati, ove possibile, da indagini condotte a livello nazionale da istituzioni scientifiche riconosciute (ISMEA, CREA, EFSA) o con indagine sui consumi (diari alimentari) appositamente progettati.

CARATTERIZZAZIONE DEL PROFILO DI CONTAMINAZIONE DEI SIN NEL PROGETTO PNC IN-SINERGIA "VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE DI POPOLAZIONE AGLI INQUINANTI ORGANICI PERSISTENTI, METALLI E PFAS ED EFFETTI SANITARI, CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE POPOLAZIONI PIÙ SUSCETTIBILI

Autori: Mazzola Massimo, Cantarella Lisa, Ziraldo Laura,
ARPA Veneto

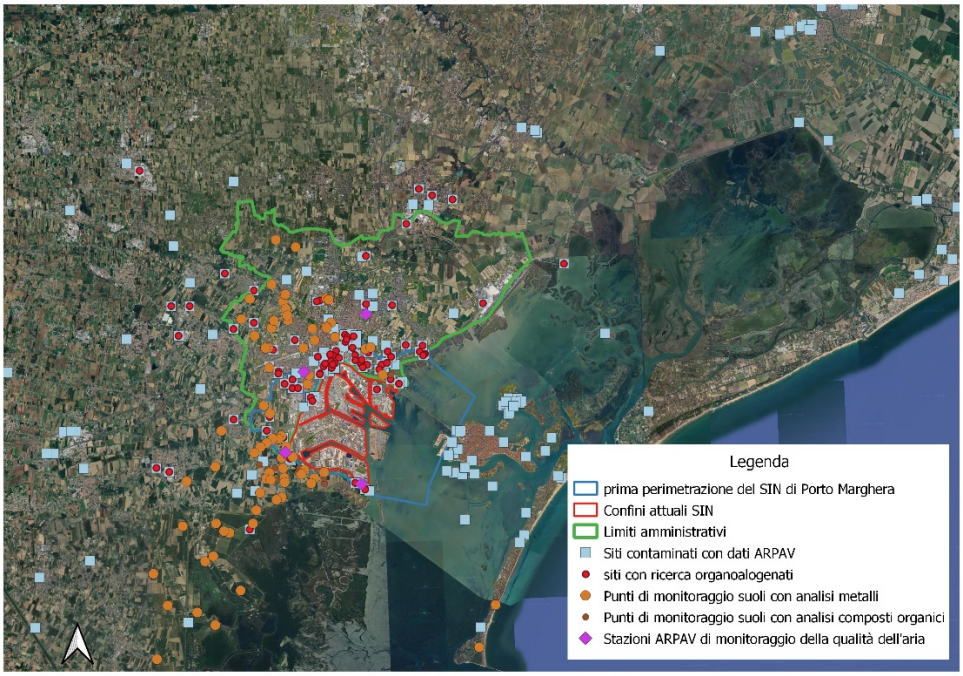
Salute e ambiente formano un binomio inscindibile il cui rapporto è intrinsecamente interconnesso ed ha assunto nel tempo una crescente rilevanza, tanto da rientrare tra le finalità istitutive di molti enti che operano nell'ambito di prevenzione ambientale e sanitaria quali il Servizio Nazionale per la Protezione Ambientale (SNPA) e le singole Agenzie Regionali per la Prevenzione e Protezione Ambientale.
La comprensione del rapporto ambiente e salute presenta sfide significative in quanto si tratta di un legame dinamico in cui interagiscono molteplici fattori (chimici, fisici, biologici, antropici, ecc..) variabili nel tempo e nello spazio. La valutazione dei nessi causali tra le specie inquinanti ed i loro effetti è resa ancora più complessa da altre componenti quali la latenza dei possibili effetti sulla salute dell'uomo di alcune sostanze chimiche, la suscettibilità individuale, le determinanti sociali e, infine, la stessa incertezza dei dati disponibili. Appare evidente che per affrontare in modo efficace e rigoroso la complessità di tale sfida è necessario un approccio interdisciplinare e integrato, dove le competenze specialistiche propriamente ambientali operino in stretta collaborazione con quelle relative alla salute umana. In tal senso si è attivata anche ARPAV, soprattutto a fronte della contaminazione da PFAS riscontrata in Veneto, partecipando a numerose iniziative e progetti (es. Progetto *LIFE PHOENIX*, consultabile nel sito https://www.lifephoenix.eu/).
Il progetto denominato IN-SINERGIA mira alla valutazione dell'esposizione di popolazione agli inquinanti organici persistenti, metalli e PFAS con particolare riferimento alle popolazioni "più suscettibili" ed è stato definito e finanziato nell'ambito dell'attuazione del Piano Nazionale degli investimenti Complementari (PNC) con cui Il Governo italiano integra e potenzia i contenuti del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) ed, in particolare, della Missione 6 salute (M6) del PNRR che contiene tutti gli interventi a titolarità del Ministero della Salute. Il modello di intervento rientra nel programma "Salute, ambiente, biodiversità e clima" che è collegato all'Istituzione del Sistema Nazionale Prevenzione Salute dai rischi ambientali e climatici (SNPS), in linea con l'approccio "*One health*" o "*Planetary health*".
Sono stati coinvolti i SIN relativi alle seguenti regioni: Lombardia (Broni, Brescia-Caffaro), Marche (Falconara Marittima), Lazio (Bacino del Fiume Sacco), Toscana (Livorno-Collesalvetti, Piombino), Umbria (Terni-Papigno, Conca Ternana), Campania (Napoli orientale, Napoli Bagnoli – Coroglio, area vasta di Giugliano), Calabria (Crotone-Cassano-Cerchiara), Puglia (Taranto) ed il Veneto (Porto Marghera). Il soggetto attuatore del progetto è il Ministero della Salute (DG Prevenzione) e la Regione Veneto è stata individuata quale ente capofila con la funzione principale di coordinare l'attività di tutti i partecipanti; in particolare, la struttura regionale che agisce come Coordinatore Tecnico-Scientifico è la Direzione Prevenzione, Sicurezza Alimentare, Veterinaria con la collaborazione dell'Area Tutela e Sicurezza del Territorio - Direzione Progetti speciali per Venezia.
Per il supporto delle attività progettuali la Regione Veneto si avvale della collaborazione dei seguenti Enti e Istituti:

- Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (ARPAV)
- Azienda ULSS 3 Serenissima
- Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Scienze Polari (CNR – ISP)
- Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie (IZSVe)
- Università Ca' Foscari Venezia (Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica)
- Università degli Studi di Padova (Dipartimento di Scienze cardio-toraco-vascolari e Sanità pubblica).

Il progetto è stato denominato IN-SINERGIA proprio perché ha lo scopo principale di implementare un approccio metodologico sinergico su tutto il territorio nazionale al fine di massimizzare la significatività delle informazioni utilizzate nella valutazione dell'esposizione della popolazione agli inquinanti considerati, nonché per l'analisi del rischio sanitaria derivante da tale esposizione.
Sulla base della scheda di progetto così come definita dal Ministero della Salute (https://www.pnrr.salute.gov.it/sites/default/files/imported/C_17_bandi_383_3_file.pdf), ad ARPAV sono stati assegnati sia obiettivi specifici (caratterizzazione ambientale) che di supporto ad altre linee di azione. In particolare, sono state affidate all'Agenzia, in collaborazione con gli altri Enti coinvolti, il riordino e messa a disposizione del patrimonio informativo ambientale nei territori limitrofi al SIN finalizzati alla ricostruzione del quadro di contaminazione storico delle matrici ambientali; l'analisi dei dati emissivi delle principali fonti di pressione intra-SIN e contestuale stima degli areali di ricaduta di alcuni contaminanti rappresentativi dello scenario emissivo attuale e del periodo antecedente (2007-2021); l'analisi dello stato attuale di contaminazione delle matrici ambientali con apposite campagne di campionamento secondo un protocollo operativo standardizzato; l'analisi per la valutazione della presenza e quantificazione dei PFAS su matrici umane (siero) prelevate da personale ULSS.
Ai fini della programmazione e della esecuzione delle azioni richieste, pertanto, è stato elaborato un modello concettuale emissivo dal quale, in coordinamento con i partner del progetto, sono stati concordati i contaminanti prioritari da ricercare nelle varie matrici, i possibili percorsi di migrazione dei contaminanti e, per alcuni contaminanti indice, la stima delle potenziali areali di ricaduta degli stessi attraverso lo sviluppo di un modello numerico di dispersione degli inquinanti atmosferici. Le simulazioni sono state sviluppate dall'Unità Organizzativa Qualità dell'Aria di ARPAV mediante l'utilizzo del modello di dispersione degli inquinanti atmosferici CALPUFF, implementato su un dominio di 50 x 50 km.
Per la caratterizzazione dello stato qualitativo delle diverse matrici ambientali, oltre alla raccolta, alla valutazione dei dati esistenti attraverso la predisposizione di un geo-database, è stato definito uno specifico disegno sperimentale di campionamento attraverso un gruppo di lavoro formato da Regione del Veneto, ARPAV, CNR UNIVE e IZSVe. Tale attività si esplicherà con una serie di campagne di monitoraggio per la ricerca di metalli, IPA, PCB, Diossine e Furani, Alifatici Clorurati, BTEX, Fenoli e PFAS nelle diverse matrici considerate in programma già nei prossimi mesi.
Considerando la storia dell'attività produttiva del SIN di Porto Marghera, particolare attenzione si è rivolta alle matrici ambientali caratterizzate da una maggiore "memoria ambientale" ovvero a quei comparti, quali suolo e acque sotterranee dove, perlomeno con riguardo alle sostanze non volatili e difficilmente degradabili, si attendono le informazioni più significative per gli obiettivi proposti.
ARPAV infine, grazie alle competenze sviluppate con la contaminazione dai PFAS ricordato in apertura, oltre alla caratterizzazione delle diverse matrici ambientali, fornirà il proprio *know-how* nelle altre linee di azione del Progetto, in particolare nella costituzione di una rete di centri ed esperti in

biomonitoraggio, nella valutazione dell'esposizione e del rischio e nella comunicazione del rischio e *community engagement*.

Figura 1: Corografia dell'area di studio



Fonte: ARPAV

Sitografia

https://italiadomani.gov.it/it/home.html
https://www.agenas.gov.it/pnrr/missione-6-salute
https://www.rgs.mef.gov.it/VERSIONE-I/attivita_istituzionali/monitoraggio/piano_nazionale_per_gli_investimenti_complementari_al_pnrr/
https://www.pnrr.salute.gov.it/portale/pnrrsalute/archivioTargetMilestonePNRRSalute.jsp?lingua=italiano&area=PNRR-Salute&menu=missionesalute
https://www.pnrr.salute.gov.it/sites/default/files/imported/C_17_bandi_383_3_file.pdf

MONITORAGGIO ABBATTIMENTO RISCHI SANITARI INQUINAMENTO INDOOR- MISSION

Autori: Silvia Bartolacci, Miriam Sileno, Cristina Sauta, Romina Pompei Brancaleoni, Luca La Micela
ARPA Marche

L'inquinamento dell'aria interna che comprende agenti chimici, fisici e biologici, rappresenta un importante fattore di rischio per la salute di oltre il 50% della popolazione mondiale (AEA, 2023). l'Agenzia Europea dell'Ambiente ha stimato che in Europa l'esposizione all'inquinamento da particolato fine (PM2.5) ha contribuito a oltre 250.000 morti; oltre alle morti premature la scarsa qualità dell'aria interna può avere altri effetti negativi sulla salute, sul comfort e sulla *performance* lavorativa e scolastica (WHO, 2009). La Qualità dell'Aria Interna (*Indoor Air Quality*-IAQ) è condizionata da sorgenti di inquinamento sia interne che esterne (WHO, 2022); in particolare, le scuole sono luoghi caratterizzati da un'elevata densità di persone, dove i diversi tipi di contaminanti possono persistere a lungo a meno che non si adottino strategie di ricambio e purificazione dell'aria appropriate. Le evidenze scientifiche dimostrano che l'inquinamento *indoor* nelle scuole ha un impatto negativo sulla salute e sul rendimento degli studenti (Hee Lee & Al, 2020). La IAQ incide sull'esposoma dei bambini, gruppo particolarmente suscettibile all'esposizione a cattive condizioni ambientali, che potrebbero rappresentare un determinante significativo per la loro crescita e sviluppo (Landrigan, et al., 2019).
L'obiettivo principale del progetto MISSION, Monitoraggio Abbattimento Rischi Sanitari inquinamento Indoor, finanziato dal Ministero della Salute nell'ambito del PNC, Programma E.1 "Salute, Ambiente, Biodiversità, Clima" - Linea di Intervento 1.4, e coordinato dalla Regione Lombardia, è quello di creare una rete tecnico-scientifica a livello nazionale, per implementare, nel lungo termine, misure efficaci per il miglioramento della qualità dell'aria interna e il microclima nelle scuole, riducendo così i rischi sanitari per la popolazione scolastica (Jia-Ying & al, 2021). In particolare, il progetto è volto a valutare la qualità dell'aria dal punto di vista chimico, fisico e biologico degli ambienti *indoor* e la funzionalità dei sistemi di purificazione dell'aria (filtrazione) (Fazlzadeh & Al, 2022) in alcune scuole campione e a sostenere future politiche e normative europee e nazionali riguardanti l'efficientamento energetico nel settore edilizio, attraverso l'elaborazione di linee guida, raccomandazioni e protocolli che promuovano anche una gestione sostenibile dei rischi sanitari associati alla qualità dell'aria interna nelle scuole, con la possibilità di applicarli anche in altri contesti (Fermo & al, 2021).

Figura 1: Logo ufficiale del progetto MISSION

Monitoraggio Abbattimento Rischi Sanitari Inquinamento Indoor (MISSION)

Fonte: ATS Milano

Il progetto MISSION affronta la problematica dell'inquinamento indoor nelle scuole italiane attraverso una serie di specifiche attività:

- Monitoraggio ambientale: viene effettuata una campagna di monitoraggio approfondita per valutare la qualità dell'aria all'interno delle scuole campione in Italia, indagando in particolare inquinanti chimici, fisici, microbiologici e la presenza di radon;
- Monitoraggio sanitario: allo scopo di identificare eventuali correlazioni tra la qualità dell'aria *indoor* e sintomi/malattie respiratorie e allergiche, come per esempio l'asma. Vengono raccolti dati sanitari dettagliati grazie all'utilizzo di questionari e test clinici (spirometria e il FeNO);
- Intervento migliorativo: al fine di migliorare la qualità dell'aria nelle aule. Nell'estate 2025 saranno installati dei purificatori d'aria per la riduzione degli inquinanti tramite filtrazione meccanica con filtri HEPA (*High Efficiency Particulate Air filter*). Si ripeterà quindi la campagna d'indagine ambientale e sanitaria consentendo di valutare l'effetto diretto di tali interventi sulla qualità dell'aria e sulla salute respiratoria degli studenti.

Il progetto MISSION prevede un'indagine su circa 2500 studenti di età inferiore ai 12 anni, si estende sulle tre aree territoriali nord, centro e sud e coinvolge enti appartenenti alle seguenti regioni italiane: Lombardia, Toscana, Marche, Puglia, Sicilia. Le 16 unità operative coinvolte sono rappresentative delle diverse competenze sanitarie, ambientali e di ricerca (ATS, Aziende Ospedaliere, Università, CNR e Agenzie Regionali di Protezione Ambientale). Il progetto riguarda 40 scuole (8 scuole per ogni regione) e per ogni scuola saranno oggetto di indagine tre aule, per un totale di 120 aule considerate per poter ottenere una visione completa e diversificata degli aspetti considerati nell'indagine.
La durata complessiva del progetto è di 4 anni e si suddivide in due fasi distinte; la prima così detta "investigativa" e la seconda di *follow-up*, da attuarsi a un anno circa di distanza dal termine della fase investigativa, nella quale si procederà a ripetere i monitoraggi ambientali e sanitari, previa installazione di purificatori dell'aria su un campione del 50% delle aule selezionate.
Allo stato attuale è stata appena conclusa la fase "investigativa".
Nella Regione Marche sono state selezionate 8 scuole della provincia di Ancona. La campagna di fase 1 di monitoraggio ambientale e sanitario è stata avviata da ARPA Marche a dicembre 2024 e si è conclusa a marzo 2025. Durante questo periodo, sono state condotte analisi approfondite sulla qualità dell'aria nelle scuole selezionate, mediante campionamenti chimici, fisici e biologici. In parallelo, è stata effettuata un'indagine sanitaria al fine di individuare possibili correlazioni tra l'inquinamento ambientale e lo stato di salute. I campionamenti ambientali sono stati condotti attraverso l'utilizzo di campionatori passivi ed attivi; in particolare sono stati analizzati i composti organici volatili (Volatile Organic Compounds - VOC), gli ossidi di azoto (NOx), l'aldeidi/formaldeide, l'ozono (O3), il particolato sospeso (Particulate Matter - PM), il biossido di carbonio (CO2), il monossido di carbonio (CO), gli organismi psicrofili, mesofili, miceti e il radon. L'indagine sanitaria è stata svolta attraverso questionari atti a raccogliere informazioni sulle patologie respiratorie, allergiche e sullo stato di salute in generale, sull'ambiente di vita e scolastico. Su un sotto-campione di alunni, all'incirca la metà dei soggetti che hanno aderito all'indagine, sono state eseguite spirometrie.
L'Istituto Zooprofilattico Sperimentale dell'Umbria e delle Marche ha supportato l'ARPA Marche nell'effettuazione degli esami di laboratorio sui campioni microbiologici. I campionatori passivi utilizzati durante il monitoraggio ambientale saranno analizzati ed elaborati a livello centrale.
La seconda fase del progetto, denominata fase "migliorativa", avrà luogo nelle stesse aule coinvolte nella fase "investigativa" e si estenderà da novembre 2025 a febbraio 2026 successivamente alla realizzazione di misure di miglioramento della IAQ su metà delle aule oggetto dello studio mediante

l'installazione di purificatori d'aria. In questa fase, saranno ripetuti i campionamenti ambientali e l'indagine sanitaria, al fine di valutare l'efficacia delle misure implementate nell'ottimizzare le condizioni ambientali e ridurre i potenziali impatti sulla salute respiratoria.
Per quanto riguarda gli effetti sanitari, saranno confrontati nelle due fasi descritte i sintomi/malattie respiratori e allergici ed i fattori di rischio domestici e scolastici dell'intero campione di alunni/insegnanti e delle singole classi che occupano aule non oggetto di interventi migliorativi (gruppo A) e a aule oggetto di interventi migliorativi (gruppo B).
Per indagare il contesto ambientale in cui i soggetti indagati si inseriscono, saranno utilizzati anche i risultati relativi ai fattori ambientali *indoor* e *outdoor* riferiti dai dirigenti scolastici e dalle insegnanti, rispettivamente, attraverso i questionari somministrati loro sulle caratteristiche della scuola e dell'aula.
I dati ottenuti saranno caricati su una piattaforma nazionale pubblica e quindi elaborati per la successiva produzione di linee guida, raccomandazioni e/o protocolli finalizzati a definire e consolidare normative efficaci. Attraverso la collaborazione di esperti, istituzioni e *stakeholder,* il progetto mira infatti a fornire un quadro completo e integrato per migliorare la salute e il benessere della popolazione scolastica, divulgato tramite piattaforme *open source* dedicate, *social network*, congressi e corsi di formazione.

Bibliografia

AEA, A. E. (2023). Air quality in Europe 2023. Tratto da www.eea.europa.eu.
Fazlzadeh, M., & Al, e. (2022). Effect of portable air purifier on indoor air quality: reduced exposure to particulate matter and health risk assessment. Environ Monit Assess.
Fermo, P., & al, e. (2021). Improving indoor air quality through an air purifier able to reduce aerosol particulate matter (PM) and volatile organic compounds (VOCs): Experimental results. Environ Res .
Hee Lee, G., & Al, e. (2020). Effects of Indoor Air Purifiers on Children with Asthma. Yonsei Med J, 310–316.
Jia-Ying, L., & al, e. (2021). Efficacy of air purifier therapy for patients with allergic asthma. . Allergol Immunopathol , 16-24.
Landrigan, P., Fuller, R., Fischer, S., WA, S., Sly, P., & Chiles TC, B.-O. S. (2019). Pollution and children's health. Science of The Total Environment, 2389-2394.
Miller, M., Hankinson, J., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., Coates, A., & Crapo, R. (2005). Standardisation of spirometry. *European Respiratory Journal*, 319-338.
WHO. (2022). https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health. Tratto da World Health Organization: https://www.who.int/
WHO, W. H. (2009). WHO guidelines for indoor air quality : dampness and mould. Elisabeth Heseltine and Jerome Rosen.

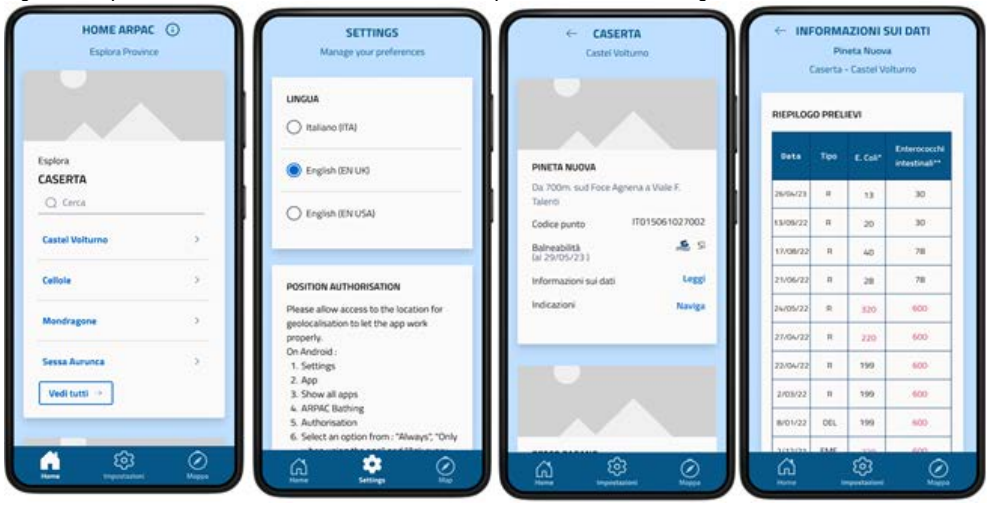
APP MOBILE “BALNEAZIONE ARPAC” PER VERIFICARE LA BALNEABILITÀ IN REGIONE CAMPANIA

Autore: Emma Lionetti
ARPA Campania

Nell’ambito del controllo sulla qualità delle acque di balneazione le politiche europee per l’ambiente e la salute mirano, oltre che al controllo e al monitoraggio, ad una gestione integrata, alla prevenzione, all'informazione e alla partecipazione diretta dei cittadini al processo decisionale, per promuovere iniziative di miglioramento ambientale finalizzate ad attuare interventi ed azioni efficaci e significative a tutela della salute umana.
Le Agenzie Regionali, in particolare, svolgono un importante ruolo di informazione e *front office* con il pubblico. Pertanto, si sono dotate negli anni di siti *web* informativi implementando veri e propri portali dedicati a rispondere prontamente alle richieste dei cittadini e favorendo nello specifico la corretta informazione/partecipazione nella gestione delle acque di balneazione. I portali acque dedicati alla balneazione delle ARPA sono strutturati secondo le logiche definite nel *software* del Ministero della Salute (https://www.portaleacque.salute.gov.it/PortaleAcquePubblico/) in ottemperanza alle disposizioni normative di settore vigenti.
ARPAC, con la stagione balneare 2019, in affiancamento al proprio portale dedicato alla balneazione (https://www.arpacampania.it/web/balneazione), ha messo a disposizione degli utenti un’applicazione per smartphone che consente di informarsi in tempo reale sullo stato di qualità di tutti i tratti di mare del litorale campano destinati alla balneazione e pertanto monitorati come da norma. L’applicazione, ideata e resa realizzabile dall’Agenzia, è stata pensata per i turisti, per tutti gli addetti del settore e per gli *stakeholder* con il fine specifico di diffondere tempestivamente le informazioni sulla balneabilità di tutte le zone costiere della Campania adibite all'uso balneare. L'esigenza di base di creare una siffatta APP per dispositivi mobili è stata quella di poter veicolare in modo più efficace e puntuale il *set* di informazioni sulla balneazione, attualmente diffuse e dettagliate mediante il canale *web* sul proprio portale istituzionale attraverso un sistema che fosse di più rapida accessibilità, fruibile e tecnologicamente in linea con i tempi. Si tratta quindi di un’APP gratuita e di semplice utilizzo, che fornisce ai diversi utenti informazioni di dettaglio su ciascuno dei 328 tratti di costa che costituiscono la rete di monitoraggio definita annualmente da ARPAC e approvata con atto deliberativo regionale ad ogni inizio della stagione balneare.
L’APP Mobile “ARPAC Balneazione” è attualmente disponibile in versione iOS dall’App Store di Apple, e in versione Android dal Play Store di Google. Per il corretto funzionamento dell’APP, è necessario disporre delle ultime versioni di sistemi operativi disponibili, non sono supportate versioni precedenti e/o obsolete dei sistemi in oggetto.
L’applicazione è in linea con le finalità della normativa di settore, in quanto garantisce la massima informazione alla popolazione per verificare la balneabilità della zona di interesse, la specifica classe di qualità annuale (Eccellente, Buona, Sufficiente, Scarsa), la presenza di eventuali divieti di balneazione, gli esiti analitici dei controlli stagionali in tempo reale in base ai valori dei parametri batteriologici determinanti la balneabilità (*Escherichia coli* ed Enterococchi intestinali) nonché altre utili informazioni ambientali, sia selezionando il punto di interesse attraverso un filtro

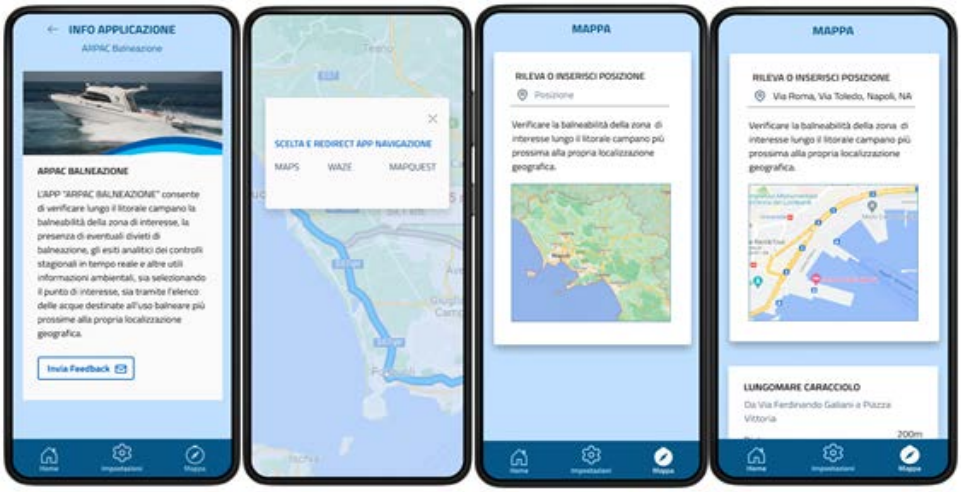
(Provincia/Comune/Area di interesse), sia tramite l'elenco delle acque destinate alla balneazione più prossime alla sua localizzazione geografica.
Nel 2023, l'APP di ARPAC è stata rinnovata in adeguamento ai requisiti evolutivi delle norme dell'Informatica nella PA considerando prioritario il principio di "digitale per definizione" *(digital first)* e implementando sempre più servizi al cittadino tramite l'utilizzo delle tecnologie digitali attraverso sistemi di rapida accessibilità e fruibilità al passo con i tempi tecnologici. La nuova versione offre l'opportunità di consultare l'APP anche in lingua inglese e già dalla prima schermata permette all'utente di selezionare l'area di interesse, visualizzare una foto rappresentativa della costa di riferimento e conoscere lo stato attuale della balneabilità del tratto di mare prescelto aggiornato agli esiti dell'ultimo prelievo effettuato da ARPAC nell'ambito della stagione balneare in corso. La balneabilità, in caso affermativo, è rappresentata, in linea con la simbologia definita dalla commissione europea (*Decisione di esecuzione 2011/321/UE Recepimento Direttiva 2006/7/CE Simboli volti ad informare il pubblico in materia di acque di balneazione*), da un'icona schematica del bagnante che nuota in acqua e in caso contrario da un divieto di accesso in condizioni di divieto alla balneazione. A garanzia di una puntuale informazione si può scendere al dettaglio dei dati analitici determinanti la balneabilità, del prelievo di riferimento che viene espresso con "faccine" che assumono colori semaforici a secondo dell'esito (verde=balneabile, giallo=balneazione sconsigliata, rosso=vietata) ma è anche possibile accedere ad un "riepilogo" che elenca per l'acqua di balneazione selezionata, gli ultimi dieci risultati microbiologici registrati nonchè la diversa tipologia del prelievo effettuato. Gli esiti analitici non conformi ai valori normativi sono evidenziati con il colore rosso. Tra le info dell'applicazione è visualizzabile una sezione di sintesi sulle finalità del programma di sorveglianza sulla qualità delle acque di balneazione con l'immagine di uno dei battelli nautici della flotta di proprietà ARPAC utilizzato per i controlli in mare nel corso della stagione balneare.

Figura 1: Sequenza schermate "APP ARPAC Balneazione" per informazioni di dettaglio su un'area di interesse



Fonte: ARPAC

Figura 2: Sequenza schermate “APP ARPAC Balneazione” per la geolocalizzazione di un’acqua di balneazione



Fonte: ARPAC

Con questa nuova opportunità di garantire e migliorare l’informazione in materia di acque di balneazione prosegue lo sforzo dell’ARPA Campania per adeguarsi alle sfide della digitalizzazione e della comunicazione di rete. Il valore aggiunto dell’APP *Mobile* “ARPA Campania Balneazione” è identificato nel grado di diffondere in maniera rapida e gratuita le informazioni sullo stato di qualità dei tratti di mare destinati alla balneazione in Campania consentendo all’utente anche di verificare la balneabilità dell’area costiera più prossima alla propria localizzazione geografica con la possibilità anche di seguire l’itinerario proposto per il raggiungimento della destinazione individuata. L’ultima versione, rinnovata in adeguamento alle norme sull’accessibilità informatica rappresenta quindi un sistema informativo innovative e funzionale con l’obiettivo di avvicinare sempre più l’Agenzia ambientale ai cittadini e ai portatori di interesse.

Bibliografia

D. Lgs. 116/08 *"Attuazione della direttiva 2006/7/CE relativa alla gestione della qualità delle acque di balneazione e abrogazione della direttiva 76/160/CEE"*
Decisione di esecuzione 2011/321/UE Recepimento Direttiva 2006/7/CE (Simboli volti ad informare il pubblico in materia di acque di balneazione).
ISPRA - R. De Angelis *et al*., 2021. *“Studio dell’area di influenza per la gestione delle acque di balneazione parte 1: analisi delle pressioni e strumenti di gestione”;* Linee guida SNPA 31/21
Siti web:
https://form.agid.gov.it/view/ac3b0a30-fb06-11ee-bbc8-87fac3b8599e *“Obiettivi di accessibilità”*
Sito ARPAC: https://www.arpacampania.it/balneazione
Sito Ministero della Salute: https://nsis.sanita.it
Sito SNPA: https://www.isprambiente.gov.it/it/sistema-nazionale-protezione-ambiente

MONITORAGGIO *INDOOR* (H_2S E CO_2) SULL'ISOLA DI VULCANO

Autori: Anna Abita[1], Riccardo Antero[1], Lucia Basiricò[1], Fabio Cerino[2], Rosario Garozzo[3], Vitangelo Pampalone[1], Nicolò Tirone[1], Veronica Milazzo[1]
[1] ARPA Sicilia, [2] Befreest, [3] Fagor Consulting

Introduzione

Da settembre 2021 sull'isola di Vulcano è stato osservato un incremento delle concentrazioni e della temperatura dei principali gas vulcanici; gli indicatori di tale instabilità geochimica sono riscontrabili in un forte aumento del degassamento passivo di CO_2 dal suolo e nella variazione delle specie chimiche emesse dalle fumarole crateriche ad alta temperatura a vapore dominante. Si è assistito, infatti, ad un incremento sia della concentrazione che del flusso di CO_2 e SO_2 emessi in atmosfera dalle fumarole, al punto che a seconda delle condizioni del vento, queste raggiungevano facilmente la zona abitata di Vulcano Porto. Il perdurare delle situazioni di criticità, ha indotto il Dipartimento di Protezione Civile a dichiarare lo stato di emergenza nazionale (OCDPC 854/2022), che è cessato il 30/6/2023, e ad individuare ARPA Sicilia quale soggetto attuatore per la realizzazione di una rete di monitoraggio *outdoor* e *indoor*. ARPA Sicilia da novembre 2021 ha quindi avviato una campagna di monitoraggio della qualità dell'aria ed ha realizzato una rete costituita da 5 stazioni multigas (H_2S, SO_2, CO_2) e una stazione fissa, dotata di analizzatori certificati per gli inquinanti previsti dal D.Lgs. 155/2010 (PM10, NO_2, CO, O_3, SO_2, H_2S, CO_2). L'agenzia ha inoltre avviato un progetto di monitoraggio della qualità dell'aria *indoor*, installando presso 32 immobili dell'isola, ubicati a Vulcano Porto a piano terra, due sensori (di norma uno nella zona giorno e l'altro nella zona notte) per immobile per la misurazione continua ed in tempo reale della concentrazione di CO_2 e, in 6 di questi immobili, ulteriori 2 sensori (di norma uno nella zona giorno e l'altro nella zona notte) per la misurazione continua della concentrazione di H_2S. Il progetto, che avrà una durata di 18 mesi, è stato formalmente avviato il 10 giugno 2024. Sarà valutata alla fine del periodo l'efficacia e l'utilità del monitoraggio.

Il sistema di monitoraggio

Il sistema di monitoraggio *indoor* è stato ideato e progettato dalla Fagor consulting e dalla Befreest srl, quest'ultima, in particolare, ha ingegnerizzato l'architettura di sistema. Attraverso sensoristica dedicata, viene misurata la concentrazione di CO_2, la temperatura e l'umidità e, in alcuni edifici, anche la concentrazione di H_2S. Il sistema consente un monitoraggio puntuale e costante della concentrazione dei due gas presenti eventualmente negli ambienti chiusi con tempo di campionamento pari a 2 minuti. I dati rilevati dai sensori sono raccolti in apposito *server cloud (hub),* grazie alla connessione LTE che avviene tramite SIM dedicata, di cui sono dotati tutti i sensori, per la conservazione e la successiva elaborazione. Tutti i sensori installati sono stati oggetto di una taratura puntuale attraverso l'interconfronto in aria ambiente con sensori dello stesso tipo tarati in maniera puntuale. Il sensore di riferimento H_2S è stato verificato e calibrato con una miscela certificata a 1.060 ppm mol di Idrogeno Solforato. Due sensori di CO_2 sono stati oggetto di interconfronto con un analizzatore Picarro G2401 Gas Concentration Analyzer presso il CNR di Lamezia Terme inserendo gli stessi nel flusso di aria in ingresso dello strumento primario. I sensori oggetto di verifica sono stati utilizzati per il controllo del resto dei sensori in campo.

Al verificarsi di scenari di rischio locali (superamento di soglie di intervento) vengono attivate segnalazioni luminose e/o sonore con contestuale invio di segnalazione sms/mail di *alert* agli enti preposti. Tale architettura consente di rilevare rapidamente fattori di rischio legati all'attività vulcanica e di avviare procedure di protezione civile a tutela della popolazione locale. Le soglie di *alert*, dopo vari confronti, sono state individuate collegialmente con i rappresentanti della ASP ME (Azienda Sanitaria Provinciale di Messina), dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), dell'ISS (Istituto Superiore di Sanità) e del DRPC (Dipartimento della Protezione Civile), quest'ultimo ha contribuito in particolare all'individuazione delle azioni da adottare in casa dalle persone presenti, in caso di superamento della soglia. In particolare sono state previste per entrambi i gas tre soglie.

Soglie di *alert* CO_2	Tipologia di segnale
1 soglia: 5.000 ppm (mediata in 60 minuti)	segnale luminoso emesso dal sensore presente nell'abitazione
2 soglia: 5.000 ppm (mediata in 120 minuti)	segnale luminoso emesso dal sensore presente nell'abitazione; verranno inviati sms ed email agli Enti competenti
3 soglia: 5.000 ppm (mediata in 300 minuti) e 30.000ppm (mediata in 10 minuti)	segnale acustico e luminoso emesso dal sensore presente nell'abitazione; verranno inviati sms ed email agli Enti competenti
Soglie di *alert* H_2S	Tipologia di segnale
1 soglia: 140 μg/m³ (0,1 ppm) (mediata in 60 minuti)	segnale luminoso emesso dal sensore presente nell'abitazione
2 soglia: 1000 μg/m³ (0,71 ppm) (mediata in 30 minuti)	segnale luminoso emesso dal sensore presente nell'abitazione; verranno inviati sms ed email agli Enti competenti
3 soglia: 1.000 μg/m³ (0,71 ppm) (mediata in 60 minuti)	segnale acustico e luminoso emesso dal sensore presente nell'abitazione; verranno inviati sms ed email agli Enti competenti

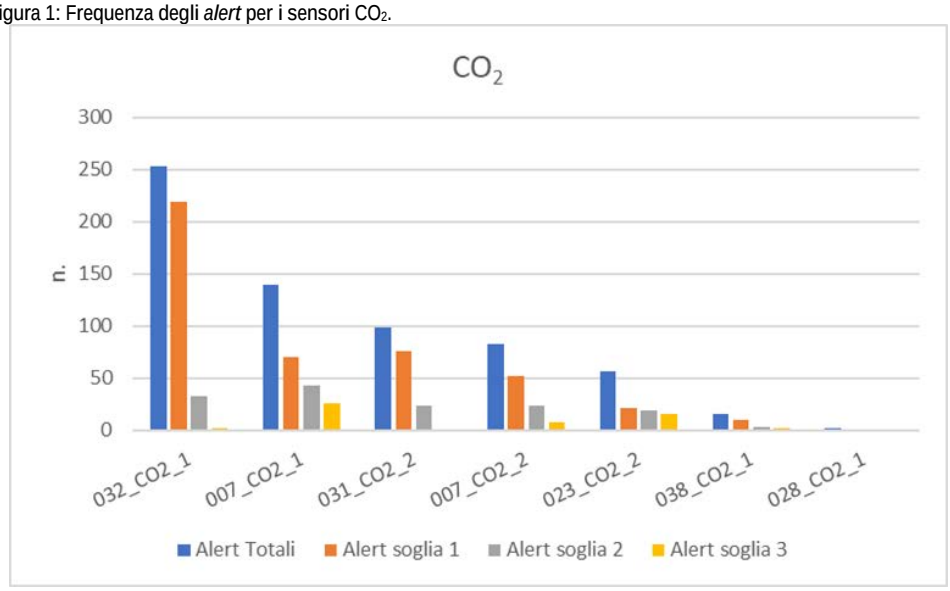
Risultati

Il monitoraggio ha messo in evidenza nel periodo dal 10 giugno 2024 (data di avvio del monitoraggio) al 31 dicembre 2024 concentrazioni superiori alle soglie *alert* sia per CO_2 che per H_2S.

Per CO_2, si sono riscontrate concentrazioni superiori alle soglie *alert* su 6 edifici dei 32 monitorati (Figura 1). Gli immobili sono ubicati in un'area pari a circa 235.000 m², rispetto all'area complessiva di monitoraggio pari a 1.400.000 m². Tutti gli edifici, ad eccezione del 38, risultano di civile abitazione e sono abitati tutto l'anno anche se non continuativamente, pertanto l'areazione dei locali dovrebbe essere garantita dagli abitanti. Per quanto riguarda l'immobile con *alias* 38, in cui insiste l'attività di Poste Italiane S.p.a., si evidenzia che gli *alert* soglia 2 e soglia 3, sono stati registrati esclusivamente nelle ore notturne o nelle prime ore del giorno, ovvero nelle fasce orarie in cui i locali risultano chiusi al pubblico e l'ambiente poco ventilato. L'ubicazione degli edifici 28, 7 e 38 è molto ravvicinata, gli altri 3

risultano invece più distanti e comunque prossimi ad altri edifici dove non si sono registrati *alert*. Pertanto, a meno eventualmente dell'area degli edifici dove insistono il 28, il 7 e il 38, non sembra ipotizzabile individuare un'area con un maggiore emissione di CO_2. È stata quindi effettuata una ricerca per risalire all'anno di costruzione degli immobili monitorati per verificare l'ipotesi di una correlazione tra le elevate concentrazioni di CO_2 e l'anno di costruzione degli edifici. Tuttavia, dalle informazioni ottenute dalle visure catastali storiche non è possibile risalire alla data di costruzione degli edifici. Se tale informazione potrà essere fornita dal comune di Lipari, si potrà verificare se è ragionevole correlare le elevate concentrazioni di CO_2 con l'anno di costruzione degli edifici. Nell'edificio 7 si registra la maggiore frequenza di *alert* 3, peraltro in entrambi gli ambienti monitorati, sebbene il maggior numero di *alert* sia stato riscontrato per l'edificio 32.

Figura 1: Frequenza degli *alert* per i sensori CO_2.



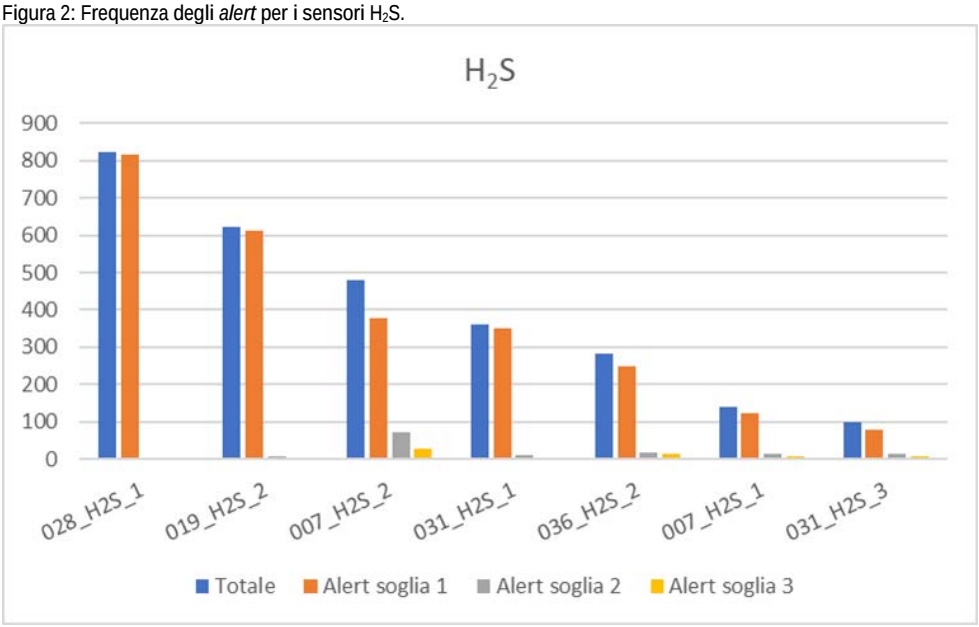
Fonte: Elaborazione ARPA Sicilia

Ponendo l'attenzione sugli *alert* 3, ed effettuando un'analisi sulla concentrazione massima e la durata, si riscontra che le concentrazioni più elevate, sicuramente non inferiori a 40.000 ppm considerato che questa è la soglia massima di rilevamento del sensore, sono state raggiunte dall'edificio 7 nel mese di agosto; tuttavia la durata è solo di pochi minuti. Invece, gli *alert* 3 riscontrati nell'edificio 23 sono più duraturi fino ad arrivare a più di 60 ore il 26/12/2024. Effettuando un confronto con le stazioni multigas della rete *outdoor* sull'isola di Vulcano non si riscontrano aumenti delle concentrazioni di CO_2 nel mese di agosto né il 26 dicembre, quindi verosimilmente le elevate concentrazioni *indoor* dipendono principalmente dall'aerazione dei locali, e in subordine dalle caratteristiche geomorfologiche dei terreni ed eventualmente dalle caratteristiche costruttive degli edifici.

Per H_2S, gli edifici a segnalare *alert* sono stati 5 dei 6 monitorati (Figura 2). Gli immobili sono ubicati in un'area pari a circa 115.000 m^2, rispetto all'area complessiva di monitoraggio pari a 170.000 m^2. Gli

edifici 7, 28, 36 e 19 sono molto prossimi tra di loro e distano al più 200 m dalla vasca di fango, sorgente di H_2S. L'edificio 31, più isolato rispetto agli altri quattro dista circa 330 m dalla vasca di fango. Inoltre tutti gli edifici, ad eccezione del 19 e 36, risultano di civile abitazione e sono abitati tutto l'anno anche se non continuativamente. Gli immobili con alias 19 e 36, vengono utilizzati rispettivamente come negozio di souvenir/mangimi per animali e come guardia medica locale, e risultano essere frequentati per tutto l'anno. Di fatto tutti gli edifici dove viene misurato l'H_2S, ad eccezione del 18 che risulta essere il più lontano dalla vasca di fango, hanno presentato concentrazioni superiori alle soglie di *alert*. Nell'edificio 7 si registra la maggiore frequenza di *alert* 3, sebbene il maggior numero di *alert* sia stato riscontrato per l'edificio 28. Entrambi gli edifici risultano essere i più prossimi alla vasca di fango.

Figura 2: Frequenza degli *alert* per i sensori H_2S.



Fonte: Elaborazione ARPA Sicilia

Ponendo l'attenzione sugli *alert* 3, ed effettuando un'analisi sulla concentrazione massima e la durata, si riscontra che anche in questo caso le concentrazioni più elevate sono state raggiunte dall'edificio 7, pari a 3,87 ppm. L'*alert* 3 con la massima durata di circa tre ore e mezza è stato nell'edificio 31 il 24/07/2024. La direzione e la velocità del vento evidenziano che le elevate concentrazioni di H_2S sono associabili alla vasca di fango ubicata a Nord Est dell'immobile 31. L'interruzione del segnale alle 18:22, ripartito il 25/07 alle 12:04, non ci ha permesso di valutare l'evoluzione dell'evento. Effettuando un confronto con le stazioni multigas della rete *outdoor* sull'isola di Vulcano non si riscontrano aumenti delle concentrazioni di H_2S nei giorni di elevate concentrazioni *indoor*; pertanto, le maggiori concentrazioni di H_2S sono da collegare alle condizioni metereologiche (direzione e velocità del vento) favorevoli alla diffusione di H_2S dalla vasca di fango agli edifici monitorati.

IN STRADA PER LA PROTEZIONE DELLE PERSONE ATTRAVERSO LA MAPPATURA DEL CAMPO ELETTRICO SUL TERRITORIO

Autore: Erik Imperial
ARPA Valle d'Aosta

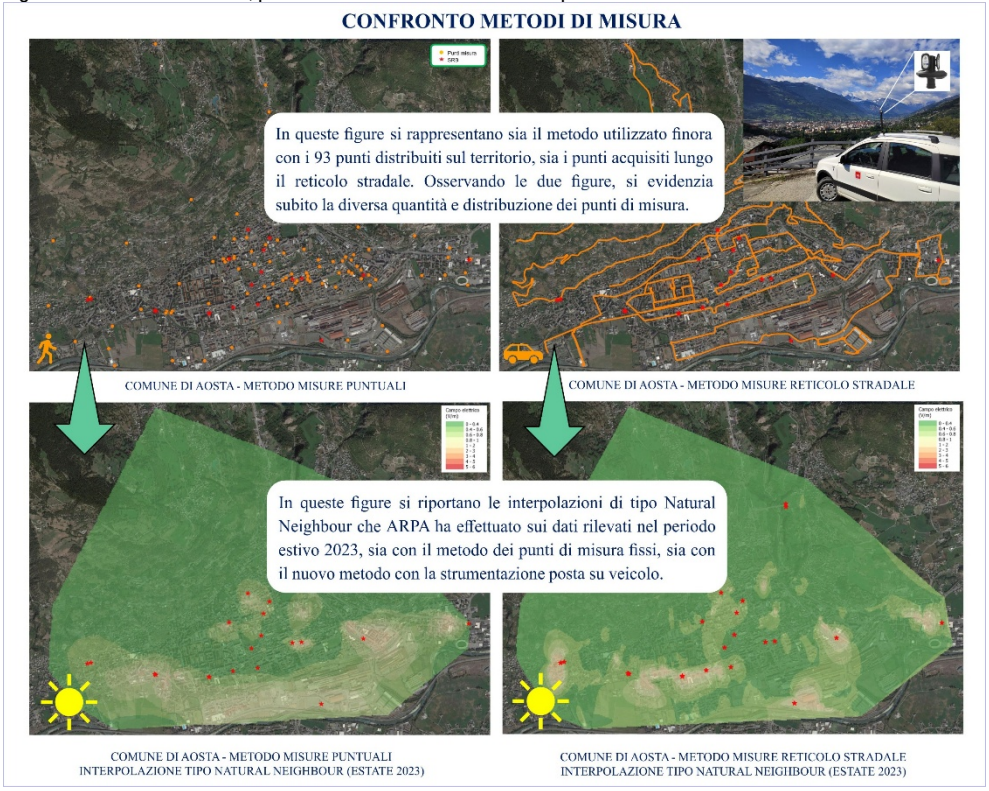
Nel corso dell'anno 2023, ARPA Valle d'Aosta ha potenziato il monitoraggio dei campi elettromagnetici a radiofrequenza (CEM) grazie all'acquisizione di un nuovo dispositivo di misura del campo elettrico in banda larga (Microrad – Fly Probe). Questo strumento, montato su un veicolo, permette di raccogliere dati in movimento, georeferenziati, con una frequenza di un campione al secondo. Tale innovazione consente di coprire ampie aree in tempi ridotti, ottenendo una mappatura più densa e uniforme rispetto alle tradizionali misure puntuali.
L'esecuzione delle misure risulta molto più agevole rispetto al metodo tradizionale in quanto permette di ridurre notevolmente il numero di uscite ed il tempo di misura, consentendo di eseguire il monitoraggio più volte nell'arco dell'anno, anche per un eventuale confronto stagionale dei dati.

LE MISURE NEL COMUNE DI AOSTA

A partire dall'anno 2003, sul territorio del comune di Aosta sono state svolte misure in banda larga, mediate sui 6 minuti, su un reticolo di circa 600 punti, lungo le strade, a 1,5 metri dal piano di campagna, in modo da coprire il territorio comunale. Tutte le misure sono state effettuate secondo quanto indicato nella normativa tecnica vigente al momento.
ARPA VdA ha continuato, fino ad oggi, a ripetere annualmente le misure in banda larga a livello stradale in 93 specifici punti di controllo, scelti come sottoinsieme degli oltre 600 monitorati nel primo intervento (Bottura V. et al., 2010) (Bottura V. et al., 2012) (Bottura V. et al., 2021).
Proprio per perfezionare questo tipo di indagine sulla città di Aosta, aumentando i punti di misura senza aumentare il tempo necessario all'acquisizione dei dati, è stato utilizzato il nuovo sistema di monitoraggio, che si è dimostrato estremamente efficiente.
Il nuovo sistema di misurazione mobile ha permesso di confrontare i risultati con il metodo tradizionale, evidenziando una maggiore precisione e dettaglio nella mappatura dei CEM. Le interpolazioni dei dati, effettuate con entrambi i metodi, confermano l'affidabilità del sistema mobile, che compensa il minor tempo di campionamento con una maggiore densità di dati.
Nella

Figura 1 sono presentate le immagini che confrontano il metodo dei 93 punti con quello utilizzato dallo strumento montato sull'auto. Si osserva che, lungo il percorso effettuato in auto, è stato registrato un numero significativamente maggiore di misurazioni. Inoltre, il risultato dell'interpolazione risulta notevolmente più definito nelle aree circostanti gli impianti.

Figura 1: Punti di misura fissi, punti misura reticolo stradale e interpolazioni nel comune di Aosta



Fonte: ARPA Valle d'Aosta, Convegno Nazionale AIRP, In strada per la protezione delle persone attraverso la mappatura del territorio.

CONFRONTO STAGIONALE

Numerosi comuni della regione Valle d'Aosta hanno una forte vocazione turistica. Per questo motivo, è stata presa la decisione di valutare le variazioni stagionali dei livelli di Campi Elettromagnetici (CEM), che si verificano a causa delle diverse affluenze turistiche nei vari periodi dell'anno. A tal fine, è stato utilizzato il nuovo metodo di misurazione, considerato ideale per mappare ampie aree in tempi relativamente brevi. I comuni scelti per condurre queste analisi sono Aosta e Courmayeur.

CITTÀ DI AOSTA

La città di Aosta ha la peculiarità di avere un afflusso distribuito costantemente durante tutto l'anno: Aosta, oltre ad essere il centro politico e sociale della Regione, è anche il sito archeologico principale della storia valdostana.

Le analisi effettuate nel periodo invernale (febbraio 2024) e nel periodo estivo (luglio 2024) non hanno evidenziato differenze di stagionalità. Si è però osservato che nel periodo invernale il campo elettrico ha una maggiore espansione rispetto a quello misurato nel periodo estivo. Tale fenomeno è

probabilmente dovuto alla presenza di fronde nei viali alberati che, nel periodo estivo, contribuisce a creare una schermatura del campo a livello stradale.

COMUNE DI COURMAYEUR

Il comune di Courmayeur è senz'altro una località montana a specifica vocazione turistica, nei periodi invernali, per lo sci, e in quelli estivi, per le escursioni sulle vette. Inoltre, non presenta un numero elevato di residenti durante tutto l'anno e, nei periodi ad alta affluenza turistica, la popolazione può aumentare considerevolmente.

L'osservazione di un notevole aumento dei livelli di Campo Elettromagnetico (CEM) durante l'estate (Figura 2), con picchi che raggiungono il doppio dei valori registrati in primavera, può essere chiaramente attribuita alla consistente affluenza di turisti. Questo incremento è molto probabilmente correlato all'aumento della domanda di servizi di connessione in banda larga durante l'alta stagione turistica.

Figura 2: Punti di misura reticolo stradale e interpolazioni nel comune di Courmayeur

Fonte: ARPA Valle d'Aosta, Convegno Nazionale AIRP, In strada per la protezione delle persone attraverso la mappatura del territorio.

Il nuovo sistema di misurazione permette di monitorare in maniera più efficace le variazioni di campo elettrico sul territorio, consentendo eventualmente di intervenire successivamente in modo puntuale nelle zone dove questi aumenti potrebbero far pensare a possibili superamenti dei limiti normativi.

CONCLUSIONI

Il nuovo metodo di rilevamento ambientale, reso possibile grazie al dispositivo installato sull'auto, rappresenta un importante strumento per l'Agenzia nel monitoraggio dei campi elettromagnetici a radiofrequenza sul territorio. La capacità di raccogliere dati mentre ci si muove consente di percorrere ampie aree in tempi ridotti, garantendo una maggiore densità e uniformità di copertura rispetto ai metodi tradizionali. Questo approccio ha dimostrato di offrire una precisione superiore nelle analisi e nelle interpolazioni successive, confermando l'affidabilità del nuovo metodo di misurazione.

Le misurazioni effettuate nel comune di Aosta hanno confermato le valutazioni raccolte negli ultimi vent'anni, evidenziando che non ci sono sostanziali differenze nei livelli di CEM legate alla stagionalità. Al contrario, le analisi condotte nel comune di Courmayeur hanno confermato chiaramente che,

durante l'alta stagione turistica, i livelli di campo elettrico nell'ambiente aumentano significativamente, raggiungendo in alcune aree valori che possono raddoppiare rispetto ai periodi di bassa affluenza.

Bibliografia

Bottura V. et al., 2021 *Monitoraggio sul territorio del comune di Aosta: inseguendo i cambiamenti Convegno Nazionale AIRP*

Bottura V. et al., 2012 *Misure di campo elettrico a radiofrequenza in ambiente ripetute nel tempo V Convegno Nazionale Agenti Fisici "Il controllo degli agenti fisici: ambiente, salute e qualità della vita" Novara*

Bottura V. et al., 2010 *RF electric field repeated measurements in urban environment 6th International Workshop on Biological Effects of Electromagnetic Fields Bodrum, Turkey*

RICERCA DEI FARMACI NELLE ACQUE REFLUE URBANE E NEI CORPI IDRICI SUPERFICIALI: L'ATTIVITÀ DI ARPA FVG

Autori: Stefano De Martin, Vito Gelao, Alessandro Marotta, Michele Bazzichetto, Sara Briguglio
ARPA Friuli Venezia Giulia

Premessa

L'evoluzione del contesto normativo europeo in campo ambientale ha posto una sempre maggiore attenzione sul trattamento delle acque reflue urbane, con una specifica direttiva che ha di recente terminato un processo di revisione.
La Direttiva (UE) 2024/3019 del Parlamento europeo e del Consiglio del 27 novembre 2024, riguardante il trattamento delle acque reflue urbane, è entrata in vigore il primo gennaio del 2025, e i Paesi membri avranno a disposizione 31 mesi di tempo per recepirla nella propria legislazione nazionale.
La norma pone una maggiore attenzione sull'inquinamento proveniente dagli agglomerati urbani più piccoli, sull'ampio spettro dei microinquinanti da monitorare e sul consumo di energia elettrica richiesto per il trattamento dei reflui, costituendo nel complesso un notevole passo in avanti verso gli obiettivi di neutralità energetica e climatica, allineandosi a quanto richiesto dal *Green Deal* europeo.
Per quanto riguarda i microinquinanti organici, la Direttiva in particolare responsabilizza i produttori di farmaci e cosmetici, conformemente al principio "chi inquina paga".
Viene inoltre posta una particolare enfasi sui trattamenti quaternari degli impianti di depurazione, prevedendo un cronoprogramma per l'applicazione del requisito di abbattimento di almeno l'80% di uno spettro di molecole, prevalentemente farmaci in tracce, tabellate dalla normativa stessa.
Per quanto riguarda il controllo della presenza dei farmaci nelle acque superficiali, la Decisione della Commissione (UE) 2015/495 ha a suo tempo introdotto il meccanismo della *Watch List*, una lista di inquinanti emergenti che devono essere monitorati a livello dell'Unione Europea.
Lo scopo è di verificare la reale presenza di sostanze che potrebbero costituire un potenziale rischio per la salute e per l'ambiente, ma per le quali non sono disponibili dati scientificamente attendibili sull'effettiva presenza negli ecosistemi.
La lista di inquinanti emergenti da controllare, che viene aggiornata con cadenza biennale, fin dall'inizio comprendeva anche farmaci di uso comune, come antibiotici e antinfiammatori, oltre a pesticidi, ormoni e prodotti per la cura della persona.
Il meccanismo della *Watch List* è una risposta normativa alla continua immissione di nuove molecole nell'ambiente da parte dell'industria, sostanze per le quali non sono previsti piani di monitoraggio di routine, per cui si rende necessario stabilire una priorità per decidere quali molecole necessitino di maggiore attenzione da parte delle autorità di controllo.
Per quanto riguarda i farmaci, i depuratori costituiscono una delle potenziali porte d'ingresso di queste molecole nell'ambiente, per cui il controllo degli impianti di trattamento delle acque reflue e il monitoraggio di queste sostanze negli ecosistemi sono problematiche interconnesse.

L'attività di ARPA FVG

ARPA FVG già nel 2015 aveva avviato un primo studio, riguardante la presenza di sostanze difficilmente degradabili negli impianti di depurazione, con conseguenti possibili effetti tossici nell'ambiente, coinvolgendo anche l'Università degli Studi di Udine, quella di Parma e l'IRCCS – Istituto di Ricerche Farmacologiche "Mario Negri".
Nell'ambito di questo lavoro, erano stati ricercati farmaci e altri inquinanti in acque prelevate in quindici punti, a monte e a valle di scarichi di acque reflue. Era stata evidenziata la presenza di diverse molecole, in particolare quelle relative ai farmaci di maggiore utilizzo.
Nel 2016 il Laboratorio di ARPA FVG, assieme a quello di ARPA Lombardia, era stato individuato da ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) come riferimento nazionale per la ricerca degli inquinanti emergenti compresi nella *Watch List*, introdotta nella normativa comunitaria nel 2015.
Il Laboratorio di ARPA FVG ha quindi acquisito una notevole esperienza nella ricerca dei farmaci sia nelle acque di scarico che in quelle superficiali, con analisi sia qualitative, relative alla determinazione della presenza delle molecole, sia quantitative, relative cioè alla determinazione della loro concentrazione, utilizzando approcci analitici sia *target* che *untarget*.
L'analisi *untarget*, introdotta nel Laboratorio nel 2020, è una tecnica innovativa, pensata per eseguire uno *screening* delle sostanze eventualmente presenti in un campione, un approccio completamente diverso da quello delle analisi tradizionali, concepite per cercare la presenza di molecole già scelte a priori.
Per la ricerca dei farmaci nelle acque è stato utilizzato lo stato dell'arte della strumentazione analitica di nuova generazione, la cromatografia liquida accoppiata alla spettrometria di massa ad alta risoluzione-Orbitrap, e *software* dedicati per le analisi *untarget*, utilizzata da personale appositamente formato in questo campo.
Nel 2023 è stato implementato uno studio, progettato per valutare la percentuale di abbattimento di oltre quaranta farmaci di vario tipo in tre impianti di depurazione di acque reflue urbane, opportunamente scelti anche perché riceventi scarichi ospedalieri, con una logica proattiva nell'ottica dell'imminente introduzione di una legislazione specifica per questi impianti.
Sono state determinate le concentrazioni delle molecole ricercate, comprendenti antibiotici, psicofarmaci, antinfiammatori, antimicotici, antivirali e altri farmaci e contaminanti, nelle acque in ingresso e in quelle in uscita ai tre impianti di trattamento.
I risultati hanno evidenziato differenze tra le prestazioni degli impianti di depurazione considerati, e in generale è emersa una difficoltà nel raggiungere la percentuale di abbattimento dell'80% prevista dalla nuova normativa.
Confrontando le percentuali di abbattimento delle molecole cercate negli impianti di trattamento con la loro reale presenza nelle acque superficiali regionali, si è riscontrato però che non sempre è presente una correlazione inversa tra efficienza degli impianti e rilevazione nell'ambiente degli inquinanti.
Nel caso del paracetamolo, per esempio, tutti e tre gli impianti monitorati avevano una capacità di abbattimento nettamente superiore all'80%, eppure questa è la molecola che è stata più frequentemente rilevata nelle acque superficiali, sia pure in tracce (il limite di quantificazione del metodo analitico utilizzato è bassissimo, pari a 0,01 μg/L), nell'ambito di uno specifico monitoraggio ambientale dei farmaci.

Tuttavia, i punti controllati nelle acque superficiali nel 2023 non comprendevano corpi idrici recettori a valle degli impianti di depurazione.
Per ovviare a questo fatto nel 2024 è stato implementato uno studio su altri cinque impianti di trattamento delle acque reflue, che ha valutato la concentrazione dei farmaci non solo in entrata e in uscita degli impianti, ma anche nelle acque superficiali a valle degli impianti, per meglio valutare il loro impatto ambientale.
Le sostanze monitorate hanno compreso sia quelle previste per la conformità del trattamento quaternario dalla Direttiva europea appena pubblicata, sia quelle introdotte dalla *Watch List*, sia altre molecole di uso farmaceutico e loro prodotti di degradazione, selezionate tra quelle evidenziate dalle analisi *untarget* effettuate precedentemente.
I risultati sembrano confermare quanto suggerito dal lavoro fatto nel 2023, in quanto le percentuali di abbattimento delle molecole sono molto variabili, evidenziando una generale difficoltà nel raggiungere i livelli di abbattimento previsti dalla nuova normativa, in assenza di un trattamento quaternario.
Per quanto riguarda il succitato paracetamolo, l'abbattimento si è rivelato essere praticamente del 100%, e non è stato rilevato nei corpi recettori che accolgono gli scarichi in uscita agli impianti.

ANTIBIOTICO RESISTENZA NELLE ACQUE REFLUE URBANE

Autori: Stefano De Martin, Marinella Franchi, Antonella Felice, Marco Minocci, Alessandro Marotta, Romina Martinella, Sebastiano Muscia
ARPA Friuli Venezia Giulia

Premessa

La resistenza agli antibiotici, o antibiotico resistenza, può essere definita come un meccanismo di adattamento, per mezzo del quale alcuni microrganismi diventano capaci di sopravvivere o svilupparsi in presenza di una concentrazione di antibiotico che normalmente sarebbe in grado di uccidere o inibire germi della stessa specie.
Questa resistenza può essere intrinseca, qualora sia riconducibile alla natura stessa del microrganismo, oppure acquisita, nel caso in cui un germe in precedenza sensibile diventi successivamente resistente.
I batteri hanno a disposizione due strategie per adattarsi alla presenza degli antimicrobici nel loro ambiente: possono subire mutazioni genetiche oppure importare materiale genetico da una fonte a loro esterna, utilizzando tre diversi meccanismi.
Il primo è la trasformazione, che avviene quando il microrganismo acquisisce materiale genetico estraneo direttamente dall'ambiente extracellulare, il secondo è la trasduzione, che utilizza i batteriofagi (virus che infettano esclusivamente i batteri) come vettore di trasporto, il terzo è la coniugazione che avviene tramite il contatto diretto tra le cellule.
L'antibiotico resistenza è attualmente uno dei principali problemi di sanità pubblica, in quanto la presenza di microrganismi in grado di resistere alle terapie antibiotiche è ormai ubiquitaria, poiché questi farmaci vengono utilizzati per curare anche gli animali domestici, e inoltre il loro impiego è stato esteso negli allevamenti, negli impianti ittici e nel contesto agricolo.
Il controllo di questo fenomeno richiede quindi un approccio denominato *One Health*, olistico e multidisciplinare, dal momento che la salute degli esseri umani è strettamente interconnessa con quella degli animali e con le condizioni ambientali nei quali essi vivono.
La presenza nell'ambiente di antibiotici, spesso connessa a un loro non corretto utilizzo e smaltimento, può aumentare la pressione selettiva verso la moltiplicazione di ceppi microbici resistenti a tali farmaci.
Gli scarichi degli impianti di trattamento delle acque reflue costituiscono una delle fonti principali d'immissione negli ecosistemi degli antibiotici, potenzialmente in grado di provocare un aumento dei ceppi resistenti, che possono circolare nell'ambiente e venire in contatto con gli animali e gli esseri umani che in esso vivono.
L'importanza del monitoraggio ambientale del fenomeno dell'antibiotico resistenza viene sottolineato dalla letteratura scientifica, trovando un crescente riscontro anche nella legislazione.
La recente direttiva (UE) 2024/3019 del Parlamento Europeo e Consiglio del 27 novembre 2024, concernente il trattamento delle acque reflue urbane, riconosce l'importanza di affrontare il problema della resistenza agli antibiotici, sottolineando l'opportunità di introdurre obbligatoriamente un suo monitoraggio nelle acque reflue urbane, allo scopo di approfondire le nozioni scientifiche e attuare interventi adeguati nel futuro.

In ambito nazionale, il PNCAR (Piano Nazionale di Contrasto all'Antibiotico Resistenza) prevede l'implementazione di un protocollo operativo per il monitoraggio ambientale di questa problematica, anche per quanto riguarda le acque reflue urbane.
Il problema della mancanza di metodi standardizzati e di protocolli condivisi per il monitoraggio ambientale dell'antibiotico resistenza è del resto sottolineato anche dalla letteratura scientifica specifica.
La rete del SNPA (Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente) può, e deve quindi avere un ruolo rilevante nella gestione operativa di questa problematica.

L'attività di ARPA FVG

In questo contesto, il Laboratorio di ARPA FVG ha implementato un progetto pilota per il monitoraggio dell'antibiotico resistenza nelle acque reflue urbane del Friuli Venezia Giulia, con l'obiettivo di monitorare non solo la presenza di antibiotici, ma anche i microrganismi resistenti e il materiale genetico in grado di veicolare l'antibiotico resistenza. A questo scopo sono stati selezionati cinque impianti di depurazione, scelti tra quelli riceventi anche scarichi ospedalieri.
Sono state analizzate le acque reflue in ingresso e in uscita degli impianti, nonché quelle superficiali a valle dello scarico stesso. Sono state inoltre eseguite ulteriori determinazioni analitiche a scopo conoscitivo su un centinaio di campioni di acque di scarico in uscita da altri impianti di depurazione.
Le prove analitiche sono state eseguite con il metodo colturale classico, con la tecnologia MALDI-TOF (*Matrix Assisted Laser Desorption/Ionization Time of Flight*), con la PCR RT (*Polymerase Chain Reaction Real Time*) e infine tramite sequenziamento del DNA.
Il metodo colturale classico viene utilizzato per monitorare la presenza di *Escherichia coli* resistenti alle cefalosporine di terza generazione (cefotaxime), verificata mediante la semina di campioni su terreni contenenti gli stessi antibiotici. A tale scopo è stato utilizzato il *Tricycle Protocol*, un protocollo tecnico riconosciuto internazionalmente, sviluppato dalla WHO (*World Health Organization*) nel 2021.
Conformemente a quanto suggerito dalla letteratura scientifica, è stata rilevata una generale tendenza all'abbattimento della carica di *Escherichia coli* resistenti nei depuratori, con una riduzione anche di diversi ordini di grandezza della loro concentrazione nelle acque in uscita agli impianti, rispetto a quelle in ingresso.
La tecnologia MALDI-TOF impiega una strategia di tipo chimico per l'identificazione diretta delle specie batteriche resistenti, con un metodo accreditato ai sensi della norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025, e per la conferma della resistenza batterica alle cefalosporine, tramite conferma fenotipica.
Mentre i metodi colturali classici e la tecnologia MALDI-TOF vengono applicati all'analisi di colonie batteriche pure, i metodi molecolari permettono la rilevazione di geni coinvolti nei meccanismi dell'antibiotico resistenza provenienti da diversi microrganismi, presenti nel campione analizzato.
In particolare, nell'ambito dello studio è stata utilizzata una metodica PCR RT per la rilevazione di otto classi di geni coinvolti nell'attivazione dei meccanismi responsabili della resistenza nei confronti di tre classi di antibiotici (carbapenemi, vancomicina e cefalosporine), nella totalità della flora batterica presente.
Questo metodo è stato utilizzato sia per lo *screening* dei campioni relativi ai cinque impianti di depurazione selezionati per il progetto, che per quello dell'ulteriore centinaio di acque di scarico in

uscita ad altri depuratori regionali. In linea con la letteratura scientifica, la maggior parte dei campioni è risultata essere positiva per i geni KPC, CTX-M e OXA-48, tutti portatori di resistenza.
Sempre nell'ambito dei metodi molecolari, il sequenziamento del DNA con la tecnologia di nuova generazione NGS (*Next Generation Sequencing*) ha permesso di ampliare notevolmente il pannello analitico dei geni responsabili dell'antibiotico resistenza, estendendolo anche a loro varianti, confermando comunque i risultati ottenuti con le altre metodiche. Nello specifico sono stati trovati 137 geni e due loro varianti.
È ancora in corso l'elaborazione dei dati raccolti nell'ambito di questo progetto pilota, che comunque confermano la diffusione nell'ambiente dell'antibiotico resistenza, in linea con quanto riportato dalla letteratura scientifica.
Lo studio viene attualmente ampliato a ulteriori cinque impianti di depurazione, mentre le analisi molecolari vengono orientate anche verso la dimensione quantitativa.

STUDIO DI BIOMONITORAGGIO DELL'OZONO IN ABRUZZO ATTRAVERSO L'UTILIZZO DI KIT MINIATURIZZATI DI NICOTIANA TABACUM

Autore: Donatella Rosoni
ARPA Abruzzo

Da decenni l ozono troposferico (O_3) è riconosciuto come l inquinante dell aria più rilevante per il suo impatto biologico. Oltre agli effetti nocivi sugli esseri umani, gli sono attribuiti danni alla vegetazione, che consistono in riduzioni quanti-qualitative delle prestazioni legate principalmente a effetti subliminali sull apparato fotosintetico e sulle membrane cellulari. Nonostante i meccanismi di formazione dell O_3 (basati su reazioni fotochimiche tra ossidi di azoto e composti organici volatili derivanti dalle combustioni legate al traffico veicolare) indichino le aree urbane come siti preferenziali, alti livelli di questo contaminante sono presenti anche in zone rurali e remote.

L ozono si presenta come un agente di stress peculiare: fattori genetici, ontogenetici e ambientali condizionano la sensibilità/tolleranza del vegetale a questo gas. Così, individui appartenenti alla stessa specie, ma a *cultivar* diversi, possono reagire in modo diverso a esposizioni standardizzate. E non solo foglie dello stesso soggetto con diverso indice plastocronico possono presentare differenze sostanziali nella risposta.

La possibilità di condurre indagini basate sull'interpretazione di specifici sintomi sulle piante per valutare l inquinamento atmosferico è stata ipotizzata da tempo. Già nel 1921, *Ruston* condusse osservazioni in tal senso in diverse aree industriali della Gran Bretagna. Numerose applicazioni pratiche di questa metodologia hanno dimostrato la sua utilità per stimolare adeguatamente l azione pubblica, considerando i vistosi" effetti che taluni inquinanti possono provocare sulla vegetazione (Lorenzini G., Nali C., 2005). Tale metodo è basato sull individuazione e sulla valutazione di sintomi tipici presenti su specie vegetali definite "indicatrici" o spontanee che rispondono a concentrazioni molto basse con effetti visibili specifici.

L'ARPA Abruzzo in collaborazione con la prof.ssa Elisa Pellegrini e il suo gruppo del Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali dell'Università di Pisa (DiSAAA-a) ha effettuato, nel territorio Chieti Pescara durante il periodo estivo 2024, uno studio di biomonitoraggio dell'O_3. Sono state effettuate misure di concentrazione di ozono presso 4 stazioni della Rete di rilevamento della qualità dell'aria della Regione Abruzzo mediante analizzatori automatici e biosensori presso i comuni di Cepagatti (zona a maggiore pressione antropica, fondo rurale), Francavilla al Mare (agglomerato Chieti-Pescara, fondo urbano), S. Eufemia a Maiella (zona a minore pressione antropica, fondo rurale) e Pescara (agglomerato Chieti-Pescara, traffico urbano) come riportata nella mappa in Figura 1. Il periodo di biomonitoraggio (dal 10 luglio al 6 agosto 2024) è stato suddiviso in 4 cicli espositivi di 7 giorni ciascuno.

L allevamento dei germinelli della pianta di *Nicotiana tabacum* come biosensori (*cvv*. *Bel-W3*, O_3-sensibile, e *Bel-B*, O_3-resistente) è stato realizzato presso le serre dell'Università di Pisa (DiSAAA-a)

a San Piero a Grado (PI). Un singolo *kit* consiste di una piastra rettangolare (13×9 cm) in polistirene (Lorenzini, 1994 e 1999), chiudibile all'occorrenza tra due coperchi. La piastra è costituita da 24 pozzetti circolari (16 mm di diametro e profondità). Un pozzetto è completamente privo di fondo, mentre gli altri contengono un piccolo foro alla base (5 mm) per consentire l umettamento della rizosfera. I 23 pozzetti sono stati riempiti di terriccio fertilizzato, e in ciascuno è stato messo a dimora un germinello selezionato da personale esperto. Ogni *kit* contiene complessivamente 16 germinelli di *Bel-W3* e 7 di *Bel-B* (controllo interno). In ogni stazione di monitoraggio e per ogni intervallo di esposizione è stato collocato un *set* di 3 *kit* contenenti ciascuno germinelli di tabacco di circa 15 giorni di età (Figura 2) allestendo complessivamente 48 *kit* per l intera campagna.

Il biomonitoraggio attivo dell O_3 permette di correlare i livelli raggiunti da questo fotoinquinante con l intensità dei sintomi fogliari, minute aree necrotiche tondeggianti localizzate a livello internervale su entrambe le superfici laminari di cotiledoni e foglie che si manifestano sui germinelli della *cv. Bel-W3*. Per ciascun *kit* esaminato, sono stati calcolati i valori medi degli Indici di Danno Complessivo (Cotiledonare e Fogliare; IDC+F), espressi da 0 a 4, come media ± errore standard della media, restituito da tutte le due foglie cotiledonari (N=32) e la prima foglia vera (N=16) di germinelli di *cv. Bel-W3* ed elaborato mediante analisi statistica ANOVA. Per quanto più elevati, gli indici si sono sempre attestati mediamente sotto la soglia del valore "2", traducibile in un'incidenza del danno di tipo medio-bassa.

In Italia, la normativa di riferimento per l inquinamento atmosferico è il D.Lgs. n. 155/2010, il decreto prevede come metodo di riferimento per la misurazione strumentale dell O_3 che riportano nella norma UNI EN 14625:2005 e definisce alcuni obiettivi quantitativi di stima, tra cui l AOT40 (*Accumulated exposure Over a Threshold* ovvero l'"esposizione accumulata superiore alla soglia"). Durante la campagna di monitoraggio, le concentrazioni orarie di O_3 sono state registrate dalle 4 stazioni strumentali, il valore obiettivo per la protezione della salute umana (120 μg/m³) non è stato superato per più di 25 giorni l anno mentre cumulati di AOT40 hanno superato in tutte le stazioni il critical level di 3000 ppb h per le colture agricole e la vegetazione spontanea**.** Le concentrazioni orarie dell'inquinante di 180 μg m³ (pari a ~90 ppb), che corrispondono alla soglia di informazione, definita dal D.Lgs, livello oltre il quale sussiste pericolo per la salute umana di alcuni gruppi sensibili, il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive, non sono mai state raggiunte in nessuna delle 4 stazioni strumentali [analogamente alla soglia di allarme di 240 μg m³ (pari a ~120 ppb)]. Per ciascun giorno sono stati ricavati i principali parametri descrittori di episodi puntiformi all'inquinante, corrispondenti ai valori medi della concentrazione oraria di ozono rilevati giornalmente in 24 ore (M24); in 12 ore diurne (M12, dalle ore 8:00 alle ore 20:00 escluse) e nelle 7 ore diurne centrali della giornata (M7), considerate a più alto rischio (dalle ore 10:00 alle ore 16:00 comprese). E'stato associayo ad essi l'"M1" che indica il dato massimo di concentrazione registrato nelle 24 ore. Tali parametri sono stati elaborati per intervalli di più giorni, espressi, in questo caso, come valori minimi (Min), medi (Med) e massimi (Max). In particolare, essi sono stati calcolati settimanalmente e per tutto l'arco di tempo, dal 10 luglio al 6 agosto 2024. Gli indici di correlazione per ranghi di Spearman, che misurano il grado di associazione tra i descrittori calcolati dalle concentrazioni

di O_3 e gli IDF, hanno fatto notare una forte correlazione tra i valori di IDF e M12, M7 e M1, tra i valori di AOT40 e M24, M12, M7 e M1, tra i valori di M24 e M12, M7 e M1, tra i valori di M12 e M7 e M1, tra i valori di M7 e M1. I risultati ottenuti suggeriscono che l'uso di indicatori biologici complementari ai sistemi strumentali potrebbe migliorare la capacità di prevenzione e gestione dei rischi legati all'inquinamento atmosferico, fornendo strumenti utili per pianificare interventi mirati a proteggere la salute umana e l'ambiente

Durante l'intero periodo di biomonitoraggio sono stati mediati i valori della temperatura (°C), radiazione solare totale (mW cm-1), umidità relativa (%), pressione atmosferica (mbar) e velocità del vento (m s-1) acquisiti a ogni ora (dal 01:00 alle 24:00), in modo da definire i corrispondenti profili giornalieri medi orari che riproducevano il giorno "tipo" di ciascun intervallo considerato nelle 4 centraline meteo della Rete. Tale approccio ha permesso di comprendere meglio le dinamiche di dispersione degli inquinanti atmosferici. In particolare, il periodo di monitoraggio è stato caratterizzato da temperature elevate (le medie giornaliere hanno superato 27 °C, con picchi di oltre 39 °C) e scarsa pioggia.

Gli studi condotti hanno evidenziato come la combinazione di monitoraggio strumentale e biomonitoraggio possa offrire una visione integrata e completa della qualità dell'aria. In particolare, l'utilizzo di biosensori come i germinelli di tabacco Bel-W3 permette di individuare i danni sulle piante, che potrebbero passare inosservati con tecniche strumentali tradizionali. Questo approccio integrato risulta particolarmente utile per la valutazione dell'impatto dell'ozono troposferico su sistemi ecologici delicati, come quelli presenti nell'area monitorata. Inoltre, i dati raccolti durante la campagna 2024 hanno confermato l'importanza di considerare aspetti climatici specifici, che influenzano direttamente la formazione e la dispersione dell'ozono. Tali condizioni meteorologiche, infatti, hanno contribuito a intensificare i livelli di O_3 nei siti rurali, come Cepagatti e S. Eufemia a Maiella, rispetto a quelli urbani. *(https://www.artaabruzzo.it/download/pubblicazioni/20250319_relazione_biomonitoraggio_ozono_2024.pdf).*

Figura 1: Localizzazione delle quattro stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria in Abruzzo con bioindicatori vegetali e sensori automatici di ozono troposferico.

…

Fonte: ARPA Abruzzo

Figura 2: Tre kit con i germinelli di tabacco, all'inizio (a sx) e al termine (b dx) dell'esposizione all'aria ambiente.

Fonte: ARPA Abruzzo

Ringraziamenti

Gemma Bianchi, Lorenzo Cotrozzi, Giacomo Lorenzini, Clara Merlini, Cristina Nali, Claudia Pisuttu, Elisa Pellegrini, Giulia Scimone (Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali dell'Università di Pisa). Sebastiano Bianco (ARPA Abruzzo)

Bibliografia

Decreto Legislativo 13.8 2010, n. 155 *"Attuazione della direttiva 2008/50 CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa*". Gazzetta Ufficiale n. 216 del 15.9. 2010 - Supplemento Ordinario n. 127.

Delibera di Giunta regionale n. 1030 del 15 dicembre 2015. Recepimento Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155 "*Attuazione della direttiva 2008/50 CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" – Approvazione della nuova zonizzazione e della nuova configurazione della rete di rilevamento ed indirizzi per la gestione della qualità dell'aria. Allegati: Programma di valutazione della qualità dell'aria e Zonizzazione della Regione Abruzzo*.

Lorenzini G. 1994. *A miniaturized kit for ozone biomonitoring. Applied Biochemistry and Biotechnology*, 48: 1-4.

Lorenzini G. 1999. *Piante vascolari come bioindicatori della qualità dell'aria: proposte metodologiche*. In Atti Workshop ANPA "*Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale*", , pp. 199-216, 26-27 nov. 1998, Roma.

Lorenzini G., C. Nali (2005). *Le piante e l'inquinamento dell'aria*. III edizione. Springer, Milano, ISBN 88-470-0321-0, 256 pp.

ONE WATER, ONE HEALTH. ACQUE DESTINATE AL CONSUMO UMANO: APPROCCIO BASATO SULLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO E METODI ALTERNATIVI

Autore: Alessandra Arizzi Novelli
ARPA Abruzzo

One Water è un approccio innovativo che considera le risorse idriche del pianeta interconnesse e quindi da gestire con un approccio sistemico, globale e interdisciplinare. Questo approccio riconosce che l'acqua è essenziale per la vita e che il suo controllo integrato, basato su una gestione preventiva del rischio, è fondamentale per affrontare le sfide globali.
One Health promuove l'integrazione di diverse discipline per affrontare queste sfide globali, riconoscendo che la salute ambientale, la salute animale e la salute umana sono indissolubilmente interconnesse.
Questi due concetti rappresentano un approccio fondamentale per affrontare le sfide planetarie legate alla sostenibilità ambientale e alla salute animale e umana. Riconoscendo questa interconnessione tra acqua, salute e ambiente il concetto di *One Water*, connesso a quello di *One Health*, sottolinea l'importanza di proteggere e gestire l'acqua in modo che sia disponibile e sicura per tutte le forme di vita, nel presente e per le prossime generazioni. Questo comporta la tutela degli ecosistemi in cui si formano le acque destinate alla potabilizzazione che, se contaminati, incidono sulla qualità dell'acqua destinata al consumo umano. In questo modo si prevengono i potenziali rischi per la salute umana intervenendo sulla salvaguardia ambientale. Questo cambio di visione, fortemente promosso anche dall'ultima Conferenza delle Nazioni Unite sull'Acqua, è stato da tempo abbracciato anche dal nostro Paese che sta affrontando crisi ambientali e climatiche sempre più importanti interessando ecosistemi e falde già alterati da forti pressioni antropiche.

Figura 1: Integrazione visiva dei concetti di "One water" e "One Health" con riferimento all'acqua potabile.

Fonte: ARPA Abruzzo

I Ministeri della Salute e dell'Ambiente e Sicurezza Energetica stanno sviluppando strategie di prevenzione coinvolgendo istituzioni e portatori di interesse pubblici e privati. Per il raggiungimento di questi obiettivi, l'Istituto Superiore di Sanità (ISS) ha attivato il Centro Nazionale per la Sicurezza delle acque (CEnSia), per il controllo di rischi biologici e chimici associati alle risorse idriche, per l'accesso a dati e informazioni, per l'approvazione dei Piani di Sicurezza dell'Acqua (PSA) delle filiere idro-potabili nell'ambito del ciclo idrico naturale e integrato, istituendo un sistema informativo sanitario centralizzato delle Acque gestito dall'ISS, pienamente inter-operativo con il Sistema Informativo Nazionale per la Tutela delle Acque Italiane gestito da ISPRA. L'obiettivo è quello di fornire ai cittadini e a ogni istituzione di controllo e ricerca, gli strumenti necessari per accedere ai dati delle acque e dei servizi idrici sicuri. Questo processo percorre l'intera filiera, partendo dallo stato degli ambienti naturali, dove le acque sono prelevate, fino ai rubinetti che la distribuiscono agli utenti (Piccioli, 2023). La gestione integrata delle risorse idriche richiede una valutazione dei rischi mirata a comprendere in anticipo le potenziali criticità per cercare di mitigarne gli effetti attraverso la pianificazione a lungo termine e l'adozione di misure preventive quali, ad esempio, lo sviluppo di strategie di adattamento al cambiamento climatico o l'implementazione di politiche di riduzione dell'inquinamento.

In linea con queste considerazioni, il Decreto Legislativo 18/2023, che regolamenta le qualità delle acque potabili, ha introdotto molte novità che non riguardano più soltanto la protezione della salute umana dagli effetti nocivi causati da acque non salubri, ma integra le tematiche di tipo ambientale. Risultano di particolare rilievo le modifiche alla natura e ai valori di parametro (limiti più restrittivi per alcuni contaminanti e nuove sostanze nell'elenco dei parametri chimici da analizzare); il miglioramento dell'accesso all'acqua; la valutazione dei rischi legati alla distribuzione nel tratto interno agli edifici; la comunicazione efficace e trasparente ai cittadini; il controllo di qualità e dei requisiti minimi di igiene per i materiali a contatto con l'acqua potabile; la valutazione dei rischi attraverso i PSA (Lucentini e Temporelli, 2023). Inoltre, ha reso centrale l'accreditamento dei laboratori di prova secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025, la certificazione dei materiali a contatto con l'acqua, dei sistemi di gestione delle aziende del servizio idro-potabile e di ispezione delle reti distributive, con la finalità di coprire l'intera filiera idro-potabile mediante l'approccio basato sul rischio. Il Decreto, infine, rende obbligatoria l'implementazione della valutazione e gestione del rischio basata sui principi generali delle Linee guida elaborate dall'ISS nei Rapporti Istisan 22/33.

In questo contesto entra in gioco il ruolo delle Agenzie per la Protezione dell'Ambiente come organi deputati al controllo analitico della matrice acqua potabile utilizzando i metodi riportati nel Decreto 18/2023 (Allegato III Parte A). Al fine dell'efficientamento e miglioramento del controllo analitico, l'art.12 prevede la possibilità di utilizzare metodi di analisi microbiologici alternativi, purché si possa dimostrare che i risultati ottenuti siano affidabili.

In Italia, l'iter autorizzatorio ha previsto l'invio di una nota del Ministero della Salute, alla Commissione Europea relativamente all'approvazione del metodo alternativo Enterolert-DW da parte della Sottocommissione di Studio per i Metodi Analitici del Ministero della Salute italiana sulla base dei risultati ottenuti dopo circa 10 anni di sperimentazione, tenuto conto anche delle indicazioni del CEnSia e quindi dell'ISS.

ARPA Abruzzo che dalla sua istituzione si occupa delle analisi delle acque potabili con una visione prettamente sanitaria ora vede inserita questa matrice in un contesto dove le funzioni di controllo ambientale e di prevenzione sono interconnesse con la salute umana. I laboratori svolgono nello specifico attività di controllo attraverso le analisi di parametri microbiologici e chimici accreditati,

fornendo supporto tecnico-analitico alle Aziende Sanitarie Locali (ASL) che si occupano del campionamento e della comunicazione delle risultanze analitiche ai Sindaci. Come più volte evidenziato in ambito Accredia, l'accreditamento delle prove eseguite sulle acque destinate al consumo umano, garantisce la loro salubrità e aumenta le competenze di chi ha un ruolo chiave nella protezione, controllo e monitoraggio delle risorse idriche e dei loro ambienti naturali.
In questo scenario il contributo del laboratorio di microbiologia di ARPA Abruzzo è stato accreditare il metodo alternativo Enterolert-DW per la ricerca degli enterococchi intestinali, ritenendolo strategico per garantire tempestività nell'informazione alle ASL e conseguentemente ai Sindaci, in quanto i risultati analitici sono disponibili dopo 24 ore dall'arrivo dei campioni in laboratorio (invece che dopo 48 ore), senza rinunciare alla robustezza del metodo. I parametri enterococchi intestinali e *Escherichia coli*, sono considerati, come riportato nell'Allegato I Parte A del Decreto, parametri "fondamentali" in quanto requisiti minimi per valutare la qualità delle acque potabili e la mancata conformità ai valori di parametro, deve essere considerata un potenziale pericolo per la salute.
Altra scelta strategica è stata quella di accreditare la metodica per la determinazione della carica batterica a 22 °C (*EasyDisc*) che consente di utilizzare reagenti con tempi di conservazione maggiori, limitando sprechi di materiale e migliorando il flusso di lavoro diminuendo i tempi di esecuzione della prova. Il Laboratorio è stato tra i primi in Italia ad accreditarsi con il metodo Enterolert-DW ed il primo con il metodo *EasyDisc*. L'iter ha previsto la verifica dei metodi validati dall'ente normatore francese AFNOR che ha emesso una certificazione che attesta la conformità alle norme ISO 7899-2 per gli enterococchi e NF EN ISO 6222 per la carica a 22° C. Si è proceduto seguendo le prescrizioni della UNI EN ISO 13843 per rendere più robusta la verifica e sono state svolte attività analitiche per ottenere il limite di ripetibilità individuale degli operatori a diversi livelli, per la determinazione delle prestazioni di ripetibilità e di riproducibilità del metodo e per la verifica della ripetibilità e della riproducibilità di conteggio con l'ausilio di specifici fogli di calcolo validati. Le attività si sono concluse con l'emissione di un rapporto di verifica dei metodi; da quel momento, al fine di monitorare se il laboratorio mantiene le stesse prestazioni nel tempo, è stato redatto un piano di assicurazione qualità che prevede il controllo della precisione attraverso una prova in doppio e della giustezza tramite la partecipazione a *proficiency testing*; la frequenza dei controlli da eseguire è stata calcolata attraverso l'analisi di rischio, previa determinazione dei diversi fattori di influenza.
Il Decreto 18/2023 ha radicalmente cambiato l'approccio alla gestione delle acque destinate al consumo umano, imponendo ulteriori impegni ai gestori degli acquedotti, ai produttori di impianti di trattamento dell'acqua, ai responsabili della gestione del sistema idrico dal punto di presa fino a quello di erogazione e ai laboratori deputati al controllo permettendo l'uso di metodi innovativi. Tutti i soggetti coinvolti costituiscono un sistema integrato che deve assicurare la disponibilità di acqua potabile di elevata qualità poiché proveniente da ecosistemi di elevata qualità.

Ringraziamenti

Roberta Belluzzi, Lucia Mastrangioli, Maura Melchiorri, Giulio Surricchio (ARPA Abruzzo).

Bibliografia

Decreto Legislativo n. 18 2023. *Attuazione della direttiva (UE) 2020/2184 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 dicembre 2020, concernente la qualita' delle acque destinate al consumo umano*.
ISO 7899-2, 2000. *Water quality-Detection and enumeration of intestinal enterococci-Part 2: Membrane filtration method*.
Lucentini L. e Temporelli G., 2023. https://www.acquadiqualita.it/it/news/principali-elementi-innovativi-introdotti-dal-d-lgs-sulla-qualita-delle-acque-destinate-al-consumo-umano.php
NF EN ISO 6222, 1999. *Water quality - Enumeration of culturable micro-organisms-Colony count by inoculation in a nutrient agar culture medium*.
Piccioli A., 2023. https://www.quotidianosanita.it/studi-e-analisi/articolo.php?articolo_id=114684
Rapporti Istisan 22/33, 2022. *Linee guida nazionali per l'implementazione dei Piani di Sicurezza dell'Acqua.*
UNI EN ISO 13843, 2017. *Qualità dell'acqua-Requisiti per la definizione delle caratteristiche prestazionali di metodi microbiologici di tipo quantitativo*.

CONTROLLI SULLE SORGENTI DI RUMORE E I CONTESTI AMBIENTALI

Autori: Maria Angelica Auletta, Francesco Mianulli, Michele D'Aniello
ARPA Basilicata

Premessa

L'ARPA Basilicata, sia per iniziativa dell'Ufficio Inquinamento Acustico ed Elettromagnetico sia come azione istituzionale avviata su richiesta dei Comuni ovvero su delega della Procura della Repubblica, svolge controlli nell'ambito delle tematiche di competenza su attività produttive di diversa tipologia. Nell'ambito di tali controlli ambientali in materia di acustica sovente sono state riscontrate criticità per l'individuazione dei superamenti dei valori limite di legge. La particolarità e complessità delle valutazioni che l'Ufficio si è trovato a svolgere è stata spesso influenzata dalle condizioni ambientali a contorno, che hanno visto collocate sia le sorgenti oggetto del controllo sia i ricettori in aree particolarmente silenziose o in particolari contesti ambientali. In tutti questili casi è emerso che le caratteristiche dei luoghi spesso non erano state oggetto di corretta valutazione in fase previsionale dell'impatto acustico, come è stato confermato dai sopralluoghi e dall'analisi dei dati misurati. L'articolo si propone sia di esemplificare le difficoltà operative incontrate nell'analisi dei dati sia le criticità nel loro confronto con i limiti di legge, soprattutto all'atto dell'attestazione di superamenti. Infine, vengono suggerite possibili soluzioni da adottare.

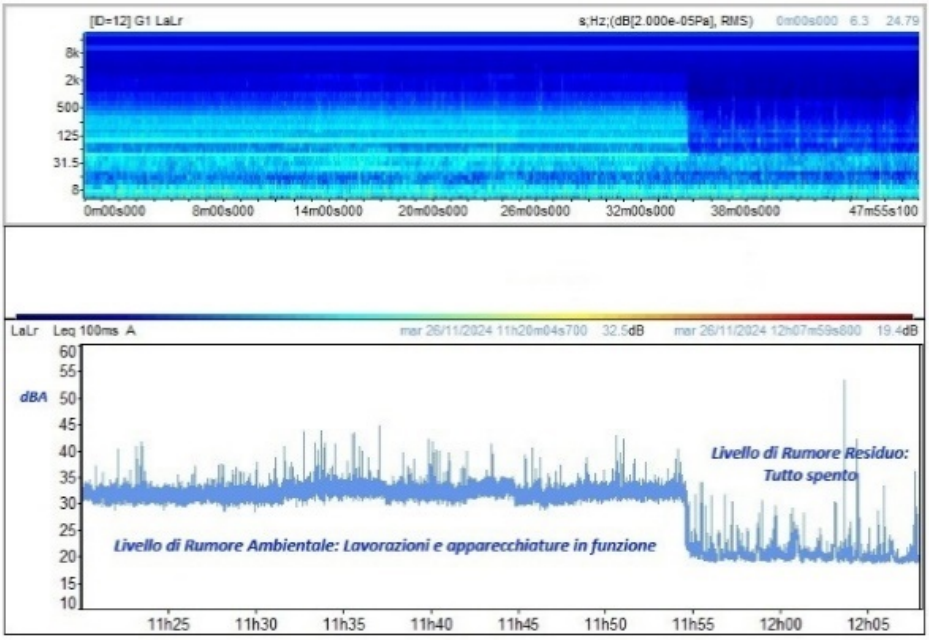
Casi studio

Il focus vuole analizzare alcuni dei casi più significativi riscontrati fornendo una sintetica esemplificazione delle situazioni trovate.

Il primo caso è relativo a uno controllo eseguito in ambito urbano. Ci si è trovati di fronte alla segnalazione da parte di uno studio professionale di disturbo acustico conseguente ad una continua e molesta rumorosità, tale da rendere oltremodo difficoltoso non solo lo svolgimento dell'attività professionale, ma anche la semplice e normale fruizione dei locali. Tale rumorosità, fissa e continua, era prodotta dalle apparecchiature presenti nella attività produttiva confinante. In merito è da evidenziare che la determinazione univoca delle attività e della rumorosità ad esse associata è condizione determinante per la corretta esecuzione degli accertamenti al fine di individuare le più opportune metodologie da attuare nonché i criteri da seguire e la strumentazione da utilizzare. Ciò è stato possibile definirlo solo nel corso dei sopralluoghi e con l'acquisizione in campo di documentazione, poiché l'attività in esame rientrava tra quelle a bassa rumorosità e quindi escluse dalla predisposizione del Documento Previsionale di Impatto Acustico ai sensi dell'allegato B al DPR 227/2011. Dalle misure eseguite si può estrapolare la *time history*, riportata in Figura 1, nella quale è visibile una parte della prima fase delle misure (fino alle 11:55) in cui è presente l'attività della pasticceria e la fase successiva in cui l'attività veniva interrotta per consentire l'esecuzione dei controlli. Tra le due fasi pur essendoci una differenza di oltre 10 dB(A), non è stato possibile contestare alcunché, poiché, dati i bassi valori del livello ambientale inferiore ai 35 dB(A), non era applicabile il criterio limite differenziale per il periodo diurno. Quindi in questo caso risulta di fatto inficiata la coesistenza tra due attività produttive confinanti, circostanza che però non può essere supportata dall'applicazione del criterio limite differenziale ex art 4 comma 3 DPCM 14/11/1995, poiché il livello ambientale diurno è risultato inferiore al limite di applicabilità. Questo caso evidenzia che, pur essendoci un disturbo lamentato che viene rilevato anche fonometricamente, non si è potuta imporre

alcuna misura di mitigazione poiché sulla base della normativa vigente tale disturbo è da considerarsi trascurabile.

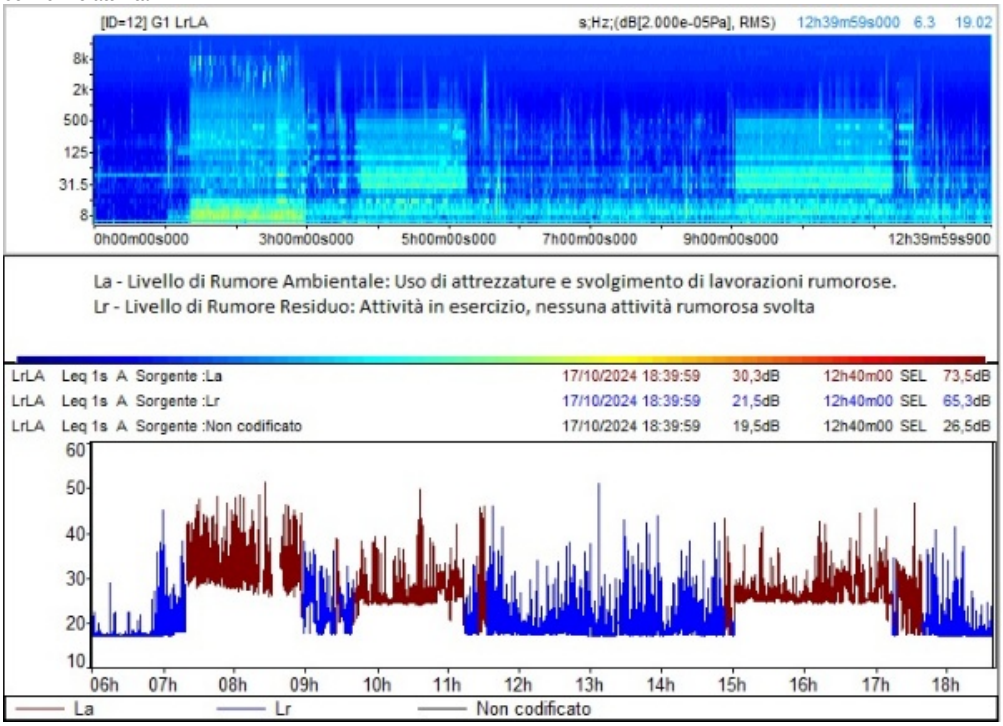
Figura 1: Caso 1 Ambito Urbano - Sorgente disturbante interna all'edificio - Misure a finestre chiuse in periodo diurno, sia con attività in funzione che con fermo attività



Fonte: Rilievi svolti dall'Ufficio Inquinamento Acustico e Elettromagnetico dell'ARPAB.

Nel secondo caso si è analizzato il disturbo segnalato in due abitazioni sovrastanti un'attività produttiva, tutte ubicate all'interno di immobile sito in ambito periurbano del capoluogo di regione, l'attività è stata eseguita a seguito di un esposto e svolta su richiesta dell'autorità competente comunale.

Figura 2: Caso 2 Ambito Periurbano - Misurazione a finestre chiuse in periodo diurno, sia con attività in funzione che con fermo attività

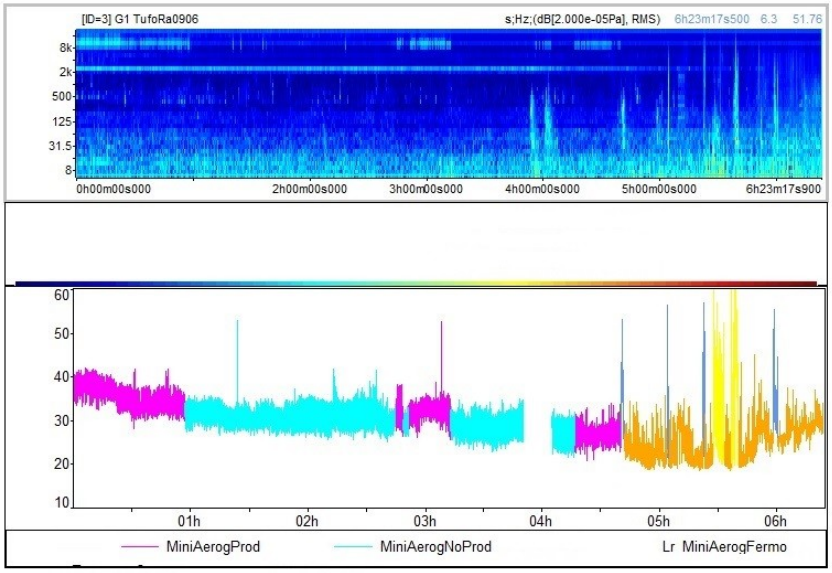


Fonte: Rilievi svolti dall'Ufficio Inquinamento Acustico e Elettromagnetico dell'ARPAB.

L'attività oggetto di indagine non rientrava tra le attività escluse dalla presentazione del DPIA, ex art. 8 comma 4 L. 447/1995. Tuttavia, a causa della mancata presentazione del DPIA in fase autorizzativa, l'analisi delle sorgenti sonore e del ciclo produttivo è stata svolta con approfondimenti in corso di indagine sia tramite integrazioni documentali da parte della ditta sia tramite verifiche in loco. Anche in questo caso, dato il basso valore livello ambientale non è stato possibile l'applicazione del criterio differenziale nel periodo diurno nella condizione a finestre aperte. Sono state invece riscontrate situazioni di applicabilità, nel periodo diurno, nella condizione a finestre chiuse. Tuttavia, come si evince dall'immagine di Figura 2, in assenza delle attività connesse alla sorgente disturbante, i valori del livello residuo sono comunque molto bassi e quasi sempre inferiori a 30 dB(A), a testimonianza dell'elevato livello di silenziosità dell'area ove è ubicato l'immobile pur se sito in ambito periurbano.

Il terzo caso ha riguardato un'attività di controllo svolta su richiesta dell'autorità competente comunale, a seguito di un esposto, in relazione ad una pala eolica posta a 300 m da un ricettore sito in area agricola. In questo caso sono state eseguite misure di lunga durata con centralina in continuo e rilievo contemporaneo della velocità del vento. Nel grafico di Figura 3 è riportato uno stralcio delle misurazioni eseguite in facciata nel periodo notturno.

Figura 3: Caso 3 Ambito Extraurbano - Misurazione in facciata in periodo notturno, con pala eolica in produzione e solo in rotazione



Fonte: Rilievi svolti dall'Ufficio Inquinamento Acustico e Elettromagnetico dell'ARPAB.

In fucsia sono rappresentate le fasi nelle quali la pala funziona producendo energia. In turchese le fasi con pala funzionante al di sotto della velocità di *cut-in*. Nelle fasi in arancione, che rappresentano il livello di rumore residuo esistente nell'area in esame, la pala è ferma e sono presenti le normali attività agricole. Tra il livello di rumore residuo e il livello di rumore ambientale si riscontra una differenza di oltre 10 dB(A), pertanto è evidente il fastidio segnalato dai cittadini nell'esposto presentato, dato il basso livello di rumore residuo che è circa di 22 dB(A) rispetto ai livelli di rumore ambientale che sono circa di 35 dB(A). Tuttavia, dati i bassi livelli di rumore ambientale, inferiori a 40 dB(A), il criterio differenziale non risulta applicabile. Anche, in presenza di zonizzazione acustica, tali valori di livello ambientale sarebbero stati al disotto dei valori di livello assoluto.

I 3 casi sopra rappresentati sono molto diffusi in Basilicata, ove spesso sono presenti aree con bassi livelli di rumorosità residua anche in considerazione dell'orografia e della vegetazione presenti nel territorio regionale. Nel territorio della Basilicata sono presenti molte aree analoghe ove normalmente si svolgono le attività umane. A tal fine si richiama la definizione di aree silenziose di campagna "*zone silenziose in aperta campagna, caratterizzate dalla prevalenza dei suoni della natura che inducono sensazioni percettive di quiete, di tranquillità, di benessere psico-fisico alle persone. Possono presentare un prevalente orientamento alla tutela della biodiversità e degli ecosistemi oppure possono essere prevalentemente destinate alla fruizione antropica" (*D.Lgs. n. 194 del 19/08/2005 e Decreto del MASE n. 16/2022). Tale definizione, in Basilicata, non rappresenta un'eccezione ma la normale condizione di vita nelle aree rurali e nelle zone periurbane. Allo stato attuale, per questi luoghi, manca

una particolare forma di tutela per conservare, come standard intrinseco proprio e caratteristico, gli elevati livelli di qualità ai quali, tra l'altro, la popolazione è abituata. Infatti, in queste zone si riscontrano valori di livello ambientale anche molto inferiori a quello di riferimento per le aree silenziose di un agglomerato, rendendo questi territori particolarmente sensibili rispetto a qualunque introduzione di rumore derivante da attività produttive, anche se operanti a basso impatto acustico. Allo stato attuale la Basilicata sta vedendo la crescita esponenziale delle richieste di installazione di impianti alimentati da fonti di energia rinnovabile (FER)sia fotovoltaici, con e senza accumulo, ma soprattutto eolici, per la maggior parte in previsione in aree poco antropizzate della Basilicata caratterizzate da bassi livello di rumore residuo. Si rlieva carenza di atti normativi a livello regionale e comunale, e di strumenti attuativi in grado di guidare l'azione delle amministrazioni comunali a tutela dell'interesse pubblico, condizionando così l'iniziativa individuale, seppure legittima, di avviare attività produttive per il soddisfacimento dei bisogni collettivi in maniera sempre più sostenibile.

Conclusioni

In conclusione, per le aree extraurbane e periurbane della Basilicata è preliminarmente indispensabile l'adozione della legge regionale sulla tutela dall'inquinamento acustico affinché le amministrazioni comunali abbiano gli strumenti necessari per definire, avendone la prerogativa *ex lege*, valori limite di legge più restrittivi e criteri di applicabilità delle verifiche sull'immissione differenziale che siano maggiormente cautelativi nelle aree particolarmente silenziose, nonché per implementare la classificazione acustica del territorio nella pianificazione comunale anche attraverso il recepimento di opportune prassi operative e gestionali nelle norme di attuazione dei piani stessi.

Per i casi analizzati si è dimostrato significativo dover interloquire con i Comuni per evidenziare la necessità di richiedere in fase autorizzativa documenti di valutazione di impatto acustico dettagliati in considerazione della particolare silenziosità delle aree in esame, nelle quali l'inserimento di sorgenti (impianti, installazioni, attività produttive, attività antropiche in generale) anche a bassa rumorosità comporta fastidio nella popolazione esposta. A ciò si aggiunga che, le semplificazioni introdotte dal DPR 227/2011, che in molti casi non prevede la predisposizione del DPIA ovvero la sua predisposizione in termini autocertificazione, non favorisce la corretta e dettagliata valutazione preventiva degli impatti generati dalle attività produttive sui ricettori esposti. Questa situazione va a discapito anche dei gestori, poiché la mancata valutazione preventiva, espone a sanzioni in caso di controlli con la conseguente necessità di adozione di misure di mitigazione più onerose in fase di esercizio (maggiori difficoltà di realizzazione e maggiori costi).

Infine, per poter garantire un'effettiva tutela della popolazione esposta, risulta indispensabile agire sul piano normativo nazionale individuando nuovi criteri di applicabilità del criterio limite differenziale, che devono tenere conto del basso livello residuo esistente nelle zone silenziose. In tali zone, come mostrato nell'articolo, l'affermazione normativa, prevista dall'art. 4 comma 2 del DPCM 14/11/1997, che testualmente recita :" *Le disposizioni di cui al comma precedente non si applicano nei seguenti casi, in quanto ogni effetto del rumore è da ritenersi trascurabile se a) il rumore misurato a finestre aperte sia inferiore a 50 dB(A) durante il periodo diurno e 40dB(A) durante il periodo notturno; b) se il livello del rumore ambientale misurato a finestre chiuse sia inferiore a 35 dB(A) durante il periodo diurno e 25 dB(A) durante il periodo notturno."* non consente la tutela della popolazione esposta e degli ecosistemi naturali presenti.

BIODIVERSITÀ E CAPITALE NATURALE

DUE NUOVE SPECIE ALIENE SEGNALATE NEL PORTO DI CATANIA

Autori: Paolo Balistreri, Salvatore Campanella, Eleonora Macaluso, Benedetto Sirchia
ARPA Sicilia

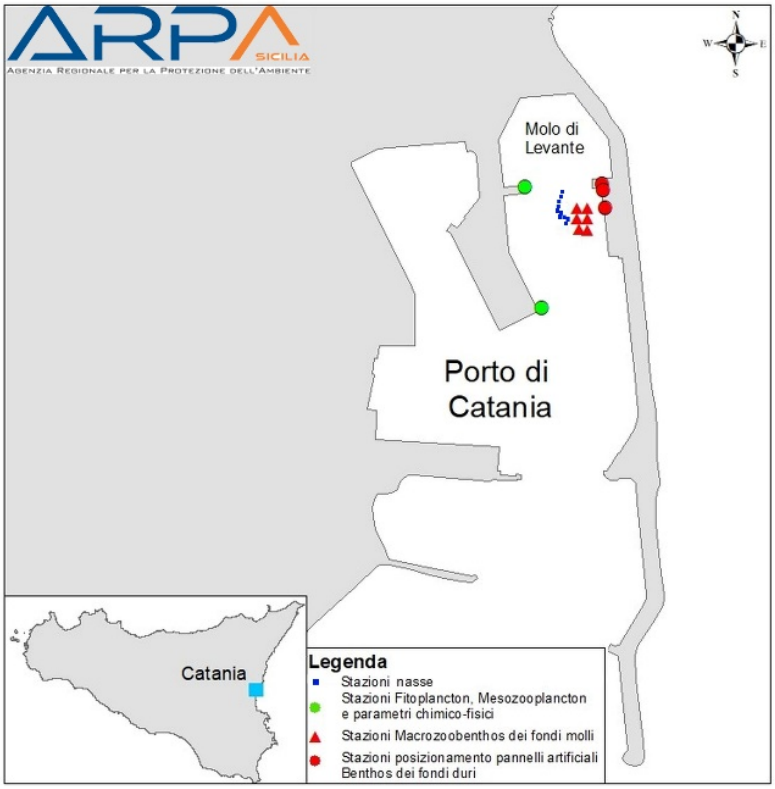
Nell'ambito dell'Accordo Operativo MASE-ISPRA-ARPA (2024-2026) di attuazione del D.Lgs. N. 190/2010 di recepimento della Direttiva 2008/56/CE sulla Strategia Marina, durante le attività di monitoraggio del Modulo 3 - specie non indigene (NIS) sono state individuate due nuove specie aliene nella componente macrozoobentonica di fondi duri (specie animali superiori ad 1 mm) nel porto di Catania.
Secondo la Convention *on Biological Diversity*, una specie alloctona (esotica, aliena, introdotta o non nativa) è definita come una specie, sottospecie o altro gruppo tassonomico di livello gerarchico inferiore che è stato introdotto, intenzionalmente o accidentalmente, al di fuori della sua distribuzione naturale, passata o attuale, a causa dell'attività umana.
Tale definizione include qualsiasi parte della specie, come gameti, semi, uova o propaguli, che possa sopravvivere e riprodursi nel nuovo ambiente. Una specie alloctona invasiva è una specie la cui introduzione e/o diffusione rappresenta una minaccia per la biodiversità. Le specie per le quali non è possibile stabilire con certezza se siano native o introdotte vengono invece definite criptogeniche.
Il modulo 3 per il monitoraggio delle specie non indigene prevede la scelta tra due diverse tipologie di aree d'indagine a maggiore rischio d'introduzione di NIS:

- terminali portuali di categoria 2, classe 1
- impianti di molluschicoltura (No AMP – Aree Marine Protette escluse).

In Sicilia, dal 2021, come area di indagine appartenete alla tipologia "terminali portuali di categoria 2, classe 1" è stato scelto il porto di Catania. Nel molo di Levante del porto di Catania (Figura 1), il monitoraggio condotto da ARPA Sicilia prevede campionamenti per lo studio quali-quantitativo della comunità macrozoobentonica su fondo duro e fondo mobile, con indicazione della presenza e abbondanza delle specie prelevate, del loro stato (nativo, criptogenico, non indigeno) e con immagini fotografiche degli esemplari non indigeni e criptogenici rinvenuti. Inoltre, nella stessa area, vengono effettuati campionamenti per determinare:

- la composizione quali-quantitativa delle comunità planctoniche (fitoplancton e mesozooplancton), con indicazione della presenza, abbondanza e stato delle specie;
- la composizione quali-quantitativa delle comunità macroalgali;
- la composizione quali-quantitativa delle comunità macrozooplanctoniche (elenco delle specie e abbondanza stimata), con eventuale integrazione tramite approccio molecolare;
- la composizione quali-quantitativa delle comunità epimegabentoniche (elenco delle specie e abbondanza relativa), con eventuale integrazione tramite approccio molecolare;
- i parametri chimico-fisici lungo la colonna d'acqua;
- le caratteristiche granulometriche del sedimento.

Figura 1 - Area di Monitoraggio del Porto di Catania (Terminale portuale di categoria 2, classe 1).



Fonte: ARPA SICILIA - UOC Area Mare

Le due specie non indigene sono state identificate in campioni prelevati su due diverse tipologie di substrato duro: la parete sommersa della banchina del molo e pannelli sperimentali in PVC, opportunamente posizionati.

Sulla banchina sono stati individuati tre transetti, distanti circa 15 metri l'uno dall'altro. In ciascun transetto sono state posizionate due stazioni di campionamento, a profondità di 2 m e 5 m. La tecnica di campionamento utilizzata in ogni stazione consiste nel grattaggio della comunità animale e vegetale presente in un'area di 0,1 m². In prossimità di tutte le stazioni di campionamento della banchina, sono stati posizionati, alle profondità di 0,5 m e 1,20 m, pannelli in PVC (Attività pilota – D2) delle dimensioni di 15 × 15 cm. Dopo il periodo di immersione, tali pannelli sono stati recuperati per l'analisi delle comunità in laboratorio.

Le metodiche di campionamento fanno riferimento alla Scheda Metodologica "Modulo 3 – Specie non indigene", presente nel Sistema Informativo Centralizzato (SIC) del Ministero dell'Ambiente, che raccoglie i dati dei monitoraggi effettuati ai sensi della Direttiva sulla Strategia Marina. Tutti i

campionamenti del benthos di fondo duro vengono effettuati con frequenza semestrale (luglio e ottobre).
Nel mese di luglio 2024, a seguito dei campionamenti di fondo duro (grattaggio e pannelli) sulla banchina del Molo di Levante, sono state identificate in laboratorio due specie NIS: il tunicato nero *Phallusia nigra* (Savigny, 1816) e il crostaceo isopode *Dynoides amblysinus* (Pillai, 1954).
Per l'identificazione delle due specie ci si è avvalsi della collaborazione di esperti internazionali:

- *Phallusia nigra*: Dott.ssa Intissar Mnasri-Afifi e Dott. Alfonso A. Ramos Esplá (Universidad de Alicante),
- *Dynoides amblysinus*: Dott. Niel Bruce (Queensland Museum), Panakkool Thamban Aneesh (Hiroshima University), Ghazi Bitar (Lebanese University) e Dott. José Castelló (University of Barcelona).

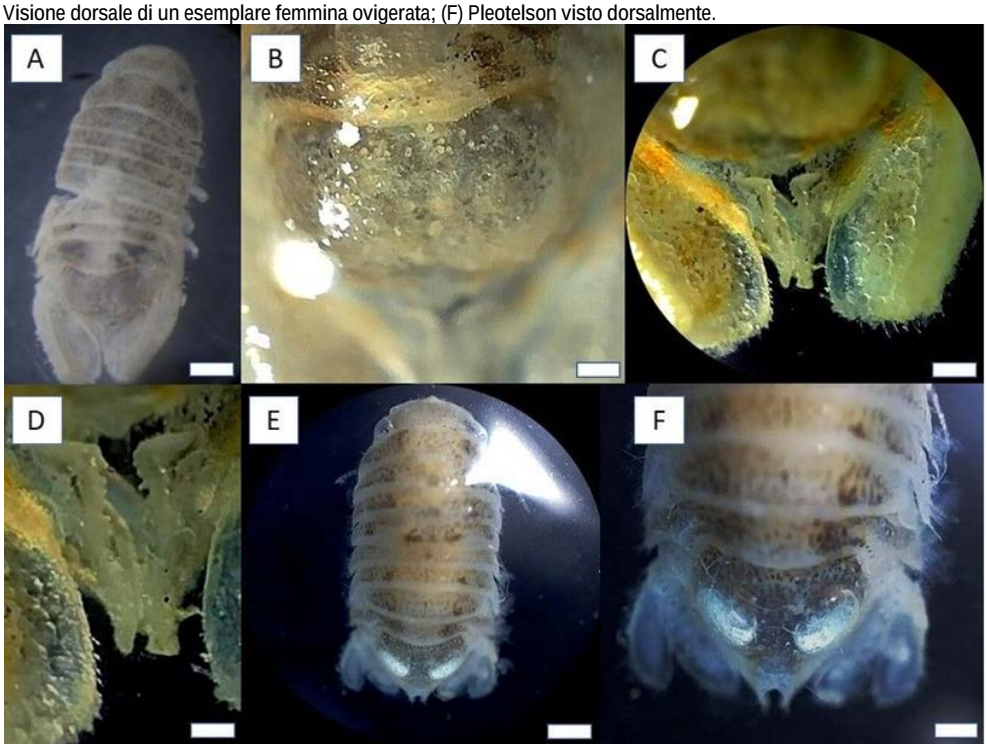
Il tunicato *Phallusia nigra* è stato rinvenuto in due campioni prelevati alle profondità di 2 m e 5 m con la tecnica del grattaggio sulla parete della banchina del Molo di Levante. Il crostaceo *Dynoides amblysinus* è stato invece individuato tra la fauna vagile di due pannelli posizionati alla profondità di 1,2 m lungo la parete della stessa banchina portuale.

Nelle Figure 2 e 3 sono raccolte delle foto delle specie identificate e di alcuni dettagli morfologici utilizzati per la loro determinazione.

Figura 2. *Phallusia nigra*: (A, B) Esemplari di *P.nigra*; (C) Esemplare privo di tunica: (1) apertura branchiale; (2) apertura atriale; (3) ano; (4) gonade; (5) ovidutto; (6) retto; (7) esofago; (8) stomaco; (D) Papille branchiali; (E) Porzione del sacco branchiale; (F) Area in prossimità dell'apertura del sifone orale: (9) tubercolo dorsale e (10) lamina dorsale.

Fonte: ARPA SICILIA - UOC Area Mare

Figura 3. *Dynoides amblysinus*: (A) Visione dorsale di maschio adulto; (B) dettaglio del triangolo a base larga nel telson con rigonfiamenti costellati di tubercoli; (C) Prolungamento del pleon con spine mediane e foramen telsonico che si allarga trasversalmente. I margini dei rami degli uropodi sono angolari e troncati. (D) Primo piano del foramen; (E) Visione dorsale di un esemplare femmina ovigerata; (F) Pleotelson visto dorsalmente.



Fonte: ARPA SICILIA - UOC Area Mare

Da una ricerca bibliografica sulla distribuzione e la presenza di queste due specie nel Mediterraneo, è emerso che entrambe risultano segnalate per la prima volta nelle acque italiane e che il crostaceo isopode *Dynoides amblysinus* rappresenta la prima segnalazione per l'intero bacino del Mediterraneo. *Phallusia nigra*, considerata una specie circantropicale, è stata segnalata per la prima volta nel Mar Mediterraneo nel 1958 da Pérès, in Israele. Successivamente, nel 2009, Shenkar e Loya hanno documentato un'ampia distribuzione della specie lungo le coste israeliane, dalle basse profondità fino a 30 metri, sia su substrati naturali che artificiali. La specie è stata inoltre segnalata in Libano (Zibrowius and Bitar 2003); Siria (Bitar et al. 2003); nelle coste turche (Cinar et al. 2006); Grecia (Kondilatos et al. 2010; Latsoudis 2020) e nel Mar Egeo (Koutsogiannopoulos et al. 2012).
Nel 2024, è stato riportato il primo record della presenza della specie nelle acque tunisine, da Intissar et al., che l'hanno rinvenuta sulle boe nel porto di Biserta (nord della Tunisia), costituendo così la segnalazione più occidentale nel bacino mediterraneo.

Questa specie è stata oggetto di studio da parte di Mayzel et al. (2014), che hanno analizzato la tunica priva di epibionti (organismi che vivono sulla superficie di un altro organismo) e identificato un ruolo chiave dei metaboliti secondari nel potenziale effetto "*antifouling*".
Inoltre, *Phallusia nigra* è stata studiata da Tzafriri-Milo et al. (2019) come potenziale bioindicatore di accumulo di metalli pesanti, confermando ulteriormente il valore del gruppo delle ascidie come indicatori di contaminazione dell'ambiente marino (Bellas et al., 2004; Radhalakshmi et al., 2014; Aydın-Önen, 2016; Bellante et al., 2016).
Il genere di crostacei isopodi *Dynoides* comprende attualmente 19 specie distribuite in regioni tropicali e subtropicali (Boyko et al., 2024); (Espinosa-Pérez & Hendrickx, 2002); Khalaji & Gagnon, 2021).
Dynoides amblysinus è originario di mari tropicali e temperati, ed è stato segnalato dall'Oceano Indiano occidentale fino all'Australia orientale, Hon Kong e Giappone (Kazmi & Yousouf, 2013; Harrison & Holdich, 1984; Bruce, 1982; Bruce & Wong, 2015; Li, 2000; Nunomura, 2010).
A differenza del tunicato *Phallusia nigra*, per il quale esistono numerose segnalazioni mediterranee a partire dal 1958, il ritrovamento di *D. amblysinus* nel porto di Catania rappresenta il primo record noto per il Mar Mediterraneo.
Per quanto riguarda l'ecologia di *D. amblysinus*, non sono note informazioni specifiche. Tuttavia, studi su altre specie del genere Dynoides forniscono alcune indicazioni generali. Ad esempio, *D. crenulatus* (Carvacho and Haasmann, 1984) e *D. saldanai* (Carvacho and Haasmann, 1984), presenti lungo la costa pacifica del Messico, sono state trovate in zone intertidali inferiori, su fondali rocciosi tra alghe come *Jania adherens*, *Amphiroa misakiensis*, *Chaetomorpha linum* e *Hypnea pannosa* (Espinosa-Pérez & Hendrickx, 2002).
Considerando che *D. amblysinus* appartiene allo stesso genere, è plausibile che condivida habitat e comportamenti simili, vivendo in ambienti marini poco profondi associati ad alghe e substrati rocciosi.
Queste segnalazioni, ancora una volta, testimoniano il ruolo dei porti nella diffusione delle specie non indigene. Considerando che le specie aliene invasive sono identificate come una delle principali cause di riduzione della biodiversità si conferma l'importanza di un monitoraggio continuo delle specie non indigene da parte di ARPA Sicilia nelle aree a maggiore rischio d'introduzione di NIS, quali le aree portuali e gli impianti di molluschicoltura.

Bibliografia

Accordo Operativo MASE-ISPRA-ARPA del 16 febbraio 2024 di attuazione del D.Lgs. N. 190/2010 di recepimento della Direttiva 2008/56/CE (Direttiva Quadro sulla Strategia Marina) per il triennio 2024-2026

Aydın-Önen S., 2016*, Styela plicata: a new promising bioindicator of heavy metal pollution for eastern Aegean Sea coastal waters.* Environ. Sci. Pollut. Res. Int. 23,21536–21553. doi: 10.1007/s11356-016-7298-5

Bellante A. *et al*., 2016*, Evaluation and comparison of trace metal accumulation in different tissues of potential bioindicator organisms: macrobenthic filter feeders Styela plicata, Sabella spallanzanii, and Mytilus galloprovincialis.* Environ. Toxicol. Chem. 35,3062–3070. doi: 10.1002/etc.3494

Bellas J. *et al*., 2004, *Sublethal effects of trace metals (Cd,Cr, Cu, Hg) on embryogenesis and larval settlement of the ascidian Ciona intestinalis*. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 46, 61–66. doi: 10.1007/s00244-003-0238-7

Bitar G. *et al*., 2003, *Second mission relating to the development of marine protected areas in Syrian coasts*, 1–18. Available at: http://medmpa.rac- spa.org/pdf/Rapports/Syrie/Mission %20Report_October%202003

Boyko C.B. *et al*., 2024, (Eds*). World Marine, Freshwater and Terrestrial Isopod Crustaceans database. Dynoides Barnard, 1914*.
Accessed at: https://marinespecies.org/isopoda/aphia.php?p=taxdetails&id=204371 on 2025-03-27

Brunetti R., Mastrototaro F., 2017, *Ascidiacea of the European WatersFauna D'Italia* Vol. LI - Ascidiacea. Ed. Calderini. 447 pp. ISBN: 978-88-506-5529-8

Bruce N. L., 1982, *The genus Dynoides Barnard, 1914 (Crustacea:Isopoda: Sphaeromatidea) from eastern Australia, with description of new species.* Memoirs of the Queensland Museum 20(3): 447-453

Bruce N. L., P.-S. Wong H P.-S., 2015, *An overview of the marine Isopoda (Crustacea) of Singapore.* Raffles bulletin of zoology Supplement No. 31: 152–168

Carlton J.T., 1996*, Biological invasions and cryptogenic species*. Ecology, Vol. 77, No. 6 (Sep., 1996), pp. 1653-1655

Çinar M.E. *et al*., 2006, *New record of alien species on the Levantine coast of Turkey*. Aquatic Invasions 1: 84–90, https://doi.org/10.3391/ai.2006.1.2.6

Convenzione sulla biodiversità, con annessi, fatta a Rio de Janeiro il 5 giugno 1992 (Legge 14 febbraio 1994 n.124)

Espinosa-Pérez M.C., Hendrickx M.E., 2002*, Distribution and ecological notes on Dynoides (Isopoda: Sphaeromatidae) in the Mexican Pacific.* Revue Brasil Biologico, 50, 643–647

Gopalakrishnan S. *et al*., 2013, *Pharmacognostical and Preliminary Phytochemical Evaluation of Phallusia nigra* Sav. Global Journal of Pharmacology 7 (1): 39-44, 2013. ISSN 1992-0075. DOI: 10.5829/idosi.gjp.2013.7.1.714

Harrison K., Holdich D.M., 1984, *Hemibranchiate sphaeromatids (Crustacea: Isopoda) from Queensland, Australia, with a world-wide review of the genera discussed*. Zoological Journal of the Linnean Society, 81, 275–387

Harrison K., Ellis J.P., 1991, *The Genera of the Sphaeromatidae (Crustacea: Isopoda): a Key and Distribution list.* Invertebr. Taxon., 5, 915-52

Khalaji-Pirbalouty V., Gagnon J.M, 2021, *A new species of Dynoides Barnard, 1914 (Crustacea, Isopoda, Sphaeromatidae) from Canada, with notes on geographic distribution of the north-eastern Pacific Ocean species*. Marine Biology Research; available online at https://doi.org/10.1080/17451000.2021.1892766

Kazmi Q.B., Yousuf F., 2013*, Checklist of Peracarida of Pakistan A—Marine and B— Terrestrial Isopoda marine Tanaidacea*. Fuaast Journal of Biology, 3 (2): 129–130

Kondilatos G. *et al*., 2010, *Occurrence of the first nonindigenous ascidian Phallusia nigra Savigny, 1816 (Tunicata: Ascidiacea) in Greek waters.* Aquatic Invasions 5: 181–184, https://doi.org/10.3391/ai.2010.5.2.08

Li Li., 2000*, A new species of Dynoides (Crustacea: Isopoda: Sphaeromatidae) from the Cape d'Aguilar Marine Reserve, Hong Kong.* Australian Museum 52: 137-149

Mayzel B. *et al*., 2014, *Chemical Defense Against Fouling in the Solitary Ascidian Phallusia nigra*. Biol. Bull. 227: 232–241

Mnasri-Afifi I. *et al*., 2024, *Rapid assessment survey of non-indigenous and cryptogenic species in Tunisian marinas*. BioInvasions Records 13(2): 419–436, https://doi.org/10.3391/bir.2024.13.2.10
Nunomura N., 2010*, A new species of the genus Dynoides (Isopoda: Sphaeromatidae) from Shiretoko, Hokkaido, northern Japan*. Contributions from the Toyama Science Museum, 384: 65–69
Pérès J.M.,1958, *Ascidies recoltées sur les côtes Méditerranéennes d'Israel.* Bulletin of the Research Council of Israel, 7B, 143-150
Pillai N.K., 1954*, A preliminary note on the Tanaidacea and Isopoda of Travancore.* Bulletin of the Central Research Institute. University of Kerala, India, 3, 1–21
Pillai N. K., 1965*, Isopods of the family Sphaeromidae from the littoral waters of South India.* Crustaceana. 9(1): 75-89.
Radhalakshmi R. *et al*., 2014, *Analysis of selected species of ascidians as bioindicators of metals in marine ecosystem.* Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci. 3, 755–764
Rocha R.M. et al., 2012*, Keys for the identification of families and genera of Atlantic shallow water ascidians.* Biota Neotrop. 12(1): 000-000
Shenkar N., Loya Y., 2009*, Non-indigenous ascidians (Chordata: Tunicata) along the Mediterranean coast of Israel*. Marine Biodiversity Records 2: e166, https://doi.org/10.1017/S1755267209990753
SNPA*, Schede metodologiche utilizzate nei programmi di monitoraggio del secondo ciclo della Direttiva Strategia Marina*
(D.M.2febbraio2021), Pubblicazioni tecniche SNPA, 2024
https://www.snpambiente.it/wp-content/uploads/2025/01/SNPA_SchedeMetodologicheSM_2025_compressed.pdf
Tzafriri-Milo R. *et al*., 2019, *The Potential Use of Invasive Ascidians for Biomonitoring Heavy Metal Pollution.* Front. Mar. Sci. 6:611. doi: 10.3389/fmars.2019.00611
Vandepas LE. *et al*., 2015, *Biogeography of Phallusia nigra: is it really black and white?* Biology Bulletin Reviews 228: 52–64, https://doi.org/10.1086/BBLv228n1p52
Zibrowius H., Bitar G., 2003, *Invertébrés marins exotiques sur la côte du Liban.* Lebanese Science Journal 4: 67–74

VALUTAZIONE SULLA DISTRIBUZIONE QUALI-QUANTITATIVA DEL RICCIO DI MARE (PARACENTROTUS LIVIDUS) IN PUGLIA

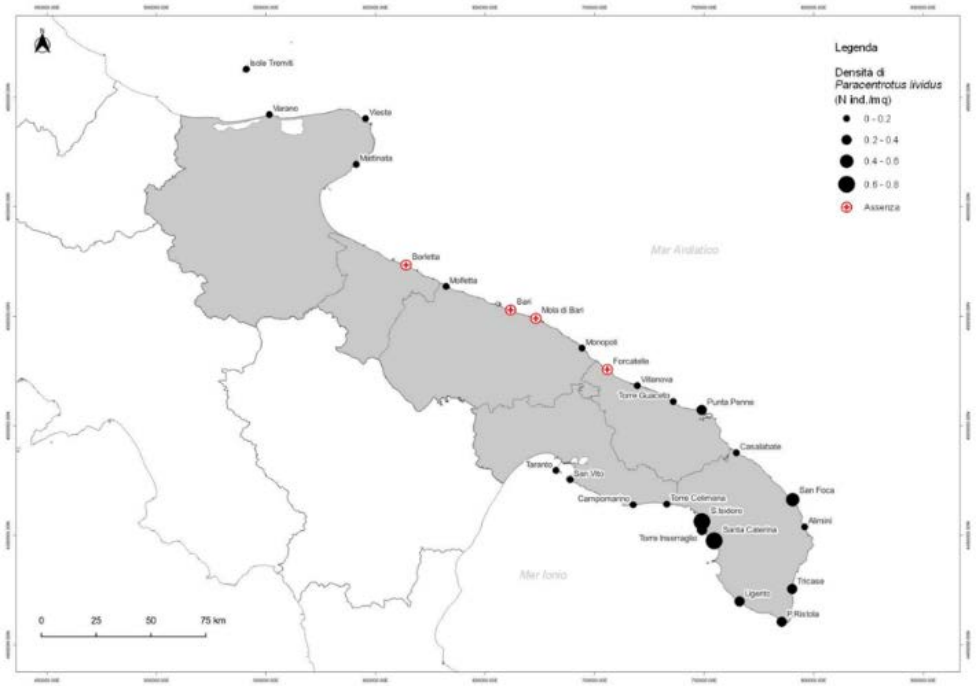
Autori: N. Ungaro, G. Costantino, M. Caforio, C.G. Giannuzzi, F.M. D'Onghia, G. Strippoli, E. Barbone
ARPA Puglia

I ricci di mare, considerati una prelibatezza culinaria, sono intesamente pescati in tutti i mari del mondo, con la domanda dei mercati cresciuta soprattutto in Europa, Asia e America.
Paracentrotus lividus (Lamack, 1816), il riccio di mare edule, è la specie di echinoderma più sfruttata nel Mar Mediterraneo, con un aumento significativo delle catture totali negli ultimi vent'anni. Distribuito in tutto il Mar Mediterraneo e nelle acque costiere dell'Atlantico nord-orientale, *P. lividus* abita fondali rocciosi poco profondi ricoperti da alghe fotofile e praterie di fanerogame marine, di cui si nutre con la sua intensa attività brucatoria. La specie, tendenzialmente stenoalina, può vivere in un range di temperatura compreso tra 4 °C e 29 °C, purtuttavia sono riportati casi in ambienti lagunari dove i ricci di mare sono sopravissuti a temperature superiori a 30 °C, il che suggerisce un diverso adattamento e una certa variabilità fisiologica tra popolazioni di ambienti diversi (Allain, 1975).
Nel Mediterraneo, la densità e la struttura delle popolazioni di questa specie sono regolate, oltre che dai parametri chimico fisici delle acque e dalla presenza di habitat idonei, anche dalla predazione da parte di specie ittiche quali *Sparus aurata*, *Diplodus sargus*, *Diplodus vulgaris*, *Coris julis* e *Thalassoma pavo* e alcuni invertebrati carnivori, come l'anellide *Hermodice carunculata* e l'echinoderma *Marthasterias glacialis.*
Un'altra significativa forzante che influenza l'abbondanza di *P. lividus* è certamente lo sfruttamento da parte della pesca, che può provocare un declino degli stock in mare. A tale riguardo si evidenzia che nel Mediterraneo la raccolta dei ricci di mare non è regolata univocamente, con normative che variano significativamente tra i diversi Paesi che si affacciano sul bacino. Per esempio, la Turchia dal 2022 ha vietato totalmente la pesca di *P. lividus* nel Mar di Marmara, a causa dell'impoverimento della risorsa lungo le aree costiere; in Grecia, la legge sulla pesca dei ricci di mare è stata introdotta di recente (nel 2014) e limita la pesca a sei mesi all'anno (gennaio, febbraio, marzo, luglio, agosto e dicembre), permettendo la cattura giornaliera di 600 individui per barca, con una taglia minima di 50 mm (diametro teca). In Italia, la pesca del riccio di mare è regolamentata dal Decreto Ministeriale del 12 gennaio 1995, che ne vieta la pesca per i due mesi di maggio e giugno e stabilisce per i restanti mesi (da luglio ad aprile) una quota di raccolta giornaliera di 1000 ricci di mare per i pescatori professionisti, ridotta a 50 esemplari per i pescatori ricreativi, stabilendo una taglia minima pari a 7 cm (diametro della teca, compresi gli aculei). Sempre in Italia, la Sardegna e la Puglia hanno regolamentato anche con leggi regionali; in Sardegna la raccolta dei ricci è consentita solo da novembre a maggio, con una taglia minima di 50 mm e con una quota giornaliera di 1500-3000 individui, mentre in Puglia, con l'approvazione della legge regionale n. 6 del 18 aprile 2023 è stato imposto un divieto triennale (2023-2025), per la loro raccolta. In questo caso, il periodo di blocco dell'attività di pesca impone il divieto di prelievo, raccolta, detenzione, trasporto, sbarco e commercializzazione del riccio di mare e dei relativi prodotti derivati freschi.
Nell'ambito del progetto FEAMP PO 2014-2020 "Il Pescatore Ecologico", durante il periodo tra maggio e settembre del 2023 è stata realizzata una campagna di indagine, in collaborazione tra ARPA Puglia – Centro Regionale Mare e l'Università del Salento, con lo scopo di valutare la distribuzione quali-

quantitativa di *P. lividus* sui fondali marino-costieri pugliesi. In particolare, l'indagine ha riguardato 26 distinte aree marino-costiere, sia sul versante Adriatico (n. 16) che su quello Ionico (n. 10); tre di questi siti sono all'interno di aree marine protette (InMPA), dove la raccolta di organismi è sempre vietata. I siti sono stati selezionati tenendo conto delle caratteristiche geomofologiche e biocenotiche potenzialmente idonee alla presenza di *P. lividus* (con l'esclusione dei tratti con fondali sabbiosi), oltre che considerando quelli storicamente interessati dalle attività di pesca professionale e sportiva.
Le attività in campo sono state effettuate utilizzando una metodologia standardizzata per l'intero litorale pugliese, al fine della comparabilità spaziale e temporale dei dati. In ogni sito, l'attività di visual census in immersione subacquea è stata svolta su tre transetti perpendicolari alla costa, ciascuno di 100 metri di lunghezza o fino alla batimetrica dei 10 metri. L'indagine è stata condotta da due operatori scientifici subacquei, che hanno registrato la presenza dei ricci di mare su un corridoio di 3 metri di larghezza (a destra e a sinistra); inoltre, tutti i ricci di mare censiti nel corridoio sono stati misurati con un calibro per valutare l'incidenza degli individui giovanili rispetto agli adulti, ovvero quelli di taglia inferiore ai 4 cm e quelli di taglia superiore ai 4 cm in riferimento a recenti studi che aggiornano le informazioni sulla maturità sessuale della specie (Boudouresque & Verlaque, 2020).
Durante l'indagine è stata ispezionata una superficie totale di fondale pari a 41766 m², dove sono stati osservati e misurati 5882 individui di *P. lividus*. I dati acquisiti in campo hanno permesso di stimare per i fondali pugliesi una densità media di ricci di mare pari a 0,16 ind/m², un valore estremamente basso rispetto a quello atteso; inoltre, in nessuno dei siti indagati si raggiungeva una densità di almeno un individuo/m². In generale, i valori più bassi sono stati stimati per il litorale adriatico pugliese, soprattutto per le zone afferenti ai territori delle ex province di Bari, BAT e Foggia, mentre densità relativamente più alte sono state stimate nelle zone costiere della ex provincia di Lecce, con il valore massimo di 0,76 ind./m² per il sito a Santa Caterina. Nella Figura 1 la mappa della densità media di *Paracentrotus lividus* lungo le coste pugliesi.
Una situazione altrettanto critica si evidenzia anche dall'analisi dei dati relativi alla distribuzione per taglia degli individui, dove gli esemplari giovani di *P. lividus* (con taglia < 4 cm, non maturi sessualmente) rappresentano circa il 70% del totale, con una densità media stimata di 0,12 ind./m²; per il restante 30% , ovvero gli adulti con taglia ≥ 4 cm, è stata stimata una densità media di 0,04 ind./m². Nella Figura 2 la distribuzione per le due classi di taglia per ognuno dei siti indagati.
I dati sulla distribuzione quali-quantitativa di *P. lividus* acquisiti con il progetto "Il Pescatore Ecologico" rappresentano una fotografia dell'attuale stato della risorsa nei mari pugliesi, peraltro utilizzando per la prima volta un protocollo standardizzato per l'intero comprensorio costiero regionale. I risultati dell'indagine evidenziano aspetti meritevoli di attenzione e riflessione, se comparati con i dati della letteratura scientifica, questi ultimi relativi sia a valutazioni della densità di *P. lividus* in alcuni distretti Mediterranei sia al più locale contesto regionale pugliese. In riferimento all'intero Mediterraneo i primi dati disponibili, risalenti agli anni '80 del secolo scorso, indicavano per il riccio di mare una densità media di 5,13 ind./m² (Ballestreros et al., 1987), mentre in anni più recenti il valore sembra essersi più che dimezzato (Duchaud et al., 2018). Nei mari italiani, per due contesti insulari (Sicilia e Sardegna), già i dati risalenti a oltre un decennio fa evidenziavano valori di densità ben al di sotto della soglia di sovrasfruttamento (Gianguzza et al., 2009; Addis et al., 2006). Per quanto riguarda la Puglia, le informazioni più datate risalgono a un lavoro scientifico degli anni '90 dello scorso secolo (Marano et al., 1995) che riportava una densità media di *P. lividus* stimata a 64 ind./m² per la zona marina-costiera del litorale barese. Lavori scientifici relativamente più recenti, di cui uno riferito alla zona del Salento

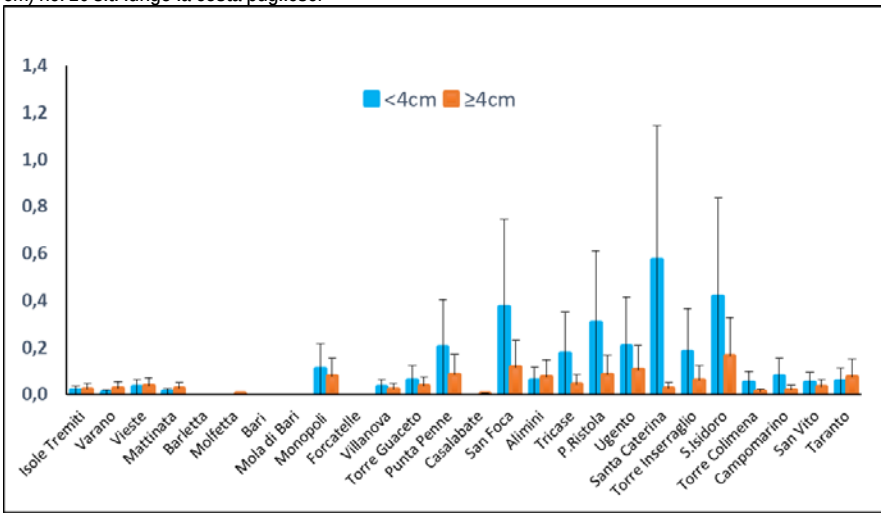
(Guidetti et al., 2004) e uno relativo al brindisino (Meliadò et al., 2022), mostravano un *trend* in netto decremento della presenza di *P. lividus*, con valori di densità media scesi nel tempo e indubbiamente crollati nell'ultimo periodo (Meliadò et al., 2022). Di fatto dunque, sia nel Mediterraneo che in Puglia la densità media di ricci sembra essere drasticamente diminuita soprattutto negli ultimi 15-20 anni. Le densità di *P. lividus* stimate durante il 2023 per i fondali marino-costieri pugliesi risulterebbero pertanto ben al disotto della soglia per la quale si può valutare una buona condizione dello stock (Verlaque, 1987, in Meliadò, 2022), situazione che comunque sarebbe comune anche ad altre regioni italiane (Sicilia, Sardegna), come riportato negli ultimi anni anche da notizie di cronaca.
Alla luce di queste evidenze, considerando anche altre forzanti che potrebbero potenzialmente impattare sulle popolazioni di *P. lividus*, quali ad esempio il riscaldamento globale, diventa dunque sempre più urgente mettere in atto misure che consentano, attraverso idonee attività di monitoraggio, la gestione sostenibile di questa risorsa, importante sia per l'economia del territorio che per il suo ruolo nell'ecosistema marino-costiero.

Figura 1: Mappa della densità media di *Paracentrotus lividus* lungo le coste pugliesi



Fonte: Centro Regionale Mare, ARPA Puglia

Figura 2: Densità media (ind./m²) di *Paracentrotus lividus* **per sito e per classi di taglia giovanile (< 4 cm) e adulta (≥ 4** cm) nei 26 siti lungo la costa pugliese.



Fonte: Centro Regionale Mare, ARPA Puglia.

Bibliografia

Addis P., Secci M., Manunza A., Corrias S., Niffoi A., Cau A. - 2009. *A geostatistical approach for the stock assessment of the edible sea urchin, Paracentrotus lividus, in four coastal zones of Southern and West Sardinia* (SW Italy, Mediterranean Sea). Fisheries Research 100 (2009): pp. 215–221.

Allain J.Y. – 1975. *Structure des populations de Paracentrotus lividus. Echinoidea soumises à la pêche sur les côtes Nord de Bretagne*. Rev. Trav. Pêches Marit., 39(2): pp. 171-212.

Ballesteros E., Rubies A. G. - 1987. *La pêche aux oursins en Espagne et plus particulièrement en Catalogne. In: C. F.* Boudouresque (Ed.), Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles. GIS Posidonie, Marseille: 325–328.

Boudouresque C.F., Verlaque M. - 2020. Chapter 26 - *Paracentrotus lividus*. Byology and Ecology, Chapter 26 - *Paracentrotus lividus*. Vol. 43: pp. 447-485.

Duchaud S., Durieux E. D., Coupe S., Pasqualini V., Ternengo S. - 2018. *Spatio-temporal patterns based on demographic and genetic diversity of the purple sea urchin Paracentrotus lividus in the area around Corsica (Mediterranean Sea)*. Mediterranean Marine Science, 19(3), 620–641.

Gianguzza P., Chiantore M., Bonaviri C., Cattaneo-Vietti R., Vielmini I., Riggio S. - 2006. *The effects of recreational Paracentrotus lividus fishing on distribution patterns of sea urchins at Ustica Island MPA* (Western Mediterranean, Italy). Fisheries Research, 81: 37-44.

Guidetti P., Terlizzi A., Boero F. - 2004. *Effects of the edible sea urchin, Paracentrotus lividus, fishery along the Apulian rocky coast* (SE Italy, Mediterranean Sea). Fisheries Research: vol 66: pp. 287-297.

Marano G., Vaccarella R., Pastorelli A.M., Rositani L. - 1995. *Raccolta e consumo degli Echinodermi in Puglia*. Biol. Mar. Medit., 2(2): pp. 393-394.

Meliadò E. - 2022. *Tutela e gestione Paracentrotus lividus e Arbacia lixula*. TUGEPLAL. Progetto PO FEAMP 2014-2020 Misura 1.40, Relazione Finale: 49 p.

BANCA DEL GERMOPLASMA

Autore: Rosalba Padula
ARPA Umbria

ARPA Umbria dal 2018 ha avviato un progetto unico e di grande valore in collaborazione con alcuni enti scientifici del territorio: la gestione della Banca del Germoplasma delle varietà orticole tipiche della regione, nota come "Collezione Polvese". Si tratta di un'iniziativa che rappresenta un baluardo per la conservazione e la valorizzazione dell'agrobiodiversità regionale, ovvero l'insieme delle risorse genetiche e culturali che contraddistinguono l'Umbria: un patrimonio di inestimabile valore da preservare per le generazioni future (Figura 1).

Figura 1: Esempio di semi appartenenti a varietà conservate nella Banca del Germoplasma di ARPA Umbria

Fonte: Foto di Rosalba Padula

Conservazione e valorizzazione della biodiversità

Il progetto si fonda su una serie di obiettivi strategici, tra cui la creazione di un elenco delle specie locali da salvaguardare, un passo fondamentale per garantire la loro protezione a lungo termine. Parallelamente, si lavora al miglioramento delle conoscenze sulla biodiversità agraria a rischio di estinzione, un aspetto cruciale in un contesto di cambiamento climatico che accentua le pressioni sugli ecosistemi agricoli. L'obiettivo è quello di porre le basi per una più profonda comprensione delle risorse locali e delle dinamiche ecologiche che le influenzano.

Il progetto mira anche a promuovere l'uso di queste risorse locali, favorendo l'agricoltura sostenibile e il recupero genetico delle varietà tradizionali. Elemento cruciale è, infatti, rappresentato dalla figura dell'agricoltore custode, un vero e proprio guardiano delle tradizioni e della biodiversità regionale. Questi agricoltori non solo coltivano varietà agricole locali, ma le proteggono, le tramandano e le valorizzano, assicurando che il patrimonio genetico e culturale legato alle sementi tradizionali non vada perduto. Essi partecipano a reti di scambio di semi e di conoscenze, aiutando a diffondere pratiche virtuose e a sensibilizzare le nuove generazioni sull'importanza della biodiversità.

Inoltre, con la gestione della Banca del Germoplasma viene dato grande rilievo all'analisi degli aspetti antropologici legati alle diverse sementi, mettendo in luce il valore storico-culturale del patrimonio agrario. Questo include la riscoperta e la sperimentazione di ricette tradizionali che utilizzano varietà locali, promuovendo al contempo anche la creazione di nuove combinazioni *gourmet* che esaltino i sapori unici del territorio. Per recuperare pratiche agricole ancestrali e per fornire una guida pratica agli agricoltori, è stato anche realizzato uno strumento prezioso quale la realizzazione di un calendario lunare, utile per rispettare i cicli naturali e le tradizioni legate ai ritmi della terra.

La “Collezione Polvese” si pone dunque come risposta concreta all’esigenza di intervenire tempestivamente per salvaguardare risorse genetiche, ecologiche e culturali, spesso minacciate dalla modernizzazione e dall’abbandono delle pratiche agricole tradizionali. L’iniziativa che oggi abbraccia sia i territori che si affacciano sul lago Trasimeno, conosciuto per la sua straordinaria biodiversità, sia quelli montuosi dell’Appennino lungo la dorsale orientale della regione, prevede impegni concreti di ampliamento con lo scopo di includere nuove varietà orticole locali costruendo una rete sempre più estesa di agricoltori, ricercatori e cittadini. In tal modo, il progetto risponde ad una gestione olistica e territoriale delle risorse agroambientali.

Tutte le attività di progetto sono svolte nel pieno rispetto delle normative vigenti. Questo approccio garantisce che ogni intervento sia conforme agli standard più elevati in materia di conservazione della biodiversità e gestione delle risorse agroambientali. A livello internazionale ci ispiriamo ai principi sanciti da convenzioni come la Convenzione sulla Diversità Biologica delle Nazioni Unite; a livello nazionale, il progetto si inserisce nel quadro normativo italiano dedicato alla tutela delle varietà agricole tradizionali e della biodiversità agraria; a livello regionale, l’Umbria ha adottato politiche specifiche che mirano a salvaguardare il patrimonio naturale e culturale del territorio, supportando iniziative come quella della Banca del Germoplasma. Seguire queste normative non è solo un obbligo, ma anche una scelta strategica per assicurare la credibilità e l’efficacia del progetto.

Un ponte tra comunità e territorio

Uno degli aspetti innovativi e significativi della Banca del Germoplasma di ARPA Umbria è la creazione di un dialogo tra vari attori che operano nell'ambito della biodiversità e dell’agricoltura. La “Collezione Polvese” non è solo un archivio fisico, ma un catalizzatore di relazioni e collaborazioni tra abitanti, agricoltori, ricercatori e istituzioni. Attraverso questa rete di connessioni si rafforza il senso di

appartenenza delle comunità al loro territorio, promuovendo la partecipazione attiva alla tutela delle risorse naturali.
Lavorare per la biodiversità regionale significa anche stimolare la riscoperta di pratiche agricole tradizionali, fornendo al contempo supporto tecnico e conoscenze scientifiche utili per affrontare le sfide contemporanee, come il cambiamento climatico e la perdita di diversità genetica. Il miglioramento e la condivisione delle conoscenze rappresentano il primo passo per preservare il patrimonio agrario, tutelare il paesaggio e proteggere le specie vegetali di interesse. A tal fine l'Agenzia lavora attivamente sul territorio promuovendo incontri con le comunità locali e con i partner scientifici (Figura.2).

Figura 2: Evento pubblico organizzato in collaborazione con l'Università degli Studi di Perugia DSA3, per illustrare e istruire gli agricoltori custodi alle migliore pratiche di coltivazione delle varietà autoctone locali

Fonte: Foto di Rosalba Padula

Innovazione al servizio del patrimonio naturale

Per supportare le attività del progetto ARPA Umbria si è dotata di adeguati strumenti tecnologici e soprattutto ha sviluppato un proprietario database gestionale che consente di monitorare e catalogare le varietà orticole conservate nella banca genetica, garantendo una gestione trasparente ed efficace delle informazioni. Inoltre, ha messo a disposizione della cittadinanza un portale dedicato (www.arpa.umbria.it/pagine/banca-del-germoplasma) che rappresenta un mezzo fondamentale per

comunicare le potenzialità e le peculiarità del progetto e per indicare le opportune modalità di partecipazione. Attraverso il portale, è, infatti, possibile accedere a schede tecniche, dati scientifici, informazioni pratiche, curiosità e materiali divulgativi.

Una visione per il futuro

Il lavoro svolto da ARPA Umbria con la “Collezione Polvese” non si limita però alla salvaguardia del patrimonio agroambientale, ma traccia una visione più ampia per un futuro sostenibile. Investire nella conservazione della biodiversità significa anche creare opportunità economiche e turistiche per le comunità locali, attraverso la valorizzazione di prodotti tipici e la promozione di percorsi legati al turismo sostenibile.

Coinvolgere scuole, università e associazioni è essenziale per diffondere una cultura della sostenibilità e per ispirare le nuove generazioni a prendersi cura del proprio territorio. La “Collezione Polvese” diventa così un simbolo di resilienza, un esempio concreto di come la tutela dell’ambiente possa andare di pari passo con lo sviluppo socioeconomico.

CONTAMINAZIONE DA PFAS NEI DELFINI STENELLA COERULEOALBA SPIAGGIATI LUNGO LA COSTA TOSCANA

Autori: Michele Mazzetti, Cecilia Mancusi, Paolo Altemura
ARPA Toscana

Le sostanze per- e polifluoroalchiliche (PFAS) sono un gruppo di composti chimici ampiamente utilizzati in ambito industriale e commerciale grazie alle loro proprietà tecnologiche. A partire dai primi anni 2000 tali sostanze sono state oggetto di studio a causa della loro persistenza ambientale, della bioaccumulabilità e dei loro effetti tossicologici e ecotossicologici. Le risultanze di tali valutazioni scientifiche hanno portato all'inserimento di alcuni inquinanti, appartenenti a tale classe di composti, tra le sostanze prioritarie da monitorare nelle acque europee secondo quanto disposto dalla Direttiva 2013/39/UE. Questo studio sulla presenza di PFAS nei tessuti di alcuni delfini appartenenti alla specie *Stenella coeruleoalba* (stenella striata) spiaggiati lungo le coste della Toscana tra il 2020 e il 2022 rappresenta un primo tentativo di valutare la contaminazione da PFAS su una categoria animale, i mammiferi marini, che occupa posizioni apicali nelle reti trofiche e che potrebbe rappresentare un valido indicatore della qualità ambientale e dello stato di salute degli ecosistemi marini.
I campioni tissutali analizzati (sangue, fegato, cervello e muscolo) sono stati prelevati da stenelle spiaggiate lungo le coste della Toscana tra il 2020 e il 2022. Per ciascun esemplare sono stati registrati la data, l'esatta localizzazione dello spiaggiamento, lo stato di conservazione del delfino e, quando possibile, la lunghezza totale, il peso e il sesso.

Gli animali spiaggiati sono stati classificati in cinque categorie in base al grado di autolisi post-mortem:

- Vivo spiaggiato e successivamente deceduto sulla spiaggia;
- Carcassa fresca, senza segni esterni di decomposizione;
- Primi segni di decomposizione (scolorimento della pelle, desquamazione);
- Forte decomposizione;

Il prelievo dei tessuti è stato eseguito durante l'esame anatomo-patologico e non sono stati analizzati animali oltre il codice 4 di autolisi. Nei casi ove il peso non è stato registrato, è stata utilizzata una curva esponenziale sviluppata specificamente per questa specie ($W=2.1839\ exp0.0175\ L$; $R^2=0.95$) con dati raccolti in Toscana per ottenere una stima rappresentativa della massa dell'animale. L'età è stata assegnata secondo quanto pubblicato da Marsili et al. 2004. Gli individui di età inferiore ai 16 mesi e con peso inferiore a 20 kg sono stati considerati giovani non svezzati. Tutti i campioni sono stati conservati congelati a -20 C fino all'analisi chimica. I campioni sono stati analizzati tramite una metodica relativa alla determinazione della concentrazione dell'acido perfluorottansolfonico su campioni di pesce intero accreditata in conformità con la norma 17025/2017 e pubblicata dagli autori (Mazzetti et al., 2022). Tale metodo contempla una estrazione QuEChERS seguita da una analisi in cromatografia liquida ad altissime prestazioni accoppiata a spettrometria di massa ad alta risoluzione (UHPLC-HRMS, Thermo Fisher Scientific Orbitrap, Waltham, MS, USA).

Sono stati quantificati 18 PFAS *target*, tra cui: Perfluorobutanoato (PFBA), perfluoropentanoato (PFPeA), perfluoroesanoato (PFHxA), perfluoro-eptanoato (PFHpA), perfluoro-ottanoato (PFOA), perfluoro-nonanoato (PFNA), perfluoro-decanoato (PFDA), perfluoro-undecanoato (PFUnDA), perfluoro-dodecanoato (PFDoDA), perfluoro-tridecanoato (PFTrDA), perfluoro-tetradecanoato (PFTeDA), Perfluorobutansolfonato (PFBS), perfluoropentansolfonato (PFPeS), perfluoroesansolfonato (PFHxS), perfluoropentansolfonato (PFHpS), PFOS, perfluoroesansolfonato (PFDS), perfluoroottano sulfonamide (FOSA).
L'acquisizione e l'analisi dei dati è stata effettuata utilizzando la piattaforma *software Xcalibur* (Thermo Fisher, Waltham, MS, USA). I composti PFAS sono stati identificati mediante modalità *full scan* (FS) e corrispondenza del tempo di ritenzione con gli standard di calibrazione. Un'ulteriore conferma è stata ottenuta attraverso il monitoraggio delle reazioni parallele (PRM). La concentrazione di ciascun PFAS è stata determinata utilizzando il rapporto di risposta dello ione di quantificazione del PFAS rispetto a quello dello standard interno isotopicamente arricchito corrispondente. Gli analiti senza uno standard isotopicamente arricchito sono stati quantificati utilizzando lo standard interno con il tempo di ritenzione più vicino. I file grezzi HRMS sono stati inoltre elaborati utilizzando *Compound Discoverer* 3.1 (Thermo Scientific, USA) per identificare la presenza di PFAS non *target* tramite confronto con il database NORMAN Suspect List Exchange.

Ventisei stenelle striate (16 femmine, 9 maschi e 1 non identificato) spiaggiate lungo le coste toscane nel periodo 2020-2022 sono state campionate per analizzare il contenuto di PFAS nel sangue, muscolo, fegato, cervello. La lunghezza totale variava da 91,5 a 216 cm, il peso da 9 a 89 kg e l'età da 6 mesi a 22 anni. Tra i 18 PFAS *target* analizzati in questo studio e i 2 "*untarget*" confermati, PFBA, PFPeA, PFHxA, PFBS, PFPeS e PFDS sono sempre risultati al di sotto dei limiti di rilevabilità e quindi sono stati esclusi da ulteriori discussioni. Al contrario, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFHxS, PFOS, perfluorobutano sulfonamide (FBSA), perfluoroesano sulfonamide (FHxSA) e FOSA sono stati rilevati in tutti i campioni analizzati. Il profilo dei PFAS nel fegato, nel sangue e nel muscolo ha mostrato un andamento simile ed è generalmente composto dagli stessi sei PFAS dominanti: PFOS > FOSA > PFNA > PFUnDA > PFTrDA > PFDA. Nei tessuti muscolari e nel sangue, le concentrazioni dei PFCA a catena dispari sono risultate più alte rispetto ai PFCA a catena pari adiacenti supportando l'ipotesi che la degradazione di precursori atmosferici polifluorurati sia una fonte rilevante di PFCA nell'ambiente marino. Nel cervello, un particolare PFAS a catena dispari, ovvero l'acido perfluorotridecanoico (PFTrDA), è stato rilevato a concentrazioni più elevate rispetto al PFOS. In questo particolare compartimento tissutale, il profilo di concentrazione risulta differente da quello degli altri tre tipologie di tessuti analizzati mostrando il seguente andamento: PFTrDA > PFOS > PFTeDA > PFUnDA > FOSA > PFDoDA. L'analisi "*untarget*" ha arricchito ulteriormente il quadro permettendo di identificare due nuovi composti (FBSA e FHxSA) in tutti i tessuti analizzati. La valutazione delle concentrazioni delle perfluorosolfonammidi sembra indicare che FOSA sia la perfluorosulfonamide più abbondante, seguita da FHxSA e FBSA. Pochi studi hanno riportato la presenza di questi composti nella biota. In precedenza, FBSA era stato rilevato nei tessuti di pesci e, sia FBSA che FHxSA, erano state determinate nel siero di sangue delle tartarughe. Secondo le nostre conoscenze, questo è il primo studio a riportare la presenza di FBSA e FHxSA nei tessuti dei cetacei. Relativamente alle differenze di contaminazione tra esemplari di sesso diverso è possibile asserire che, il presente studio, non ha evidenziato difformità significative tra esemplari maschili e femminili mentre si rileva una maggiore

contaminazione degli individui di peso pari o inferiore a 20 kg che, verosimilmente, appartengono alla categoria dei sub-adulti. Questa ultima evidenza sperimentale sembra attestare una sorta di trasferimento di PFAS dalle madri ai cuccioli attraverso la lattazione o tramite processi transplacentali. La presenza diffusa di PFAS nei tessuti analizzati sembra confermare il ruolo della stenella come valido indicatore di contaminazione da sostanze perfluorurate. Inoltre l'assenza di un *trend* di riduzione delle concentrazioni di PFOS rispetto agli anni '90, la differenza nei livelli tra i bacini occidentale e orientale del Mediterraneo e l'apparente esistenza di meccanismi di complessi meccanismi metabolici di trasferimento e accumulo delineano il fenomeno della contaminazione da PFAS come un fenomeno complesso che sottolinea la necessità di un monitoraggio costante e di ulteriori studi sugli effetti ecotossicologici di queste sostanze nei mammiferi marini.

Bibliografia

Mazzetti M., Agostini A., Altemura P., 2022. Determinazione dell'acido perfluorottansolfonico (PFOS) in organismi acquatici mediante tecnica di estrazione QUECHERS e analisi in UPLC - HRMS, Notiziario dei Metodi Analitici IRSA CNR, Volume 2, 17-24.

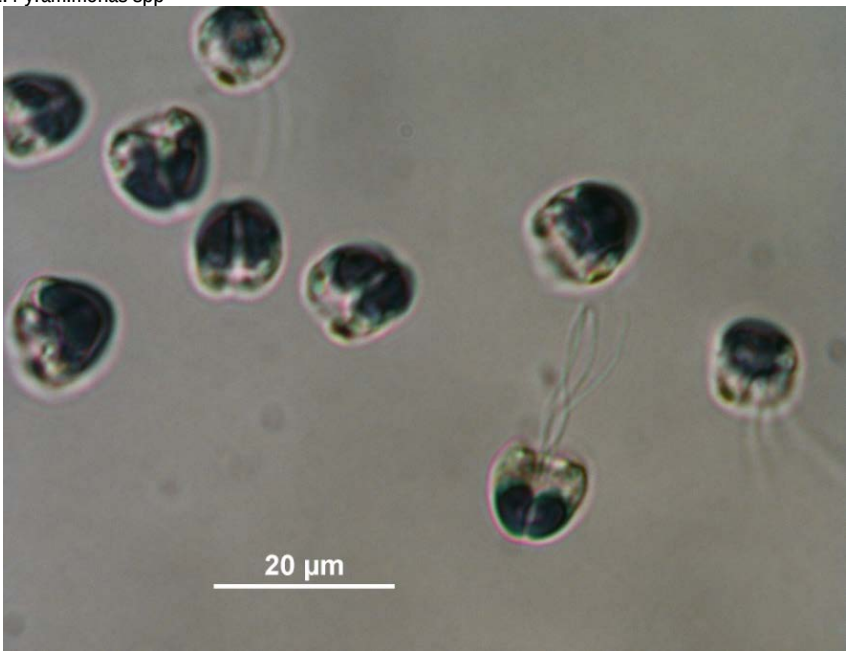
Marsili L. et al., 2004. Theoretical models to evaluate hazard due to organochlorine compounds (OCs) in Mediterranean striped dolphin. Chemosphere 56, 791-801.

FIORITURE DI PYRAMIMONAS SPP NEL GOLFO DI LAMEZIA

Autori: Michelangelo Iannone, Francesco Cicero, Maria Grazia Aloi, Domenica Ventrice, Francesca Pedullà
ARPA Calabria

Negli ultimi anni l'Agenzia, durante il periodo estivo, ha ricevuto numerose segnalazioni di colorazione anomala e presenza di schiume in acqua di mare, in prestigiose zone balneabili situate nel Golfo di Lamezia. Ciò ha determinato molte criticità e disagi per i bagnanti.
Le acque, in particolar modo nei comuni di Curinga, Gizzeria, Briatico, Pizzo e Vibo Valentia, spesso si presentavano di un colore verde brillante, tanto caratteristico da destare la preoccupazione di associazioni turistiche ed albergatori.
Dalle indagini effettuate, già dal 2016 è stata identificata (con il supporto del Centro Ricerche Marine di Cesenatico) come responsabile di questa anomalia una microalga fitoplanconica appartenente al gruppo delle *Chlorophyta* classe *Prasinophiceae*, genere *Pyramimonas* spp. (Figura 1).
Le *Pyramimonadales* comprendono più di 35 specie (Guiry & Guiry; 2012) all'interno del genere principale *Pyramimonas*, caratterizzate da cellule di dimensioni nanometriche tipicamente dotate di quattro flagelli. Quest'ordine può essere ecologicamente importante nelle aree costiere (Bergesch et al.; 2008), così come nelle acque polari (Balzano et al., 2012; Rodriguez et al.; 2002).

Figura 1: Pyramimonas spp



Fonte: Centro Ricerche Marine Cesenatico

Il fenomeno è stato osservato in particolar modo nelle acque antistanti lo specchio acqueo in località Colamaio nel comune di Pizzo (VV). Pertanto, ARPA Calabria ha proceduto ad uno studio iniziato nel giugno 2024 per osservare il fenomeno e correlarlo alla concentrazione di nutrienti significativi per la crescita algale. In tabella vengono riportate le determinazioni analitiche microbiologiche e chimiche correlate alle concentrazioni osservate al microscopio della colorazione anomala.
Esse svolgono un ruolo importante nella produzione primaria, soprattutto nella classe del *nanoplankton* (2-20 μm). Sono sensibili ai processi di fissazione, quindi, è difficile quantificarle in campioni prefissati. La tabella indica i valori di concentrazione di *Pyramimonas spp* correlati ai dati chimici da settembre 2024, data in cui ancora era evidente la colorazione verdastra. Si nota una diminuizione nei mesi invernali in relazione alla diminuizione della temperatura dell'acqua e ciò determina la scomparsa della colorazione anomala.

Tabella 1: Parametri microbiologiche e chimiche (2025)

Data	Entrococchi intestinali (mpn/100ml)	Escherichia coli (mpn/100ml)	Pyramimonas spp (cell/l)	T Acqua (C°)	O2 %	Ph	Salinità psu	Ammoniaca (µmol/l)	Nitriti (µmol/l)	Nitrati (µmol/l)	Ortofosfati (µmol/l)	Silicati (µmol/l)	Azoto totale (µmol/l)	Fosforo totale (µmol/l)
26/09/2024	<10	<10	174.240.000	25,00				<0,5	<0,2	1,10	<0,10	6,50	6,06	0,16
16/10/2024	<10	<10	139.392.000	23,00				<0,3	<0,2	2,50	<0,03	5,40	19,70	0,96
06/11/2024	<10	<10	871.200	22,00				<0,3	<0,2	3,90	0,11	2,00	17,10	0,40
04/12/2024	<10	10	3.880	19,00	89,50	8,20	40,40	<0,3	<0,2	3,90	<0,03	3,80	19,40	0,59
08/01/2025	<10	<10	2.400	16,40	92,00	8,10	39,22	0,60	<0,2	4,90	<0,3	4,30	29,40	0,38
05/02/2025	<1	<1	1.240	15,80	113,50	8,40	36,00	<0,3	<0,2	2,60	<0,3	3,30	17,60	0,35
06/03/2025	<10	<10	880	16,00	119,00	8,20	39,90	<0,5	<0,2	20,11	<0,10	3,30	104,57	<0,10

Fonte: ARPA Calabria e Centro Ricerche Marine di Cesenatico

Bibliografia

Guiry, M.D. & Guiry, G.M. (2012). AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway.
Bergesch, M., Odebrecht, C. Moestrup, Ø. (2008). Nanoflagellates from coastal waters of southern Brazil (32°S). *Botanica Marina*, 51(1), 35-50.
Balzano, S., Lovejoy, C. Potvin, M. (2012). Diversity of cultured photosynthetic flagellates in the northeast Pacific and Arctic Oceans in summer. *Biogeosciences*, 9(12), 6219–6259.Rodríguez, F., Varela, M., Zapata, M. (2002). Phytoplankton assemblages in the Gerlache and Bransfield Straits (Antarctic Peninsula) determined by light microscopy and CHEMTAX analysis of HPLC pigment data. Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 49(3-4), 723-747.

PIANTE E ANIMALI ESOTICI: L'IMPORTANZA DEL MONITORAGGIO CONTINUO

Autore: Nadia Franzoi
APPA Bolzano

I nostri ecosistemi ospitano un'ampia varietà di specie animali e vegetali. Se una specie lascia il proprio habitat originario e s'insedia in un'area geografica diversa da quella di origine può diventare un problema, soprattutto se presenta tratti invasivi. Con il termine "invasivo" s'intendono quelle specie aliene, ovvero non autoctone, in grado di mettere in pericolo un ecosistema (cfr. articolo 3, punto 2 del Regolamento UE n. 1143/2014). Il fenomeno in sé esiste da sempre, ma è il suo incremento consistente negli ultimi 30 anni a destare forte preoccupazione. In Italia, le Regioni e le Province autonome sono tenute per legge ad adottare immediatamente misure di sorveglianza, rilevamento precoce, eradicazione rapida o gestione nel caso di specie esotiche già ampiamente diffuse. La Provincia autonoma di Bolzano si è attivata da tempo in tal senso, avviando anche un servizio di monitoraggio continuo grazie alla stretta collaborazione tra i vari uffici provinciali competenti: Appa Bolzano, la Ripartizione provinciale Foreste, l'Agenzia provinciale per la Protezione civile, Il Museo di Scienze Naturali dell'Alto Adige e la Ripartizione provinciale Natura, Paesaggio e Sviluppo del Territorio.

Il laghetto di *Fiè* "minacciato" delle carpe erbivore

Il lago di *Fiè*, un piccolo lago poco profondo circondato da splendidi boschi di aghifogli, si trova in Alto Adige ai piedi della catena montuosa dello Sciliar, all'interno del Parco naturale *Sciliar-Catinaccio*. Rappresenta da sempre una meta molto amata da residenti e turisti quale zona di pace e *relax*, oltre ad essere un esempio unico di biodiversità, ma inaspettatamente si è registrato un inspiegabile peggioramento dello stato delle acque. La causa è stata attribuita al rilascio nel laghetto, da parte di ignoti, di vari esemplari di carpa erbivora di provenienza asiatica che in breve tempo, hanno distrutto tutta la flora acquatica preesistente e ne hanno impedito la ricrescita.
In assenza di piante acquatiche, i nutrienti sono rimasti liberi nell'acqua e sono diventati alimento per alghe e cianobatteri. I cianobatteri, proliferando velocemente, hanno causato un notevole intorbidimento delle acque, tanto da mettere a rischio la balneazione del lago.
Per ripristinare lo stato ecologico e la buona qualità delle acque dello specchio lacustre altoatesino sono state intraprese varie misure tra gli anni 2019 in poi, grazie ad una stretta collaborazione tra gli uffici competenti della Provincia di Bolzano, sotto il coordinamento di Appa Bolzano.
La prima misura messa in atto è stata l'abbassamento del livello delle acque del laghetto per permettere l'asporto delle carpe erbivore, e la creazione di un affluente artificiale, che nell'arco di un intero anno ha garantito un apporto accessorio nel laghetto di tre litri di acqua al secondo e la mappatura del fondale, necessaria per avere indicazioni precise su come attuare al meglio i successivi interventi.

Figura 1: una carpa erbivora di provenienza asiatica asportata dal laghetto di Fiè

Foto: Appa Bolzano

La successiva misura è stata la dispersione sulla superficie del lago di una sostanza inerte in grado di legare i nutrienti (fosfati) sia nell'acqua che nei sedimenti e mantenere quindi bassa la concentrazione delle sostanze nutritive responsabili della proliferazione di alghe e cianobatteri.

Figura 2: la dispersione sulla superficie del lago di una sostanza inerte, incolore, inodore e totalmente innoqua per la popolazione

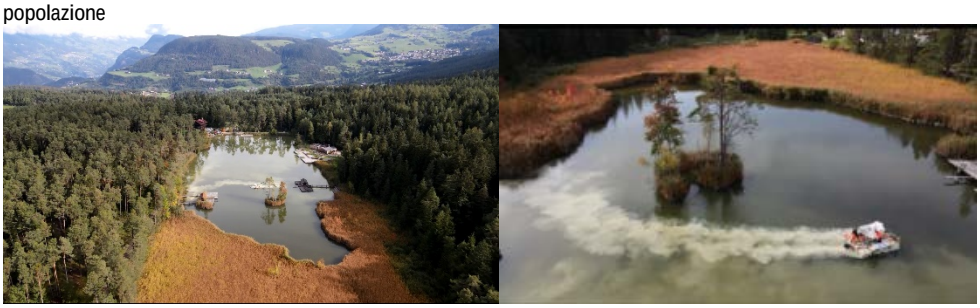


Foto: Appa Bolzano

Nello stesso anno e in quelli successivi, fino al 2021 sono state messe a dimora, su tutto il fondale del laghetto, con l'aiuto di sommozzatori, vari esemplari di piante acquatiche autoctone di acqua dolce della famiglia Characeae, prelevate dai vicini laghi di Dobbiaco, Anterselva e Braies. Grazie a questa ulteriore misura, il fosforo e i nutrienti sono stati riassorbiti dalle nuove piante contribuendo al ripristino graduale dello stato naturale e della qualità ecologica del laghetto di Fiè.

Figura 3: il laghetto di Fiè in tutto il suo attuale splendore

Foto: Appa Bolzano

Il laghetto di Rablà invaso dalla Peste d'acqua di Nuttall

Situato tra le montagne di Parcines, all'ingresso del Parco Naturale Gruppo di Tessa e nelle immediate vicinanze della città di Merano, il laghetto di Rablà è un habitat unico per molte specie di piante e animali. Alcuni anni fa, in brevissimo tempo, questa piccola oasi di pace e relax è stata turbata dall'arrivo della pianta acquatica invasiva "*Elodea nuttallii*", detta anche "Peste d'acqua di *Nuttall*" (dal botanico inglese *Thomas Nuttall*). Si tratta di una pianta acquatica a foglie strette, originaria del Nord America, radicata nei fondali di laghi, stagni e corsi d'acqua poco profondi e a lento scorrimento (cfr. "Sommario" del Piano di gestione nazionale della peste d'acqua di Nuttalli). In Europa la pianta è stata introdotta come pianta ornamentale per laghetti, stagni ed acquari.

Figura 4: la pianta esotica invasiva *Elodea nuttalli*

Foto: Appa Bolzano

Identificata per la prima volta in Alto Adige nell'estate del 2022, proprio nel laghetto di Rablà, *Elodea nuttallii,* ha colonizzato in breve tempo il corpo idrico, grazie alla sua grande capacità di adattamento alle condizioni ambientali e alla sua rapida crescita e riproduzione asessuale. Non si sa come questa pianta acquatica sia comparsa all'improvviso nel laghetto di Rablà, ma si presume che la causa sia da ricondurre allo svuotamento nel lago del contenuto di un acquario.

Figura 5: Il laghetto di Rablà invaso dalla pianta esotica invasiva *Elodea nuttalli*

Foto: Appa Bolzano

Come prescritto dalle Linee guida di ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) e dalle norme internazionali (Regolamento UE n. 1143/2014 e decreto legislativo 15 dicembre 2017, n. 230), sono state intraprese misure per eradicare la pianta acquatica invasiva e ripristinare lo stato naturale del laghetto. Sotto il coordinamento di Appa Bolzano, e in stretta collaborazione con l'Agenzia provinciale per la Protezione civile, la Ripartizione provinciale Foreste, l'Ufficio Gestione fauna selvatica, l'Ufficio provinciale Natura e l'Associazione locale dei pescatori, è stato abbassato il livello dell'acqua del laghetto di 1,20 m per facilitare lo sfalcio e la rimozione delle masse erbose. Successivamente sono stati riversati nel laghetto circa 16 mila metri cubi di materiale pulito per coprire la pianta e infine è stato eretto un argine con l'obiettivo di separare l'acqua del laghetto dalla confluenza con l'affluente (il rio di *Tell*), per evitare che piccoli frammenti della pianta potessero colonizzare nuovi habitat. Dopo un anno di osservazione e monitoraggio, il risultato dei campionamenti è confortante: *l'Elodea nuttallii* non è più geneticamente e morfologicamente rilevabile nel laghetto di Rablà e nemmeno nell'area del rio di *Tel*. Da qualche mese sono quindi partiti i lavori di riqualificazione dello specchio d'acqua al fine di riportarlo al suo originario splendore.

Piante e animali esotici: una minaccia alla biodiversità?
Guarda il video animato su YouTube
https://youtu.be/J6-FAGumy1k?si=rErAaQcuk-JFqbYm

Bibliografia

Linee guida ISPRA per la gestione delle specie vegetali alloctone. L'esperienza maturata nell'ambito del Progetto PonDerat.
https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/manuali-e-linee-guida/linee-guida-per-la-gestione-delle-specie-vegetali-alloctone
Decreto legislativo 15 dicembre 2017, n. 230Adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) n. 1143/2014 del Parlamento europeo e del Consiglio del 22 ottobre 2014, recante disposizioni volte a prevenire e gestire l'introduzione e la diffusione delle specie esotiche invasive (18G00012)
https://www.normattiva.it/esporta/attoCompleto?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2018-01-30&atto.codiceRedazionale=18G00012.
Regolamento (UE) n. 1143/2014 del Parlamento europeo e del Consiglio del 22 ottobre 2014 recante disposizioni volte a prevenire e gestire l'introduzione e la diffusione delle specie esotiche invasive.
Piano di gestione nazionale della peste d'acqua di Nuttall (*Elodea nuttallii*)
https://www.mase.gov.it/portale/web/guest/-/peste-d-039-acqua-di-nuttall-

SPECIE ALIENE INVASIVE: PUNTI DI INGRESSO E TECNICHE DI MONITORAGGIO

Autori: Stefano Ferretti, Filippo Demicheli
ARPA Liguria

In un contesto di globalizzazione dei movimenti e dei commerci diventa estremamente difficile individuare e monitorare tutti i possibili siti di arrivo di una specie aliena invasiva (*IAS – Invasive Alien Species*). Le aree antropizzate, come le città e le loro infrastrutture, forniscono porte di ingresso e transito preferenziali, talvolta standardizzabili attraverso sistemi di sorveglianza attiva.
Diverse esperienze su scala globale hanno posto al centro dei sistemi di allerta prioritaria un sistema a due fattori, basato sull'identificazione dei siti sensibili per la biodiversità e dei siti suscettibili alle invasioni da parte di specie aliene, in grado di fornire, a seguito della loro sovrapposizione, una mappatura dei siti da monitorare prioritariamente (Clark *et al*., 2025).

Punti d'ingresso (*pathways*)

Per definire i siti suscettibili alle invasioni è essenziale individuare i possibili punti (o porte) di ingresso, che possono essere rappresentati da:
a) porte effettive/reali, ovvero l'insieme di punti sul territorio dove si ha evidenza di diffusione delle varie *IAS -Invasive Alien Species* in base alla distribuzione delle loro segnalazioni nel tempo;
b) porte potenziali: luoghi o aree nelle quali le *IAS* hanno maggior possibilità di diffusione sul territorio di interesse, individuati in base alla presenza di determinate categorie di attività umane che presentano maggior rischio di facilitare la diffusione di *IAS* (aliem.network.eu).
L'individuazione della seconda tipologia di porta (b) si basa sulla disponibilità di dati e studi storici, sull'analisi degli aspetti ecologici dei luoghi di origine e dei fattori, anche antropici, che ne favoriscono l'avvento, anche in un'ottica preventiva.
Un possibile percorso logico utile all'individuazione di una porta d'ingresso è il seguente:
A. Individuazione dei criteri attraverso i quali definire una "porta di ingresso";
B. Individuazione delle fonti dei dati;
C. Analisi delle informazioni acquisite e organizzazione dei dati;
D. Ottimizzazione e verifica topologica e cartografica;
E. Redazione di una carta delle porte di ingresso potenziali.

A) Per individuare punti di ingresso a maggior rischio è necessario identificare alcuni criteri. A tal fine possono essere utilizzate, sintetizzandole, le tipologie di *pathway* prioritarie per l'Italia individuate dal documento del progetto LIFE Asap (Tricarico *et al.*, 2019) che indica, in relazione alle attività umane, tre principali macrocategorie:
1. le fughe involontarie o i rilasci volontari, legati al commercio di specie animali cosiddette da compagnia (comprese quelle detenute in terrari e acquari), da reddito, venatorie o alieutiche;
2. la propagazione di specie vegetali o di parassiti o patogeni legata al commercio delle piante e/o l'orticoltura (sulle piante stesse, sui semi, nei terricci e in generale nei materiali da vivaismo);
3. l'arrivo "clandestino" o involontario di specie esotiche attraverso vari mezzi di trasporto (fouling delle chiglie, acque di zavorra), le merci o gli imballaggi delle stesse.

Esiste un'ulteriore tipologia di arrivo che, seppur caratterizzata da una propagazione autonoma, risulta di fatto favorita dall'uomo: la propagazione di specie lessepsiane o specie giunte tramite vettori umani fino ad un dato punto e poi naturalmente propagatesi.
B) Una volta definite le macrocategorie di interesse è necessario reperire gli strati informativi che possano fornire dati relativi alla loro collocazione topografica. Per questa operazione possono essere utilizzate fonti istituzionali e/o set cartografici liberamente scaricabili quali carte di uso del suolo, cartografie tematiche ecologiche (reti), infrastrutturali (es. porti, aeroporti, impianti nautici) e commerciali.
C) Dai suddetti database possono essere estratte le geometrie di interesse, eventualmente raggruppandole secondo categorie predeterminate.
D) In questa fase possono essere considerati quali elementi lineari di dispersione strade, autostrade e ferrovie, che possono eventualmente rappresentare fonti di diffusione da ambiente confinato. Ciò si verifica a causa degli alti livelli di attività umana che li contraddistinguono, della vicinanza ad habitat stressati e della cospicua disponibilità di vettori (automobili, treni, barche) che facilitano la dispersione dei singoli organismi.
E) I siti sensibili di prima identificazione sono costituiti da porti (anche turistici), aeroporti, stazioni ferroviarie (Genovesi *et al*., 2010), mercati di merci internazionali provenienti dal traffico su gomma (es. mercato florovivaicolo (Ööpik *et al.*, 2013), anche al dettaglio (Herrera *et al.*, 2024).

Tecniche di monitoraggio

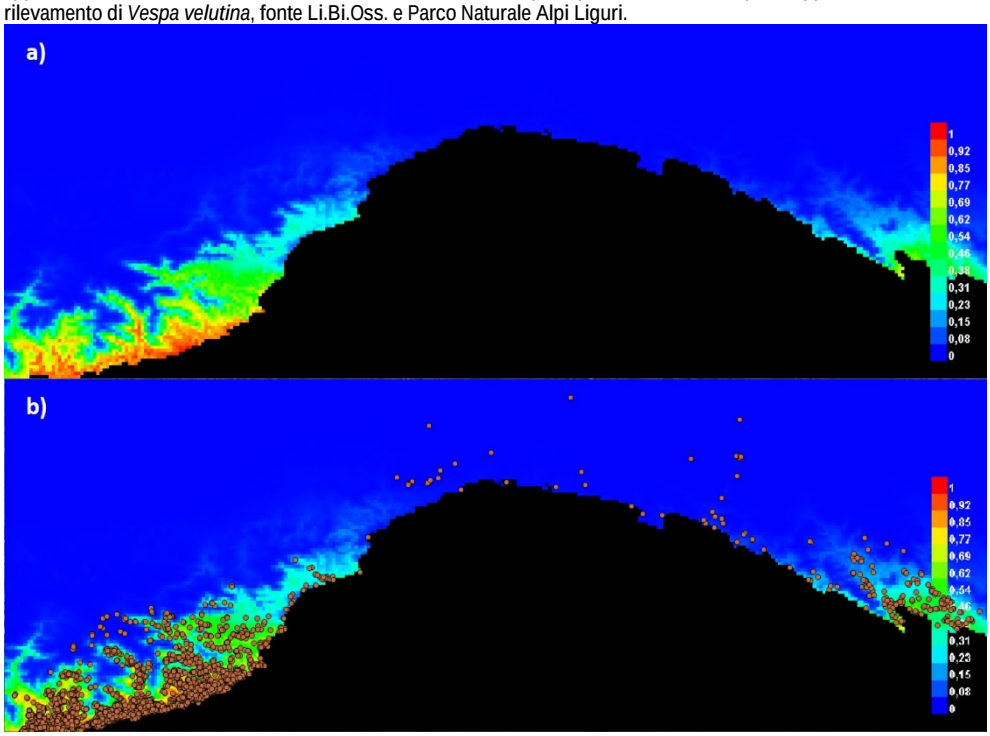
Le tecniche di monitoraggio, seppur variegate, si differenziano in base alla specie o ai relativi livelli tassonomici di ordine e classe (es. coleotteri e ditteri): a meno che non si scelga di concentrarsi su un singolo *taxon*, i piani di monitoraggio delle IAS nei punti di ingresso comprendono l'utilizzo contestuale di diversi metodi, tecniche o attrattivi. Questa eterogeneità, se non ben calibrata, può avere effetti indiretti anche su individui non *target* (Herrera *et al.*, 2024), con ricadute potenzialmente non trascurabili nei confronti di specie di interesse conservazionistico. In questo senso, laddove possibile, possono essere utilizzate tecniche di sorveglianza passiva, come fototrappole (Viviano *et al*., 2025) o acustica ambientale (Amorim *et al*., 2023), o attiva. In quest'ultimo caso, la disponibilità di tecniche è molto varia e dipende dallo spettro d'indagine: nel caso del monitoraggio degli insetti, ad esempio, possono essere utilizzate combinazioni di più attrattivi, come trappole a feromoni di aggregazione (coleotteri), a feromoni sessuali (lepidotteri, ditteri), con attrattivi chimici (coleotteri e ditteri), con attrattivi alimentari (ditteri, imenotteri) o di altra natura (es. trappole luminose, Santoro *et al*., 2022, e chimiche).
In caso di specie animali commerciabili è talvolta necessario intervenire in un contesto post-invasione, con trappole tarate su aspetti eco-etologici tipici (es. *basking trap* per testuggini, *mist net* per avifauna). Il monitoraggio delle specie botaniche nei punti di arrivo risulta di più difficile attuazione perché, se da un lato è possibile intervenire direttamente sulle specie commerciate, dall'altro risulta molto complicata la prevenzione a livello di propagulo o seme. In caso di invasione conclamata, i metodi di *Remote Sensing* possono garantire una rilevazione più rapida e un monitoraggio meno intensivo rispetto ai tradizionali metodi sul campo, quando una particolare fase di crescita di una pianta può essere facilmente identificata (ad esempio, fioritura, maturazione) o per quelle specie con caratteristiche riconoscibili (Morain, 1998). In alternativa, per il monitoraggio dei corridoi antropici (es. strade), modelli

di *deep learning* per *computer vision* possono essere utilizzati per un rilevamento rapido ed economico delle specie di interesse (Biodiversa.eu).

Prospettive future

La capacità di prevedere la futura distribuzione delle IAS in un contesto di cambiamenti climatici risulta spesso complicato, considerando che sono numerosi i fattori che influenzano i modelli di invasione locali e a breve termine (Mainali *et al*. 2015). Il cambiamento climatico è coinvolto nelle modifiche dei percorsi per il movimento delle specie invasive su scala globale (Walther *et al*. 2009) e, in molti casi, si prevede che faciliterà l'espansione delle specie invasive in aree che in precedenza erano climaticamente inaccessibili (Walther et al. 2009). Un approccio di gestione efficace implica l'individuazione di quali specie si diffonderanno, in quali luoghi e in quali momenti. Una delle tecniche più utilizzate per verificare le potenziali vie di dispersione delle specie aliene invasive prevede l'utilizzo di software per *Species Distribution Modeling* (SDM) and *Habitat Suitability Modeling* (HSM), per esempio attraverso la valutazione la potenziale idoneità bioclimatica attuale e futura (Figura 1).

Figura 1: *Species Distribution Model* per *Vespa velutina* in Regione Liguria basato dati WorldClim e software Maxent: a) proiezione utilizzando il *Global Climat model* CMCC, SSP585 per il periodo 2021-2040 b) sovrapposizione con dati di rilevamento di *Vespa velutina*, fonte Li.Bi.Oss. e Parco Naturale Alpi Liguri.



Fonte: Osservatorio della Biodiversità Ligure (Li.Bi.Oss).

Bibliografia

Amorim M.C.P., Wanjala J.A., Vieira M., Bolgan M., Connaughton M.A., Pereira B.P., Fonseca P.J., Ribeiro F., 2023. *Detection of invasive fish species with passive acoustics: Discriminating between native and non-indigenous sciaenids*, Marine Environmental Research, Volume 188, 106017, ISSN 0141-1136, https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2023.106017.

Clarke D.A., Clarke R.H., McGeoch M.A., 2025. *How to Identify Priority Sites for Invasive Alien Species Policy and Management*. Divers Distrib, 31: e13970. https://doi.org/10.1111/ddi.13970

Genovesi P., Scalera R., Brunel S., Roy D.B., Solarz W., 2010. *Towards an early warning and information system for invasive alien species (IAS) threatening biodiversity in Europe*. 10.2800/4167.

Herrera, C., Hervías-Parejo, S., Traveset, A. et al., 2024. *First detection of a potentially invasive species using a multi-threat early detection trap network*. Biol Invasions 26, 365–370. https://doi.org/10.1007/s10530-023-03197-y

Mainali K.P., Warren D.L., Dhileepan K., McConnachie A., Strathie L., Hassan G., Karki D., Shrestha B.B., Parmesan C., 2015. *Projecting future expansion of invasive species: comparing and improving methodologies for species distribution modeling*. Global Change Biology, 21(12), 4464–4480. https://doi.org/10.1111/ gcb.13038

Morain S,A., 1998. *A Brief History of Remote Sensing Applications, with Emphasis on Landsat*. In: National Research Council, People and Pixels: Linking Remote Sensing and Social Science. The National Academies, Washington, DC, USA, p. 256.

Ööpik M., Bunce R.G.H.B., Tischler M., 2013. *Horticultural markets promote alien species invasions: an Estonian case study of herbaceous perennials*. NeoBiota 17: 19-37. https://doi.org/10.3897/neobiota.17.4217

Santoro S., Pérez I., Gegundez M., Calzada J., 2022. *Camera traps and artificial intelligence for monitoring invasive species and emerging diseases*. Ecological Informatics. 67. 101491. 10.1016/j.ecoinf.2021.101491.

Tricarico E., Lazzaro L., Giunti M., Bartolini F., Inghilesi A.F., Brundu G., Cogoni A., Iiriti G., Loi M.C., Marignani M., Caddeo A., Carnevali L., Genovesi P., Carotenuto L., Monaco A., 2019. *Le specie aliene invasive: come gestirle. Guida tecnica per professionisti*. pp. 92 + Appendice 1 e 2.

Viviano V., Ancillotto L., Dondina O., Burchielli A., Miccolis D., Mori E., 2025. *What a camera trap survey can reveal about the behaviour of an invasive species: Insights from coypus Myocastor coypus in an urban park of central Italy*, Applied Animal Behaviour Science, Volume 284, 106534, ISSN 0168-1591, https://doi.org/10.1016/j.applanim.2025.106534.

Walther G.R., Roques A., Hulme P.E., Sykes M.T., Pysek P., Kühn I., Zobel M., Bacher S., Botta-Dukát Z., Bugmann H., Czúcz B., Dauber J., Hickler T., Jarosík V., Kenis M., Klotz S., Minchin D., Moora M., Nentwig W., Ott J., Panov V.E., Reineking B., Robinet C., Semenchenko V., Solarz W., Thuiller W., Vilà M., Vohland K., Settele J., 2009. *Alien species in a warmer world: risks and opportunities*. Trends Ecol Evol. Dec;24(12):686-93. doi: 10.1016/j.tree.2009.06.008. Epub 2009 Aug 25. PMID: 19712994.

Sitografia

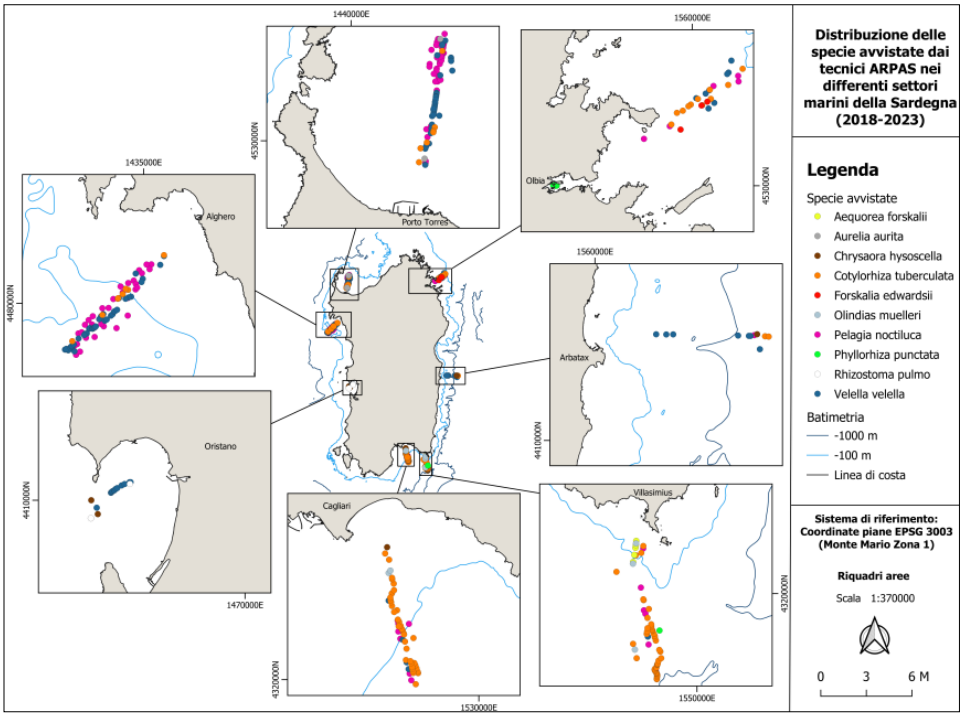
https://www.aliem-network.eu/
https://www.biodiversa.eu/
https://parconaturalealpiliguri.it/vespa-velutina/
https://applibioss.arpal.liguria.it/applibioss/
https://www.worldclim.org /

LE MEDUSE IN SARDEGNA. BIOECOLOGIA E DISTRIBUZIONE DELLE SPECIE AVVISTATE DURANTE I MONITORAGGI DELLA STRATEGIA MARINA

Autori: Giacomo Frau, Donatella Decandia, Walter Brambilla, Fabio Giardina, Alberto Serra, Armando Verona, Francesca Prestigiacomo, Paolo O. Fiori, Valeria Manca, Stefano Muredda, Francesca Pilia, Francesca Putzolu, Cristina Farris, Maurizio Pia, M. Antonella Porcu, Giovanni Casula, Giorgio J. Farina, Simonetta Meloni, Anna Piras, Simona Spanu, Claudia Porcu, Francesco Livretti, Marco Puddu, Giuliano Saiu, Tullia Fiore, Enrico Randaccio, Romano Ruggeri.
ARPA Sardegna

Nell'ambito dei diversi descrittori investigati dalla Strategia Marina (2008/56/CE), la biodiversità rappresenta uno dei temi centrali a cui vengono rivolte numerose attività di monitoraggio, tra cui quelle dedicate al macro e mega-zooplancton gelatinoso, porzione del plancton marino formato da organismi animali gelatinosi con dimensioni comprese rispettivamente tra i 2 e i 20 cm e tra i 20 e i 200 cm, rappresentati da meduse, ctenofori e taliacei.
L'Agenzia difatti svolge bimestralmente attività finalizzate alla valutazione della biodiversità, della qualità degli habitat pelagici e al rinvenimento di Specie Non Indigene (NIS).
In questo lavoro si riportano i dati di abbondanza e distribuzione delle meduse in diversi settori marini della Sardegna, riuniti in un documento divulgativo finalizzato ad incrementare le conoscenze sulla complessità e variabilità di questi organismi, pubblicato sul sito web dell'Agenzia (https://www.sardegnaambiente.it/index.php?xsl=612&s=462795&v=2&c=4581&idsito=21).
Allo stato attuale, infatti, le informazioni sulla presenza delle meduse in Sardegna risultano scarse e frammentarie; a questo si aggiunge la confusione nell'opinione pubblica relativamente al ruolo che questi organismi occupano all'interno delle reti trofiche e dell'ecosistema marino.
Fondamentale è risultato dunque strutturare il documento divulgativo prevedendo una sezione introduttiva dedicata alla complessità e peculiarità del ciclo biologico di questo gruppo animale. I dati di presenza, relativi agli avvistamenti delle singole specie, sono stati riuniti in schede descrittive di dettaglio, accompagnate da illustrazioni e carte distributive.
I dati in questione sono stati raccolti dall'ARPAS durante i monitoraggi della Strategia Marina nel periodo compreso tra il 2018 e il 2023. Complessivamente sono stati registrati 361 avvistamenti, riconducibili a 10 differenti specie (Figura 1).

Figura 1. Localizzazione degli avvistamenti eseguiti durante le attività di monitoraggio condotte nell'ambito della Strategia Marina dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna (periodo 2018-2023).



Fonte: ARPA Sardegna

Il maggior numero di avvistamenti ha riguardato le aree di P. Torres (N=101) e Alghero (N=88) che hanno rappresentato il 60,5% degli avvistamenti totali. Abbondanti anche gli avvistamenti eseguiti nella Sardegna meridionale, con il 31,3% delle segnalazioni complessive.

In termini di ricchezza di specie il settore di Villasimius è risultato quello con la maggiore biodiversità, con il ritrovamento di sei differenti specie, seguito da Cagliari e Olbia (N=5). Il settore di Alghero risulta invece quello con il minor numero di specie ritrovate (N=3), mentre i rimanenti hanno fatto registrare la medesima quantità di specie (N=4).

Durante le attività di monitoraggio l'idromedusa coloniale *Velella velella* è stata riscontrata in tutte le aree, rappresentando la specie più avvistata nei settori marini sardi. Complessivamente la specie è stata avvistata in 114 occasioni, principalmente nell'area di Alghero (57,5%) e Porto Torres (40,2%).

I picchi di abbondanza sono stati raggiunti nel 2023, con 35 avvistamenti, riconducibili a circa 1.300 colonie. Meno rappresentata la Sardegna meridionale, con 5 avvistamenti complessivi. Si evidenzia il fatto che *Velella velella* risulti innocua per l'uomo in caso di contatto accidentale (Hughes e Smith, 1994; Burnett e Calton, 1996).

Anche la specie *Cotylorhiza tuberculata*, è risultata ben rappresentata in tutte le aree della Sardegna, ad eccezione dell'oristanese, risultando la scifomedusa più abbondante. La specie è stata avvistata in

111 occasioni, per un totale di 178 individui, concentrati principalmente nell'area di Villasimius (N=85) e Cagliari (N=63). È stata riscontrata maggiormente tra le 6 e le 12 M dalla costa. I picchi di abbondanza sono stati raggiunti nel 2019, con 116 individui avvistati. Anche questa specie, frequente in prossimità della costa durante la stagione estiva, risulta innocua per l'uomo in caso di contatto (Pistarino, 2013).
Pelagia noctiluca si è rivelata anch'essa abbondante poichè avvistata in tutte le aree monitorate. Complessivamente sono stati avvistati 164 individui, concentrati principalmente nell'area di Alghero (54,9%) e Porto Torres (32,3%). Il maggior numero di avvistamenti si è registrato nel 2018, con circa 70 individui nella Sardegna settentrionale. Questa specie, frequente in prossimità delle coste in primavera e in autunno è la scifomedusa più urticante tra quelle osservate (Lucas e Job, 2005).
Per quanto concerne *Rhizostoma pulmo*, si segnalano due avvistamenti avvenuti esclusivamente nell'area di Oristano (nel 2018 e 2022), tra le 3 e 6 M dalla costa. La specie nota come Polmone di mare è una delle meduse più grandi del Mediterraneo, con un peso totale dell'individuo di oltre 10 Kg e un'ombrella che può superare il metro di diametro. Nonostante le sue dimensioni risulta pressoché innocua per l'uomo, provocando un leggero prurito in soggetti particolarmente sensibili (Purcell, 1997; Fuentes *et al.,* 2011).
Decisamente meno frequenti, con avvistamenti occasionali, sono risultate le specie *Olindias muelleri* (N=4), *Aequorea forskalea* (N=6), *Forskalia edwardsii* (N=3), *Chrysaora hysoscella* (N=4) e *Aurelia aurita* (N=2). Degna di nota è invece la presenza della specie alloctona *Phyllorhiza punctata* (Figura 2), di origini pacifiche, introdotta dalle attività antropiche e segnalata nel Mar Mediterraneo già dal 1965 (Galil *et al*., 1990). Il 92% dei ritrovamenti ha riguardato l'area portuale di Olbia, benché siano note diverse segnalazioni pervenute per l'area di Cagliari, specialmente all'interno del porto.
I problemi causati da questa specie non sono da ricercarsi nella sua tossicità, in quanto risulta innocua per l'uomo (Smith e Cirintero, 2002), piuttosto nell'alterazione degli equilibri ecologici (Packer e Antunes, 2019) poiché ingerisce grandi quantità di uova e plancton, alterando la rete trofica (Gueroun *et al.,* 2015).
Questa rappresenta al momento l'unica Specie Non Indigena riscontrata durante le attività di monitoraggio della Strategia Marina in Sardegna nel periodo di riferimento. I ritrovamenti di questa specie stanno progressivamente aumentando, passando da qualche individuo avvistato nel 2020 fino a superare la decina nel 2023.

Figura 2. Esemplare di *Phyllorhiza punctata* fotografato nell'area portuale di Olbia durante le attività di monitoraggio della Strategia Marina nel 2023.

Fonte: ARPA Sardegna-Donatella Decandia

Tuttavia, un'altra specie alloctona risultava già segnalata da ARPAS nel 2016 nell'area di Alghero. La specie in questione è *Catostylus tagi*, medusa di origine atlantica, recentemente comparsa nel Mediterraneo (Boero, 2011).

Questo lavoro fornisce dei primi risultati sulla presenza e distribuzione delle meduse in alcuni settori marini della Sardegna, indagati nell'ambito della Strategia Marina.

Il documento divulgativo elaborato rappresenta uno strumento di sensibilizzazione nei confronti dell'elevata variabilità che contraddistingue il gruppo delle meduse. Questo pone inoltre l'attenzione sull'elevata biodiversità specifica presente nei mari sardi, evidenziando l'importante ruolo ecologico che tali animali rivestono nell'ecosistema marino (Wright *et al.,* 2021).

La presenza delle meduse fornisce indicazioni rilevanti sullo stato di salute del mare, nonché su cambiamenti ecologici in atto. Variazioni nelle popolazioni si verificano infatti, in risposta ad alterazioni ambientali, come l'innalzamento delle temperature o la competizione con specie alloctone (Condon *et al.,* 2013). Il delicato e complesso ruolo ecologico delle meduse nell'ecosistema marino sta alla base dell'importanza di eseguire dei costanti e attenti monitoraggi di questa fondamentale componente.

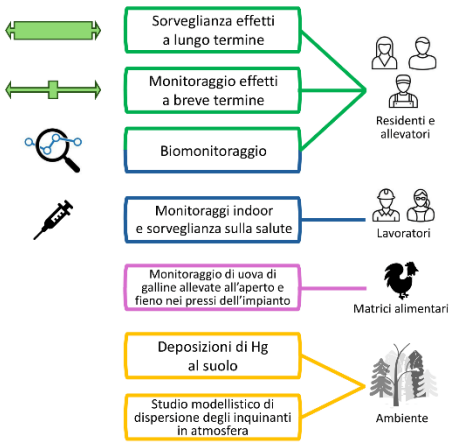
MONITORAGGIO E CONTROLLI

IL PROGETTO SPOTT (SORVEGLIANZA SULLA SALUTE DELLA POPOLAZIONE NEI PRESSI DEL TERMOVALORIZZATORE DI TORINO)

Autori: Cristiana Ivaldi, Martina Gandini, Marco Gilardetti, Fulvio Raviola
ARPA Piemonte

Nel novembre 2006 è stata effettuata una Valutazione di Impatto Ambientale (V.I.A.) per il Termovalorizzatore del Gerbido a Torino, includendo un **piano di sorveglianza sanitaria** per **monitorare la salute della popolazione residente**. La Città Metropolitana di Torino ha incaricato un gruppo di istituzioni pubbliche (ARPA Piemonte, ASL TO3, ASL TO1 e ISS) di progettare e condurre il piano, istituito nel 2013 (progetto SpoTT) (Figura 1). Tutti i risultati del progetto sono pubblicati sul sito dedicato https://www.spott.dors.it/.
L'impianto è stato autorizzato a ricevere rifiuti da tutta la provincia di Torino e da altre regioni (421.000 t/anno, portato a 520.000 t/anno nel 2015). La normativa europea impone procedure di autorizzazione e limiti per le emissioni inquinanti degli inceneritori mentre la letteratura internazionale mostra risultati incerti sull'impatto sulla salute umana, soprattutto per impianti di vecchia generazione (Negri et al, 2020).

Figura 1: Linee di attività del progetto SPoTT



Fonte: ARPA Piemonte

Al fine di valutare le variazioni nel tempo di alcuni inquinanti è stato attivato il biomonitoraggio dei residenti e degli allevatori su un gruppo di persone vicino al termovalorizzatore di Torino e su un gruppo di controllo in tre periodi (Bena et al 2016): prima dell'entrata in funzione dell'impianto (T0-2013), dopo un anno (T1-2014), dopo tre anni (T2-2016) e nel 2024 (T3), con risultati attesi entro fine 2025.
Al biomonitoraggio, hanno aderito 394 persone al T0, ridotte a 380 al T1 e a 344 al T2. Nel 2024 l'adesione si è ridotta a 202 soggetti a causa di cambi di residenza al di fuori dell'area in studio e per cause legate all'età avanzata dei partecipanti.

Analogamente hanno aderito al biomonitoraggio 13 allevatori (ridotti a 9 al T3), residenti vicino all'impianto.
Ai soggetti sono stati fatti prelievi di sangue e urina per valutare lo stato di salute generale, fattori di rischio cardiovascolare, funzionalità endocrina e renale, e funzionalità respiratoria. Sono stati cercati metalli, idrocarburi policiclici aromatici (IPA), diossine (PCDD), policlorobifenili (PCB) e furani (PCDF).

I risultati ottenuti hanno mostrato:

- nel tempo, una riduzione dei valori di metalli nel sangue e nelle urine, addirittura maggiore tra i residenti vicino all'impianto. I valori riscontrati nel gruppo di allevatori sono in linea con i residenti;
- i residenti più vicini all'impianto e i residenti del gruppo di controllo avevano al T2 valori simili di PCDD, PCDF e PCB, con una generale diminuzione rispetto al T0. La riduzione di questi inquinanti nella popolazione residente è in linea con la documentata diminuzione nell'ambiente e nei cibi, probabile risultato di politiche europee di riduzione della contaminazione ambientale. Negli allevatori, pur essendo i valori in generale diminuzione, si mantengono più alti rispetto ai residenti;
- i valori riscontrati di OH-IPA al T2 risultavano simili tra i due gruppi di cittadini campionati, con una diminuzione generale rispetto al T0. Le variazioni di OH-IPA osservabili nella popolazione residente non sembrano quindi legate all'attività dell'impianto (Iamiceli et al 2022). Negli allevatori si riscontrano valori generalmente più alti, probabilmente a causa di una maggiore propensione al fumo.

Sono stati utilizzati tre approcci per valutare l'impatto degli effetti a breve termine del termovalorizzatore:

- l'analisi dei tassi di accesso al pronto soccorso in periodi di 27 mesi prima e dopo la messa in funzione dell'impianto, escludendo il periodo di pandemia;
- Il confronto degli andamenti giornalieri di ricoveri o accessi in pronto soccorso (PS) per patologie acute cardiovascolari e respiratorie, a pochi giorni da un picco emissivo degli inquinanti;
- il confronto della variazione di accessi in PS e ricoveri tra residenti nell'area di massima ricaduta e in un'area di controllo, in relazione all'andamento giornaliero di alcuni inquinanti.

Le analisi non evidenziano un effetto significativo a breve termine del termovalorizzatore (Gandini et al 2022).

Con riferimento agli effetti a lungo termine sono stati considerati 369.236 soggetti residenti in aree con diversi livelli di ricadute al suolo di metalli pesanti e un gruppo di controllo nel periodo 2014-2019 (esclusa la pandemia). Sono stati analizzati i ricoveri per cause cardiache, malattie ischemiche del cuore, insufficienza cardiaca, malattie cerebrovascolari, malattie respiratorie acute e BPCO. Inoltre, sono stati analizzati gli esiti avversi della gravidanza (rapporto tra sessi, parti multipli, parti pretermine, basso peso alla nascita, piccoli per età gestazionale e aborti spontanei). Sono stati ottenuti i seguenti risultati:

- non si sono riscontrate associazioni significative per gli esiti considerati;

- nell'area di massima esposizione si è osservata una tendenza all'aumento di insufficienze cardiache e malattie ischemiche del cuore, ma il basso numero di eventi suggerisce cautela nell'interpretare il risultato;
- lo studio conferma che non ci sono evidenti effetti dannosi del termovalorizzatore sulla salute umana.

Con riferimento al monitoraggio sui lavoratori del termovalorizzatore, sono stati considerati due gruppi: uno "non esposto" (dirigenti e tecnici d'ufficio) ed uno "potenzialmente esposto" (lavoratori nelle linee di combustione). Il biomonitoraggio è stato effettuato all'assunzione e dopo 1 e 3 anni di lavoro, con le seguenti conclusioni:

- Metalli: I valori sono inferiori ai limiti di esposizione e generalmente diminuiti nel tempo, con alcune eccezioni (Mn, Pt e Sb). I lavoratori esterni mostrano valori leggermente superiori per alcuni metalli (Be e Pb). I monitoraggi ambientali indicano che la presenza di metalli è sotto i limiti misurabili, confermando l'assenza di esposizione professionale;
- IPA: I livelli sono stabili o in diminuzione dopo tre anni. I monitoraggi ambientali mostrano che la presenza di IPA è sotto i limiti misurabili, confermando l'assenza di esposizione professionale;
- PCB e Diossine: I livelli sono simili o inferiori a quelli misurati all'avvio dell'impianto, sia per i lavoratori TRM che per quelli delle ditte in subappalto.

Significativo è stato anche il monitoraggio delle matrici alimentari con l'effettuazione nella primavera e nell'autunno del 2021 di analisi su uova e fieni in quattro aziende per descrivere la contaminazione da microinquinanti nell'area del Gerbido. I risultati sono stati confrontati con quelli di studi precedenti nella stessa area e nelle aree di Basse di Stura e Serravalle Scrivia (monitorate nel 2013). Come previsto, i campioni hanno mostrato segni di contaminazione, simili a quelli riscontrati in passato nella stessa area e in altre aree periurbane e industriali piemontesi.

Infine, è stato condotto uno studio modellistico meteodispersivo degli inquinanti utilizzando i dati orari del sistema di monitoraggio in continuo delle emissioni (SME) del termovalorizzatore, sugli anni 2016, 2019 e 2022, producendo mappe di concentrazioni in atmosfera e di deposizioni al suolo. I valori sono stati confrontati con i dati delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria nella zona. Il confronto ha mostrato per tutti gli inquinanti un contributo del termovalorizzatore modesto, spesso inferiore di uno o più ordini di grandezza rispetto ai valori misurati. Per il mercurio, unico inquinante con concentrazioni modellizzate simili a quelle misurate, sono stati adottati provvedimenti da parte del gestore che hanno ridotto significativamente le emissioni negli anni successivi.

Bibliografia

Bena, A. et al 2016. *Biomonitoring and exposure assessment of people living near or working at an Italian waste incinerator: methodology of the SPoTT study*. Environ. Monit. Assess. 188(11), 607. doi: 10.1007/s10661-016-5624-5.

Gandini M, et al 2022, *Short-term effects on emergency room access or hospital admissions for cardio-respiratory diseases: methodology and results after three years of functioning of a waste-to-energy*

incinerator in Turin (Italy). Int J Environ Health Res. 2022 May;32(5):1164-1174. doi: 10.1080/09603123.2020.1849579. Epub 2020 Nov 29. PMID: 33249915.
Iamiceli AL, et al. 2022.*The longitudinal biomonitoring of residents living near the waste incinerator of Turin: Polycyclic Aromatic Hydrocarbon metabolites after three years from the plant start-up*. Environ Pollut. 2022 Dec 1;314:120199. doi: 10.1016/j.envpol.2022.120199. Epub 2022 Sep 22. PMID: 36155226.
Negri E., et al. 2020. *Health effects of living near an incinerator: A systematic review of epidemiological studies, with focus on last generation plants*. Environmental Research. Volume 184, 109305. https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109305.

UN NUOVO ALGORITMO PER L'IDENTIFICAZIONE E L'ATTRIBUZIONE DEI CONTRIBUTI AL PM10 DA DIVERSE SORGENTI DI AEROSOL BASATO SU MISURE FISICO-OTTICHE AD ALTA RISOLUZIONE TEMPORALE: APPLICAZIONE A UNA SERIE PLURIENNALE DI UN SITO URBANO IN VALLE ALPINA E IMPLEMENTAZIONE IN TEMPO REALE

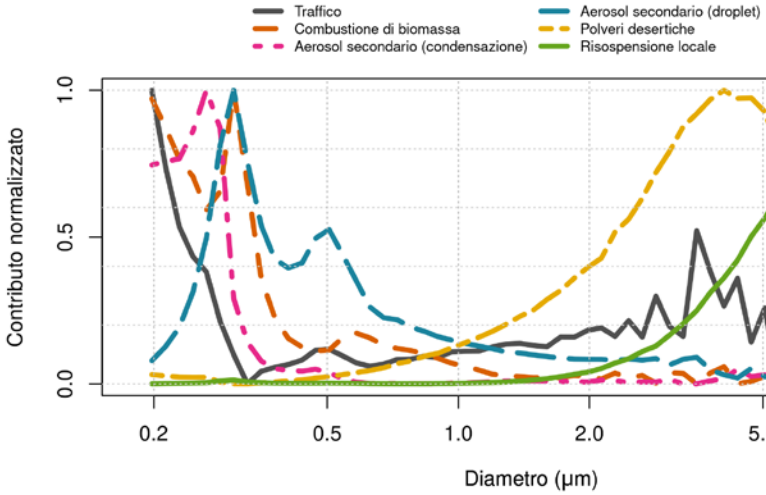
Henri Diémoz[1], Francesca Barnaba[2], Luca Ferrero[3], Ivan K.F. Tombolato[1], Caterina Mapelli[2,4], Annachiara Bellini[1], Claudia Désandré[1], Tiziana Magri[1], Devis Panont[1], Manuela Zublena[1]
[1] ARPA Valle d'Aosta, [2] CNR-ISAC Roma, [3] Università Milano-Bicocca, [4] CNR-IMAA Tito Scalo

Per poter definire strategie di risanamento della qualità dell'aria è necessario identificare le tipologie di sorgenti che contribuiscono a determinare le concentrazioni misurate dei diversi inquinanti e il loro peso relativo. Questa informazione acquisisce un'attualità ancora maggiore in considerazione dei limiti più restrittivi introdotti nella nuova direttiva europea 2024/2881 per la qualità dell'aria. Per quanto riguarda il particolato atmosferico (PM), tradizionalmente vengono impiegati nel *source apportionment* al recettore dati di caratterizzazione chimica, spesso ottenuti da filtri (PM10 o PM2.5) campionati giornalmente.
Parallelamente alla caratterizzazione chimica, si è recentemente diffuso anche nelle agenzie ambientali l'uso di strumenti più accessibili sia dal punto di vista economico sia di utilizzo, in grado di fornire parametri fisici avanzati dell'aerosol in modo continuativo, automatico e ad alta risoluzione temporale (ordine dei minuti-ora). Contatori ottici di particelle ed etalometri, ad esempio, offrono indicazioni rispettivamente sulla distribuzione dimensionale e sul coefficiente di assorbimento, e da questo, per conversione, sulla massa dell'*equivalent black carbon* del particolato stesso. Tali misure ottiche e microfisiche possono essere introdotte nel *source apportionment* come parametri di input, in modo sinergico o completamente indipendente alla chimica.
Questo studio presenta un'analisi quinquennale (2020-2024), condotta nella città di Aosta, mediante un nuovo approccio, denominato RASPBERRY (Real-time Aerosol Source apportionment using Physics-Based Experimental data and multivaRiate factoR analYsis) e basato su strumenti di misura ottici ad alta risoluzione temporale. I risultati ottenuti sono stati confrontati con metodi tradizionali (analisi chimiche su filtro) per verificarne l'affidabilità e l'applicabilità.

Metodologia

RASPBERRY considera la caratterizzazione fisica dell'aerosol ottenuta con: 1) Contatore ottico di particelle Palas Fidas 200, che misura la distribuzione dimensionale del particolato nell'intervallo 0.18–18 μm e ne deriva la concentrazione del PM su diverse granulometrie; 2) Etalometro Magee Scientific AE33, utilizzato per l'analisi dell'assorbimento a diverse lunghezze d'onda da parte delle particelle e la stima delle concentrazioni di eBC.
Le misure, effettuate presso la stazione di fondo urbano di Aosta gestita da ARPA Valle d'Aosta, sono state mediate su periodi di un'ora. Inoltre, altri strumenti, in particolare quelli per il telerilevamento attivo e passivo dell'aerosol (lidar-ceilometer e fotometri solari), sono stati impiegati per supportare l'interpretazione dei dati attraverso una visione "tridimensionale" dell'atmosfera.

Figura 1: Contributi (normalizzati a 1) alla distribuzione di volume associati a ogni fattore emergente dal *source apportionment* della procedura RASPBERRY.



Fonte: ARPA Valle d'Aosta

RASPBERRY funziona in due passi. Nel primo, una parte dei dati è elaborata tramite PMF con il *software* US-EPA PMF v5.0, una tecnica consolidata per l'assegnazione delle fonti di particolato atmosferico. Per contenere il numero di dati in ingresso alla PMF, può essere fatta una selezione casuale di un sottocampione. I dati di ingresso includono: 1) Le distribuzioni di volume, per distinguere tra aerosol fini e grossolani; 2) Il coefficiente di assorbimento ottico multi-spettrale, per identificare la presenza di composti emessi da processi combustivi, in grado di assorbire la luce; 3) La quantità "Delta-C" (differenza tra assorbimento della luce nella banda ultravioletta e infrarossa), in grado di separare il contributo all'assorbimento dei combustibili fossili da quello dovuto a particelle organiche prodotte della combustione di biomassa. Questa prima analisi restituisce i profili (espressi in termini di dimensioni del particolato, in Figura 1, e assorbimento ottico) dei fattori emissivi (sorgenti). Nel secondo passo, questi profili sono utilizzati per rielaborare l'intera serie con una regressione multilineare pesata sulle stesse incertezze della PMF, restituendo il contributo relativo di ogni sorgente nel tempo, lungo l'arco temporale del dataset inizialmente considerato. La stessa tecnica permette di implementare il metodo in tempo reale (Figura 2).

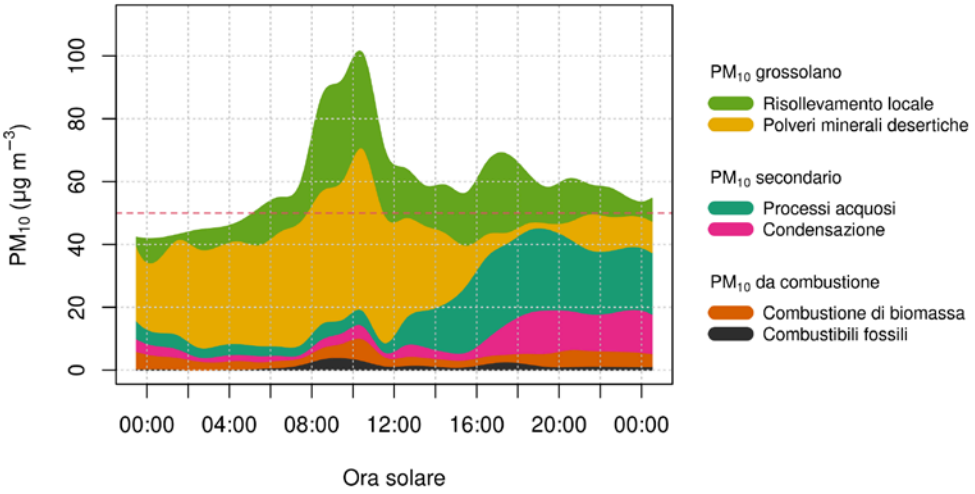
Risultati e discussione

L'approccio RASPBERRY sul dataset quinquennale considerato ha identificato, nella città di Aosta, sei principali fonti di PM10:

1. Traffico veicolare (9% del PM10 su tutto il periodo), caratterizzato dalle particelle più fini, elevata concentrazione di eBC e una bassa dipendenza spettrale dell'assorbimento
2. Combustione di biomassa per riscaldamento domestico (10%), riconoscibile grazie all'elevato assorbimento soprattutto nella banda UV

3. Aerosol secondari formati per condensazione (23%), spesso associati a solfato d'ammonio
4. Aerosol secondari nel modo "*droplet*" (16%), formati attraverso reazioni chimiche eterogenee e associati a condizioni di alta umidità, come nel caso del nitrato d'ammonio invernale
5. Polveri desertiche provenienti dal Sahara (21%)
6. Risollevamento di polveri locali grossolane (21%).

Figura 2: Esempio di informazione oraria sulle fonti del PM10 ottenibile in tempo reale dalla procedura RASPBERRY, riferito al 4 marzo 2021. Si mostra il ritiro nel pomeriggio di masse d'aria ricche di polveri minerali desertiche (giallo) e il loro ricambio con particolato secondario trasportato dai venti dalla Pianura Padana alla Valle d'Aosta (colori verde acqua e fucsia). In questa giornata, in cui il PM10 è dominato da particolato più grossolano, è comunque visibile un "fondo" dovuto alle emissioni locali legate a combustioni da traffico (nero) e biomassa (marrone).



Fonte: ARPA Valle d'Aosta

Per verificare l'affidabilità del nuovo metodo fisico-ottico, i risultati sono stati confrontati con la speciazione chimica tradizionale. L'analisi incrociata, necessariamente fatta a risoluzione giornaliera, ha evidenziato ottime correlazioni: ad esempio, l'indice di correlazione tra il contributo al PM10 della combustione di biomassa determinato con RASPBERRY e sulla base delle concentrazioni di levoglucosano è di 0.95; inoltre gli eventi di trasporto di polveri sahariane sono in accordo con le osservazioni lungo il profilo da lidar-ceilometer e fotometro. I risultati dimostrano che il nuovo approccio può essere utilizzato in modo affidabile per la classificazione delle fonti di PM10.

Conclusioni e implicazioni per le politiche di qualità dell'aria

RASPBERRY non va inteso come una sostituzione dei metodi tradizionali, che continuano a costituire una fondamentale base di validazione di riferimento. Tuttavia, alcuni vantaggi della tecnica proposta rispetto all'approccio basato su dati chimici sono: 1) l'estensione spaziale del *source apportionment* in siti dotati di strumenti automatici per la caratterizzazione dimensionale/ottica dell'aerosol nei quali non sono previsti il campionamento di filtri e l'analisi chimica; 2) l'aumento della risoluzione temporale per una migliore comprensione delle variazioni diurne legate a fattori meteorologici o emissivi; 3) la possibile implementazione in tempo reale per la gestione di emergenze in assenza di strumentazione

chimica *online*. Il metodo “fisico” e quello “chimico” possono, inoltre, essere integrati in *framework* che permettono analisi con risoluzioni temporali diverse, come la *multi-time* PMF.

Bibliografia

Diémoz H. et al., 2025, *PM10 source apportionment combining aerosol size and light absorption properties from high-time-resolution optical sensors: multi-year analysis, comparison with chemical speciation, and real-time implementation at an urban site in an Italian Alpine valley* (articolo in review)

IL WEBGIS A SERVIZIO DELLE ATTIVITÀ IN CAMPO DI MONITORAGGIO, CONTROLLO E ISPEZIONI DI TEMI E MATRICI AMBIENTALI

Autori: Adelchi Acampora, Achille Palma
ARPA Basilicata:

È ricorrente ritrovare sotto forma di web-gis una corposa quantità di dati e informazioni. Questa modalità di condivisione dei dati è certamente un aspetto fondamentale dei webgis, che rende possibili elaborazioni sui dati da parte di chiunque. Il webgis, tuttavia, non si esaurisce nella mera accessibilità e condivisione delle informazioni, ma può essere un utile ed efficace strumento di supporto alle attività di campionamenti, controlli, verifiche ed ispezioni che quotidianamente svolgono le ARPA/APPA, a partire dalle prime informazioni raccolte sul campo. Si presentano in questo articolo alcuni casi studio divenuti prassi consolidata nelle attività di campionamento dell'ARPA Basilicata ai fini della geolocalizzazione, memorizzazione, gestione e diffusione del dato acquisito, con l'uso di applicativi open source quali Postgis, Qgis desktop, Qgis Server e Lizmap.

Introduzione

Sotto l'aspetto strettamente cartografico lo strumento più utilizzato per il trattamento di dati georiferiti è quello dei Sistemi Informativi Geografici (GIS), che si è evoluto nel tempo sotto la spinta di Internet, fino a configurarsi come webgis, per far fronte alla possibilità di svolgere azioni da remoto da parte di utenze sempre più numerose (Oliviero et al., 2006). Fin dai primi anni 2000 il webgis è stato definito come un sistema complesso con accesso ad Internet, per catturare, archiviare, manipolare, analizzare e visualizzare dati riferiti ad una posizione geografica senza la necessità di avere un software GIS (Painho et al., 2001). Con l'era digitale i GIS, tradizionalmente limitati a software specializzati e utenti esperti, si sono evoluti in webgis accessibili tramite browser, inaugurando una nuova era di mappatura collaborativa (Vasantha Kumaran et al., 2025). È venuta meno la tradizionale dicotomia produttore/utente che ha da sempre caratterizzato il dato; tutti possono essere sia produttori sia utenti, attraverso un processo di democratizzazione del dato. Ne consegue che una gamma più ampia di stakeolders può arricchire notevolmente il processo collaborativo di creazione del dato (Sui et al., 2012). In tale processo tutte le ARPA/APPA svolgono un ruolo fondamentale, caratterizzato dall'archiviazione di grandi quantità di dati rinvenienti dalle attività di monitoraggio e controllo delle matrici ambientali. Il ricorso a data-base ben strutturati, pertanto, è divenuta la soluzione privilegiata per la sistematica ed efficace archiviazione dei dati; è necessario, tuttavia, che le operazioni di archiviazione risultino di agevole esecuzione dalla maggior parte del personale delle Agenzia addetto al campionamento o ispezione sul territorio e non solo da personale esperto in GIS. Rispetto a quest'ultimo, infatti, un webgis opportunamente configurato può offrire il vantaggio di una interfaccia molto più intuitiva.

Materiali e metodi

Il monitoraggio e controllo effettuato attraverso campionamenti, oltre che le ispezioni e sopralluoghi su impianti sottoposti a varie autorizzazioni ambientali, rappresentano la principale attività condotta su tutto il territorio regionale dell'ARPAB. La quantità di dati ed informazioni raccolte richiede necessariamente una loro sistematica archiviazione, che è tanto più efficace, ai fini della condivisione, elaborazione e manipolazione del dato, quanto maggiore è il ricorso a data base ben strutturati in luogo

dei soli documenti cartacei (verbali e/o rapporti di prova). La necessità di gestire l'archiviazione attraverso opportuno database deriva dalla tipologia dei dati raccolti; questi sono generalmente costituiti da un dato spaziale con la sua posizione in coordinate (tipicamente è una entità di tipo puntuale) ed una quantità variabile di dati non spaziali, associati a quelli spaziali, definiti attributi.
Per gestire la complessità e dimensione di questa struttura di dati ed informazioni l'ARPAB utilizza PostgreSQL con la sua estensione spaziale PostGIS. Questo è tra i più performanti sistemi di archiviazione open source in grado di memorizzare dati spaziali ed attributi in un unico database, facilitandone la gestione e l'utilizzo (Zhang, Yi, 2010) e rendendone efficiente l'interrogazione attraverso query spaziali complesse (Vasantha Kumaran et al., 2025).
Ai fini della realizzazione del webgis si fa ricorso ad un "*application server*" che consente la creazione dei geoservizi o servizi geografici (Reed, Doyle, 2001). L'Organizzazione internazionale OGC (Open Geospatial Consortium) ha definito diversi standard per la gestione e condivisione di dati, tra i quali il WMS (Web Map Service) ed il WFS (Web Feature Service), in sintesi dati raster o vettoriali. In coerenza con la filosofia open source si utilizza Qgis server per la creazione dei geoservizi.
Infine, per l'interfaccia *client* necessaria alla configurazione e pubblicazione del webgis si utilizza Lizmap, software anch'esso open source. La configurazione del webgis risulta alquanto agevole, tenuto conto che Lizmap rende disponibile un plugin (Lizmap) installabile in Qgis desktop che consente, attraverso un pannello di configurazione, di impostare tutte le opzioni necessarie alla pubblicazione della mappa. Il plugin assicura la perfetta congruità tra il progetto predisposto in Qgis e quello pubblicato, anche nelle maschere di inserimento dati definite nel progetto Qgis attraverso il "Modulo Attributi" delle "Proprietà layer".

Risultati e Discussione

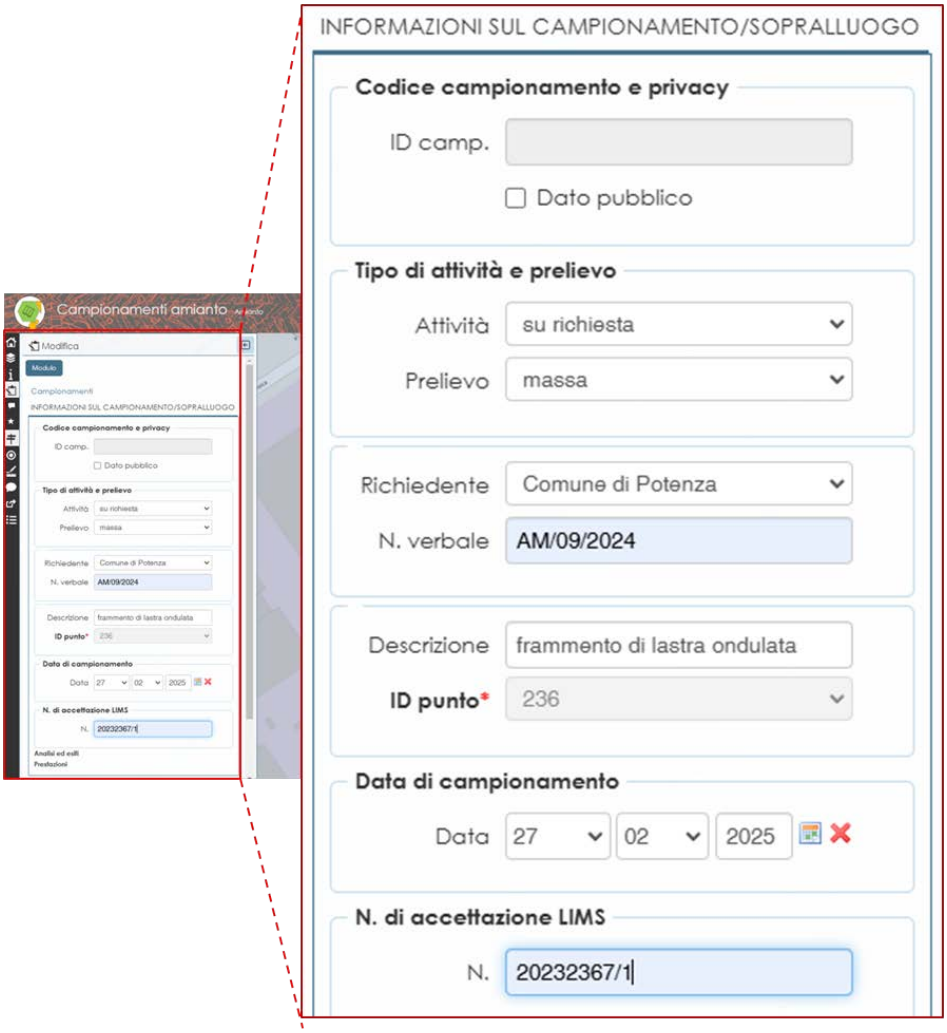
Con questa procedura l'ARPAB rende disponibile al pubblico, ad oggi, tre webgis tematici relativi ai campionamenti e controlli di Amianto, Radioattività e Balneazione (https://arpabgis.gishosting.eu/).
Altri webgis di prossima pubblicazione afferiscono al tema del Radonindoor ed al tema delle ispezioni su impianti AIA (Autorizzazione Integrata Ambientale) e Seveso. L'obiettivo è quello di estendere a tutte le aree tematiche la suddetta procedura, che offre un notevole vantaggio nella fase di archiviazione dei dati a partire dalle prime operazioni di campionamento sul territorio. In questa fase, infatti, attraverso il webgis accessibile sul campo, e con interfaccia facile ed intuitiva si può geolocalizzare il punto di interesse e memorizzarlo in tempo reale nel relativo database (Figura 1).

Figura 1: Maschere di inserimento dati tramite webgis - Geolocalizzazione sul campo e inserimento delle informazioni sul punto di campionamento

Fonte: ARPAB

Con altra maschera di inserimento, relativa alle informazioni sul campionamento del punto, è possibile inserire altre informazioni quali tipo di attività e prelievo, richiedente, numero di verbale, data di campionamento (Figura 2). La procedura si completata successivamente con le informazioni su analisi ed esiti - allorquando le stesse sono disponibili a valle delle attività di laboratorio - o con riferimento a fasi e documenti istruttori se trattasi di attività ispettive.
L'archiviazione risulta facilitata, oltre che dalle maschere di inserimento, anche dall'utilizzo di menù a tendina che limitano, quando possibile, la digitazione dell'informazione attraverso campi precompilati. All'occorrenza è possibile anche effettuare l'upload di documenti, quale verbali o rapporti di prova, in vari formati.
Conclusioni
Gli strumenti open source offrono grandi possibilità nel trattamento di dati, configurandosi come un punto di forza soprattutto per le Pubbliche Amministrazioni, da sempre in grande difficoltà per i loro bilanci.
La quantità di dati, spaziali e non, prodotti dalle ARPA non può prescindere da una modalità di archiviazione in database, come PostGIS, in grado di gestire in un unico ambiente sia informazioni spaziali sia attributi, garantendone robustezza ed efficienza soprattutto in termini di interrogazioni attraverso query spaziali.

Figura 2: Maschere di inserimento dati tramite webgis - Informazioni sul campionamento



Fonte: ARPAB

L'uso del webgis è una collaudata modalità di condivisione dei dati, ma al tempo stesso uno strumento molto efficace di produzione del dato. È facile immaginare che attraverso la semplicità dell'interfaccia webgis, la platea di produttori di dati sarà sempre più ampia, fino a coinvolgere chiunque. Questo aspetto, tuttavia, non sarà privo di criticità, principalmente rispetto alla attendibilità e validazione del dato inserito.

Bibliografia

Oliviero C., Parente C., Santamaria R. (2006). *La Cartografia in rete e nelle applicazioni WEBGIS*. X Conferenza ASITA, Bolzano, 14-17 novembre 2006

Painho M., Peixoto M., Cabral P., Sena R. (2001). *WebGIS as a teaching tool*. Proceedings of the ESRI UC. https://www.academia.edu/2861405/WebGIS_as_a_teaching_tool https://unl-pt.academia.edu/MarcoPainho/Papers

Reed C., Doyle A. (2001). *Introduction to OGC Web Services*. OGC White Paper

Sui D., Elwood S., Goodchild M. F. (2012). *Crowdsourcing Geographical Knowledge* Volunteered Geographical Information (VGI) in Theory and Practice. Springer.

Vasantha Kumaran T., Murali O. M., Joseph R. (2025). Spatial Data Analytics and the Role of Geoinformatics Technologies. Journal of Development Economics and Management Research Studies (JDMS). A Peer Reviewed Open Access International Journal, ISSN 2582 5119 (Online), 12(23), 13-40, January-March, 2025.

Zhang L., Yi J. (2010). Management Methods of Spatial Data Based on Postgis. 2010 Second Pacific-Asia Conference on Circuits, Communications and System, Beijing, China, 2010, pp. 410-413

L'UTILIZZO DEI DRONI NELLE CRITICITÀ POST ALLUVIONE

Autore: Andrea Maroncelli
ARPAE Emilia-Romagna

A seguito delle devastanti alluvioni che hanno colpito l'Emilia-Romagna nel 2023 e nel 2024, si sono manifestate criticità ambientali determinate dalla straordinarietà di questi eventi, sia per la loro tipologia, che per la loro intensità. In questo contesto emergenziale, l'impiego dei droni, in dotazione all'Agenzia, denominati in normativa UAS, si sono rivelati una risorsa strategica e insostituibile. Grazie a questa tecnologia, è stato possibile intervenire in aree inaccessibili, operando con maggiore sicurezza, rapidità ed efficacia al fine di individuare immissioni di inquinanti oppure escludere velocemente contaminazioni in prossimità di impianti interessati dai fenomeni di piena o di dissesto idrogeologico. In questo modo, è stato possibile concentrare gli sforzi nelle aree che richiedevano interventi mirati di contenimento e ripristino ambientale, ottimizzando le risorse disponibili e riducendo i tempi di risposta.
In particolare, si ritiene interessante descrivere l'utilizzo di tali strumenti in specifiche circostanze quali:

1. Sversamenti di idrocarburi in corpi idrici e sul suolo (soprattutto oli esausti stoccati in cisterne) (Figura 1). Tra le criticità ambientali riscontrate in seguito agli eventi alluvionali, un aspetto particolarmente rilevante ha riguardato la fuoriuscita di idrocarburi da cisterne interrate. In diversi casi, l'acqua alluvionale è penetrata all'interno dei serbatoi attraverso tappi di chiusura non inseriti o tramite gli sfiati posizionati a quote successivamente sommerse dall'esondazione. Poiché l'acqua ha una densità maggiore rispetto agli idrocarburi, il suo ingresso nei serbatoi ha determinato l'espulsione completa del contenuto, che si è così disperso nell'ambiente. Gli idrocarburi fuoriusciti hanno poi raggiunto i corpi idrici a valle, sia attraverso il deflusso superficiale, sia tramite la rete fognaria, determinando la contaminazione ambientale. Altro evento, del tutto atipico in condizioni normali, ha coinvolto le cisterne fuori terra. Questi serbatoi, contenenti sostanze a densità inferiore rispetto all'acqua, hanno raggiunto rapidamente il galleggiamento, favorito ancora di più dalla doppia camera presente in certe tipologie di fusti per stoccaggio di sostanze pericolose. La spinta idrostatica esercitata dall'acqua ha provocato il distacco delle cisterne dalle loro sedi, consentendone la deriva per distanze anche considerevoli. Durante il trasporto, alcune di esse si sono lacerate a causa dell'impatto con ostacoli o delle sollecitazioni meccaniche, determinando la dispersione del loro contenuto sul suolo o direttamente nei corpi idrici. In questi casi le sostanze inquinanti hanno percorso anche alcuni chilometri, in base al loro quantitativo, raggiungendo il corpo idrico principale a valle. L'utilizzo dei droni ha permesso di seguire a ritroso la traccia dell'idrocarburo fino all'individuazione dei punti di sversamento. All'origine di questi sversamenti si sono riscontrate cause del tutto fortuite, dovute ad un'alluvione di tale entità, ma si sono accertati anche assetti impiantistici con difformità tali da contribuire agli sversamenti. Nelle operazioni di contenimento degli idrocarburi erano interessati gli enti preposti quali: Vigili del Fuoco, Consorzio di Bonifica, Agenzia regionale di sicurezza territoriale e protezione civile. Utilizzando i droni nelle operazioni congiunte, si è stati in grado di fornire indicazioni utili a indirizzare gli interventi nei punti maggiormente compromessi. I rilievi, oltre ad essere semplici visualizzazioni in tempo reale di immagini aeree, sono formati da foto, immagini multispettrali, video,

ortomosaici georeferenziati con tecnica fotogrammetrica e modelli tridimensionali. Tali dati permettono di effettuare da semplici valutazioni, per indirizzare le operazioni in corso, a considerazioni più complesse, tramite misurazioni spaziali.

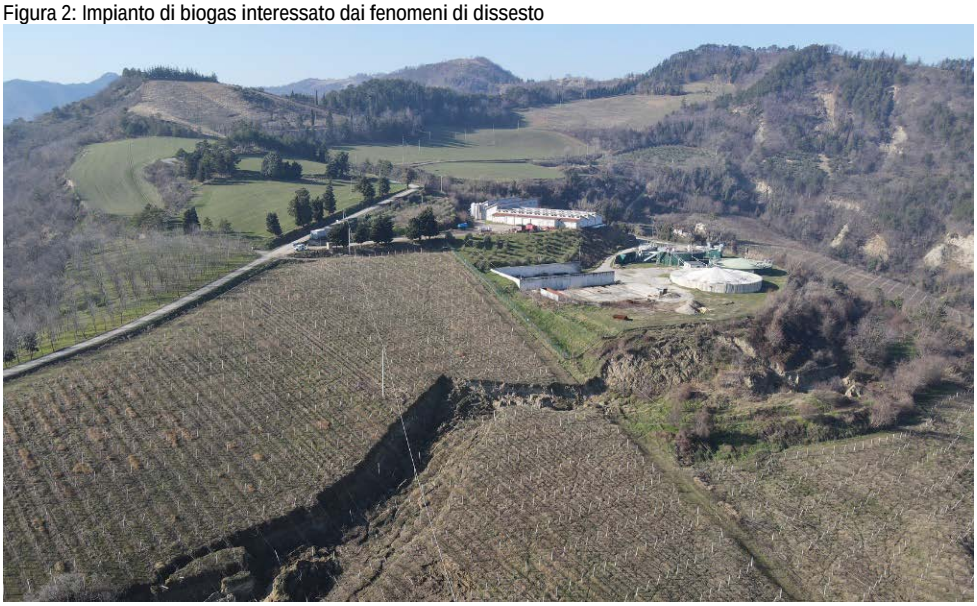
Figura 1: Presenza di idrocarburi in corpo idrico principale dovuti a sversamenti causati dall'alluvione

Fonte: ARPAe

2. Discariche in post gestione interessate da dissesto idrogeologico. Un caso particolarmente significativo si è verificato in una discarica, in post gestione da molti anni, situata in una zona collinare impervia. L'eccezionale intensità delle precipitazioni ha causato distacchi e colate di fango estese all'interno del bacino idrografico in cui ricade la discarica, determinando la completa distruzione della lunga strada di accesso e dei relativi sottoimpianti per il convogliamento del percolato depurato. I fenomeni di dissesto hanno interessato anche il corpo della discarica, senza tuttavia compromettere il sistema di telonatura di protezione (*capping*). In questo contesto, l'utilizzo dei droni si è rivelato indispensabile per il monitoraggio dell'area, consentendo di raggiungere zone altrimenti inaccessibili e di verificare rapidamente l'entità dei danni e l'eventuale impatto ambientale. Nella prima fase emergenziale, una volta ripristinata provvisoriamente la viabilità, sono stati condotti rilievi più approfonditi mediante acquisizione fotografica, fotogrammetria e ricostruzione tridimensionale dell'intero corpo discarica.

3. Impianto di biogas interessato da grave dissesto, in stato di *blackout* ed irraggiungibile. Nella prima fase emergenziale i danni al territorio erano talmente estesi che era impossibile avvicinarsi alla struttura, anche tramite l'utilizzo dei droni nei limiti della normativa vigente. Successivamente, ripristinata in parte la viabilità, è stato possibile sorvolare l'impianto acquisendo foto, ortofoto e modello tridimensionale per valutare il grado di compromissione dell'impianto e l'eventuale fuoriuscita di reflui (Figura 2).

Figura 2: Impianto di biogas interessato dai fenomeni di dissesto



Fonte: ARPAe

4. Depuratori di reflui urbani posti in prossimità degli alvei fluviali e relative condutture adducenti sono stati interessati dall'alluvione ed, in alcuni casi, notevolmente danneggiati, tanto da impedire il loro regolare funzionamento. In tali casi i droni sono risultati di notevole utilità per verificare situazioni di potenziali sversamenti in luoghi totalmente danneggiati, dove gli operatori non potevano avvicinarsi in sicurezza.
5. Anomalie nelle acque dei corpi idrici superficiali dovute all'immissione in alveo di materiali estranei provenienti dai dissesti. Anche a distanza di tempo dagli eventi alluvionali, sono giunte a questa agenzia segnalazioni di anomalie del colore e dello stato qualitativo delle acque dei corpi idrici superficiali. Tali anomalie, in condizioni normali, sarebbero riconducibili ad eventi di sversamento di sostanze estranee al corpo idrico. In questi casi, grazie ai droni, è stato possibile accertare in modo celere che questi fenomeni erano legati alla presenza in alveo di materiali instabili, quali terra, rocce, vegetazione, provenienti dai fenomeni di dissesto che venivano nuovamente destabilizzati da precipitazioni. In altri casi, le anomalie erano conseguenza di interventi di ripristino effettuati a monte dell'area segnalata. Le operazioni di

movimentazione del terreno con macchine operatrici in prossimità dei corsi d'acqua determinavano, infatti, un significativo intorbidimento delle acque, anche a notevole distanza, con la formazione di schiume anomale legate alla presenza di elementi naturali.

La descrizione di tali applicazioni dimostra come, in situazioni emergenziali, l'utilizzo dei droni consente di superare ostacoli e limiti morfologici, supporta gli operatori nelle attività di vigilanza, garantendo di operare in condizioni sicure, riducendo i tempi operativi e consentendo di disporre di immagini a scala adeguata a interpretare i fenomeni e acquisire dati per individuare le criticità e relative priorità.

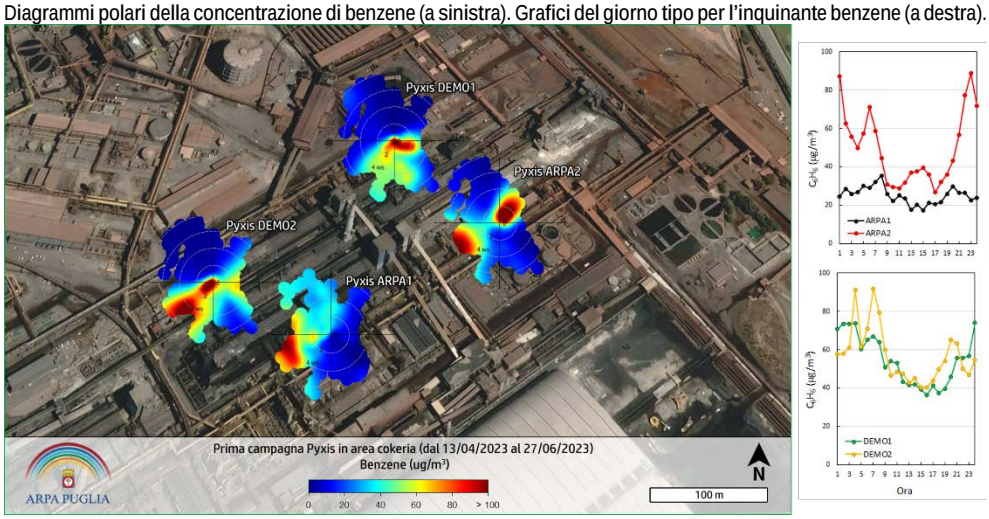
BENZENE A TARANTO: STUDIO E INDIVIDUAZIONE DELLE FONTI EMISSIVE IN UN'AREA INDUSTRIALE COMPLESSA

Autori: Tiziano Pastore, Alessandra Nocioni, Valerio Margiotta, Francesca Sollecito, Vincenzo Campanaro
ARPA Puglia.

Questo studio riporta gli esiti di un approfondimento effettuato da ARPA Puglia in merito alle concentrazioni di benzene nella matrice aria nell'area industriale di Taranto, riconosciuta a livello nazionale come "area di crisi industriale complessa" e caratterizzata dalla presenza di siti industriali strategici, quali un complesso siderurgico a ciclo integrale (tra i più grandi d'Europa, attivo dal 1964) e una raffineria (uno dei più importanti poli petroliferi del sud Italia, per estensione e posizione, attivo dal 1967). A partire dalla fine del 2019, dalle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria poste in prossimità della zona industriale, è stato registrato il significativo aumento dei livelli di benzene, per esaminare il quale è stato effettuato uno studio approfondito delle principali fonti di emissione di benzene in tale area e messa a punto una specifica attività sperimentale. Attraverso campagne di monitoraggio intensive con strumentazione trasportabile (micro-GC), sono state indagate le principali fonti emissive, diffuse e fuggitive, di questo inquinante nel processo produttivo dei siti industriali citati. L'obiettivo principale è stato quello di valutare il contributo di tali fonti all'aumento di benzene in aria ambiente registrato in prossimità della zona industriale. Le analisi hanno evidenziato nel complesso siderurgico un'elevata concentrazione di benzene associata al processo di produzione del coke, al trattamento del gas coke e relativi sottoprodotti. Nella raffineria, le concentrazioni di benzene sono state monitorate in diverse aree, tra cui quelle di lavorazione dei prodotti petroliferi, gli impianti di movimentazione e stoccaggio e l'area pontile. Le concentrazioni più elevate sono state registrate in prossimità dei serbatoi di stoccaggio idrocarburi liquidi.
I risultati ottenuti hanno fornito una mappatura aggiornata della distribuzione spaziale del benzene, comprensiva di sorgenti non precedentemente censite, offrendo una base per attuare misure mirate di monitoraggio e controllo finalizzate alla riduzione dell'inquinamento atmosferico da questo inquinante cancerogeno. Le campagne di monitoraggio condotte presso ciascun sito sono di seguito sinteticamente illustrate.

Campagne di monitoraggio presso il siderurgico di Taranto
L'obiettivo principale delle campagne sperimentali svolte presso il siderurgico è stato quello di acquisire informazioni ad elevata risoluzione spaziale in merito agli andamenti delle concentrazioni di benzene all'interno di alcune aree impiantistiche significative al fine di individuare le potenziali fonti di benzene nel processo produttivo, con particolare attenzione alle emissioni diffuse e fuggitive.
Sono state condotte tre campagne di misurazioni sperimentali di durata variabile, superiore al mese, utilizzando GC trasportabili della ditta Pollution, Modello Pyxis Smart. La prima campagna nel complesso siderurgico ha riguardato l'area delle batterie di forni a coke, con quattro siti di monitoraggio posti pressoché a pari quota, a formare un quadrilatero intorno alla cokeria (Figura 1).

Figura 1: Elaborazione dei dati di benzene rilevati da GC Pyxis durante la prima campagna di misura nel siderurgico. Diagrammi polari della concentrazione di benzene (a sinistra). Grafici del giorno tipo per l'inquinante benzene (a destra).



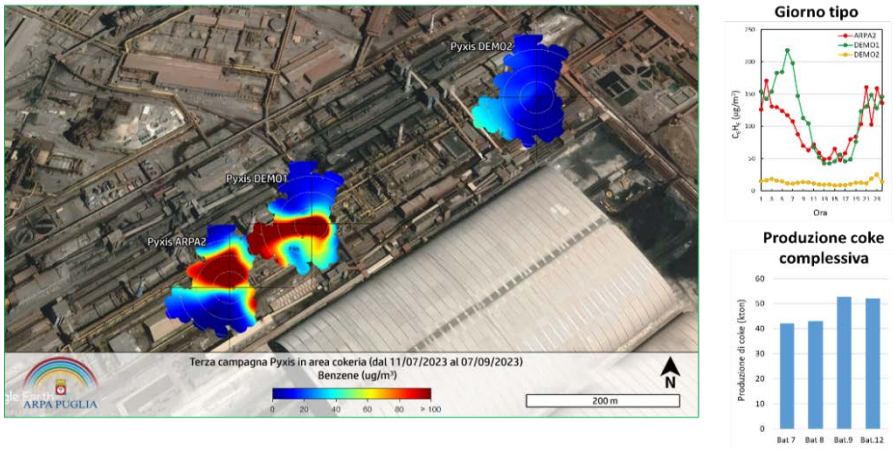
Fonte: ARPA Puglia

Durante la seconda campagna, condotta nuovamente in area cokeria, sono state effettuate misure in parallelo a diverse altezze, lungo uno dei camini asserviti alla fase di cokefazione. La terza campagna è stata condotta lungo il reparto sottoprodotti della cokeria (trattamento gas coke) e i serbatoi di catrame (Figura 2). I dati raccolti sono stati elaborati e confrontati con i dati impiantistici relativi alla produzione di coke nel periodo di osservazione.

I risultati della prima e della seconda campagna presso il siderurgico hanno indicato la presenza di una sorgente importante di benzene in area cokeria e di una sorgente rilevante adiacente all'area delle batterie (Figura 1).

Le campagne di monitoraggio presso il siderurgico hanno permesso l'individuazione di una rilevante sorgente emissiva di benzene non precedentemente censita (area sottoprodotti), sottolineando la necessità di porre in essere interventi mirati per mitigare le emissioni diffuse e fuggitive. I risultati ottenuti hanno, tra l'altro, consentito di definire uno scenario emissivo maggiormente dettagliato, migliorando la capacità dei modelli diffusionali di ricostruire l'impronta spaziale del fenomeno di inquinamento da benzene nel territorio in esame.

Figura 2: Elaborazione dei dati di benzene rilevati da GC Pyxis durante la terza campagna di misura nel siderurgico. Diagrammi polari della concentrazione di benzene (a sinistra). Grafici del giorno tipo per l'inquinante benzene (a destra).



Fonte: ARPA Puglia

Campagne di monitoraggio presso la raffineria di Taranto

Analoghe attività di monitoraggio sono state realizzate anche presso la raffineria, dove sono state prese in esame alcune fasi del processo produttivo. Sono state condotte tre campagne di misura di durata variabile (da uno a tre mesi), utilizzando gli stessi apparati già sopra specificati. La prima campagna si è svolta nell'area di lavorazione dei prodotti petroliferi, la seconda nella macroarea cosiddetta "Impianti di movimentazione e stoccaggio" (presso i serbatoi di stoccaggio idrocarburi liquidi) e la terza nell'area pontile. I dati raccolti sono stati elaborati e confrontati con i dati produttivi o impiantistici delle aree monitorate riferiti al periodo di osservazione, quali i quantitativi giornalieri dei prodotti transitati nelle unità impiantistiche monitorate, i volumi dei prodotti movimentati presso i serbatoi e la tipologia dei prodotti movimentati presso i pontili.

Nella prima campagna, le concentrazioni medie di benzene misurate sono risultate relativamente contenute. Nella seconda campagna, le concentrazioni medie calcolate non sono apparse particolarmente critiche, con la precisazione che i dati più elevati sono stati registrati in alcune giornate caratterizzate da importanti volumi di sostanze in svuotamento presso i serbatoi monitorati. Nella terza campagna, i dati medi sono risultati inferiori a quelli delle due precedenti campagne, con concentrazioni contenute, ad eccezione del sito di misura installato presso uno dei ballatoi dedicati agli attracchi delle navi (per le operazioni di carico/scarico).

I livelli di benzene misurati nel corso delle tre campagne sperimentali sono risultati tra loro confrontabili e non particolarmente critici. Le concentrazioni più elevate sono state riscontrate presso i serbatoi di stoccaggio degli idrocarburi liquidi. Le misurazioni hanno evidenziato potenziali perdite fuggitive durante le operazioni di movimentazione dei prodotti petroliferi e, in generale, indicato un buon accordo tra i dati di benzene rilevati e le movimentazioni di prodotti.

Ringraziamenti:
Si ringraziano la Pollution s.r.l. e il dott. Davide Vignola per il supporto nel corso delle campagne e per aver reso disponibili n.2 strumenti aggiuntivi rispetto a quelli di proprietà di ARPA Puglia.

Bibliografia

Bruno P. et al., 2006 - *High spatial resolution monitoring of benzene and toluene in the Urban Area of Taranto (Italy)*. J Atmos Chem 54, 177–187. https://doi.org/10.1007/s10874-006-9030-1.
Giua R. et al., 2014 -*Application of a Lagrangian particle model to the source apportionment for primary macropollutants in Taranto area (South Italy)*. International Journal of Environment and Pollution. 55, 4, 31-40. DOI: 10.1504/IJEP.2014.065902.
Margiotta V. et al., 2024, *Campagne di monitoraggio di benzene con analizzatori GC trasportabili all'interno dello stabilimento siderurgico di Taranto*. In: book_proceedings_PM2024. ISBN 978-88-942135-5-3.

SINERGIE TRA ARPAS E ISPRA IN MATERIA DI MONITORAGGIO E CONTROLLO DELLE CONDIZIONI AMBIENTALI CONTENUTE NEI PROVVEDIMENTI DI VIA

Quirico Antonio Cossu[1], Simona Canu[1], Caterina D'Anna[2]
[1] ARPA Sardegna, [2] ISPRA

Com'è noto il D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii. all'articolo 28 pone l'obbligo per il Proponente di ottemperare alle condizioni ambientali contenute nel provvedimento di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) o di verifica di assoggettabilità alla VIA. Nel caso delle procedure di competenza statale la verifica di ottemperanza è spesso demandata dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, congiuntamente, alle Agenzie Regionali e ad ISPRA. Negli ultimi anni si è creata una forte sinergia tra gli uffici preposti di ARPA Sardegna ed ISPRA che ha portato ad uno sviluppo metodologico delle attività di verifica, monitoraggio e controllo delle condizioni ambientali prescritte. Ciò si è reso indispensabile per poter gestire in maniera coordinata l'ottemperanza di grandi opere, spesso variamente interagenti con una complessa realtà produttiva, che vedono la stesura e l'attuazione di rilevanti progetti di monitoraggio e di importanti progetti di compensazione con l'organizzazione di campagne di controllo sul campo atte a verificare la congruenza metodologica tra le prescrizioni e le successive attività di attuazione.

Nel presente articolo viene fatto specifico riferimento alle attività di verifica di ottemperanza poste in essere per il progetto di "Adeguamento tecnico funzionale al Piano Regolatore del Porto civico di Porto Torres. Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali", in capo all'Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna (ASPMS). L'intervento consiste nell'ampliamento del Porto Civico di Porto Torres al fine di migliorarne la protezione dall'agitazione proveniente dal primo quadrante, attraverso il prolungamento dell'antemurale di ponente per uno sviluppo complessivo di 680 m (Figura 1).

La contestualizzazione ambientale evidenzia una realtà articolata, con presenza di aree critiche, come il Sito di Interesse Nazionale (SIN) "Aree Industriali di Porto Torres", di aree sottoposte a tutela, come la Zona Speciale di Conservazione "Stagno e ginepreto di Platamona" e il "Santuario per i Mammiferi Marini". Ad est dell'opera sono presenti delle piccole spiagge di particolare valenza naturale (Pocket beach) oggetto anche di recente ripascimento. Inoltre, nel tratto interessato dalla costruzione del molo è presente l'Habitat prioritario 1120* Praterie di Posidonia, la cui rimozione ha posto l'obbligo di unintervento di compensazione.

Figura 1: Il progetto di ampliamento del Porto Civico di Porto Torres

Fonte: Elaborazione ARPAS

Il progetto è stato analizzato e valutato nell'ambito della procedura di VIA a partire dal 2015 anche da ARPAS, nell'ambito della cui procedura sono stati approfonditi i potenziali impatti sul regime ondametrico e correntometrico, trasporto solido e dinamiche costiere, qualità dell'aria e regime acustico, biodiversità (Posidonia oceanicae mammiferi marini). La VIA si è conclusa con il decreto di compatibilità ambientale DM 35/2018.
Il provvedimento contiene n. 10 Condizioni Ambientali (CA); le seguenti n. 6 vedono coinvolti ARPAS ed ISPRA come soggetti individuati per la verifica di ottemperanza:
CA A.2: attività di dragaggio, rimozione e posa dei massi di scogliera. Caratterizzazioni nell'area non SIN oggetto della resecazione.
CA A.3: attività di dragaggio, rimozione e posa dei massi di scogliera. Caratterizzazioni in area SIN.
CA A.5: progetto di reimpianto della *Posidonia oceanica* interferita dalle opere.
CA A.7: piano di cantierizzazione delle attività di recupero e gestione dei depositi temporanei.
CA A.8: Progetto di Monitoraggio Ambientale.
CA A.9: interventi di mitigazione in fase di cantiere.

La verifica di ottemperanza ha comportato l'avvio di una collaborazione tra ARPAS ed ISPRA al fine di guidare l'Autorità di Sistema Portuale alla corretta ottemperanza delle prescrizioni Ministeriali con focus in particolare sulla stesura del Progetto di Monitoraggio Ambientale, per tutte le componenti ambientali interferite, e per la corretta progettazione ed esecuzione del reimpianto della porzione di prateria di *Posidonia oceanica* interferita dall'opera. In ISPRA è stato costituito un gruppo di lavoro formato da circa 20 esperti. In ARPAS seguono l'ottemperanza diversi funzionari del Dipartimento Sassari e

Gallura, del Servizio Agenti Fisici e del Laboratorio di Sassari (per la validazione delle analisi in contradditorio relative alle caratterizzazioni dei sedimenti a mare). Sono state effettuate dal 2020 ad oggi circa 40 riunioni tecniche e 8 sopralluoghi tra ISPRA, ARPAS, Università di Sassari ed Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna. Nel 2024 si è conclusa la fase *ante operam* del Monitoraggio Ambientale e l'avvio dei lavori è previsto per l'estate 2025.

Nello specifico sono state condotte le seguenti attività di verifica di ottemperanza e specificatamente:

Ottemperanza alle CA A.2 e CA A.3, con la valutazione da parte di ARPAS ed ISPRA del Piano di Caratterizzazione dei sedimenti marini nel canale di accesso del porto di Porto Torres, attraverso la realizzazione di sondaggi a carotaggio continuo e l'analisi dei sedimenti sottostanti, coerentemente con quanto stabilito dal DM 173/2016. L'attività ha anche comportato la ripetizione delle indagini ambientali per superamento delle CSC.

Ottemperanza CA A.5, con attività di controllo diretto e documentale inerente l'attività di compensazione ambientale relativa al Progetto di reimpianto della prateria di *Posidonia oceanica* intercettata dalle opere in progetto. Il Progetto è stato valutato sin dalle prime fase dell'istruttoria di VIA ed è stato condotto con un accordo di ricerca tra ASPMS e Università degli studi di Sassari. La tecnica utilizzata (trapianto di talee su geostuoie in fibra di cocco con anima di rete di ferro fissata al substrato con picchetti) ha portato al trapianto di circa 140.000 talee di Posidonia, per una superficie di circa 7000 m^2, espiantate dall'area del futuro molo e reimpiantate nell'area di Abbacurrente (SS). L'attività di controllo si è anche esplicitata attraverso un sopralluogo congiunto che ha visto gli operatori scientifici subacquei di ISPRA coinvolti nell'ispezione del trapianto concluso (Figura 2). Sono attualmente in valutazione gli esiti delle campagne di monitoraggio effettuate per valutare nel tempo l'efficacia dell'intervento. È importante sottolineare come ARPAS ed ISPRA abbiano inoltre prescritto il posizionamento di dissuasori antistrascico intorno all'area di trapianto di posidonia al fine di garantire la buona riuscita dell'intervento.

Ottemperanza CA A.7, con la valutazione del Piano di cantierizzazione delle attività di recupero e la localizzazione degli eventuali depositi temporanei. L'attività ISPRA/ARPAS si è svolta anche attraverso vari incontri tecnici con il Proponente.

Ottemperanza CA A.8 punti a) b) c) d), con la stesura del Progetto di Monitoraggio Ambientale e il conseguente avvio delle campagne di acquisizione dati. Il Progetto di Monitoraggio ha riguardato le componenti ambientali Atmosfera, Rumore, Acqua, Suolo e Biodiversità, con attività specifica sul bioaccumulo, analisi dei sedimenti, rilievi correntometrici, rilievi morfometrici, definizione dell'idrodinamica costiera e del trasporto solido, evoluzione della dinamica litoranea e della linea di riva, monitoraggio dei mammiferi marini. L'attività è stata condotta anche attraverso confronti diretti con il Proponente, ed ha comportato il coinvolgimento di un elevato numero di specialisti data la varietà delle componenti ambientali oggetto di monitoraggio. Il Progetto è stato revisionato svariate volte sino ad arrivare alla revisione n. 5 attualmente operativa con conclusione della fase ante operam nel 2025.

La collaborazione e coordinamento tra le strutture ISPRA e ARPAS si è consolidata e strutturata negli anni a partire dal 2020 raggiungendo le aspettative attese, sia per le attività istruttorie che di controllo, e portando ad un buon esito delle attività e dei risultati raggiunti. L'attività è tuttora in corso e proseguirà nelle successive fasi di corsod'opera e *post operam*.

Figura 2: Controlli a mare su *Posidonia oceanica*

Fonte: Elaborazione ARPAS

L'IMPATTO ACUSTICO DELLE ATTIVITÀ COMMERCIALI CON INTRATTENIMENTO MUSICALE ANCHE IN ESTERNO

Autori: Nicola Miglino, Francesca Tarsia
ARPA Calabria

Fra le attività svolte da ARPAcal è rilevante il supporto tecnico agli Enti in materia di protezione dall'inquinamento acustico. Gli interventi di supporto richiesti dagli Enti Locali, dalle Forze di Polizia e dall'Autorità Giudiziaria ad ARPAcal riguardano nella quasi totalità segnalazioni da parte di cittadini che lamentano disturbo derivante da attività rumorose poste nelle vicinanze delle proprie abitazioni. In particolare nei casi di attività musicali nei Comuni a forte vocazione turistica a seguito degli interventi di verifica strumentale da parte di ARPAcal, è stato riscontrato di sovente il non rispetto dei limiti sia assoluti che differenziali di immissione, con riferimento ai limiti di cui dalla normativa vigente (legge Nazionale quadro sull'inquinamento acustico 26 ottobre 1995 n.447, Decreto del Presidente della Repubblica 19 ottobre 2011, n. 227, Decreto del 16 Marzo 1998, Decreto Legislativo 17 febbraio 2017, n. 42, Legge regionale 19 ottobre 2009, n. 34).
Dalle risultanze delle misure fonometriche è emerso che la normativa nazionale non è contestualizzata con le realtà e le esigenze dei Comuni a vocazione turistica, con derivanti disagi, sia nei soggetti sottoposti alle immissioni moleste sia per le attività commerciali che svolgono intrattenimento musicale.
Il Comune di San Nicola Arcella, Comune ad alta vocazione turistica ricadente nel territorio dell'alto tirreno cosentino, ha regolamentato con propria ordinanza sindacale nel 2018, lo svolgimento di intrattenimento musicale, anche in esterno contemperando le esigenze del rispetto del riposo delle persone.
Tale Ordinanza ha consentito agli esercenti di regolarizzare posizioni altrimenti non risolvibili e contemporaneamente tutelare i cittadini soggetti dalle eventuali immissioni moleste, per non subire pressioni oltremodo elevate, ripetute eccessivamente, e, soprattutto, non regolamentate e controllate.
Al tal fine ha richiesto supporto del Servizio Radiazioni e Rumore del Dipartimento Provinciale ARPAcal di Cosenza, che ha identificato e definito le problematiche tecniche, per le conseguenti e successive identificazioni dei limiti acustici, anche in deroga alla normativa nazionale. La sinergia tra i due Enti, il gestore del locale, il tecnico competente in acustica e la popolazione esposta, ha portato alla risoluzione della problematica, avvalorata dai successivi controlli fonometrici effettuati da ARPAcal nel corso degli anni in supporto al Comune stesso ed alle autorità locali presenti sul territorio.
L'Ordinanza comunale ha:

- preliminarmente dettagliato tutte le diverse tipologie di attività presenti nel territorio di indagine, le diverse peculiarità e caratteristiche del territorio comunale, le aree autorizzate, le modalità e le regolamentazioni per la richiesta e l'ottenimento delle deroghe dei limiti acustici e una ulteriore regolamentazione per le giornate con eventi particolari che si ripetono nel corso dell'anno;
- suddiviso il territorio comunale, in macro-aree omogenee che hanno permesso di identificare varie tipologie di attività presenti sul territorio, e di scegliere per ogni macro area le opportune e diverse deroghe e gestione delle stesse, anche con dei principi di rotazione e limitazione degli eventi.

Con riferimento all' art. 7 dell'Ordinanza, si riferisce di seguito quanto previsto per i pubblici esercizi di somministrazione di alimenti e bevande al fine di venire incontro sia alle esigenze delle attività

economiche e lavorative e sia alle esigenze di natura abitativa e di soggiorno del territorio comunale, avente, come detto, una forte vocazione turistica.
Nello specifico, viene consentita durante la stagione estiva, identificata all'uopo nel periodo che parte dal primo giugno e arriva fino al 30 settembre, l'attività di intrattenimento musicale, all'interno ed all'esterno dei locali, a supporto dell'attività principale, nelle fasce orarie delle ore 09.00-14.00 e 16.00-24.00. Le attività di intrattenimento musicale, con o senza utilizzo di impianti elettroacustici di amplificazione e diffusione sonora, possono avvenire in deroga ai limiti di esposizione al rumore previsti dagli articoli 4 e 8 del D.P.C.M. 14.11.1997, con un valore limite (LAeq) di 65 decibel, rilevato in facciata agli edifici con ambienti abitativi. Qualora l'attività venga svolta all'interno di un edificio ad uso promiscuo dovrà comunque essere garantito il rispetto del limite di 45 dB(A) (rilevati a centro stanza a finestre chiuse) all'interno dei locali abitativi limitrofi o sovrastanti l'attività stessa. Dopo le ore 01.00 l'utilizzo di impianti elettroacustici di amplificazione e diffusione sonora all'interno dei locali è consentito solo nel rispetto dei limiti di esposizione al rumore previsti dagli articoli 4 e 8 del D.P.C.M. 14.11.1997.
Il rispetto dei limiti di cui all'art. 4 del D.P.C.M. 14.11.1997 deve risultare da relazione di tecnico competente prevista dall'art. 8 della legge 447/95, contenente l'indicazione degli accorgimenti tecnici necessari a contenere nei limiti di legge la rumorosità all'interno degli ambienti di vita dei soggetti ricettori maggiormente esposti. In mancanza della relazione anzi detta gli intrattenimenti musicali devono cessare inderogabilmente alle ore 01.00.
Di seguito è illustrata una situazione che creava disagio e problematiche sia per i gestori dell'attività, che di fatto non avevano soluzioni tecniche per poter effettuare attività musicali in esterno durante il periodo estivo, e sia per chi, abitando nelle vicinanze di suddetta attività commerciale, si trovava, in mancanza di adeguata regolamentazione e controlli, nelle condizioni di non poter godere a pieno della propria abitazione durante il periodo di villeggiatura estiva.

Figura 1: Inquadramento dell'attività e dei principali ricettori

Fonte: Relazione Tecnica sulla valutazione di impatto acustico dell'attività sorgente.

La situazione esaminata, si è dimostrata emblematica e degna di approfondimenti, viste le peculiarità del Comune preso in esame e dell'allocazione dell'attività oggetto di studio, per come bene si evince dalla precedente immagine (Figura 1).
Dopo una attenta valutazione delle postazioni sia delle sorgenti che dei ricettori ed un approfondito studio da parte di un tecnico competente in acustica, la risoluzione della problematica è stata raggiunta anche grazie all'utilizzo di due diverse tipologie di impianti di diffusione sonora, uno utilizzato all'interno del locale e calibrato in modo da far rispettare i limiti acustici sia assoluti che differenziali di immissione, ed un secondo calibrato ed utilizzato solo per il funzionamento in esterno e solo per le serate in deroga ai limiti acustici, nel pieno rispetto dell'ordinanza comunale sopra citata. Si è giunti, pertanto, ad una situazione di compatibilità e di rispetto delle esigenze sia abitative che commerciali, che fino a quel momento, non potevano essere altrimenti garantite.
Vengono inoltre affrontate anche le problematiche legate agli eventi temporanei ed alle attività connesse a periodi speciali, quali feste comunali e nazionali, festeggiamenti vari e serate particolari, nelle quali vige una apposita regolamentazione.
L'Ordinanza del Comune di San Nicola Arcella si configura, pertanto, come un modello di gestione della problematica del rumore e dei relativi controlli rilevando che negli anni altri Comuni calabresi hanno richiesto il supporto tecnico scientifico di ARPAcal.
Ad oggi Ordinanze simili sono state emanate dal Comune di Catanzaro, capoluogo di regione, dal Comune di Crotone, dal Comune di Tropea e in ultimo, recentemente, anche dal Comune di Cosenza, capoluogo di provincia.
Tutto quanto sopra descritto porta ad una riflessione, ovvero che un dialogo ed una collaborazione continua fra Enti, popolazione, esercenti e tecnici, può prevenire e, spesso, evitare, l'insorgere e l'aggravarsi di problematiche che, talvolta, difficilmente sono risolvibili a posteriori.

GESTIONE ED UTILIZZO DI UNA RETE DI AUTOCAMPIONATORI REFRIGERATI FISSI POSIZIONATI PRESSO I DEPURATORI COSTIERI CALABRESI PER CONTROLLO E MONITORAGGIO DELLE ACQUE REFLUE DEPURATE

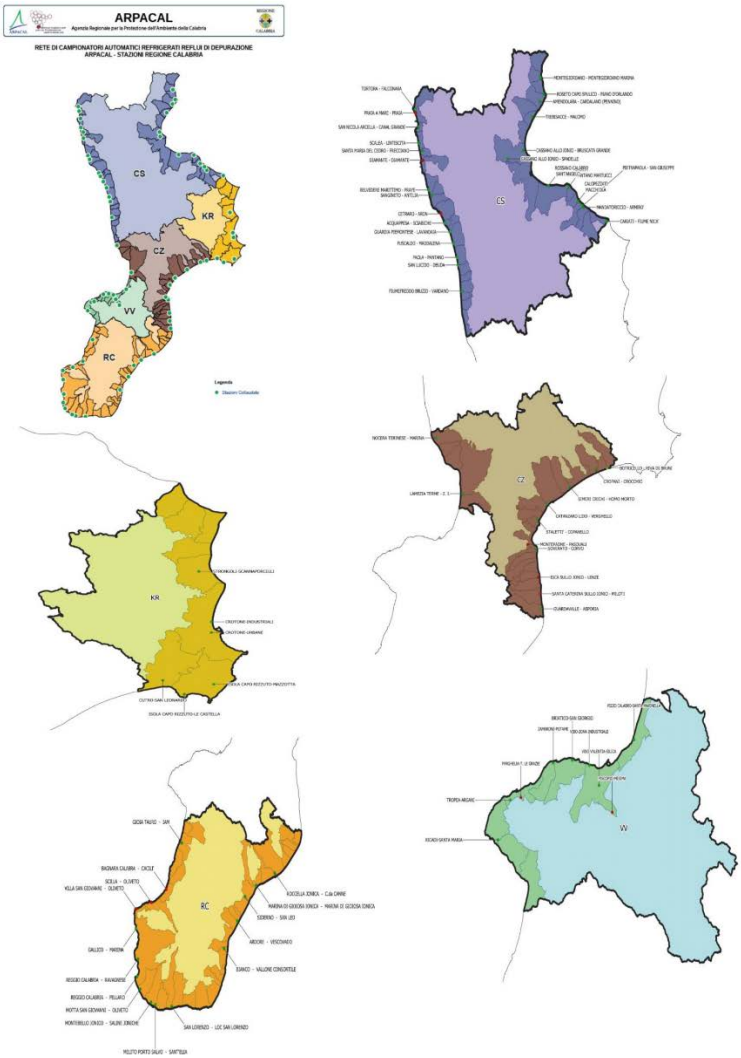
Autori: Clemente Migliorino, Franco Dario Giuliano
ARPA Calabria

La rete di autocampionatori fissi refrigerati gestibili in telecontrollo da ARPACal è stata realizzata per rispondere alla necessità del controllo degli scarichi di acque reflue e della derivante qualità delle acque di balneazione lungo la costa calabrese.
In particolare, diverse criticità ambientali sono state riscontrate negli anni durante le stagioni estive con riferimento a “disservizi” degli impianti di depurazione del sistema pubblico calabrese; disservizi segnalati sia da residenti che dai turisti.
La Regione Calabria, pertanto, con l’obiettivo della tutela della salute pubblica unitamente al supporto al settore turistico balneare, essenziale per l'economia regionale, ha dato avvio, mediante la collaborazione tra ARPACal e il Dipartimento Ambiente e Territorio della Regione Calabria, al progetto di una rete di autocampionatori.
La rete, che interessa le 5 province calabresi, è costituita da un sistema di autocampionatori fissi refrigerati installati negli impianti di depurazione delle acque reflue, in corrispondenza del pozzetto di ispezione finale, e permette di raccogliere campioni d’acqua rappresentativi e affidabili, che vengono sottoposti a test chimici e fisici per verificare il rispetto dei limiti imposti dalla normativa.

In particolare, l'esigenza di un monitoraggio preciso delle acque reflue è emersa a causa di alcune problematiche riscontrate nel funzionamento degli impianti di depurazione lungo le coste calabresi, dove il numero di turisti registra aumenti esponenziali durante l'estate. Pertanto, a partire dal 2023, la Regione Calabria ha emesso l'Ordinanza n.1/2023, indicando la necessità di controlli aggiuntivi. Parimenti, l’attenzione dell’Autorità Giudiziaria (A.G.) sul corretto funzionamento del sistema depurativo ha ulteriormente enfatizzato l'importanza di azioni preventive e correttive nel trattamento delle acque. È stata pertanto realizzata una rete di autocampionatori refrigerati che consente un monitoraggio continuativo e una verifica in tempo reale delle acque in uscita dagli impianti di depurazione. In particolare, i campionamenti permettono di analizzare parametri chimici e fisici critici per la sicurezza e la salubrità delle acque di balneazione, e che possono essere integrati da verifiche straordinarie in caso di necessità.
La rete ARPACal è costituita da 70 autocampionatori fissi refrigerati, dislocati negli impianti di depurazione costieri delle cinque province calabresi affacciate sul mare Tirreno e Jonio. Questi autocampionatori sono distribuiti come segue (Figura 1): 27 in provincia di Cosenza, 12 in provincia di Catanzaro, 16 in provincia di Reggio Calabria, 6 in provincia di Crotone e 9 in provincia di Vibo Valentia.
La rete permette di rispondere in modo efficiente e tempestivo alle necessità di controllo sulle acque reflue, in linea con le disposizioni legislative che affidano ad ARPACal il compito di monitorare la qualità delle acque e supportare le autorità nella gestione e nel controllo della depurazione. I campionatori automatici sono in grado di raccogliere un campione medio ponderato nell'arco di 24 ore, mantenuto a temperature comprese tra 0° e 4°C, in conformità con quanto stabilito al punto 1.1 dell'Allegato 5 parte Terza del D.lgs. n. 152/2006. Questo permette di ottenere campioni rappresentativi dell’acqua reflua,

riducendo al minimo gli errori e le incertezze che potrebbero derivare da campionamenti effettuati manualmente o in modo discontinuo. I campioni raccolti sono successivamente inviati ai laboratori ARPACal, che sono responsabili dell'analisi chimico-fisica completa, per verificarne la conformità rispetto ai limiti di legge.

Figura 1: Distribuzione regionale Rete Autocampionatori refrigerati fissi



Fonte: ARPACal

Uno degli aspetti più rilevanti della rete è la possibilità di gestire i campionatori da remoto, monitorando lo stato di funzionamento e attivando i dispositivi secondo necessità, sia per attività programmate che a seguito di richieste straordinarie da parte delle autorità competenti. Questo approccio consente una maggiore flessibilità operativa, migliorando la capacità di risposta in situazioni di emergenza e facilitando l'efficacia dei controlli. Peraltro, l'utilizzo degli autocampionatori fissi refrigerati consente:
l'ottimizzazione delle risorse, in quanto la gestione remota permette di aumentare il numero di campioni prelevati senza incrementare il numero di operatori sul campo, migliorando l'efficienza delle operazioni;
la riduzione dei margini di errore, in quanto l'automazione del processo riduce gli errori legati alla movimentazione e al posizionamento dei campionatori portatili, e minimizza le incertezze nel campionamento, garantendo campioni più omogenei e affidabili;
il supporto alle autorità competenti, con la possibilità di effettuare controlli straordinari su richiesta delle autorità giudiziarie o di polizia;
la maggiore efficacia dei controlli, in quanto l'autocampionatore permette di raccogliere dati continui e precisi che sono essenziali per una valutazione accurata della qualità delle acque reflue trattate.

La rete di autocampionatori, dunque, consente di attuare controlli in modo capillare e rapido rispetto ai metodi tradizionali, aumentando significativamente la capacità di monitoraggio delle acque reflue lungo la costa calabrese, quale area ad alta pressione turistica e industriale.

Ogni campionatore automatico è costituito da un sistema avanzato che include la linea di prelievo comprendente un tubo di aspirazione, dotato di un filtro di prelievo per prevenire intasamenti, una pompa peristaltica, una linea di distribuzione del campione fino al recipiente (bottiglie). Il corpo del campionatore, costituito da un *case* contenente la parte elettrica ed elettronica (*datalogger*) e da un secondo *case* inferiore contenente quella frigorifera con portacontenitori e motore passo-passo per la distribuzione del liquido campionato, il tutto alloggiato in uno *shelter* chiuso a chiave con possibilità di sigillatura a mezzo lucchetto onde evitare manomissioni da parte di terzi. In caso di malfunzionamenti o anomalie, il sistema invia notifiche automatiche al Centro di Coordinamento Rete ARPACal, consentendo interventi tempestivi.

Infine, per gestire la rete di autocampionatori, ARPACal ha sviluppato un *software* dedicato che permette di monitorare e controllare l'intera rete da una postazione centrale. Il *software* consente agli operatori di programmare i campionamenti, attivare i dispositivi da remoto, e raccogliere i dati in tempo reale. Inoltre, il software è in grado di interfacciarsi con altre strumentazioni, come sonde multiparametriche, per monitorare ulteriori parametri chimico-fisici che possono essere rilevanti per la qualità delle acque reflue. Il campionatore fisso refrigerato è in grado di eseguire, in conformità alla normativa ISO 5667/10, le seguenti tipologie di campionamento: a Tempo, a Evento, a Flusso.

La rete è sottoposta a controlli manutentivi ordinari e straordinari che sono monitorati e registrati dal Centro di Coordinamento Rete ARPACal tramite utilizzo di *software* di gestione centralizzato dedicato alla rete.

In conclusione, la rete di autocampionatori fissi refrigerati di ARPACal rappresenta una soluzione innovativa e avanzata per il monitoraggio continuo delle acque reflue e per la protezione della qualità

delle acque di balneazione in Calabria. L'automazione dei processi di campionamento, la gestione remota e l'integrazione con altre strumentazioni di monitoraggio ambientale contribuiscono a rendere il sistema più efficiente, economico e affidabile, migliorando la capacità di risposta a potenziali emergenze ambientali e contribuendo alla tutela della salute pubblica e dell'ambiente.

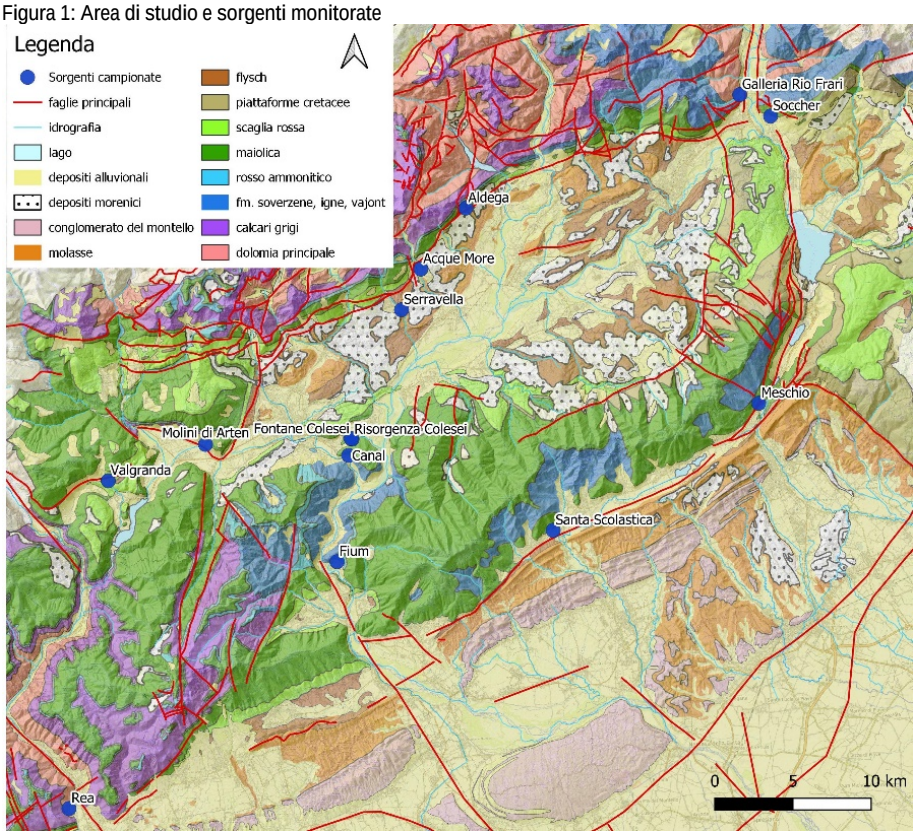
ACQUE SOTTERRANEE E TERREMOTI

Autori: Lucio D'Alberto, Giorgia Lucianetti
ARPA Veneto,

La previsione dei fenomeni naturali si basa sull'osservazione di precursori che, con un adeguato tempo di preavviso, permettono di stimare quando un evento naturale potrebbe verificarsi. Ad esempio, il monitoraggio delle tempeste solari e dei raggi cosmici ci consente di individuare dove e quando sarà possibile osservare l'aurora boreale. Allo stesso modo, le previsioni meteorologiche ci aiutano a pianificare meglio le nostre giornate, avvisandoci tempestivamente dell'arrivo di eventuali perturbazioni.
Gli esempi di previsione dei fenomeni naturali sono numerosi, ma per quanto riguarda i terremoti, attualmente non esiste un sistema di monitoraggio capace di prevedere con sufficiente dettaglio dove e quando si verificherà un sisma. Questo limite è dovuto al fatto che i terremoti si originano nelle profondità della crosta terrestre, mentre la nostra capacità di effettuare indagini dirette è limitata a dati sub superficiali. Infatti, i sismi possono avvenire fino a 700 km di profondità, mentre le perforazioni più profonde realizzate dall'uomo raggiungono solo i 10-11 km.
La capacità dell'uomo di ottenere informazioni dirette sul sottosuolo è limitata, quindi ci si affida a "corrieri" naturali come le onde sismiche, il flusso di calore e l'intensità dei campi magnetici o gravimetrici. Altri vettori informativi sono i gas che risalgono dalle profondità e le acque sotterranee, che dopo essersi infiltrate nel sottosuolo riemergono in superficie presso sorgenti termali o sorgenti normali.
Queste acque infiltrate nel sottosuolo scorrono e interagiscono con le rocce circostanti. Le deformazioni che le rocce subiscono sono all'origine dei movimenti tettonici responsabili dei terremoti, ma potrebbero essere anche all'origine di variazioni chimiche e quantitative delle acque sotterranee.
Monitorare le variazioni nelle caratteristiche delle acque sotterranee può quindi rappresentare uno strumento utile per l'indagine pre-sismica, perché alterazioni del chimismo possono evidenziare un importante cambiamento come le analisi delle urine forniscono indicazioni sul percorso nel nostro corpo dell'acqua ingerita e possono veicolare informazioni sullo stato di salute e sul manifestarsi di una patologia.
Diverse linee di ricerca stanno cercando di identificare possibili precursori sismici attraverso il monitoraggio delle acque sotterranee. Alcuni studi si concentrano sulle variazioni delle quantità d'acqua, altri sull'analisi dei gas disciolti, mentre altri ancora esaminano le modifiche nella composizione chimica dell'acqua.
Dal 2021 ARPAV è stata coinvolta in un progetto proposto dalla collaborazione tra CNR, INGV e Università La Sapienza. Il gruppo di ricercatori da anni sta conducendo monitoraggi nell'area appenninica analizzando il chimismo delle acque sotterranee e nello specifico variazioni di concentrazione di elementi disciolti nell'acqua riscontrate prima dei sismi.
In particolare, i ricercatori hanno studiato la sequenza sismica di Amatrice e Norcia del 2016-2017 evidenziando che la concentrazione nelle acque di alcuni metalli e metalloidi, come Arsenico (As), Vanadio (V) e Cromo (Cr), rispetto alla concentrazione normalmente osservata, sono cresciuti fino a 10-20 volte già alcune settimane prima dei terremoti principali per poi tornare ai livelli di base (Barberio et al., 2017).

Considerati i risultati estremamente promettenti già ottenuti nell'area appenninica e con l'obiettivo di validare ulteriormente la metodologia in contesti tettonici differenti, si è deciso di estendere lo studio anche alla porzione veneta del Sudalpino Orientale, in particolare alla Val Belluna e all'Alto Trevigiano. Questa area, storicamente interessata da terremoti distruttivi, rientra nella Zona 1 della Classificazione sismica del Veneto.
Questa area è caratterizzata da un regime tettonico di tipo "compressivo", ovvero con spinte che schiacciano e sollevano parti di territorio, molto diverso dal contesto del centro Italia che invece è caratterizzato da un contesto "distensivo" ovvero da un ribassamento generale.
Quindi, a partire dal 2021, è stata avviata una collaborazione con ARPAV per un monitoraggio pluriennale, con rilevazioni mensili, presso alcune sorgenti della fascia prealpina del Veneto orientale (Figura 1).

Figura 1: Area di studio e sorgenti monitorate



Fonte: Regione del Veneto, 2016, Database delle diverse litologie che compongono il territorio della Regione Veneto scala 1:250.000

Nella fase iniziale dello studio, l'attenzione si è concentrata sulla selezione di sorgenti con caratteristiche idonee, privilegiando quelle situate in prossimità di faglie e con una circolazione il più possibile profonda, così da ridurre l'influenza delle precipitazioni superficiali.
Una delle sorgenti è stata selezionata anche sulla base delle testimonianze raccolte da Pirona e Taramelli in seguito al terremoto dell'Alpago del 1873. Secondo i loro resoconti, in quell'occasione una sorgente si sarebbe prosciugata per alcune ore, mentre un'altra avrebbe mostrato un'anomala fuoriuscita di acqua torbida.
Dopo la fase di selezione, sono stati avviati campionamenti mensili su cinque sorgenti, mentre per un'altra decina il monitoraggio è stato condotto con una cadenza meno frequente. I tecnici ARPAV incaricati mensilmente prelevano dei campioni seguendo una procedura che ne permette la conservazione finché raggiungono i laboratori dell'Università La Sapienza.

Figura 2: Campionamento in sorgente

Fonte: ARPAV

Le analisi delle acque riguardano numerosi elementi geochimici ed è stata condotta anche una campagna specifica per lo studio degli isotopi stabili.
L'ampia quantità di dati chimici raccolti, relativi a un numero di parametri naturali ben superiore a quelli abitualmente analizzati, consente di individuare la presenza o l'assenza di specifici elementi che differenziano le acque. Tra questi, l'Antimonio, il Cesio e il Molibdeno offrono spunti per ipotizzare le variazioni tra i diversi acquiferi. Oltre a contribuire alla ricerca di possibili precursori sismici, questi dati stanno fornendo, quindi, un prezioso approfondimento conoscitivo sulla geochimica delle sorgenti monitorate.

Si prevede inoltre l'installazione di strumentazione fissa in loco per il monitoraggio continuo di alcuni parametri, permettendo così di ottenere dati in tempo reale e con maggiore dettaglio. Questo contribuirà allo sviluppo di una rete di monitoraggio più strutturata e all'approfondimento delle conoscenze idrochimiche e idrogeologiche delle sorgenti studiate. Poiché, per definizione, un monitoraggio non ha un termine prestabilito, la collaborazione viene proposta con un rinnovo triennale, garantendo così continuità nel tempo. Questo approccio garantisce continuità nelle osservazioni e permette di raccogliere dati in condizioni idrologiche variabili, che possono manifestarsi su intervalli pluriennali. L'elaborazione e l'interpretazione dei dati sono affidate ai ricercatori, i quali si confrontano costantemente con i tecnici di ARPAV, in quanto conoscitori del territorio in indagine.

Bibliografia

Barberio M.D., Barbieri M., Billi A., Doglioni C., Petitta M., 2017, *Hydrogeochemical changes before and during the 2016 Amatrice-Norcia seismic sequence (central Italy*). Sci. Rep. 7, 11735. https://doi.org/10.1038/s41598-017-11990-8.

Pirona G. A., Taramelli T., 1873, Sul terremoto del Bellunese del 29 giugno 1873, in "*Atti del Regio Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti*", serie IV, tomo 2, novembre 1872 e ottobre 1873, dispensa IX, pp.1523-74.

Regione del Veneto, 2016, Database delle diverse litologie che compongono il territorio della Regione Veneto scala 1:250.000. https://idt2.regione.veneto.it/idt/webgis/viewer?previewLayerId=14192

AUMENTO DELLE CONOSCENZE SULLA PRESENZA DI SOSTANZE PERFLUOROALCHILICHE (PFAS) DI VECCHIA E NUOVA GENERAZIONE NEI CORPI IDRICI SUPERFICIALI E SOTTERRANEI DELLA LOMBARDIA

Autori: Valeria Marchesi, Laura Tremolada, Pietro Genoni, Flavia Magni, Stefano Benzoni, Luisa Colzani
ARPA Lombardia

Le sostanze perfluoroalchiliche (PFAS), una volta immesse nell'ambiente, vi rimangono molto a lungo tanto da essere definite "inquinanti eterni" e da spingere le autorità regolatorie europee e nazionali ad assumere una serie di provvedimenti riguardo la loro presenza nelle acque, quali ad esempio l'inclusione del PFOS (acido perfluoroottansolfonico) tra le sostanze "pericolose e prioritarie" da sottoporre a monitoraggio nei corpi idrici (Direttiva 2013/39/EU; https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/pfas-pollution-in-european-waters).

Come dimostrato dalle prime indagini sperimentali condotte in Italia dall'Istituto di Ricerca sulle Acque del Consiglio Nazionale delle Ricerche (IRSA-CNR) e dalla prima campagna nazionale di monitoraggio delle sostanze perfluoroalchiliche effettuata dal SNPA nel 2018 (Rapporto ISPRA n. 305/2019), la presenza di tali sostanze nelle acque superficiali e sotterrrane è un fenomeno diffuso in tutte le regioni del Paese, in particolare nelle aree antropizzate.

Partendo da queste evidenze, con l'introduzione da parte del D. Lgs. 172/2015 e del D.M. 6 luglio 2016 di Standard di Qualità Ambientali (SQA) e Valori Soglia (VS) per alcuni composti perfluoroalchilici, dal 2017 ARPA Lombardia ha avviato una serie di attività di analisi, monitoraggio e controllo per aumentare le conoscenze sulla presenza di PFAS di vecchia e nuova generazione nei corpi idrici superficiali e sotterranei.

Il monitoraggio dei PFAS nel periodo 2017-2024 nelle acque superficiali e sotterranee ha riguardato la ricerca di 18 sostanze perfluoroalchiliche (per 6 delle quali sono previsti limiti normativi) in 28 corpi idrici lacustri, 140 corpi idrici fluviali a rischio di raggiungimento del buono stato ambientale e oltre 120 pozzi e piezometri (per lo più afferenti ai corpi idrici sotterranei in acquifero superficiale, maggiormente vulnerabili alle pressioni antropiche). A partire dal 2019 anche i corpi idrici fluviali destinati alla produzione di acqua potabile sono entrati a far parte della rete di monitoraggio PFAS.

Per estendere e ottimizzare la maglia dei punti di monitoraggio per classificare lo stato dei corpi idrici ai sensi della Direttiva 2000/60/CE (Direttiva Quadro Acque; DQA) e nel contempo costruire un quadro più preciso sulle possibili fonti di rilascio di PFAS, ARPA Lombardia nel 2017-2018 aveva già condotto i primi monitoraggi di indagine in due sottobacini che studi precedenti del CNR-IRSA (2013) avevano indicato tra i più critici.

Nel 2017 le attività di approfondimento sulle acque superficiali, realizzate in collaborazione con i Gestori del Servizio Idrico Integrato e le aziende del territorio bergamasco, hanno riguardato l'esecuzione di campagne di monitoraggio congiunte del fiume Serio e di scarichi di alcuni impianti di trattamento delle acque reflue urbane del sottobacino (Pfas, il monitoraggio nel bacino del fiume Serio in Lombardia – SNPA – Sistema nazionale protezione ambiente). È stato effettuato anche un primo censimento sull'utilizzo di PFAS in vari settori produttivi con scarico di acque industriali in fognatura.

L'esperienza è stata replicata nell'autunno del 2018 nel sottobacino del torrente Seveso, coinvolgendo i principali Gestori del Servizio Idrico Integrato per un'indagine sugli scarichi dei depuratori e dando avvio anche a un'attività di raccolta di informazioni sulle aziende del settore tessile, uno dei settori di potenziale interesse per l'utilizzo di queste sostanze.

Oltre alla realizzazione, negli stessi anni, di monitoraggi su alcuni punti della rete regionale delle acque sotterranee ubicati in territori ove sono presenti discariche, nel 2019 è stato deciso di accompagnare le verifiche ispettive ordinarie già programmate, con il campionamento e l'analisi di percolati e dei piezometri più significativi della rete di monitoraggio delle discariche. I campionamenti effettuati hanno mostrato la presenza di PFAS nei percolati da discarica in concentrazioni variabili ma significative, comprese tra qualche centinaio e qualche centinaio di migliaia di ng/l.

Da questi primi approfondimenti, unitamente ai risultati dei successivi monitoraggi sui corpi idrici superficali e sotterranei, è emerso come, nel sottobacino Lambro-Seveso-Olona, dove il reticolo idrografico superficiale attraversa una delle aree più industrializzate d'Europa, in particolare a nord di Milano, la presenza di PFAS è ubiquitaria, con concentrazioni tra le più elevate della regione.
In aree come quella del nodo idraulico dei fiumi Adda-Serio, caratterizzato da un bacino di pianura di incerta definizione, costituito da una fitta rete di canali e rogge che determinano interscambi con i bacini limitrofi e con la falda, la presenza di PFAS è legata alla elevata diffusione del loro utilizzo in diversi prodotti usati nei cicli industriali, frequentemente in concentrazioni tali da non rendere necessaria la loro indicazione nella scheda di sicurezza o scheda tecnica. Ciò rende estremente complesso attribuire a specifiche fonti la presenza degli stessi negli scarichi degli impianti di trattamento delle acque reflue urbane.

Dal 2020 la determinazione di PFAS è stata integrata anche sui corpi idrici lacustri e dal 2021 è stato avviato un coordinamento sistematico tra monitoraggi ambientali e controlli su oltre 50 scarichi di impianti di trattamento di acque reflue urbane, garantendo un'uniforme distribuzione sul territorio regionale e selezionando i depuratori in relazione a criteri sia dimensionali sia relativi alla tipologia di pressioni presenti nei bacini afferenti. A partire dal 2021 è stata avviata la ricerca di PFAS anche in una decina di scarichi industriali recapitanti in fognature collettate a depuratori oggetto di indagine.

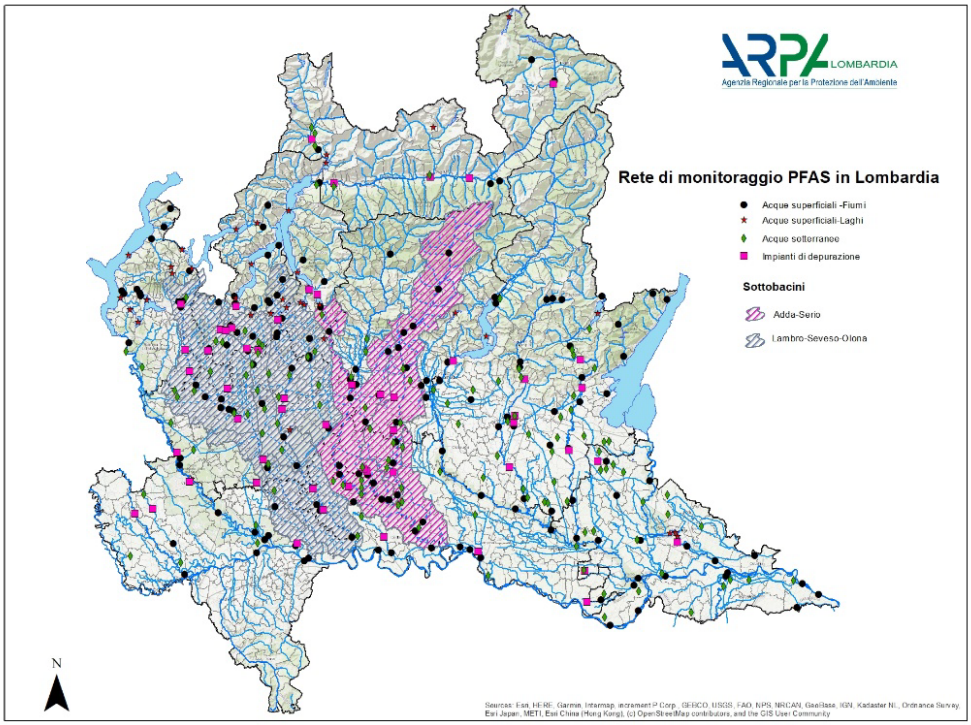
Anche dal punto di vista analitico è stato progressivamente ampliato il pannello di PFAS determinabili nelle acque superficiali e sotterrane. Per la matrice acque reflue, a seguito del Progetto VIBaPo (Verso l'Inventario 2025) finanziato dall'Autorità di bacino distrettuale del fiume Po, nel 2024 i limiti di quantificazione per queste sostanze sono stati ridotti al fine di consentire le valutazioni degli apporti degli scarichi degli impianti di depurazione nei corpi idrici recettori.

Nel periodo 2017-2024, più di 4.600 campionamenti su corpi idrici superficiali e sotterranei, oltre 220 campagne di indagine sulle altre matrici più critiche (acque di scarico, percolati e acque sotterranee contaminate), per un totale di oltre 70.000 analisi su tutto il territorio regionale, hanno evidenziato un quadro di superamenti diffusi dello standard di qualità medio annuo (SQA-MA) per il solo PFOS sui corpi idrici fluviali e lacustri, e di isolati superamenti del rispettivo valore soglia (VS) sulle acque sotterranee. Ciò ha consentito di individuare alcune aree a maggiore criticità in termini di numero di congeneri e valori di sommatoria PFAS, sulle quali si concentreranno le attività di approfondimento delle conoscenze riguardo la presenza di queste sostanze.

Le risultanze dell'analisi dei fattori di pressione sono propedeutiche alla rimodulazione delle reti di monitoraggio effettuata sia sulla base degli esiti dei monitoraggi pregressi sia di quelli dei controlli svolti dalle Agenzie di Tutela della Salute (ATS) sulle acque potabili, concentrando lo sforzo di monitoraggio nelle aree con riscontri dei valori massimi di PFAS anche per attuazione del D.Lgs. 18/2023.

Le attività di ricostruzione e approfondimento sulla presenza di PFAS nelle acque superficiali, sotterranee e negli scarichi confluiscono nei Rapporti annuali disponibili sul portale di ARPA Lombardia.

Figura 1: Rete di monitoraggio PFAS 2017-2024 di ARPA Lombardia



Fonte: ARPA Lombardia

Bibliografia

ARPA Lombardia, 2018. *Il monitoraggio delle sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) in Lombardia.* Settembre 2019.

ARPA Lombardia, 2022. *Il monitoraggio delle sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) in Lombardia.* Ottobre 2022

ARPA Lombardia, 2023. *Il monitoraggio delle sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) in Lombardia.* Novembre 2023

ARPA Lombardia, 2024. *Il monitoraggio delle sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) in Lombardia.* Dicembre 2024

ISPRA, 2019. *Indirizzi perla progettazione delle reti di monitoraggio delle sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) nei corpi idrici superficiali e sotterranei.* Rapporti 305/2019, ISBN 978-88-448-0950-8

Istituto di Ricerca sulle Acque – CNR, 2013. *Realizzazione di uno studio di valutazione del Rischio Ambientale e Sanitario associato alla contaminazione da sostanze perfluoro-alchiliche (PFAS) nel Bacino del Po e nei principali bacini fluviali italiani. Relazione finale.* Ottobre 2013

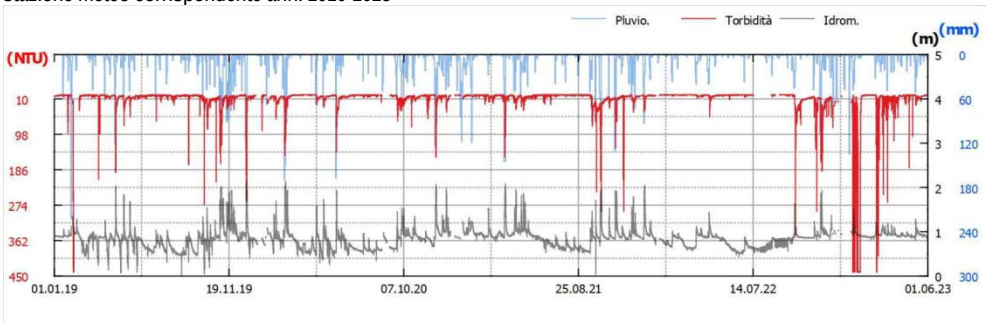
STUDIO DEI MECCANISMI E DELLE VIE DI INFILTRAZIONE PREFERENZIALE DI MATERIALI IN SOSPENSIONE NEGLI ACQUIFERI CARSICI DEL MASSICCIO DELLE ALPI APUANE

Autore: Stefano Santi
ARPA Toscana

Uno dei maggiori impatti ambientali che le attività estrattive del comparto marmifero Apuano e Versiliese esercitano sulle matrici ambientali è quello legato alla presenza di particolato solido di ridotte dimensioni che riesce, grazie alle caratteristiche carsiche del massiccio apuano, a raggiungere gli acquiferi profondi, riemergendo successivamente dalle sorgenti. I materiali in questione sono rappresentati essenzialmente dalla polvere prodotta durante il taglio in cava dei blocchi di marmo eseguito con fili diamantati o catene a maglie dentate. Questo materiale, che si presenta sia come una polvere bianca molto fine sia come fango più o meno fluido, prende il nome di "marmettola" e risulta composta quasi esclusivamente da calcite ($CaCO_3$).
Di seguito si rappresentano le informazioni ad oggi note, ed in continua evoluzione, in merito alle dinamiche con le quali avviene la movimentazione e il trasporto della marmettola lungo le vie sotterranee sino a fuoriuscire presso le sorgenti in forma di torbidità, quale situazione che interessa le acque con particolare riferimento alle fasi di piena. Lo studio in corso, promosso mediante accordo di ricerca tra ARPAT e il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze, prevede due modalità d'indagine: la prima riguarda l'analisi comparata dei dati dei monitoraggi che ARPAT esegue su alcune delle principali sorgenti carsiche delle Alpi Apuane (9 sorgenti monitorate in continuo con dati disponibili dal 2019), mentre la successiva prevede una campagna di campionamenti dei sedimenti emessi dalle sorgenti e di sedimenti prelevati in grotte interessati da un elevato impatto per la presenza di marmettola nella zona di trasporto vadoso, caratterizzata da flussi a pelo libero perenni o occasionali. Questa seconda linea di indagine farà tesoro delle metodologie messe a punto durante un precedente studio che aveva la finalità di determinare il tempo di residenza della marmettola all'interno dell'acquifero carsico in funzione delle caratteristiche "tondeggianti" della superficie esterna dei granuli di calcite (attività eseguita con l'uso del microscopio elettronico a scansione (SEM). Lo studio prevede anche un'analisi degli isotopi stabili di C e O dei granuli di calcite (marmo s.l.) presenti nei sedimenti allo scopo di definire ulteriormente la loro provenienza e la loro origine da processi di alterazione naturale o da operazioni di taglio del marmo in cava. Si prevede infine anche l'organizzazione di tutti i dati sensibili in un sistema GIS, in modo da produrre un quadro geografico aggiornato delle condizioni di criticità degli acquiferi carsici delle Alpi Apuane legate alla dispersione di marmettola e polveri di marmo in genere.
L'analisi della mole di dati, pur discontinua e non priva di alcune situazioni di dubbia interpretazione, mostra quanto la dinamica, con cui avviene la movimentazione e il trasporto della marmettola negli acquiferi carsici, sia complessa e legata a fattori diversi, sia di natura meteorologica sia idrodinamica.
Le attività di studio dei dati, disponibili al sito https://sira.arpat.toscana.it, effettuate nella fase preliminare, hanno avuto per oggetto le sorgenti ritenute più rappresentative per dimensione, potenzialità, impatto ed utilizzo. I parametri presi in considerazione (acquisiti automaticamente da sonde multi parametriche installate, hanno cadenza oraria) sono: **livello idrico (idrometria)** (altezza rispetto ad uno zero idrometrico arbitrario), **torbidità** (espressa in NTU, cioè unità nefelometrica di

torbidità, con fondo scala variabile da 330 a 440 NTU), temperatura (°C) e conducibilità elettrica specifica (micro-Siemens per centimetro a 25 °C).La valutazione dei predetti dati non può però prescindere dalle informazioni relative alle precipitazioni (cumulate orarie) delle stazioni meteorologiche ritenute rappresentative di ogni sistema idrogeologico, considerato nello stesso arco temporale di osservazione.
I parametri idrometria, torbidità e dati pluviometrici hanno la funzione di descrivere la magnitudo dell'evento, il parametro conducibilità elettrica specifica e la temperatura, sono invece indicatori del ricambio d'acqua all'interno dei condotti carsici, con acqua proveniente dall'esterno (precipitazioni).
Lo studio ha quindi prodotto, per le sorgenti indagate, diagrammi temporali complessivi per l'intero periodo di osservazione e diagrammi "annuali" o per periodi ridotti al fine di indagare ed interpretare situazioni anomale. Il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze ha prodotto alcune prime elaborazioni sia di lungo periodo (Figura 1) che relative a periodi più limitati ed addirittura legate ad un singolo evento meteorico.

Figura 1: Esempio di dati di torbidità (NTU) e idrometrici (m) relativi ad una sorgente monitorata e di pluviometria della stazione meteo corrispondente anni 2019-2023



Fonte: Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze

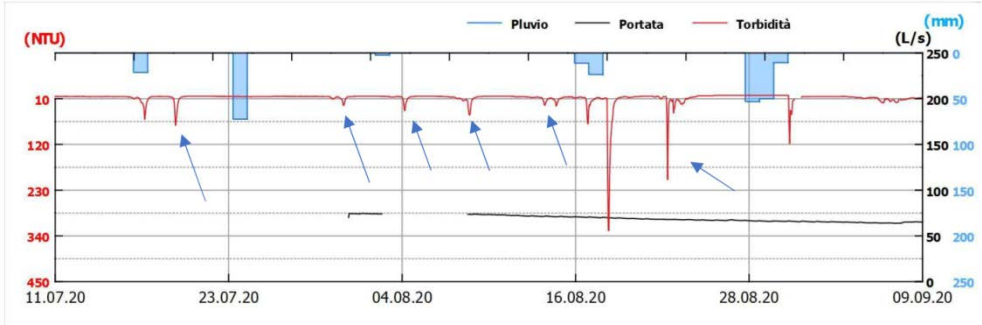
Su particolari eventi meteorici sono stati poi costruiti dei diagrammi torbidità (NTU), idrometrici (m), Pluviometrici (mm) e di conducibilità (mS/cm) dai quali è possibile verificare informazioni comparate tra i 4 parametri.

Dallo studio dei diagrammi prodotti per singola sorgente, e di conseguenza dei vari eventi meteorici e delle loro conseguenze, sembra possano sussistere tre situazioni ricorrenti:
1. picchi di torbidità corrispondenti a picchi di piena;
2. picchi di torbidità ritardati rispetto ai picchi di piena;
3. picchi di torbidità non concomitanti con aumenti di portata significativi.
Alle tre precedenti situazioni vanno aggiunti anche alcuni casi di aumenti di torbidità non caratterizzati da significativi aumenti di portata.

Per le tre sorgenti indagate, la prima situazione sembra da imputare alla presa in carico di materiali già presenti nell'acquifero probabilmente in forma di sedimenti stoccati nei condotti freatici (zona satura)

che alimentano le sorgenti; sostanzialmente si può associare a questi fenomeni una rimobilitazione di materiali, di cui non si conosce il tempo di "stoccaggio" all'interno dell'acquifero e tanto meno la provenienza (naturale per disgregazione della roccia o prodotto dalla segagione del marmo).
La seconda situazione potrebbe invece essere legata all'arrivo di acque che s'infiltrano nel sottosuolo già cariche di torbidità, e quindi provenienti direttamente dalle aree estrattive; questa situazione è pertanto certamente antropica e di più facile interpretazione in vista di possibili soluzioni da adottare per la tutela della componente ambientale. Si può affermare con ragionevole certezza che lo scenario descritto è attribuibile a fenomeni di dilavamento di polveri presenti in cava a seguito di eventi meteorici e, pertanto, con azioni di tipo gestionale a carico dei gestori delle attività estrattive tali scenari possono essere mitigati o annullati.
I picchi di torbidità non legati a variazioni del regime idrico e quindi alle piogge, sono invece da imputare a occasionali sversamenti avvenuti nelle aree di cava durante le fasi di estrazione e/o lavorazione del marmo (Figura 2); anche questo scenario è di natura antropica e potenzialmente legato ad azioni dolose, comportamenti che potrebbero essere sanzionati avendo a disposizione correlazioni certe tra la singola cava (o raggruppamento di cave) e sorgente impattata.

Figura 2: Esempio di dati di torbidità (NTU) e di pluviometria di una sorgente con aumenti di torbidità in assenza di precipitazioni (vedi frecce azzurre)



Fonte: Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze

Sono infine da segnalare casi in cui si assiste alle cosiddette piene "pulite", in genere di ridotta entità, ossia fenomeni in cui aumenta la portata della sorgente ma senza alcun aumento della torbidità; questi fenomeni possono avere varie spiegazioni in quanto possono essere dovuti a eventi meteorologici localizzati che non interessano aree estrattive, o a condizioni di flusso non sufficientemente veloce da permettere il trasporto di sedimenti.
La conoscenza del livello di torbidità e la portata delle sorgenti permette anche la stima del quantitativo di solido che viene movimentato dalle sorgenti.
Attualmente il lavoro si sta concentrando sull'analisi di parametri che possano caratterizzare in modo quantitativo i vari eventi di torbidità al fine di metterli in relazione con la pluviometria e con le caratteristiche idrodinamiche e strutturali dei vari sistemi carsici.

Bibliografia

Consorzio LaMMA, CNR, Regione Toscana, *Delimitazione delle Zone di Protezione Risorse Idriche destinate al consumo umano "Sorgenti di Torano" (Carrara, MS – ATO1)* Novembre 2013.

Drysdale R. et ali, 2001 *Suspended sediments in karst spring waters near Massa (Tuscany), Italy*. Environmental Earth Sciences June 2001.

Piccini L. et ali, 2020. *Ricerca e definizione di tecniche innovative per lo studio della natura morfologica e degli inquinanti nei sedimenti e rifiuti di lavorazione nel bacino marmifero apuano*.

POA ACQUACENTRO – ANALISI DELLE PRESSIONI E DEGLI IMPATTI SUI CORPI IDRICI SOTTERRANEI CARBONATICI RICADENTI NEL TERRITORIO DELLA REGIONE LAZIO, NELL'AMBITO DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DELL'APPENNINO CENTRALE

Autori: Roberto Ceccarini, Alessandra Scala, Emanuele Bernini, Camilla Ciotti, Annalaura Rossi, Adele Clausi, Eliana Barra, Alberto Di Ludovico, Marco Le Foche
ARPA Lazio

Le acque sotterranee costituiscono la riserva di acqua dolce più delicata, principale fonte di alimentazione e ravvenamento dei sistemi idrici superficiali interni e imprescindibile riserva di approvvigionamento di acqua potabile.
Tutte le disposizioni normative (Direttive 2000/60/CE e 2006/118/CE, D.Lgs. 152/2006, D.Lgs. 30/2009, D.M. 260/2010) sono tese ad assicurare, anche attraverso le pianificazioni di settore, la preservazione della risorsa, il risanamento del patrimonio idrico dall'inquinamento e, al contempo, ad impedire il depauperamento delle risorse in termini quantitativi.
L'articolo 5 della Direttiva 2000/60/CE stabilisce che ogni Stato deve poter definire se i Corpi o gruppi di Corpi Idrici possano conseguire o meno un buono stato chimico. Tra le attività istituzionali di ARPA Lazio c'è il compito di indagare lo stato chimico dei Corpi Idrici Sotterranei (CIS) mediante il campionamento periodico.
Nel Lazio i CIS totali censiti sono 66, di cui 47 considerati "produttivi" ai sensi di quanto previsto dal D.Lgs. 30/2009.
A partire dal 2020, ARPA Lazio ha avviato una serie di azioni tecniche che hanno portato all'implementazione della rete di monitoraggio dei CIS della regione:

- uniformando e accorpando le reti di monitoraggio e di campionamento, così dette "rete sorgenti" (Del. Giunta Reg. 355/2003) e "rete ZVN" (Zone Vulnerabili da Nitrati), portando la rete istituzionale a 148 punti, di cui alla DGR n. 901 del 09/12/2021, definendo quali porre in monitoraggio di sorveglianza e quali in operativo, ai sensi del D.M. 260/2010;
- adeguando i set analitici con caratterizzazione ionica e definizione del contenuto in metalli e microinquinanti organici.

In particolare, nel 2019 il MASE e l'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Centrale ("AUBAC") hanno stipulato una Convenzione per l'attuazione del Progetto *"Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale-Interventi per il miglioramento della qualità dei corpi idrici - ACQUACENTRO" a valere sul Piano Operativo Ambiente FSC 2014-2020-sotto piano "Interventi per la tutela del territorio e delle acque" (*CUP F42G16000000001).
L'ARPA Lazio, la Direzione ambiente della Regione e la AUBAC hanno sottoscritto un accordo di collaborazione per realizzare alcune Azioni del POA riguardanti la "implementazione delle reti di monitoraggio dei corpi idrici superficiali e sotterranei ricadenti nel territorio della Regione Lazio, nell'ambito del distretto dell'Appennino centrale".
L'Agenzia è direttamente coinvolta nelle seguenti Azioni:

- Azione A.1.2.1.Lazio1 – "Implementazione delle reti di monitoraggio dei corpi idrici superficiali e sotterranei ricadenti nel territorio della regione Lazio, nell'ambito del distretto dell'Appennino centrale", formalizzata il 12/12/2022;

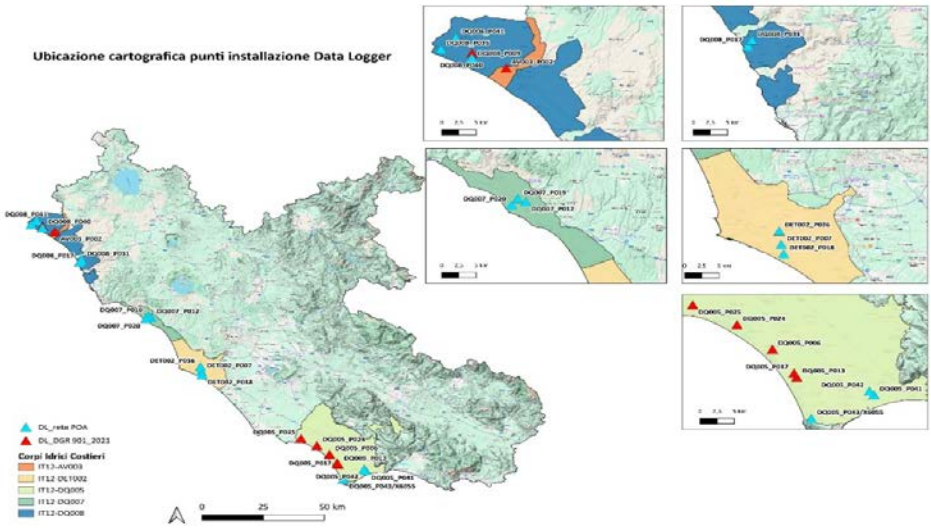
- Azione A.2.1.Lazio1 – “Analisi delle pressioni e degli impatti sui corpi idrici sotterranei carbonatici ricadenti nel territorio della Regione Lazio, nell’ambito del Distretto Idrografico dell’Appennino Centrale”, formalizzata il 04/03/2024.

I risultati del progetto saranno presentati e discussi a fine 2025, restituendo elaborati tecnici comprensivi di valutazioni circa lo stato chimico dei singoli CIS afferenti al Distretto dell’Appennino Centrale. Nell’ambito delle attività oggetto dell’accordo, da sviluppare nel triennio 2023-2025, è stato possibile incrementare la rete di monitoraggio regionale con ulteriori 360 punti (“rete POA”) tra sorgenti e pozzi: 120 per i CIS vulcanici (rilevati nel 2023), 205 per i CIS Terrigeni (rilevati nel 2024) e 35 per i CIS carbonatici (rilevati tra 2024 e 2025).

Le attività finalizzate alla definizione dello stato chimico dei CIS stanno permettendo inoltre di approfondire alcuni aspetti idrogeologici ed idrogeochimici su ampia scala con riferimento:

- all’Intrusione salina – sulla base di dati bibliografici, misurazioni e analisi pregresse svolte da ARPA Lazio, a partire dalla primavera 2024 sono stati selezionati 5 settori della costa laziale su cui focalizzare l’attenzione del fenomeno legato all’intrusione salina. Oltre ai prelievi periodici, sono stati installati 21 sistemi di acquisizione in automatico in altrettanti pozzi per la misura in continuo di Temperatura, Conducibilità elettrica e livello piezometrico (Figura 1). I dati vengono scaricati periodicamente. Lo scopo è valutare i fenomeni di prelievo e ricarica delle falde intercettate dalle opere di captazione, in relazione allo specifico assetto idrogeologico dell’area, cercando di cogliere, per quanto possibile, eventuali loro impatti che possono favorire il fenomeno e secondo quale meccanismo principale.

Figura 1: Ubicazione data-logger



Fonte: ARPA Lazio

- alla Facies idrochimica – i dati sulla speciazione ionica stanno consentendo di definire, dove non vi erano informazioni disponibili, e di verificare, laddove i dati bibliografici lo permettano, la

facies idrogeochimica di tutti i CIS monitorati. Lo studio dei dati plottati su specifici diagrammi permetterà di apprezzare graficamente e valutare come approfondire alcuni aspetti idrochimici legati a particolari fenomeni quali i travasi tra un CIS ed uno contiguo o il depauperamento degli stessi;

- all'Analisi delle pressioni sui CIS carbonatici – Ad inizio marzo 2024 sono state avviate le attività di cui all'Azione A.2.1.Lazio1 preselezionando 19 sorgenti dei CIS carbonatici, attualmente in concessione. A seguito di sopralluoghi ed approfondimenti ne sono state poste in monitoraggio 12 per i seguenti parametri:
  - misura delle portate (erogata, prelevata e rilasciata) con cadenza mensile;
  - campionamento delle acque erogate per la ricerca delle microplastiche (trimestralmente). Vista la mancanza di normativa tecnica specifica, lo scopo dello studio è definire una procedura di prelievo, redigere una procedura per il riconoscimento allo stereoscopio delle microplastiche, verificarne la presenza/assenza (Figura 2);
  - campionamento delle acque erogate con cadenza semestrale per la ricerca delle sostanze perfluoroalchiliche.

Figura 2: Tipico campionamento da sorgente: filtro in metallo da 0,3mm in tubo metallico. In basso esempio di microplastiche allo stereomicroscopio

Fonte: ARPA Lazio

Tutti i dati validati saranno in fine fruibili attraverso il portale SIRA - Sistema Informativo Regionale Ambientale del Lazio (https://sira.arpalazio.it/). Le attività in corso, ormai nelle fasi di ultimazione, hanno consentito di strutturare una rete di monitoraggio adeguata per una regione, il Lazio, dagli aspetti geologici, strutturali ed idrogeologici molto complessi. L'evoluzione geologico-strutturale che ha accompagnato l'attuale formazione del territorio laziale ha messo a contatto, sovrapposto, intruso e depositato tra loro litologie di genesi e chimismo diversi, rendendola fonte di ispirazione per continui e nuovi studi, come quelli che si stanno affrontando ed in particolare: definire l'identità idrogeochimica di tutti i CIS del Lazio, cercare di comprendere le dinamiche del fenomeno dell'intrusione salina nelle aree costiere e, tra i contaminati emergenti, valutare se e come l'impatto antropico determinato con la presenza di microplastiche nelle acque sotterranee stia interessando i CIS carbonatici.
Nonostante il lavoro sia ancora in corso, risulta chiaro come valga la pena soffermarsi sulla tematica microplastiche, di recente trattazione per la specifica matrice. Lo studio ha consentito di confrontarsi, con nuove problematiche sia pratiche, quali le metodiche di prelievo e lettura dei campioni, che tecnico-scientifiche riguardanti l'idrogeologia e l'idraulica dei corpi idrici carbonatici.

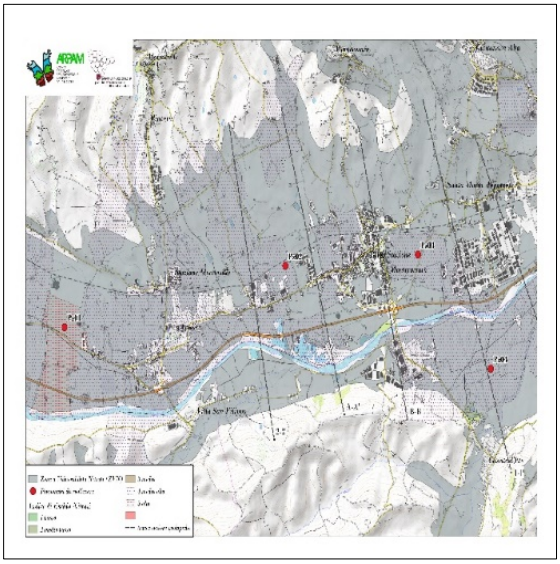
IMPLEMENTAZIONE DI UNA RETE DI MONITORAGGIO QUANTITATIVO IN CONTINUO DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI DELLA REGIONE MARCHE

Autori: Marco Fanelli, Roberto Brascugli, Walter Vacca
ARPA Marche

L'ARPA Marche dispone di serie temporali, ultradecennali, che descrivono il comportamento a lungo termine del livello delle falde e delle portate sorgentizie, mediante misurazioni semestrali di ogni singola stazione della rete di monitoraggio dello stato quantitativo, 128 pozzi e 98 sorgenti, dei GWB regionali. Dal 2023 l'Agenzia ha integrato la propria rete di monitoraggio con una sottorete pilota composta da piezometri perforati appositamente e strumentati per la misura automatica in continuo del livello piezometrico dell'acquifero libero del f. Chienti.
Quale soggetto attuatore del progetto "*Acquacentro*", l'Agenzia è attualmente impegnata ad estendere entro 2025 tale rete pilota di monitoraggio in continuo anche al resto dei corpi idrici sotterranei principali della regione Marche, sia carbonatici che alluvionali.

In particolare, la sottorete pilota, che costituisce il punto di partenza del monitoraggio in continuo della risorsa idrica sotterranea della regione Marche, è formata da 4 piezometri attrezzati con una sonda multi-parametrica per la misura di parametri chimico-fisici di base, della soggiacenza ed è dotata di un elettrodo ISE per la misura dello ione Nitrato. I piezometri sono stati realizzati in aree scelte sulla base di un modello concettuale molto dettagliato del GWB alluvionale del f. Chienti.
I parametri vengono automaticamente rilevati con frequenza regolabile, trasmessi tramite modem al server GDT e a loro volta visualizzati per elaborazioni, controlli e report tramite un portale web. La rete è soggetta, ogni semestre, ad una manutenzione per la calibrazione di tutti gli elettrodi, l'eventuale sostituzione degli elettrodi, riavvio del Datalogger, controllo del sistema di alimentazione, prelievo di campioni per un'eventuale taratura, etcc…
Nel settembre 2023, l'Agenzia ha sottoscritto un accordo di collaborazione con la Regione Marche e l'Autorità Distrettuale dell'Appennino Centrale, come soggetto esecutore del Progetto "*Acquacentro*", linea di Azione "A.1.2.1. Marche1, "*Implementazione della rete di monitoraggio quantitativo in continuo dei corpi idrici alluvionali e potenziamento della rete di monitoraggio delle principali sorgenti dei corpi idrici sotterranei carbonatici utilizzate per uso idropotabile e ricadenti nel territorio della Regione Marche*, che si concluderà entro 2025.

Figura 1: Stazione di monitoraggio in continuo ubicata in loc. Sarrocciano nel bacino del f. Chienti in provincia di Macerata. (fonte ARPAM)

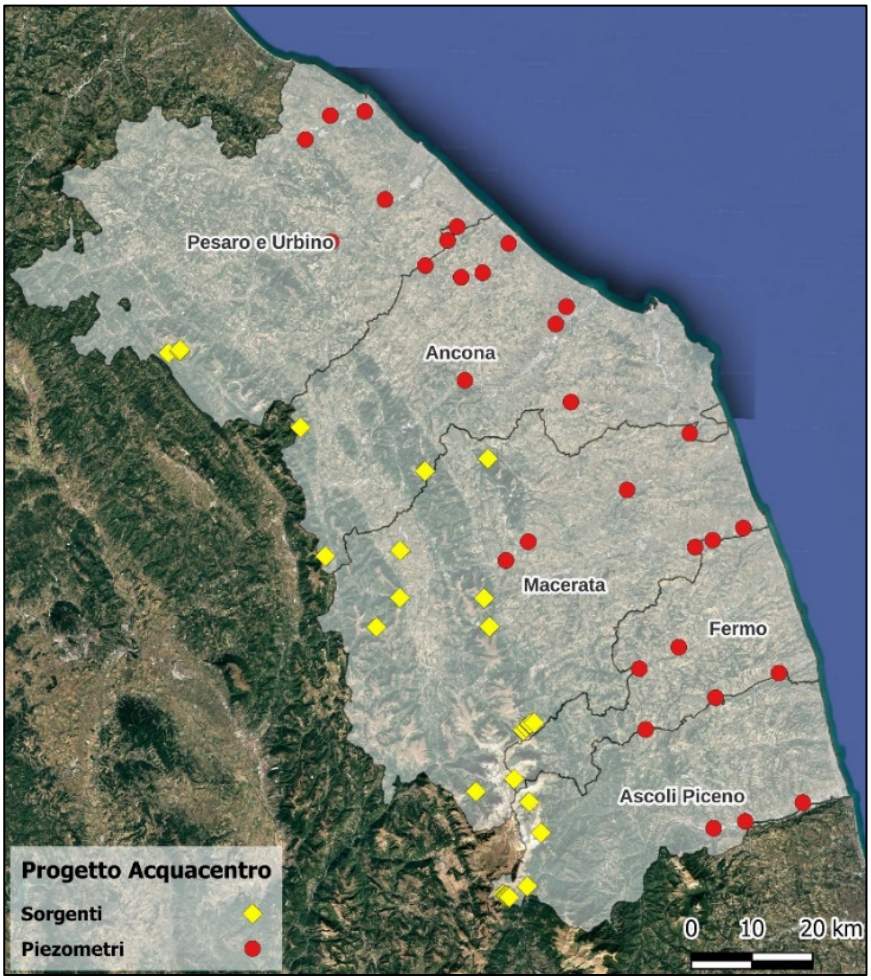


Fonte: ARPA Marche

Il compito dell'Agenzia si divide in due macro-attività: sviluppare il monitoraggio quantitativo in continuo del livello piezometrico dei principali corpi idrici sotterranei alluvionali ed implementare strumentalmente un gruppo di sorgenti alimentate da acquiferi carbonatici, individuate a partire dalla rete MEI (Monitoraggio Emergenza Idropotabile) regionale, con misuratori in continuo delle portate.
La prima macro-attività consiste nell'individuare 20-30 punti di monitoraggio esistenti o di nuova realizzazione ed installare, nei punti prescelti, la strumentazione di rilevazione e il sistema di trasmissione, acquisizione e registrazione delle misurazioni in continuo del livello piezometrico delle falde presenti nelle piane alluvionali dei fiumi: Foglia, Metauro, Cesano, Misa, Esino, Musone, Potenza, Chienti, Tenna, Aso e Tronto.
L'agenzia ha già individuato 30 porzioni di acquifero più idonee, per caratteristiche idrogeologiche, ad ospitare stazioni di misura in continuo della soggiacenza. Ogni area, individuata in base alle sue caratteristiche litostratigrafiche e idrogeologiche, è descritta da tavole grafiche in cui viene riportato uno stralcio cartografico della macroarea insieme alla sezione lito-stratigrafica interpretata. Attualmente l'attività è rivolta a predisporre le autorizzazioni/nulla osta e servitù necessarie alla realizzazione dei piezometri nelle porzioni di acquifero individuate. Si proseguirà poi alla costruzione dei singoli sistemi di monitoraggio in continuo (piezometro, sensori di livello, sistema di trasmissione, acquisizione e registrazione delle misurazioni).
La seconda macro-attività consiste nell'implementazione di sistemi di misura delle portate/volumi non captati in continuo con un passo giornaliero in modo da misurare la portata complessiva erogata delle principali sorgenti dei corpi idrici sotterranei carbonatici utilizzate per uso idropotabile.

Attualmente l'Agenzia è impegnata a verificare, presso le sorgenti selezionate preliminarmente, delle strumentazioni di misura già esistenti e della possibilità di integrazione con le stesse, nonché delle condizioni logistiche delle sorgenti captate per uso potabile, in relazione alla scelta della tipologia di misura da eseguire ed in relazione alle condizioni idrogeologiche e progettazione delle attività necessarie per l'implementazione della rete di monitoraggio.

Figura 2: Ubicazione delle aree e delle sorgenti interessate dall'implementazione strumentale in continuo dei parametri portate sorgentizie e livello di falda; Progetto Acquacentro



Fonte: ARPA Marche

ATTIVITA' OPERATIVA DI RICERCA DEI SITI A RISCHIO INTERRAMENTO RIFIUTI

Autore: Marco PASQUALE
ARPA Molise

Il territorio molisano, caratterizzato da una ricca varietà di risorse naturali, costituisce un rilevante patrimonio nei confronti del quale si ha l'obbligo morale di intervenire, al fine di tutelarne l'integrità e le relative potenzialità d'uso. Ciò implica un atteggiamento di precauzione e prevenzione nei confronti dell'ambiente che costituisce un valore da conservare per chi lo utilizza, e soprattutto, per le generazioni future. Si tratta di un impegno importante e strategicamente rilevante la cui concreta attuazione non può prescindere da una accurata attività di conoscenza e prevenzione del territorio.
L'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Molise ha tra i suoi obiettivi principali il monitoraggio dello stato dell'ambiente e dell'inerente controllo unitamente allo sviluppo, nell'ambito della programmazione regionale, delle opportune linee di azione per prevenire il verificarsi di danni e per informare, sensibilizzare, la collettività sulle principali problematiche ambientali. Problematiche che non sono fini a sé stesse, ma che di fatto, incidendo fortemente sul tessuto sociale e produttivo regionale, sono in grado di compromettere le produzioni agroalimentari di qualità nonché la salute stessa del cittadino.
L'accurata conoscenza del territorio e, nel caso specifico, la capacità di individuare e isolare i siti potenzialmente contaminati, in relazione all'abbandono e/o di interramento di rifiuti, è tesa alla restituzione dei suoli al loro uso originario, e costituisce pertanto un passaggio fondamentale per orientare, con efficacia, la gestione politica, economica e sociale dell'ambiente.
ARPA Molise ha il compito specifico di ricercare, in modo sistematico e scientifico, i rifiuti sepolti in tutto il territorio regionale (terreni incolti, terreni agricoli, cave dismesse e in ogni altro luogo ritenuto sensibile) e, a tal fine, ha adottato una specifica metodologia di operativa secondo tre fasi di seguito riportate:
1° FASE- *screening* del territorio
Studio storico del territorio attraverso l'impiego di ortofoto, di fotorestituzione, di comparazione tra aerofotogrammetrie (variazioni planoaltimetriche) e del drone per evidenziare le modifiche del territorio in esame e la loro entità. In particolare, è effettuata una preliminare attività con il reperimento delle aerofotogrammetrie/ortofoto storiche, delle mappe delle cave, delle testimonianze e segnalazioni da parte dei cittadini, delle associazioni e delle istituzioni, le istituzioni regionali e locali.
2° FASE- fase di controllo *in situ*
effettuazione di sopralluogo, dei punti critici desunti dalla attività di screening, anche attraverso l'impiego di drone, elettromagnetometro da campo, rilevatore di radioattività, termocamera da campo per evidenziare eventuali processi di fermentazione in atto e la presenza di liquidi caldo/freddi. In particolare, è prevista l'effettuazione di sopralluoghi sui siti critici desunti dalla già menzionata attività di screening, nei territori/siti ritenuti a maggiore rischio e specificatamente: terreni agricoli, alvei fluviali, cave dismesse, specchi d'acqua sospetti, areali dove sono state realizzate opere con importanti movimenti di terreno, terreni adiacenti i maggiori complessi industriali rilevando la possibilità anche di sopralluoghi a campione.
3° FASE- classificazione dei siti
Dai risultati delle due fasi precedenti, i siti saranno così classificati:

- sito anomalo: dove i controlli hanno accertato la presenza di radioattività/inquinanti/corpi estranei nel suolo e/o nel sottosuolo;
- sito a rischio: dove nessuno dei rilievi effettuati ha permesso di identificare il tipo di anomalia e dove sarà necessario procedere con ulteriori approfondimenti;
- sito libero: che risulta privo di radioattività/inquinanti/corpi estranei nel sottosuolo.

Tutti i siti saranno inseriti nella mappa dei Siti a rischio interramento rifiuti (RIR).
Successivamente, qualora a seguito di verifica in campo dovesse essere confermata la presenza di rifiuti interrati/surnatanti e/o sversati, si provvede alle opportune comunicazioni, ai fini dei successivi adempimenti di cui alla legislazione vigente.
Di seguito il dettaglio delle attività tecniche di ricerca:

1. analisi storica da ortofoto e aerofotogrammetrie del territorio selezionato, per evidenziare i siti in cui c'è stato un qualsiasi movimento di terra;
2. approfondimento sui motivi dei movimenti di terra per scartare i falsi positivi e costruire una mappa dei siti potenzialmente critici/sospetti;
3. studio altimetrico dei terreni con:
   - cartografia e ortofoto scala 1:500;
   - ampiezza zona inquinata e i metri cubi di materiale da bonificare;
   - posizione centimetrica in coordinate WGS dei punti dove fare sondaggi preliminari alla bonifica;
   - restituzione catastale e generazione di un DTM, per ricostruire graficamente l'andamento degli scavi;
4. studio aerofotogrammetrico in stereoscopia 3D:
   - prima dello scavo (colture in atto, incolto, terreno a riposo);
   - scavo in atto (definizione della morfologia del sito, individuazione settori interessati);
   - fine scavo (colture in atto, incolto, terreno a riposo);
   - volo con drone, restituzione e georeferenziazione delle foto aeree per produzione di informazioni metriche tridimensionali. Per lo studio dei dettagli (es. per analizzare gli avvallamenti dovuti all'assestamento del terreno, la fuoriuscita di materiale, le aree con presenza di bruciature);
5. impiego del sensore ad infrarosso per analizzare le anomalie sul territorio (stress vegetativo);
6. rilievi radiometrici, geofisici e dei metalli pesanti con:
   - radiometrici: verifica radioattività del sito;
   - geofisici (elettromagnetometro)
     per scongiurare il rischio che si tratti di rifiuti radioattivi, per localizzare puntualmente i rifiuti nascosti nel sottosuolo e per fornire, ove possibile, indicazioni sulla tipologia dei rifiuti che sono interrati;
7. termografia infrarosso per eventuali processi di fermentazione in atto e presenza di liquidi caldo/freddi;
8. creazione di una banca dati SIT (Sistema Informativo Territoriale) dei siti critici.

L'attività condotta sul territorio molisano ha consentito il rinvenimento di diverse tipologie di rifiuti interrati ed in particolare:

1. Rifiuti di manufatti cementizi contenenti amianto:
Coperture (onduline, lastre sottotetto, lastre di copertura, pannelli interni) Canne fumarie (comignoli, raccordi e gomiti di canne fumarie) Tubazioni pluviali Serbatoi/cassoni;
2. Rifiuti delle operazioni di costruzione e demolizione
Calcinacci Mattonelle Ceramiche pitture/vernici/isolanti/solventi/additivi Guaine bituminose impermeabilizzanti Asfalto Rifiuti di manufatti in fibro-cemento NON contenenti amianto (onduline);
3. Rifiuti urbani e rifiuti ingombranti
Rifiuti domestici indifferenziati Sedie Legno, carta, plastica, etc. Metalli ferrosi e non ferrosi Parti di armadi (pannelli compensato, etc.).

COMUNICAZIONE ED EDUCAZIONE AMBIENTALE

IL PROGETTO RESILIO (TECNOLOGIE DIGITALI FONDAMENTALI, INTELLIGENZA ARTIFICIALE, INTERNET DELLE COSE E QUANTUM MACHINE LEARNING PER LA RESILIENZA AMBIENTALE)

Autore: Rosanna Maria Stefania Costa, Ignazio Cammalleri, Salvatore Lo Verso
ARPA Sicilia

Negli ultimi anni il focus sul monitoraggio ambientale si è spostato verso l'arricchimento e la capillarizzazione delle reti di acquisizione dati, generando volumi informativi in crescita esponenziale. Tuttavia, gran parte di queste informazioni resta confinata in archivi locali e non si traduce in reale conoscenza operativa. Un dato acquisisce piena utilità solo quando, integrato in modelli predittivi, consente di stimare l'evoluzione di un fenomeno sia in regime di non intervento sia a seguito di specifiche azioni correttive. Inoltre, la fruibilità dei risultati dipende dalla loro presentazione in formati standardizzati, corredati da metadati contestuali e strumenti di visualizzazione intuitivi, in modo da supportare tempestivamente decisioni basate su evidenze quantitative.
ARPA Sicilia è partner del progetto "*ResilIO*", un'iniziativa strategica che punta a impiegare tecnologie digitali avanzate, come l'Intelligenza Artificiale, l'*Internet* delle Cose (IoT) e il *Quantum Machine Learning*, per rafforzare la resilienza ambientale. Finanziato dal Ministero delle Imprese e del *Made in Italy* nell'ambito degli "Accordi per l'Innovazione", il progetto triennale (2022-2025) dell'importo di € 5.805.696,25 di cui quota ARPA Sicilia di € 1.784.265,00, si inserisce in specifiche aree di intervento riconducibili al secondo Pilastro del programma europeo *Horizon Europe*. L'iniziativa "Accordi per l'Innovazione" è finalizzata a sostenere, su scala nazionale, la realizzazione di progetti di ricerca e sviluppo capaci di sperimentare soluzioni ad alto contenuto tecnologico, favorendo sinergie tra imprese, centri di trasferimento tecnologico, enti di ricerca e organismi di diffusione della conoscenza. La compagine di progetto riunisce cinque *partner* pubblici e privati: il capofila Infobiotech, specializzato in IoT e piattaforme *software*, ARPA Sicilia, che fornisce dati, requisiti, definisce la *Governance* Ambientale e guida l'allestimento della *Control Room*, l'INFN per il *Quantum Machine Learning,* l'Università di Roma Tor Vergata per la modellistica spaziale e Tinexta Cyber per la *cybersecurity end-to-end*.

Il progetto ResilIO nasce su iniziativa di ARPA Sicilia, che ha evidenziato l'enorme potenzialità inespressa dei dati oggi in possesso delle agenzie per la protezione dell'ambiente, con l'obiettivo di sviluppare una piattaforma integrata che:
1) potenzi la raccolta dei dati adottando protocolli di trasmissione di ultima generazione e standard avanzati di *cybersecurity*, per garantire flussi di dati sicuri, affidabili e in tempo reale.
2) trasformi i dati in informazione, attraverso sistemi innovativi di aggregazione e georeferenziazione, affiancati da interfacce multipiattaforma, per rendere immediatamente comprensibili mappe, grafici e report ambientali.
3) abiliti previsioni e scenari, integrando modelli predittivi basati su intelligenza artificiale e *quantum machine learning*, in grado di simulare l'evoluzione degli indicatori ambientali sotto diverse ipotesi di intervento.

Le fasi del progetto

Il progetto articola le sue attività in due linee sinergiche: una fase di Ricerca Industriale, dedicata allo sviluppo di sensori innovativi, algoritmi analitici e modelli predittivi avanzati, e una fase di Servizio Sperimentale, che prevede la realizzazione di una *Control Room* avanzata presso la Direzione Generale di ARPA Sicilia. Le attività concorrono al raggiungimento di otto Obiettivi Realizzativi (OR) strategici che prevedono le seguenti azioni:

- OR1 (RI, ARPA Sicilia): modello di integrazione e correlazione dei dati; *Data Catalog,* metadati, zonizzazione e KPI per valutare le politiche.
- OR2 (RI, Tinexta Cyber): piattaforma di *Environmental Intelligence* conforme a GDPR e principi FAIR con *webAPP, webGIS* e *dashboard*.
- OR3 (RI, Univ. Tor Vergata): modelli spaziali e predittivi per clima, aria e fonti rinnovabili con AI e ML avanzati.
- OR4 (RI, INFN): applicazione QML (paradigma CQ) per simulare danni biologici da inquinanti e prevedere patologie.
- OR5 (RI, Infobiotech): sensori IoT miniaturizzati, a basso consumo e sicuri, integrati nel *Data Hub* per flussi *real-time*.
- OR6 (SS, ARPA Sicilia): infrastruttura dati e *Control Room*; virtualizzazione, *middleware*, monitoraggio e SLA integrati nell'ecosistema ICT.
- OR7 (SS, Tinexta Cyber): sviluppo agile del modulo di *data analytics*; Scrum, DevOps e interfacce *user*-centriche.
- OR8 (SS, Infobiotech): *Data Hub* di ARPA Sicilia, *storage* e gestione integrata di dati interni, esterni e IoT con moduli di sicurezza.

Risultati

Nel contesto del progetto ResilIO, verrà sviluppata una ***Environmental Intelligent Platform***, un avanzato strumento decisionale basato sui dati (*data-driven decision framework*), concepito per affrontare la complessità degli ecosistemi ambientali e supportare le politiche di resilienza e sostenibilità. La piattaforma integrerà tecnologie di Intelligenza Artificiale (AI), *Machine Learning* (ML), *Quantum Machine Learning* (QML), *Big Data Analytics* (BDA) e ***cybersecurity***, offrendo una visione sinottica e sistemica del territorio. La progettazione prevede una revisione sistemica degli strumenti tecnologici esistenti, finalizzata a ottimizzarne l'architettura e le funzionalità per garantire *performance* e scalabilità in contesti operativi caratterizzati da elevata dinamicità, multidimensionalità e interconnessione.

Tra le principali realizzazioni:

- Un modello predittivo e spaziale per l'analisi di parametri ambientali, meteorologici, climatici, della qualità dell'aria e delle fonti rinnovabili, basato su algoritmi avanzati di AI e ML.
- Un metodo innovativo di simulazione cellulare, in grado di modellare la rigenerazione di tessuti a partire da cellule danneggiate. Questo approccio, supportato da tecniche di QML, mira a colmare l'attuale divario conoscitivo tra i danni a scala micro/nanometrica (come quelli

al DNA) e l'insorgenza di patologie macroscopiche in relazione all'evoluzione dei dati ambientali.

- Sistemi elettronici di nuova generazione per il monitoraggio della qualità dell'aria: dispositivi compatti, a basso consumo, utilizzabili su mezzi mobili, capaci di trasmettere dati in tempo reale via rete mobile, compatibili con diversi sensori e pienamente integrati con protocolli IoT e criteri avanzati di sicurezza informatica.
- Una *control room* evoluta, integrata nell'ecosistema ICT di ARPA Sicilia, che ospiterà gli ambienti di test e produzione della piattaforma ResilIO che sarà dotata di tecnologie di ultima generazione e sistemi di visualizzazione avanzata.

Il ruolo di ARPA Sicilia

ARPA Sicilia costituisce il motore strategico e operativo del progetto ResilIO, portando un contributo distintivo almeno in due ambiti chiave:

Data architect e governance

In OR1, l'Agenzia guida la creazione di un modello di integrazione e correlazione dei dati ambientali, censendo e catalogando tutte le fonti (qualità dell'aria, LIMS, catasto rifiuti, dati meteorologici) e definendo metadati, TAG e KPI per misurare l'efficacia delle politiche ambientali. La sua esperienza pluriennale nelle normative e nei rilevamenti sul territorio garantisce un *Data Catalog* interoperabile e un Modello di *Governance* Ambientale solido, capace di orientare decisioni basate su informazioni sempre aggiornate.

Realizzazione operativa della *Control Room*

In OR6, ARPA Sicilia progetta e allestisce l'infrastruttura ICT, ambienti virtualizzati, *middleware,* monitoraggio e SLA, integrandola con il suo ecosistema digitale esistente. La *Control Room* prototipale, ospitata nella sede dell'Agenzia presso il complesso *Roosevelt,* concretizza i modelli predittivi in *dashboard* interattive, fornendo agli operatori uno strumento unico per prevenzione, intervento e pianificazione in tempo reale.

INFORMAZIONE AMBIENTALE E SOSTENIBILITÀ: UN PROGETTO PER LE IMPRESE VERSO UN FUTURO PIÙ *GREEN*

Autore: Esterina Andreotti, Giulia Martelli
ARPA Campania

L'ARPA Campania sta intensificando i suoi sforzi per promuovere una politica di sensibilizzazione sulla prevenzione ambientale nelle istituzioni scolastiche, nelle università, negli enti pubblici e privati e nei territori, con l'obiettivo di contenere gli impatti ambientali e diffondere il valore della sostenibilità in ogni contesto sociale.
Nelle scuole l'educazione ambientale è fondamentale per insegnare ai giovani gli strumenti di prevenzione e le modalità di comportamento, per un miglioramento della qualità della vita e del pianeta. Per I soggetti privati (aziende) invece, è cruciale l'informazione e la formazione sui temi della sostenibilità, sulle procedure autorizzative e sulle normative di settore, in conformità con il quadro normativo italiano ed europeo ed in attuazione dell'Agenda 2030 e degli Obiettivi ad essa collegati (*Sustainable Development Goals - SDGs*).
Un' impresa sostenibile non solo è più competitiva sul mercato, ma rappresenta anche una garanzia per le risorse umane e strumentali impiegate, oltre a ridurre l'impatto ambientale. Per rispondere a questa esigenza, ARPA Campania ha stipulato un protocollo d'intesa con la Camera di Commercio Irpinia-Sannio per la realizzazione di un progetto-pilota denominato *"*Spazio di incontro e *workshop* con le imprese per la sostenibilità e la transizione ecologica*".*
E' stato, quindi, attivato uno spazio formativo/informativo dedicato alle aziende di diversi settori con il supporto di personale esperto su temi afferenti all'economia circolare, le procedure autorizzative, le normative di settore e sulle attività di interesse. Il Progetto prevede, inoltre, in sinergia con l'ARPAC e la Camera di Commercio Irpinia – Sannio, la partecipazione di ulteriori esperti e formatori sui temi della sostenibilità.
Sono impegnate, nelle citate attività, diverse articolazioni della Direzione Tecnica e dei Dipartimenti Provinciali dell'Agenzia, in particolare quelli di Avellino e Benevento, oltre ad esperti pubblici e privati. Lo spazio di confronto è, pertanto, focalizzato su diverse aree principali: gestione dei rifiuti e promozione dell'economia circolare, procedure per le certificazioni, bilancio di sostenibilità, efficienza energetica ed altro.
Il 5 novembre scorso, presso la Camera di Commercio Irpinia Sannio, si è tenuto il primo *workshop* "Prevenzione Ambiente & Energia'' che ha riscosso grande interesse da parte dei molteplici imprenditori intervenuti, in particolare si è posta molta attenzione ai temi legati all' economia circolare in Campania, al ruolo del catasto rifiuti di ARPAc e sul Registro Elettronico Nazionale sulla Tracciabilità dei Rifiuti (RENTRI).
Successivamente, il 6 dicembre, nel secondo *workshop*, sono stati affrontati temi relativi ai sistemi di gestione ambientale, alla *carbon footprint* ed al bilancio/*report* di sostenibilità, nonchè il Registro Elettronico Nazionale sulla Tracciabilità dei Rifiuti (RENTRI) e i nuovi adempimenti per la gestione di FIR.
L'Agenzia sta procedendo alla definizione di ulteriori accordi con le Camere di Commercio della Campania, per diffondere e supportare i processi di sviluppo territoriale.

Con queste iniziative, ARPA Campania si conferma un punto di riferimento per la sensibilizzazione e promozione della sostenibilità ambientale, in linea con gli Obiettivi dell'Agenda ONU 2030, del *Green Deal* europeo e della Strategia nazionale per lo sviluppo sostenibile.

Figura 1: Locandina

Fonte: sito evento presente su ARPAc e CCIIAA Irpinia-Sannio

Figura 2: Locandina

Fonte: sito evento presente su ARPAc e CCIIAA Irpinia-Sannio

IL RAPPORTO IDROMETEOCLIMA DI ARPAE: UN ESERCIZIO DI DIVULGAZIONE DELL'INFORMAZIONE CLIMATICA

AutorI: Caterina Nucciotti, Valentina Pavan, Alice Vecchi, Gabriele Antolini, Adele Lo Monaco, Cinzia Alessandrini
ARPAE Emilia-Romagna

ARPAe Emilia-Romagna, dall'anno 2018, pubblica il Rapporto IdroMeteoClima (https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/meteo/report-meteo/rapporti-annuali), una relazione annuale che descrive le condizioni meteo-climatiche osservate sul territorio della regione, ponendole a confronto con la variabilità climatica regionale. Il lavoro è frutto di un ampio utilizzo di strumenti di monitoraggio sia di tipo strettamente meteo-climatico, sia relativi ad altri aspetti del sistema geofisico, come il mare, l'idrologia e le acque sotterranee; include inoltre dati di *remote sensing* ed esperienze di *citizen science* portate avanti all'interno dell'Agenzia per la misura di parametri di più difficile monitoraggio, come l'estensione e l'altezza del manto nevoso in pianura.
La pubblicazione ha come obiettivo la comunicazione dello stato del clima e della relativa variabilità osservata a un pubblico che possa divenire sempre più ampio, ai fini di una maggiore sensibilizzazione e consapevolezza nei confronti del tema trattato.
Il lavoro è, dunque, il frutto di un'attività svolta contemporaneamente su due fronti:

- l'analisi dei dati, che viene eseguita in accordo con linee guida internazionali e metodologie comprovate, per giungere ad una descrizione il più possibile oggettiva ed accurata (Antolini et al., 2015);
- una presentazione dei contenuti in grado di tradurre un'informazione scientifica complessa in un linguaggio semplice e inclusivo, senza compromettere però l'integrità dell'informazione.

Il risultato ottenuto è una pubblicazione che associa ad uno stretto rigore scientifico nel monitoraggio e nell'analisi dei dati una profonda attenzione ai vettori di comunicazione utilizzati.
I contenuti vengono esplicitati facendo uso di un sistema articolato di diversi strumenti di comunicazione, che spaziano dalla visualizzazione delle informazioni (infografiche, *data visualization*), all'organizzazione del testo scritto su livelli di approfondimento successivi, al collegamento ad elementi dinamici quali le "video-pillole".
Una profonda attenzione viene quindi riservata alla costruzione di una comunicazione visiva efficace, in grado di coinvolgere un vasto pubblico per l'immediatezza e la comprensibilità del messaggio veicolato. Ne è un esempio la realizzazione di un sistema composito d'ideogrammi e segni grafici, che, come una sorta di segnaletica stradale, guida il lettore nella consultazione del volume, facilitando l'identificazione degli elementi presenti e rendendo intuitivamente comprensibili le informazioni.
Un altro elemento di richiamo per stimolare l'attenzione del lettore è rappresentato dall'utilizzo di immagini fotografiche, selezionate in modo da ottenere un effetto evocativo, ma comunque autentico, grazie all'individuazione di elementi della composizione fotografica che aiutino a contestualizzare i temi ai quali, appunto, le immagini sono associate.
Merita un approfondimento più ampio l'uso di infografiche e *data visualization*: nuovi strumenti di comunicazione che, negli anni, sono divenuti una parte sempre più caratterizzante della pubblicazione.

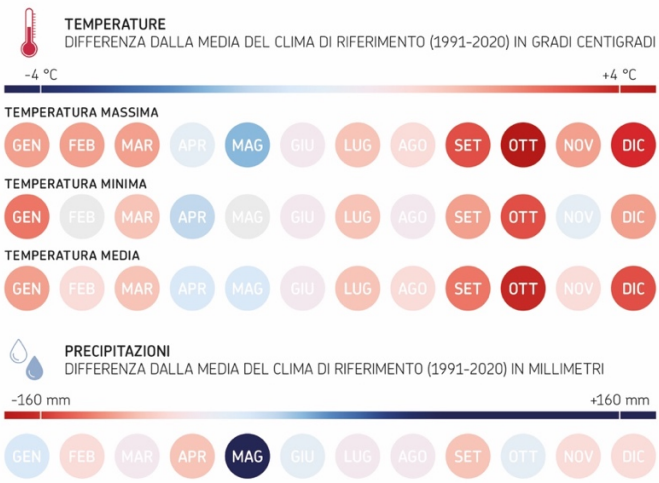
La scelta di utilizzare questi nuovi strumenti di comunicazione nasce dalla consapevolezza delle loro potenzialità. Attraverso l'uso di infografiche e *data visualization*, infatti, si possono **tradurre visivamente dati o fenomeni anche molto complessi, in modo da metterne in risalto il significato essenziale e renderli così comprensibili ad un vasto pubblico**.
Si illustrano, in questo contesto, tre esempi di infografiche tratte dal rapporto: il primo che sintetizza l'andamento meteo-climatico complessivo dell'anno analizzato; il secondo che, invece, scende nel dettaglio dell'analisi dei dati di temperatura e precipitazione nell'arco dei dodici mesi dell'anno; il terzo, infine, che approfondisce il ciclo e gli usi dell'acqua in Emilia-Romagna.
L'infografica di apertura della pubblicazione, che riassume i contenuti salienti del volume, descrive, come sopra premesso, le condizioni idro-meteo-climatiche dell'Emilia-Romagna nell'anno 2023 (Figura 1). Attorno ad una clessidra sono posizionati degli spicchi raffiguranti delle fotografie e altri spicchi suddivisi in fasce colorate. Entrambi vanno letti in senso orario, come le lancette dell'orologio, partendo dal basso a sinistra (primi mesi dell'anno) per terminare in basso a destra (fine anno).

Figura 1: L'infografica "IdroMeteoClima 2023", che sintetizza l'andamento meteo-climatico complessivo dell'anno 2023

Fonte: ARPAe Emilia-Romagna

Gli spicchi fotografici riproducono delle micro-sintesi sullo stato delle stagioni nell'anno 2023, mentre gli spicchi con fasce colorate scendono al dettaglio dei singoli mesi considerati significativi per i particolari eventi meteoclimatici verificatesi; la loro interpretazione è esplicitata nella legenda che si trova in basso a sinistra. Completano il quadro, nella cornice sul lato destro, le informazioni dell'anno nella sua totalità.
La complessità dei contenuti da rappresentare ha determinato la scelta di una forma di visualizzazione in grado da un lato di suggerire lo scorrere del tempo, dall'altro di favorire la lettura di un numero notevole di dati resi più facilmente identificabili in quanto suddivisi in categorie (fasce colorate). Infine, l'uso delle fotografie, introdotte a mo' di *patchwork*, vivacizza la rappresentazione e permette di enfatizzare l'andamento meteorologico nelle diverse stagioni.
La seconda infografica proposta è quella di Figura 2. Qui sono visualizzati a confronto i dati di anomalia delle temperature e delle precipitazioni in tutti i mesi dell'anno, rispetto al periodo di riferimento 1991-2020. Per rappresentare i dati di anomalia di temperature e precipitazioni si è scelto di utilizzare un diagramma a bolle. La scelta è motivata dalla necessità di fornire una panoramica complessiva dei dati delle diverse grandezze fisiche analizzate per ogni singolo mese, senza scendere ad un livello di dettaglio troppo accurato nella percezione del singolo dato. Le bolle si distinguono l'una dall'altra grazie all'uso del colore, mantenendo invariate le dimensioni; sono, inoltre, posizionate secondo uno schema simile alle coordinate di una mappa: in orizzontale si trova l'informazione della sequenza dei mesi nell'arco dell'anno; in verticale quella delle grandezze fisiche analizzate (temperatura massima, minima e media; precipitazioni).

Figura 2: L'infografica "Analisi mensili 2023", che pone a confronto i dati di anomalia delle temperature e delle precipitazioni in tutti i mesi dell'anno 2023 rispetto al periodo di riferimento 1991-2020



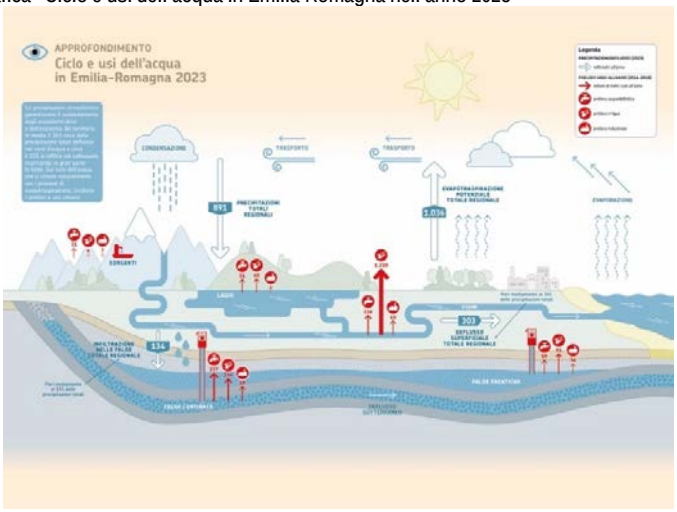
Fonte: ARPAe Emilia-Romagna

La lettura dell'infografica lascia ampio spazio all'esplorazione da parte del lettore, che può avventurarsi nell'analisi dei dati, ipotizzando una loro possibile interpretazione. Troviamo, infatti, un testo di supporto rappresentato dalle sole didascalie. Per chiarezza, scorrendo dall'alto verso il basso nel mese di maggio, si può intuitivamente notare come le prime bolle azzurre rappresentino condizioni di temperature inferiori alla media; la bolla blu indica, invece, delle precipitazioni in quantità straordinarie. Il mese di maggio 2023 è stato, infatti, un mese fresco e segnato dall'alluvione nell'area della Romagna. Di nuovo, le bolle delle temperature dei mesi autunnali e del mese di dicembre indicano intense anomalie in senso positivo; l'autunno nel suo complesso è risultato, infatti, il più caldo della serie storica, così come il mese di dicembre.

I due esempi sopra riportati mettono ben in evidenza come nella visualizzazione di informazioni si possa prediligere una "presentazione" dei contenuti o una loro "esplorazione" (Cairo, 2013). Nel primo caso (Figura 1) è stata "raccontata una storia", concepita per comunicare un messaggio predefinito, avvalendosi contemporaneamente dell'uso di immagini e testi che forniscono spiegazioni. Nel secondo caso (Figura 2), invece, i contenuti sono stati rappresentati in modo da indurre il lettore ad "analizzarli, esplorarli e trarre delle proprie conclusioni".

L'ultima infografica proposta descrive il ciclo e gli usi dell'acqua in Emilia-Romagna nell'anno 2023 (Figura 3). Si tratta di una rappresentazione figurativa di una sezione di territorio, ove poter seguire il percorso dell'acqua dall'atmosfera fino alla profondità delle falde. Le frecce azzurre forniscono informazioni sulla quantità, in millimetri, di precipitazioni e deflussi nei corsi d'acqua e nel sottosuolo. Le frecce rosse rappresentano, invece, la quantità in milioni di metri cubi di acqua prelevata ad uso umano: acquedottistico, irriguo ed industriale. Frecce azzurre e frecce rosse formano un sistema di informazioni quantitative che, distribuite nell'ambito della medesima illustrazione, mirano ad evidenziare le strette correlazioni intercorrenti tra precipitazioni atmosferiche, ecosistemi idrici ed economia del territorio.

Figura 3: L'infografica "Ciclo e usi dell'acqua in Emilia-Romagna nell'anno 2023"



Fonte: ARPAe Emilia-Romagna

Un ultimo strumento di comunicazione utilizzato nel rapporto, che viene qui presentato, è l'uso di una "video pillola" (https://www.arpae.it/it/notizie/rapporto-idro-meteo-clima-2023-online-il-video-riepilogativo) (Figura 4). Attraverso un *QR code* o un *link* si può attivare il collegamento a questo breve video, che racconta in forma semplice ed accattivante le informazioni principali contenute nella pubblicazione, rendendole così accessibili ad un pubblico allargato. La voce narrante del video è il personaggio di un fumetto, dal nome "Emily Rò", appositamente creato per costruire una comunicazione amichevole e più vicina al cittadino. Si tratta di una giovane ragazza che, attraverso le proprie azioni sostenibili, sensibilizza alle pratiche virtuose in favore dell'ambiente.

Figura 4: La video-pillola "Le caratteristiche IdroMeteoClimatiche dell'anno 2023 in Emilia-Romagna"

Fonte: ARPAe Emilia-Romagna

Bibliografia

Antolini G., Auteri L., Pavan V., Tomei F., Tomozeiu R., Marletto V., 2015: *A daily high-resolution gridded climatic data set for Emilia-Romagna, Italy, during 1961–2010*. International Journal of Climatology 08/2015; DOI:10.1002/joc.4473
Cairo A., 2013: *L'arte funzionale*. Pearson

IL PENSIERO SISTEMICO MESSO IN PRATICA NELL'EDUCAZIONE AMBIENTALE E ALLA SOSTENIBILITÀ NELLE SCUOLE SECONDARIE DELLA PROVINCIA DI TRENTO

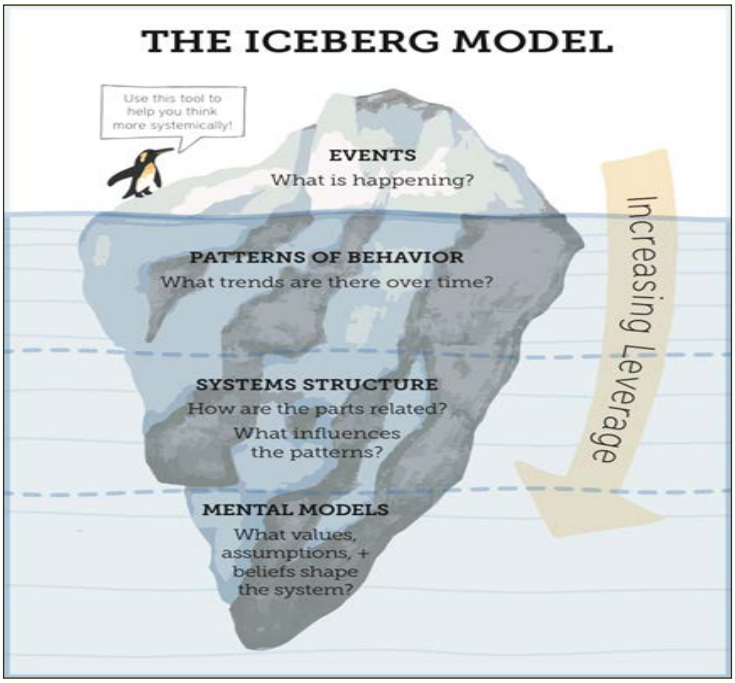
Autore: Monica Tamanini
APPA Trento

L'educazione ambientale e alla sostenibilità riveste un'importanza cruciale nell'affrontare le sfide ambientali sempre più pressanti nella società moderna. Il cambiamento climatico, il consumo di suolo, lo spreco alimentare, la perdita di biodiversità, l'inquinamento, l'accumulo di rifiuti, ecc. sono questioni complesse influenzate da fattori ecologici, socio-economici, politici, collegati tra loro da relazioni multiple. L'approccio metodologico più conosciuto per affrontare la complessità è l'approccio sistemico, che ci aiuta a riconoscere le interdipendenze tra i numerosi elementi che costituiscono l'ambiente (biofisici, sociali, economici, politici, culturali, ecc.), integrando conoscenze scientifiche e umanistiche. L'ambiente e i suoi problemi non hanno confini disciplinari; le diverse prospettive disciplinari, infatti, sono importanti e necessarie per conoscere i "dettagli", ma non sufficienti per comprendere la complessità della realtà.
Nel 2022 la commissione europea ha pubblicato il documento *GreenComp*. "*The European sustainability competence frame work*" (https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC128040) nel quale sono specificate 12 competenze per la sostenibilità fra cui troviamo il Pensiero Sistemico, descritto come la capacità di "affrontare un problema in materia di sostenibilità sotto tutti gli aspetti; considerare il tempo, lo spazio e il contesto per comprendere come gli elementi interagiscono tra i sistemi e all'interno degli stessi".
L'Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente, con il supporto di facilitatori dell'università di Trento ha realizzato con alcune scuole secondarie della provincia di Trento tre percorsi di formazione ed educazione ambientale utilizzando l'approccio del Pensiero Sistemico (https://www.appa.provincia.tn.it/News/Approfondimenti/Fare-educazione-ambientale-con-l-approccio-del-pensiero-sistemico).

- *Think Tank* per la sostenibilità, lanciato durante la Settimana di Educazione alla Sostenibilità "La rivoluzione ecologica: il tempo è adesso, il futuro è adesso" (https://www.unesco.it/it/news/inizia-oggi-la-settimana-di-educazione-alla-sostenibilita-del-comitato-nazionale-per-leducazione-alla-sostenibilita-22-novembre-2021/) (22-28 novembre 2021) sotto l'egida della Commissione Nazionale Italiana per l'UNESCO. L'iniziativa ha coinvolto 30 docenti e 8 classi degli istituti superiori del Trentino e ha affrontato alcuni temi della Strategia Provinciale di Sviluppo Sostenibile (https://agenda2030.provincia.tn.it/Trentino-2030/Strategia-provinciale-SproSS).
- Educare al futuro per affrontare le sfide ambientali in modo sostenibile. Metodologie e strumenti per una didattica innovativa realizzato nell'a.s. 2022/23. Ha coinvolto 48 docenti e circa 40 studenti delle scuole secondarie.
- ColtiviAMO la biodiversità: per conoscere e valorizzare le risorse agricole locali minacciate di estinzione, un percorso sul tema della biodiversità agricola alimentare realizzato nell'a.s. 2023/24 in convenzione con l'Ufficio per le Produzioni Biologiche del Servizio Politiche Sviluppo Rurale (Fondo per la tutela della biodiversità di interesse agricolo e alimentare del Ministero dell'Agricoltura, della Sovranità alimentare e delle Foreste).

I percorsi prevedevano un corso propedeutico riservato ai docenti sulla metodologia del pensiero sistemico (3 incontri in DAD per 6 ore complessive) volto a sviluppare competenze trasversali e una mentalità in grado di attivare risposte adeguate alla complessità dei fenomeni ambientali e sociali, seguito da laboratori partecipativi in classe della durata di circa 4 ore ognuno.
Per la realizzazione dei laboratori didattici è stato utilizzato un tipico strumento del Pensiero Sistemico: il "modello *iceberg*".

Figura 1: Modello *iceberg*



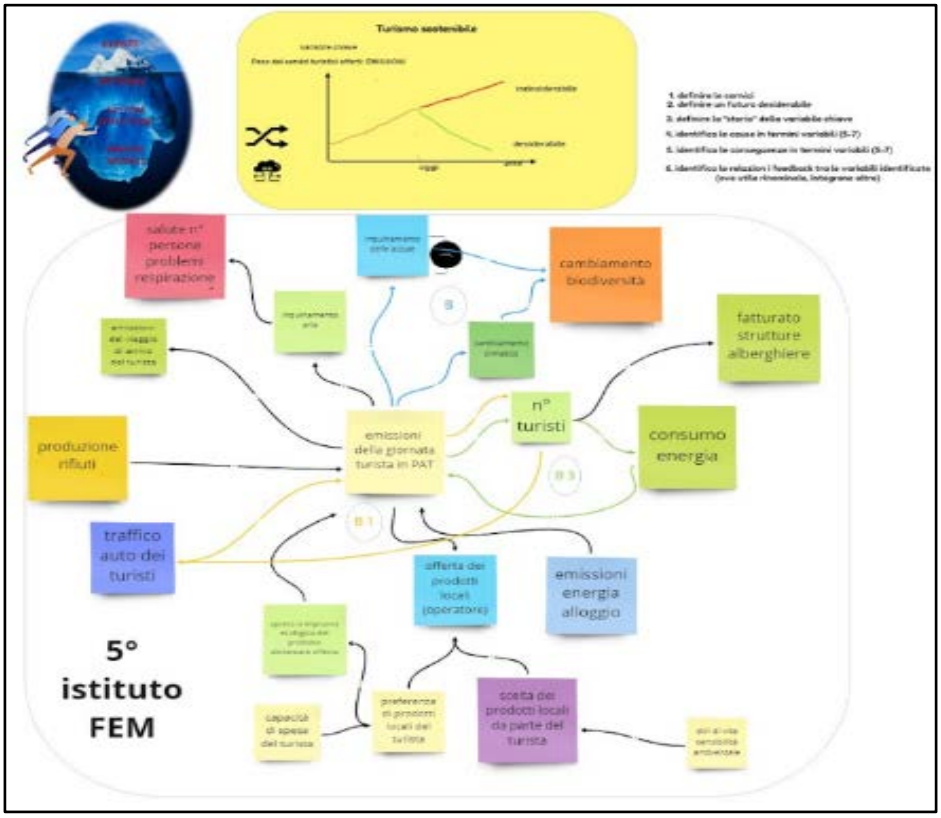
Fonte: Modello sviluppato da vari autori tra cui Peter Senge, Donella Meadows, Barry Richiardson

La metafora dell'*iceberg* è utile a riconoscere i diversi livelli della realtà, non tutti "visibili" e a focalizzare dove porre gli sforzi per cambiarla, o muoverla. Per questo motivo il laboratorio è stato denominato "*Push the iceberg* – spingi l'*iceberg*", partendo dalla premessa che, come un *iceberg*, si muove a causa delle correnti subacquee così una certa realtà o situazione ha cause profonde (poco visibili) da comprendere se vogliamo "spingerla" nella direzione desiderata.

A conclusione delle attività laboratoriali gli studenti, partendo da problemi ambientali reali (ad esempio i rifiuti di plastica, gli effetti sulla qualità dell'aria della mobilità non sostenibile, l'agricoltura sostenibile e la biodiversità, l'energia da fonti rinnovabili) hanno elaborato i seguenti prodotti:

- mappe causali che rappresentavano il problema di sostenibilità nello specifico contesto scelto (Figura 2);

Figura 2: esempio di mappa casuale “Peso delle emissioni dei servizi turistici”

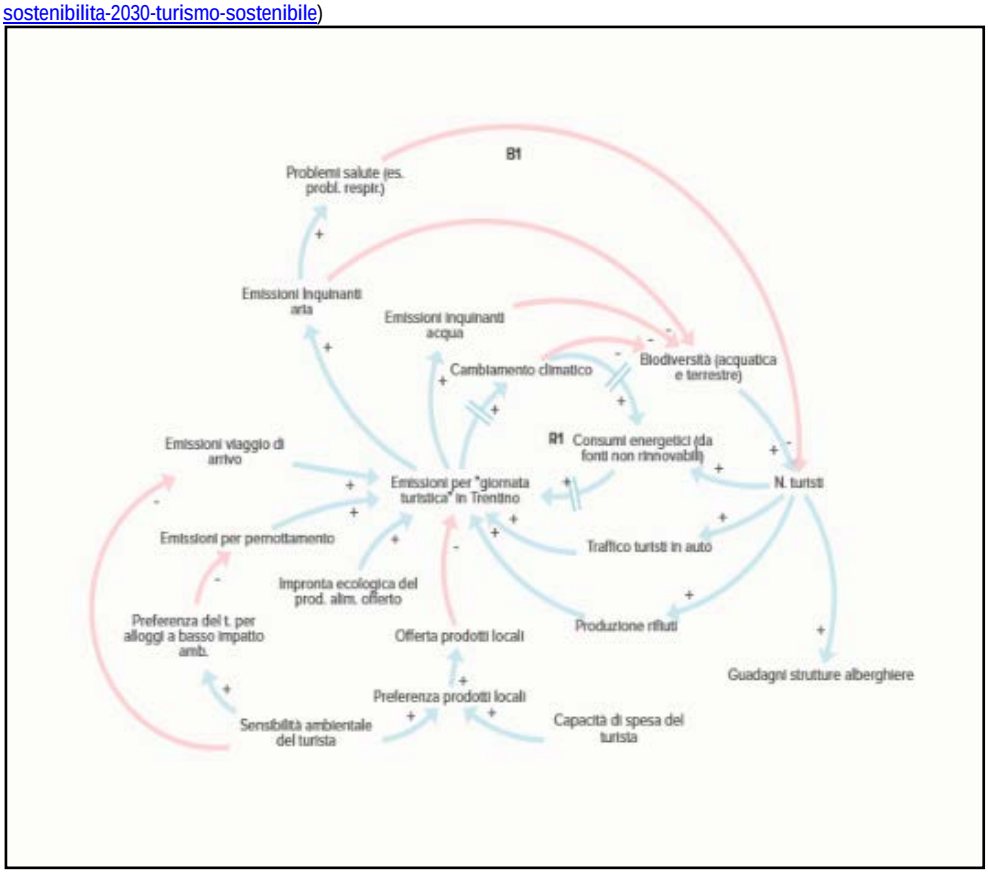


Fonte: foto realizzata durante i laboratori didattici a cura di APPA

- ipotetiche “soluzioni sistemiche” indirizzate a specifiche strutture sistemiche (circuiti causali retroattivi o *feedback loop*), che possono spingere il sistema verso dinamiche desiderabili;
- nuove domande che aiutano a focalizzare meglio la questione, a mettere in discussione assunzioni o comportamenti esistenti, a esplicitare le nostre ignoranze.

Gli esiti dei laboratori sono stati successivamente trasferiti sulla piattaforma kumu (https://Kumu.io/) uno strumento web che facilita la narrazione di sistemi complessi e la loro condivisione (figura 3)

Figura 3: Esempio di trasferimento dati in KUMU sul turismo sostenibile (https://roccos.kumu.io/think-tank-per-la-sostenibilita-2030-turismo-sostenibile)



Fonte: foto realizzata durante i laboratori didattici a cura di APPA

Conclusioni: I laboratori hanno dimostrato di essere funzionali a introdurre le pratiche di Pensiero Sistemico. Il Pensiero Sistemico è stato per molti docenti una novità e la maggior parte dei docenti era interessata a saperne di più e di voler sperimentare e apprendere ulteriormente. Molti docenti si sono anche detti "spaventati dalla complessità da gestire", effettivamente leggere un diagramma causale le prime volte implica una certa fatica (dose di pazienza), un diagramma causale può condensare informazioni equivalenti a diverse pagine di testo o interi settori. Con l'allenamento, il Pensatore Sistemico esperto osservando un diagramma causale è in grado di riconoscere o ipotizzare più velocemente le strutture "guida" del sistema, senza perdersi in tutti dettagli o focalizzando quelli più rilevanti per la specifica situazione. Sia studenti che docenti hanno iniziato a descrivere una realtà complessa, mischiando elementi di diversi "settori" (es. sociali, economici, tecnologici, ambientali), hanno usato dei modelli per spiegare o ipotizzare alcune dinamiche osservabili (comportamenti del

sistema nel tempo), e hanno anche identificato alcuni impatti potenziali di queste dinamiche sullo sviluppo sostenibile. Soprattutto, fin dall'inizio docenti e studenti hanno definito e circoscritto in modo pratico (operativo e misurabile) le questioni di sostenibilità, anziché rimanere su generiche definizioni (es. "sostenibilità della mobilità"), riconoscendo che tutto è collegato, che nulla cresce per sempre (ad ogni circuito rinforzante è stato spesso associato un circuito bilanciante), che le decisioni sono parte di retroazioni, infine che le soluzioni semplici alla sostenibilità non esistono o possono diventare nuovi problemi. Con tutto questo, l'esperienza ha avuto dei limiti. Per procedere dal sapere al saper agire nell'ottica della sostenibilità è necessario un altro passaggio: riconoscersi parte di quei sistemi. Come cittadini, consumatori, elettori siamo parte spesso inconsapevole dei processi che minano la sostenibilità dello sviluppo o aggravano i problemi citati sopra. Per la brevità del progetto e degli interventi non è stato possibile una riflessione sul processo e sui risultati che potesse creare collegamenti significavi tra quei modelli e le proprie scelte o i propri comportamenti quotidiani.

LA PICCOLA BIBLIOTECA AMBIENTALE E UN PALCO PER L'AMBIENTE

Autori: Luigi Carrino, Marialucia Mongelli, Grazia Pia Attolini, Vito Bruno
ARPA Puglia

La promozione della cultura ambientale, nel tempo, ha sperimentato sempre di più nuovi linguaggi e nuovi codici per sviluppare la capacità di intercettare e interpretare i bisogni dei differenti pubblici, e, soprattutto, delle generazioni più giovani.
Per questo motivo le attività di comunicazione ambientale di ARPA Puglia destinate al mondo della scuola, nel 2024, hanno utilizzato degli straordinari strumenti, non certo in voga come la comunicazione social, ma con un impatto altrettanto, se non maggiormente, dirompente: la letteratura e il teatro.
Grazie a queste arti, hanno preso vita due importanti progetti di ARPA Puglia: "La Piccola Biblioteca Ambientale" e "Un Palco per l'ambiente. Cultura e scienza: studenti a teatro per erudite divagazioni".

Figura 1: Piccola Biblioteca Ambientale

Fonte: ARPA Puglia

Il primo, destinato agli alunni della scuola dell'infanzia, primaria e secondaria di primo grado, muove da un prezioso bene dell'Agenzia: il ricco catalogo della biblioteca di ARPA Puglia. Un patrimonio librario di circa 500 titoli, una selezione ragionata di libri di alta qualità letteraria che uniscono informazioni scientifiche, bellezza delle immagini e dei testi. La maggior parte di questi volumi sono albi illustrati, libri, cioè, in cui il racconto e l'illustrazione costruiscono una storia che si legge, si guarda,

si interpreta e si vive. Un albo illustrato ha un formato generalmente grande, la copertina è rigida e le immagini la fanno da padrone. Le sue dimensioni lo rendono già di per sé un oggetto di particolare bellezza, al cui fascino si aggiunge spesso, la poesia dei testi e, soprattutto la magia delle illustrazioni che, in moltissimi casi, rappresentano delle vere e proprie opere d'arte della grafica o dell'arte visiva in generale.
Questo enorme patrimonio, dunque, alimenta la Piccola Biblioteca Ambientale, progetto di prestito itinerante speciale e unico nel Sistema delle Agenzie Ambientali, destinato al mondo della scuola, ma anche alle biblioteche di quartiere o di comunità.
Obiettivo è quello non solo di avvicinare gli studenti coinvolti alle scienze dell'ambiente, della terra e alla sostenibilità in generale, ma anche di fornire ai docenti degli strumenti utili ed efficaci per esplorare tematiche attuali.
Il progetto della Piccola Biblioteca Ambientale è un progetto di prestito per diffondere conoscenza attraverso la "biblioteca fuori di sé" che viaggia in una valigia rossa e con le ruote.
Nel 2024 la Piccola Biblioteca Ambientale ha coinvolto circa 230 studenti in presenza al momento della consegna della valigia, raggiungendo poi, attraverso il prestito, complessivamente 520 studenti dell'intera regione Puglia.
Il secondo progetto, Un Palco per l'Ambiente. Cultura e scienza: studenti a teatro per erudite divagazioni*,* nata all'interno del protocollo di intesa siglato con Teatri di Bari TRIC (Teatro di Rilevante Interesse Culturale), è una rassegna teatrale, dedicata ai giovani studenti delle scuole secondarie, che si è svolta nel 2024. Essa è nata con la convinzione che il teatro possa essere uno strumento di promozione della cultura della scienza e veicolare, non solo contenuti scientifici, ma curiosità e passione con l'ambizione di incoraggiare futuri, possibili, scienziati.
La rassegna teatrale ha visto come protagonista la fusione di scienza e arte, creando un'esperienza immersiva e coinvolgente che ha catturato l'attenzione dei ragazzi.
Durante le tre giornate dedicate all'evento, realizzate in tre diversi teatri di tre diverse città, il palcoscenico è diventato un laboratorio di emozioni e conoscenze, dove gli artisti hanno raccontato storie di scoperta, innovazione e passione per la ricerca scientifica.
Ogni spettacolo è stato pensato per rendere comprensibili e affascinanti le sfide delle professioni legate alla scienza, dalla biologia, alla fisica, alla chimica.
Gli studenti, guidati dalla narrazione scenica, hanno potuto esplorare temi come le potenzialità della fisica, la storia del mare e la musica creata con le piante, attraverso *performance* teatrali che non solo intrattenevano, ma inducevano alla riflessione sull'importanza di scegliere un percorso di studi che li portasse a diventare protagonisti del futuro.
La rassegna non si è limitata a una sola città, ma ha toccato diverse località pugliesi, Bari, Molfetta e Monopoli, coinvolgendo 800 studenti, e ha avuto un impatto profondo.
La forza del progetto è stata riuscire a superare la barriera della percezione di "difficoltà" che spesso accompagna le materie scientifiche, trasformare il sapere in un'avventura emozionante, alla portata di tutti.
Grazie al teatro, la scienza può non essere percepita come una disciplina distante e complicata, ma diventare un viaggio da intraprendere, una passione da coltivare, una professione da scoprire.
Gli appuntamenti della rassegna sono stati:

- 27 marzo: Vincenzo Schettini in "La fisica che ci piace" – Teatro "Radar" di Monopoli

Il prof. Schettini, noto personaggio attivo sui social e in televisione, amatissimo dai giovani, ha condotto la platea alla sorprendente scoperta di come la fisica spieghi ogni fenomeno che ci circonda, che si parli di energia, di forza o di elettromagnetismo. Il fascino di questa materia è spesso condizionato dal timore di non riuscire a comprenderla. La lezione spettacolo ha avuto l'intento di rendere facile e comprensibile ogni concetto, soprattutto perché racconta la fisica che c'è dietro le cose che vediamo e usiamo ogni giorno.

- 11 aprile: Alessandro Vanoli in "Storia del Mare" – "Cittadella degli Artisti" di Molfetta.

Lo storico Alessandro Vanoli ha raccontato la storia del mare: la geologia, gli uomini delle coste, le scoperte, le navi, le guerre, i miti e i sogni. Ma anche i pesci e gli altri esseri marini. Una storia insomma che tenga assieme tutto, uomini e animali. Un viaggio, un racconto, fatto di volti, immagini, suoni e colori, con la speranza di restituire un po' di quello stupore che gli abissi ci hanno sempre dato.

- 10 maggio: Nick Difino in "Cosmico. La musica delle piante" – Giardino del Teatro "Kismet" di Bari.

Nick Difino, autore e conduttore televisivo esperto del mondo *food,* turismo e ambiente, ha offerto agli studenti un'esperienza sensoriale unica esplorando il legame tra il cosmo, le piante e la musica, in un'atmosfera magica e suggestiva. Un *reading* musicato da Vittorino Curci e Gianni Console, noti artisti nel panorama jazz italiano, che hanno armonizzato i suoni generati da sensori posti su piante di limoni, basilico e peperoncino. L'esperienza è stata guidata dal *sound engineer* Graziano Cammisa.

Figura 2: Cartellone rassegna teatrale Un Palco per l'Ambiente

Fonte: ARPA Puglia

EDUCARE ALLA SOSTENIBILITÀ COME STRUMENTO DI CAMBIAMENTO PER RIGENERARE SAPERI E COMPORTAMENTI E PROMUOVERE LA SALUTE GLOBALE

Autori: Eva Bonini, Simona Cerrai, Francesca Chiostri, Giorgio Cognigni
ARPA Toscana

"... l'ambiente è un luogo, è un bene, un punto di equilibrio per la vita e dobbiamo capire di farne parte senza mai scordare di averne responsabilità ...affinché ci sia sempre equilibrio"
B. Bonomi Romagnoli, M. Turi *"Laura non c'è. Dialoghi possibili con Laura Conti" (Bonomi, Turi, 2021)*

In questo periodo storico, caratterizzato dai cambiamenti climatici è necessario ampliare le conoscenze e modificare i nostri stili di vita in modo tale da cambiare il modello di sviluppo attuale, che si è palesemente rilevato insostenibile; per far ciò è necessaria una visione integrata delle dimensioni dello sviluppo economico, tutela dell'ambiente, diritti umani e sociali, educazione e cultura al fine di preservare il Pianeta per le generazioni future, come garantito, oggi, anche dalla nostra Costituzione (art. 9 C.). Per questo, ARPAT affronta i problemi dell'ambiente e della società con un approccio epistemologico fondato su quello che Edgar Morin chiama il "paradigma della complessità" (Morin E., 1999, 2000, 2001) dotandosi di strumenti di pensiero e di azione basati su strumenti metodologici, di conoscenza e di intervento, il più possibile integrati, con un metodo di lavoro teso a far pensare e a far lavorare assieme, in maniera coordinata e partecipativa, soggetti e idee di diversa natura e provenienza.
Per realizzare questo cambiamento abbiamo bisogno di nuove capacità, nuovi valori e comportamenti che conducano a società più sostenibili. I sistemi educativi devono rispondere a questo bisogno incalzante definendo obiettivi e contenuti di apprendimento, introducendo pedagogie capaci di responsabilizzare i discenti ed esortando le istituzioni a includere i principi della sostenibilità nelle loro strutture gestionali.
La nostra scelta, come Agenzia, è quella di proporre una Educazione che privilegi una metodologia fondata sulla didattica attiva, in situazioni di apprendimento continuo, educando alla complessità, al pensiero critico e sistemico *(Morin E., 2000)* , alla creatività ed alla trasformazione *(Carson G. 2019, 2023, 2024),* superando il vecchio modello di educazione intesa come trasmissione lineare di conoscenze e costruire quell'insieme di competenze che permettono a tutti di riorganizzare e ripensare le conoscenze in continuo e rapido cambiamento, di riconoscere e condividere i valori comuni, di agire la cittadinanza globale, di essere consapevoli, ciascuno, del proprio stile di vita e dell'impatto sociale, ambientale ed economico delle scelte fatte.
La nostra scelta, alla base di ogni intervento educativo, si pone l'obiettivo di diffondere una cultura della sostenibilità (*Palazzetti C. 2022),* in un'ottica di *lifelong learning*, che valorizzi l'interconnessione delle conoscenze, a partire dalla valenza della conservazione della biodiversità e alla realizzazione dell'equità sociale, integrando quindi anche la salute, la qualità della vita in linea con la moderna prospettiva "*One Health" (AA.VV. E Erikson, e-book, License Creative Commons 2023).*
L'approccio sistemico adottato da ARPAT è quindi improntato sulla funzione trasformativa dell'educazione e la creazione di un sistema educativo integrato e sulla cosiddetta "rete educativa" radicata nella comunità locale, fortemente interagente, e capace di co-progettare processi efficaci e

diffusi di apprendimento per svolgere educazione di comunità per lo sviluppo salubre e sostenibile adottando il metodo della ricerca-azione partecipativa, favorire la strategia esplorativa, promuovere azioni educative e proiettarle sull'esterno attraverso una didattica capace di fornire strumenti per pensare e trasformare la realtà *(Borgarello G., 2023).*

Figura 1: Studente impegnato in attività di laboratorio

Fonte: ARPAT

Partendo da queste premesse, ARPAT ha sottoscritto nel marzo 2023 un accordo di collaborazione con Azienda USL Toscana nord ovest, Direzione Marittima della Toscana – Capitaneria di Porto di Livorno, Ufficio Scolastico Regionale Toscana – AT Ufficio VIII Livorno, ARPAT e Società nazionale salvamento Sez. Castagneto Carducci (LI), finalizzato a "Promuovere percorsi di educazione e promozione della salute nella provincia di Livorno con particolare riguardo alla sicurezza in mare e al rispetto delle risorse eco-sistemiche marino/costiere". A partire dall'anno scolastico 2023-24, sono state promosse azioni educative integrate attraverso due progetti - **"Un mare di amici"** e **"Il mondo e gli altri animali"** - a cui hanno aderito le scuole primarie e secondarie di primo e secondo grado della provincia di Livorno.
Attraverso una progettazione integrata legata al territorio con particolare attenzione all'ambiente, alla biodiversità degli habitat marini, alla promozione della salute con particolare riguardo alla sicurezza in mare, con il progetto "Un mare di amici" le ragazze ed i ragazzi sono stati stimolati a riflettere sul concetto di interdipendenza tra uomo, società, ambiente e sui legami tra situazioni locali e globali.
Tra i temi proposti dall'Agenzia, le centinaia di studenti e studentesse incontrati da settembre 2023 a giugno 2025, hanno scelto di approfondire quelli dedicati ai rifiuti marini e alla microplastica in mare, alla biodiversità marina e all'habitat delle praterie di *Posidonia oceanica*. Dopo la presentazione dell'Agenzia e delle sue attività per la protezione dell'ambiente a cura del Settore Comunicazione e Informazione e di una parte teorica da parte dei biologici marini dell'Agenzia, gli studenti e le studentesse hanno potuto osservare da vicino alcuni campioni raccolti durante le attività di

monitoraggio marino: microplastiche raccolte con il retino manta, rifiuti spiaggiati sugli arenili, rifiuti (soprattutto plastiche) contenuti negli stomaci dei grandi vertebrati marini spiaggiati sulle coste toscane, in particolare tartarughe e capodoglio, e fasci della pianta di posidonia che svolge un ruolo importante a difesa del mare e delle coste. I ragazzi e le ragazze, divisi in piccoli gruppi, hanno svolto alcune attività di laboratorio, utilizzando la metodologia scientifica illustrata dai biologi dell'Agenzia, per individuare, ad esempio, la quantità, la distribuzione e, se possibile, la composizione di microparticelle plastiche presenti in ambiente marino; e separarle per forma, colore. Le informazioni ed esperienze condivise con le classi hanno suscitato una riflessione sull'origine antropica dell'inquinamento da plastica e sulle possibili azioni da mettere in campo per contrastarla, ad esempio attraverso una corretta gestione dei rifiuti a terra, il divieto di commercializzare prodotti per la pulizia e la cura della persona contenenti micro sfere plastiche ma anche di essere individualmente soggetti attivi nel cambiamento adottando stili di vita volti a diminuire, mitigare, se non proprio completamente eliminare, la plastica, come suggerito dal Goal 12 dell'Agenza 2030 per un modello di consumo e produzione responsabili.

Con il progetto "Il mondo e gli altri animali" ARPAT ha collaborato con ASL Toscana nord ovest per offrire, attraverso materiali di lettura, audiovisivi, esperienze pratiche, gli strumenti per ampliare la visione del mondo attraverso la mediazione degli animali non umani e di altre forme di esseri viventi al fine di poter operare scelte più consapevoli e responsabili assumendo il principio fondante della stretta relazione tra educazione e prevenzione secondo l'approccio «*One Health*» indicato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità. L'interdipendenza tra salute umana, animale e ambientale è ormai ampiamente riconosciuta e l'approccio «*One Health*» definito dalla OMS come un approccio integrato e unificante mira a equilibrare e ottimizzare in modo sostenibile la salute delle persone, degli animali e degli ecosistemi. In questo progetto l'Agenzia ha proposto agli Istituti scolastici un modulo sui mammiferi marini e il "Santuario *Pelagos*" (l'unica area marina internazionale dedicata alla protezione dei mammiferi marini e dei loro habitat nel Mar Mediterraneo) per avvicinare ragazzi e ragazze al mondo dei cetacei, mammiferi marini nostri "parenti" così vicini ma così distanti da noi. Sviluppare la responsabilità verso gli animali non domestici, e rendere i giovani consapevoli dei rischi che corrono i cetacei e dell'importanza delle nostre scelte individuali, sono stati gli altri obiettivi perseguiti in questa parte del progetto.

Figura 2: Giovani studenti e studentesse partecipano ad iniziative di Educazione ambientale e alla sostenibilità

Fonte: ARPAT

Bibliografia

AA.VV., 2023, *Ripartire dalla natura: l'approccio One Health per promuovere la salute e il benessere, Erikson, e-book, License Creative Commons 2023.*
Bonomi Romagnoli B., Turi M., 2021, Laura non c'è. Dialoghi possibili con Laura Conti, Fandango 2021
Borgarello G., 2023, *Educazione, sostenibilità e territorio*, eco n. 4, dicembre 2023.
Carson R., 1962, *Primavera silenziosa*, prima edizione - nuova edizione Feltrinelli 2023.
Carson R., 1965, Harper, *Lezioni di meraviglia*, nuova edizione, Aboca 2024.
Carson E., 1951*, Il mare intorno a noi*, Piano B 2019.
Morin E., 2015, *L'avventura del metodo. Come la vita ha nutrito l'opera*, Raffaello Cortina editore 2023.
Morin E., 1999, *La testa ben fatta. Riforma dell'insegnamento e riforma del pensiero*, Raffaello Cortina editore 2000.
Morin E., 2000, *I sette saperi necessari per il futuro*, Raffaello Cortina editore 2001.
Palazzetti C. (a cura di), 2022, *Educare alla sostenibilità. Contributi per una transizione ecologica della didattica*, WinScuola 2022.

FAUNA SELVATICA IN CITTÀ: CONOSCERLA PER RISPETTARLA

Autore: Rosalba Padula
ARPA Umbria

Con questo progetto ARPA Umbria ha voluto affermare il suo impegno nel rendere la conoscenza scientifica accessibile e comprensibile a tutti i cittadini, in linea con la sua missione di promuovere un'educazione ambientale inclusiva e sensibilizzare le comunità su temi di importanza cruciale. Condividere la scienza, infatti, non è solo un atto di divulgazione ma anche uno strumento di partecipazione attiva, capace di stimolare una consapevolezza collettiva sui temi della sostenibilità, della biodiversità e della convivenza uomo-ambiente.
Il progetto "Fauna selvatica in città: conoscerla per rispettarla" si concentra sulle interazioni dei cittadini con la fauna selvatica, sia di piccole che di grandi dimensioni, che sempre più frequentemente vive gli spazi urbani e periurbani. Questa situazione, spesso inaspettata, richiede conoscenze e comportamenti adeguati per garantire una convivenza serena tra uomo e animale. Il progetto formativo-informativo dell'Agenzia risponde a questa esigenza, fornendo strumenti pratici e teorici per comprendere, rispettare e gestire le dinamiche della fauna selvatica.
Per realizzare questo ambizioso obiettivo, ARPA Umbria ha coinvolto due importanti istituti scolastici del territorio: l'Istituto Tecnico-Tecnologico Statale A. Volta di Perugia e l'Istituto Comprensivo per Ciechi Assisi1. Queste due scuole, seppur con caratteristiche e competenze diverse, hanno collaborato attivamente, dimostrando come il lavoro di squadra possa superare molti ostacoli sociali e produrre risultati straordinari nell'accrescimento culturale in ambito ambientale, sanitario, ecologico, biologico e sociale.

Figura 1: Esempio di incontri sul territorio e con specifiche professionalità tecnico-scientifiche utili a costruire cultura ambientale, biologica, sanitaria e sociale negli studenti

Fonte: Foto di Riccardo Capecchi - Studio fotografico del Forte

Nel cuore di questo progetto troviamo i giovani, protagonisti assoluti che, guidati e accompagnati in modo adeguato, hanno saputo portare un messaggio importante e costruttivo agli adulti. La loro partecipazione ha permesso di tradurre concetti complessi in azioni e contributi concreti per la società, dimostrando che le nuove generazioni, se indirizzate verso percorsi formativi mirati, possono diventare agenti di cambiamento e promotori di una convivenza armoniosa con la natura.
Particolarmente significativo è stato il coinvolgimento dell'Istituto per Ciechi di Assisi, che ha aggiunto una dimensione di inclusività al progetto. ARPA Umbria ha infatti lavorato per garantire che anche le persone con disabilità visive potessero accedere alla conoscenza scientifica, superando le barriere comunicative e creando strumenti e metodi didattici accessibili. Questo approccio inclusivo ha arricchito il progetto, rendendolo un modello di educazione ambientale realmente aperto a tutti.
I risultati ottenuti possono essere sintetizzati in un lungo elenco che comprende la realizzazione di infografiche parlanti (al fine di superare possibili ostacoli dovuti alla disabilità visiva) installate nelle aree verdi e blu cittadine, *brochure* informative in due lingue necessarie nelle zone di coinvolgimento considerate ad alta vocazione turistica, *web-app* multilingue (apps.arpa.umbria.it/faunaincitta/) per opportuni approfondimenti e due versioni di un fumetto per ipovedenti e non vedenti che devono essere sicuramente considerati un innovativo progetto di inclusione scientifica e utilizzo appropriato di diverse tecniche comunicative.

Figura 2: Pagina interna del pieghevole

Fonte: Foto di Rosalba Padula

Tutto ciò è stato possibile grazie al prezioso contributo di qualificati partner che hanno garantito un approccio approfondito e rigoroso, fornendo agli studenti e alle scuole coinvolte strumenti concreti e conoscenze avanzate per analizzare le dinamiche tra uomo e fauna selvatica. Tale sinergia tra diversità e professionalità ha creato un modello di collaborazione innovativo e altamente efficace.

Sensibilizzazione e ricerca di soluzioni pratiche

Uno degli aspetti chiave del progetto è la sensibilizzazione sui comportamenti corretti da adottare in presenza di fauna selvatica. Attraverso *workshop*, incontri e materiali educativi, ARPA Umbria ha fornito linee guida pratiche per affrontare situazioni comuni come l'avvistamento di animali selvatici nei pressi delle abitazioni o durante le attività all'aperto. Questi strumenti non solo aiutano a prevenire conflitti, ma contribuiscono anche a promuovere un atteggiamento di rispetto e responsabilità verso la fauna selvatica.

Parallelamente, il progetto ha favorito lo sviluppo di conoscenze scientifiche, migliorando la comprensione delle dinamiche ecologiche e dei comportamenti animali. Gli studenti hanno avuto l'opportunità di applicare tecniche di osservazione e analisi, trasformando la teoria in pratica e arricchendo le loro competenze con esperienze sul campo.

Inclusività e disabilità visive: un esempio virtuoso

Il coinvolgimento delle disabilità visive nel progetto rappresenta uno degli aspetti più innovativi e significativi del lavoro di ARPA Umbria. Attraverso un approccio personalizzato l'Agenzia ha sviluppato materiali educativi adattati, come testi in Braille e modelli tattili, per rendere la conoscenza scientifica accessibile anche a chi non può utilizzare strumenti visivi tradizionali. Questa attenzione verso l'inclusione ha permesso di superare le barriere e di coinvolgere attivamente tutti i partecipanti, rafforzando il messaggio di condivisione e uguaglianza. Inoltre, le persone con disabilità visive hanno contribuito in maniera unica al progetto, offrendo prospettive e sensibilità che hanno arricchito il lavoro complessivo. Questo approccio ha dimostrato che l'inclusività non è solo un valore etico, ma anche un elemento che può migliorare la qualità e l'impatto di un progetto.

Verso una cultura della sostenibilità condivisa

Questo progetto di ARPA Umbria si configura come un esempio virtuoso di come la scienza possa essere condivisa e messa al servizio della società. Attraverso progetti formativi come questo, non solo si migliorano le conoscenze scientifiche e i comportamenti dei cittadini, ma si promuove anche una cultura della sostenibilità e del rispetto per l'ambiente.

L'inclusività, la collaborazione e l'attenzione alle diverse esigenze della comunità sono i pilastri su cui si basa questo lavoro. Grazie a questo approccio, la conoscenza si trasforma in azione, coinvolgendo tutti, dalle scuole alle persone con disabilità, in un percorso comune verso un futuro più consapevole e sostenibile. Il progetto non è solo una risposta alle sfide attuali, ma anche un modello per costruire una società in cui la convivenza con la natura sia basata su rispetto, responsabilità e inclusione.

LA SCUOLA DI SPECIALIZZAZIONE IN DISCIPLINE AMBIENTALI DI ISPRA: UN INVESTIMENTO STRATEGICO PER IL FUTURO DEL PAESE

Autore: Daniela Antonietti
ISPRA

L'inaugurazione della Scuola di Specializzazione in Discipline Ambientali (SSDA) dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), avvenuta il 17 ottobre 2024, ha segnato un momento significativo per la protezione ambientale in Italia. Con l'istituzione, per la prima volta a livello nazionale, di un polo di alta formazione dedicato allo sviluppo di competenze specialistiche per la tutela dell'ambiente, la Scuola si configura come un centro di eccellenza per la formazione e la ricerca post-universitaria. L'obiettivo primario è la diffusione di conoscenze e competenze professionali nei diversi settori connessi alla tutela, alla conservazione e alla valorizzazione degli ecosistemi, nonché al perseguimento degli obiettivi di sostenibilità.

La programmazione dell'offerta formativa è orientata all'aggiornamento e al continuo accrescimento delle competenze specialistiche necessarie per affrontare le crescenti sfide ambientali. La complessità e la trasversalità delle questioni ambientali richiedono un approccio unitario e sistemico per la tutela del territorio e per la promozione di uno sviluppo economico e sociale che migliori concretamente la qualità della vita, preservando le risorse del Pianeta. In tale contesto, investire nel capitale umano, formando professionisti capaci di attuare il risanamento e il ripristino ambientale e di guidare la transizione verso un sistema produttivo pienamente sostenibile, assume un ruolo fondamentale.

La formazione si configura, quindi, come lo strumento chiave per formare figure professionali che saranno i protagonisti del cambiamento, dotate di una visione trasversale e multidisciplinare, essenziale per una gestione integrata del territorio, attenta alle interconnessioni e agli impatti ambientali. L'offerta formativa della Scuola è focalizzata sulla preparazione di professionisti in grado di intervenire con competenza sia in situazioni di emergenza ambientale, sia nelle fasi cruciali di monitoraggio, controllo e valutazione, nonché nell'efficace implementazione delle politiche di gestione e protezione ambientale e di promozione di uno sviluppo più sostenibile.

In questo senso, la Scuola mira a investire significativamente nella conoscenza e nella cultura ambientale, rispondendo a una sentita esigenza di sviluppo di competenze specialistiche all'interno della Pubblica Amministrazione. La Scuola si rivolge prioritariamente a dirigenti e operatori delle Amministrazioni pubbliche (centrali e locali), degli Enti di ricerca operanti nel settore ambientale, nonché alle Forze Armate e di Polizia.

Parallelamente, la Scuola dedica particolare attenzione agli studenti universitari e ai giovani ricercatori, riconoscendo il ruolo cruciale delle nuove generazioni nella costruzione di un futuro più sostenibile. A tal fine, vengono proposti percorsi formativi specifici volti a valorizzare le loro capacità innovative e il loro potenziale di cambiamento. L'obiettivo è avvicinare i giovani al mondo della ricerca applicata nella protezione ambientale, offrendo opportunità di conoscenza diretta e sperimentazione dell'attività di un ente di ricerca ambientale, attraverso percorsi formativi multidisciplinari che promuovono una sinergia tra teoria e pratica, elemento fondamentale per un apprendimento significativo e duraturo.

La Scuola riconosce, inoltre, l'importanza di una attiva interazione con il settore privato e i diversi stakeholder, promuovendo un dialogo costruttivo con le imprese e il terzo settore, in quanto attori fondamentali per la promozione della sostenibilità ambientale.

La Scuola si pone l'ambizioso obiettivo di diventare un polo formativo di riferimento nazionale per lo sviluppo di competenze specialistiche nel campo della tutela ambientale e della sostenibilità, nonché un centro di ricerca sulla formazione ambientale e un laboratorio per la progettazione di percorsi formativi innovativi, integrando anche la dimensione valoriale come elemento centrale.
In quest'ottica, la Scuola stabilisce collaborazioni sinergiche con Università e altri Enti di alta formazione per lo sviluppo congiunto di percorsi di alta formazione nel campo della tutela ambientale, quali corsi specialistici, *master* e dottorati di ricerca, con l'intento di creare un collegamento tra la formazione accademica e la ricerca applicata e di promuovere ambiti di studio innovativi per l'applicazione di nuovi approcci e tecnologie a tutela dell'ambiente.
L'istituzione della Scuola è il risultato di una pluriennale esperienza nella condivisione di conoscenze tecnico-scientifiche in campo ambientale, maturata non solo da ISPRA ma anche dalle Agenzie per la Protezione dell'Ambiente. Essa rappresenta la concretizzazione dell'impegno professionale degli esperti del Sistema, che producono e diffondono con rigore le conoscenze indispensabili per lo sviluppo delle competenze necessarie alla tutela, alla conservazione e alla valorizzazione degli ecosistemi e per il perseguimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile, come previsto dalla Legge istitutiva del Sistema (Legge n. 132/2016).
La Scuola è dotata di un Regolamento che ne definisce la struttura organizzativa e le modalità di funzionamento. Il Direttore della Scuola è il Direttore Generale dell'ISPRA, che sovrintende alla predisposizione del Piano triennale dell'offerta formativa e al corretto svolgimento di tutte le attività didattiche e scientifiche, attivando altresì accordi di collaborazione con altre istituzioni, sia nazionali che estere, per promuovere progetti di comune interesse e la ricerca avanzata nel campo della formazione ambientale.
La qualità tecnico-scientifica del Piano formativo e la sua rispondenza agli indirizzi scientifici e alle linee prioritarie dell'Istituto sono garantite dal Comitato di Indirizzo Didattico, organo collegiale presieduto dal Presidente dell'ISPRA e composto dal Direttore Generale e da dirigenti dell'Istituto, da dirigenti del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, da un rappresentante del Consiglio Scientifico di ISPRA e dal Vicepresidente del SNPA.
La qualità della didattica è assicurata dal coinvolgimento di docenti con comprovate competenze nei diversi ambiti disciplinari pertinenti alla tutela ambientale, tra cui professori e ricercatori universitari, dirigenti ed esperti di amministrazioni pubbliche e di enti privati, garantendo così un ampio spettro di competenze e prospettive. I docenti sono selezionati attraverso l'Albo dei Docenti della Scuola, mediante una procedura di candidatura semplice e trasparente. L'iscrizione all'Albo è permanente, senza vincoli temporali, e ha una validità triennale, al termine della quale è necessario presentare una nuova domanda per assicurare un costante aggiornamento delle competenze dei docenti.
Il Comitato di Indirizzo Didattico ha approvato lo scorso dicembre il primo Piano Triennale dell'Offerta Formativa della Scuola per il triennio 2025-2027, indicando le tematiche tecnico-scientifiche di prioritario interesse che saranno affrontate nei percorsi formativi promossi dalla Scuola, rendendola pienamente operativa da quest'anno. Nell'ambito del Piano triennale, è stata predisposta la programmazione triennale, con proposte di percorsi di formazione continua, *Summer e Winter School* e alta formazione. Complessivamente, per il triennio considerato, sono previsti 56 percorsi di formazione continua, 16 *Summer/Winter School*, oltre alla realizzazione di specifici percorsi di alta formazione in collaborazione con le Università.

I corsi di formazione adottano un modello didattico centrato su una formazione non rigidamente trasmissiva, ma finalizzata a promuovere un apprendimento pluridirezionale, in cui i partecipanti sono riconosciuti come portatori di preziose conoscenze ed esperienze, condivise attivamente con gli altri e con i docenti, creando una dinamica comunità di apprendimento.
Considerata la specificità delle tematiche ambientali trattate, i corsi sono progettati con una particolare attenzione all'integrazione sinergica della dimensione teorica e pratica, al fine di massimizzare l'efficacia dell'apprendimento e la trasferibilità delle competenze nel contesto lavorativo. Sono quindi previste lezioni in presenza, che possono svolgersi in aula, sul campo o in laboratorio per favorire un apprendimento esperienziale diretto. Vengono inoltre offerte lezioni da remoto in modalità sincrona, attraverso piattaforme di videoconferenza interattive, e corsi in modalità asincrona, disponibili su una piattaforma *e-learning* dedicata, ampliando così le opportunità di apprendimento e raggiungendo un pubblico più vasto.
I corsi di formazione della Scuola sono certificati secondo la norma UNI EN ISO 9001/2015 e prevedono una valutazione finale dell'apprendimento, finalizzata a verificare le competenze acquisite, e il rilascio di un attestato di partecipazione. Anche sulla base dei *feedback* dei partecipanti, la Scuola perfezionerà e svilupperà costantemente la propria offerta didattica.

Figura 1: Inaugurazione della Scuola di Specializzazione in Discipline Ambientali

Fonte: ISPRA

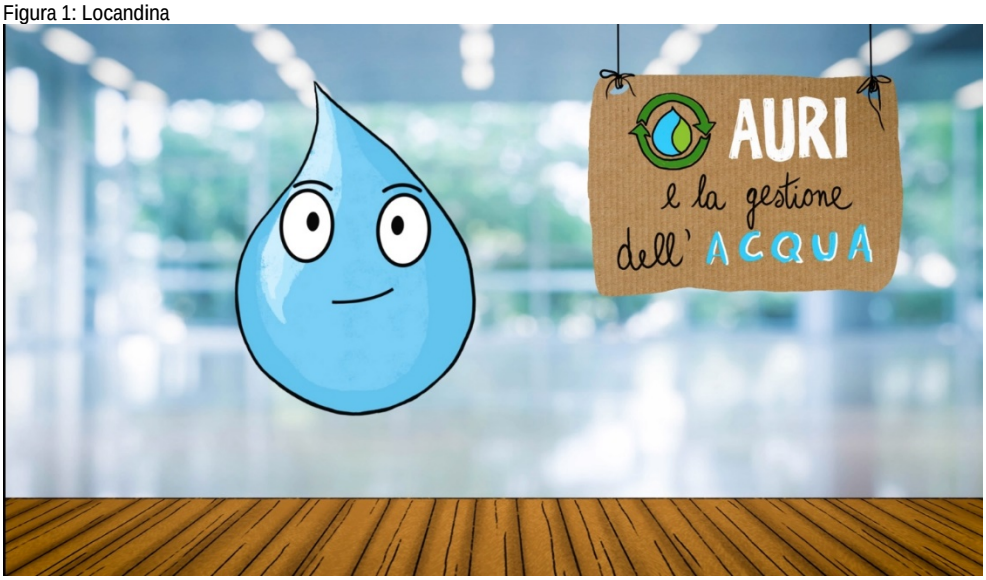
CON DANY ALLA SCOPERTA DEL CICLO DELL'ACQUA

Autore: Cristiana Simoncini
ARPA Umbria

Dany, la gocciolina di Auri è una serie animata educativa creata con l'obiettivo di avvicinare il pubblico, in particolare i più giovani, al tema dell'acqua e sfatare alcune false credenze che la riguardano. Il progetto, parte dell'iniziativa "La via dell'acqua" promossa da Auri Umbria in collaborazione con ARPA Umbria, affronta con leggerezza e curiosità diversi aspetti legati alla gestione e al consumo responsabile di questa risorsa preziosa.
Nel corso della serie, Dany, una piccola goccia d'acqua piena di entusiasmo, accompagna gli spettatori in un viaggio alla scoperta di tematiche spesso trascurate. Il suo percorso inizia con una domanda molto comune: è meglio bere acqua in bottiglia o quella del rubinetto? Con un pizzico di ironia e tante informazioni, Dany aiuta a capire che l'acqua del rubinetto è sicura e controllata, oltre ad avere un impatto ambientale molto inferiore rispetto all'acqua in bottiglia. Lo stesso spirito curioso anima la puntata successiva, in cui si parla degli sprechi domestici: davvero lavare i piatti a mano consuma meno acqua della lavastoviglie? E è vero che lasciare scorrere l'acqua per farla raffreddare sia sempre la scelta migliore? Attraverso semplici esperimenti e osservazioni, Dany smonta alcuni miti e offre spunti per ridurre gli sprechi quotidiani.
Man mano che il viaggio prosegue, Dany introduce il concetto di "impronta idrica", un aspetto poco considerato ma fondamentale: quanta acqua serve per produrre un paio di jeans, una bistecca o uno smartphone? Le risposte possono sorprendere e spingere a riflettere sull'importanza di scelte più sostenibili.
Un altro tema affrontato riguarda le acque reflue: spesso dimentichiamo che l'acqua che usiamo non scompare magicamente, ma segue un percorso ben preciso attraverso impianti di depurazione prima di essere restituita all'ambiente. E qui Dany coglie l'occasione per ricordare quanto sia importante non gettare rifiuti nei lavandini o nei WC, per evitare danni agli impianti e all'ecosistema.

Un'altra questione che spesso genera confusione è quella della disponibilità di acqua nel mondo: c'è chi pensa che sia una risorsa infinita, mentre altri credono che stiamo per esaurirla del tutto. La verità, come spiega Dany, sta nel mezzo: l'acqua è abbondante, ma non tutta è accessibile o utilizzabile, e la sua gestione deve essere responsabile per garantirne la disponibilità anche in futuro.
Il viaggio di Dany si conclude con un'immersione nel ciclo dell'acqua, un processo naturale affascinante che permette a questa risorsa di rinnovarsi continuamente. Dany racconta come l'acqua evapori, si condensi in nuvole e torni sulla Terra sotto forma di pioggia, evidenziando il legame profondo tra la natura e l'uomo.

Figura 1: Locandina



Fonte: ARPA Umbria

La serie Dany, la gocciolina di Auri si distingue per il suo tono leggero e coinvolgente, riuscendo a trasformare concetti complessi in storie appassionanti e accessibili a tutti. Grazie a questa avventura animata, bambini e adulti possono riscoprire l'importanza dell'acqua e imparare, con semplicità e curiosità, a rispettarla e utilizzarla con maggiore consapevolezza.
Tutte le puntate sono disponibili su:
https://www.youtube.com/watch?v=4eCLbETGdww&list=PLPIt1EShzUQVOwpKj-9gCBiBpKh6p9ta5